



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Alba Regia Műszaki Kar

Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT

Műemlék felmérés geodéziai és fotogrammetriai módszerekkel

OE-AMK

2022

Hallgató neve: Vass Martin

Hallgató törzskönyvi száma: T000413/FI12904/A-G



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Vass Martin

Szakdolgozat száma: SZD22011414111217

Törzskönyvi száma: T000413/FI12904/A-G

Neptun kódja: [REDACTED]

Szak: földmérő és földrendező mérnök

Specializáció: Geoinformatika specializáció

A dolgozat címe: Műemlékfelmérés geodéziai és fotogrammetriai módszerekkel

A dolgozat címe angolul: Survey of monuments by geodetic and photogrammetric methods

A feladat részletezése:

1. Szakirodalom és Internetes források alapján ismertesse az alkalmazott geodéziai és fotogrammetriai felmérési módszereket
2. Végezze el a kijelölt területről a földi lézerszkenneres felmérést.
3. Kijelölt műemlék jellegű épületen határozza meg az ellenőrző pontok terepei koordinátáit mérőállomással.
4. Készítsen földi felvételeket a kijelölt épületről és hozza létre a pontfelhőt fotogrammetriai kiértékelő szoftverrel.
5. Végezzen pontossági vizsgálatot az ellenőrző pontok segítségével.
6. Az elvégzett munkát műszaki leírásban összegezze.

Intézményi konzulens neve: Dr. Tarsoly Péter

Intézményi konzulens neve: Dr. habil Jancsó Tamás

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 12. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Székesfehérvár, 2022. 10. 19. P.H



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom; 2022. 12. 15.

belső konzulens

külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

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

Kelt: TUSKEVÁR, 2022.12.04.

Vass Martin

hallgató aláírása

Rövidítés jegyzék

CT – computertomographia

MRI – mágneses rezonancia vizsgálat

3D – három dimenziós

VEAB – veszprémi akadémiai bizottság

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	3
2.	Feladat ismertetése	5
3.	A Dubniczay-Palota és a VEAB székház története.....	6
4.	Technológia.....	8
4.1.	A földi lézerszkennerek bemutatása	8
4.1.1.	A lézerszkennerek – Leica BLK 360.....	9
4.1.2.	A szkennelés folyamata	11
4.2.	A földi fotogrammetria	11
4.2.1.	Egyképes eljárás	12
4.2.2.	Térfotogrammetriai eljárás	13
5.	3D modellezés.....	16
5.1.	3D modellezés lényege	16
5.2.	Fontos kifejezések a 3D modellezésben	17
5.2.1.	Tömör modell	18
5.2.2.	Héjmodell.....	18
5.3.	Modellezés ábrázolási formái	18
5.3.1.	Poligon modellezés	18
5.3.2.	NURBS modellezés	18
5.3.3.	Splines & Patches modellezés	19
5.3.4.	Primitív modellezés	19
6.	Felmérés a gyakorlatban.....	20
6.1.	A lézerszkenneres felmérés végrehajtása.....	20
6.2.	Mérőállomás bemutatása.....	21
7.	Mérési adatok feldolgozása.....	28

7.1.	A Leica Cyclone Register 360 program bemutatása.....	28
7.2.	A Leica Cyclone Register 360 program használata, pontfelhő tisztítás.....	28
7.3.	A pontfelhő kiértékelése fotogrammetriai szoftverrel	30
7.4.	Pontosságvizsgálat	36
8.	Műszaki leírás	43
9.	Összegzés	45
10.	Summary	46
11.	Köszönet nyilvánítás	48
12.	Irodalomjegyzék.....	49
13.	Ábrajegyzék	51
14.	Digitális mellékletek	52

1. BEVEZETÉS

Szakdolgozatom témájául Veszprém városában található épületek 3D-s modelljének elkészítését választottam. Gyermekkorom óta érdeklődöm a 3D-s modellezés, grafika, rajzolás iránt, így a szakdolgozat elkészítése nagy örömet okozott nekem és célom volt a már megszerzett ismereteim bővítése, színesítése.

Ezen modellezési technika a világ szinte minden táján, az élet minden területén jelen van. Példaként említendő az orvostudományban történő kiemelkedő szerepe, legkorábban a fogászat és sebészet szakterületén alkalmazták ezt az eljárást. Képalkotó diagnosztika segítségével (CT vagy MRI vizsgálat) pontosan lokalizálni tudják a patológiás területet és műtét során már konkrét képük van az elváltozás jellegéről. Fogászatban kezdetben implantátumok készítésénél alkalmazták. [1]

Egy másik színteret említve, a nagy bútoráruházak honlapján árukészletüket 3D-ben lehet megtekinteni. Egyszerű felhasználóbarát oldalukon saját lakásod paramétereit megadva megtekintheted a valós térben való elhelyezkedését.

Végül, de nem utolsó sorban az építészetben, műemlékvédelemben is lassan egyeduradalomra tör.

Felvetődik a kérdés, hogy miért örvend ilyen nagy sikernek ez a technológia? A válasz egyszerű: objektív, realisztikus, 3D-s nyomtatók segítségével akár kézzelfoghatóvá tehetők az elkészült modellek. Mivel az Y generáció tagja vagyok, kiskorom óta videójátékok és animációs filmekben keresztül találkoztam ezzel a technológiával. Egyetemi tanulmányaim során megismertem előnyeit, pontos használatát és mindennapi életembe beépítettem a megszerzett ismereteimet. Jövőben célom hozzájárulni a technológia fejlődéséhez és leendő földmérő-mérnöki hivatásom során maradandót létrehozni. Szakdolgozatommal műemlékké nyilvánított épületek rohamosan fejlődő 3D-s ábrázolásához szerettem volna hozzájárulni.

A továbbiakban a szakdolgozatomban részletes bemutatásra kerül a Magyar Tudományos Akadémia veszprémi székháza és a Dubniczay-Palota homlokzata 3D-s modelljének elkészítési folyamata és a felhasznált programok a Leica Cyclone, az Agisoft Metashape és a Cloudcompare bemutatása. Azért esett a választásom ezekre az épületekre, mert

korábban nagyszüleimmel több alkalommal vettem részt kiállításokon, valamint 2023-ban Európa Kulturális Főváros program részeként jelentős szerepet fog betölteni a veszprémi várnegyed egész területe.

2. FELADAT ISMERTETÉSE

Feladatom műemlék felmérés geodéziai és fotogrammetriai módszerekkel. Ehhez a veszprémi várnegyedben található Dubniczay-Palotát (3.1. ábra) választottam és a VEAB székházát. Első lépésként ismertetem szakirodalom és internetes források alapján az alkalmazott geodéziai és fotogrammetriai módszereket. Bemutatom a kijelölt területen elvégzett földi lézerszkenneres felmérést, majd ismertetem a mérőállomás segítségével meghatározott illesztő-pontok terepi koordinátáit. A következő lépésben földi felvételeket készítettem az épületről, majd pontfelhőt hoztam létre egy fotogrammetriai kiértékelő szoftverrel. A lézer szkennerral és földi kamerával elkészített pontfelhőt egy pontosság vizsgálat keretében összehasonlítottam.

3. A DUBNICZAY-PALOTA ÉS A VEAB SZÉKHÁZ TÖRTÉNETE

Veszprém város - a királynék városa, 2023-ban EU kulturális fővárosa a Dunántúlon elhelyezkedő történelmi jelentőségű megyeszékhely. Székesfehérvártól 40, Budapesttől 97 kilométerre található légvonalban. A város a Bakony szélén helyezkedik el, mély völgyek ölelik körül a várat. Mikor elfoglalták a magyarok ezt a helyet, már itt állt az várt, mely egy 9. századi erőd lehetett. A városnak fontos szerepe volt abban, hogy az ország területén a kereszténység hivatalos vallássá váljon. A megye székhely 1009-ben Magyarország első püspöki székhelyévé vált, 1993-ban pedig érseki székhely lett. Az egyik legrégebben alapított vármegyéje volt és az első egyetemmel rendelkező a Magyar Királyságnak. A város többször gazdát váltott a háborúk során az oszmánok és az oroszok között. A város az évszázadok során először a Habsburg Birodalomé, később 1867 után az Osztrák-Magyar Monarchia része lett. [2] [3] [4]

A VEAB székház (3.2. ábra) 1769-1773 között épült fel, ami manapság a veszprémi várnegyedben lelhető fel. Ez a székház a Dravecz-féle kanonoki ház helyét vette át. 1953-ban államosították az eredendően felekezeti tulajdonú műemléket. A korai években általános iskola működött benne, majd később magánlakásokként funkcionáltak. 1975-ben kapta meg az épület jogait a VEAB, majd felújítása és átalakítása után 1978. június 14.-én került sor az átadásra. A VEAB épülete képes otthont adni kisebb nagyobb tanácskozásoknak, értekezleteknek, egyeztetéseknek és összejöveteleknek. Az épület legnagyobb konferencia helysége akár 100 személy befogadására is alkalmas. A műemlékben található négy darab terem, ami kisebb befogadó képességgel rendelkezik, illetve az alagsor történelmi atmoszférájú pincéje otthont adhat kötetlenebb témájú rendezvényeknek és összejöveteleknek. Az épület legfelsőbb emeletén található egy kétszobás lakosztály és 6 kétágyas szoba, ami alkalmas szálló vendégek fogadására. A létesítményhez tartozó udvarból gyönyörű kilátás nyílik a veszprémi viaduktra. [5]

A Dubniczay-Palotát (3.1. ábra) az 1751-es években építette a Dubniczay István kanonok. A palota Veszprém egyik legszebb, legimpozánsabb történelmi barokk relikviája, a Szentháromság téren található meg. Az épületet az évszázadok folyamán számtalanszor rekonstruálták. Itt található a László Károly-gyűjtemény és a Tegulárium. A homlokzatát szimmetrikus ablak tengelyek díszítik, illetve timpanonos oromdíszen két védőszent tartja

kezében a Jó Tanács Anyjának képét. A felújítások során a palotában jó állapotú díszítő festéseket tártak fel. [6]



3.1. ábra: Dubniczay-Palota [<https://www.utazzitthon.hu/latnivalo/veszprem/dubniczay-palota-272>]



3.2. ábra: VEAB székház [<https://veab.mta.hu/>]

4. TECHNOLÓGIA

4.1. A földi lézerszkennerek bemutatása

A lézerszkennerek a jövő egyik alapvető technológiája, a térbeli adatgyűjtés leggyorsabb eljárása, amely a legmodernebb eszközökkel a legprecízebb is. A műszer képes a természet összes pontját térbeli koordinátává alakítani. Nagy előnye, hogy az így megalkotott pontfelhőn bármi lemérhető. A lézer szkennelés, mint technológia alkalmas tervezési munkákhoz, felújításokhoz, látványtervek készítéséhez és állapotfelméréshez. Építmények szkennelése során részletgazdag, mérhető, pontos pontfelhőt kaphatunk. Manapság azonban nem csak mérnöki feladatok elvégzésére használják. Eddig nem látott mértékben terjedt el más felhasználási területekre a terrorelhárításon keresztül a bűnügyi helyszínelésen a virtuális visszaigazolási technológiákig. [7]

A lézer szkennelést több csoportba sorolhatjuk, első sorban hordozó platform alapján kategorizáljuk őket. Általánosságban három rendszert szokás megkülönböztetni: légi lézer szkennelés, földi lézer szkennelés és mobil lézerszkennelés. Ebben a részben a földi lézer szkennelést fogom bemutatni. [8]

A földi lézerszkennelés csoportba sorolására számos lehetőség a rendelkezésünkre áll. A technológia megjelenésének kezdetén, a mindennapokban a műszerállványon elhelyezett műszert üzemeltették. Később viszont új lehetőségek jelentek meg a technika fejlődésének jóvoltából és modernebb platformok jöttek létre. A műszaki tudomány fejlődése mellett, azok használói is fejlesztettek új platformokat, amelyek segítségével a projektek könnyebben kivitelezhetővé váltak. A fejlesztések segítségével keresztezték a légi lézerszkennelés különböző megoldásait, amelynek köszönhetően elkezdődhetett a földi lézerszkennerekkel végzett mérés és korszerűsítés. Az új adatgyűjtési technológia a kilencvenes években jelent meg és egy új keletű mérési módszernek számított. Számos széles körű alkalmazási területen kezdték el használni, mint az út-, vasút-, hídépítés. A létesítményekről külső, illetve belső háromdimenziós képet egyaránt létre lehet hozni, illetve a szkennerek gyorsaságának köszönhetően hatékonyabb és látványosabb eredményt lehet a homlokzat felmérés során elérni. A felmérés mellett fényképek készítése is segítségünkre lehet, mivel ezek a képek ráilleszthetők a pontokra, mely segíti a tematikus kiértékelést, mert valós színinformációval látja el a pontokat. A lézer szkennelés alkalmas

terepfelmérésre is kimagasló pontosságának köszönhetően. Használják a bányászatban, régészeti leletek és különböző emlékművek felmérésére is, hiszen képes a lézer különböző minőségű és anyagú kőzetek meghatározására, a feltárási állapot rögzítésére és a térbeli elhelyezkedés látványos megjelenítésére. Városfejlesztés, csőhálózatok, vezetékek felmérésére is megfelelő, mivel részletességének köszönhetően minden más eszköznél pontosabban képes modellezni a valóságot. A felsorolt példákon kívül még egyéb más területeken is fel lehet használni a földi lézerszkennert! [8] [9]

Az eszközt a lézeres távmérő működési koncepciójával lehetne leginkább összevetni. A szkennerek egy lézer sugarat bocsájt ki, ami a legelső platformról visszaverődik, amivel kapcsolatba kerül. Ezek lehetnek objektumok vagy kisebb tárgyak. A felület típusától függ, hogy a sugár-nyaláb milyen intenzitással verődik vissza. Minden egyes sugárhoz tartozik egy vízszintes és egy magassági szög, amit a lézerszkennerek rögzít a kiszámolt távolsággal együtt. Ezután kikalkulálja az X, Y, Z koordinátát a saját koordináta rendszerében. A szkennerek és a mérőállomások között az a legnagyobb különbség, hogy míg a mérőállomásnak több másodpercig tart meghatározni egy pontot, addig a lézerszkennerek több százezer pontot is meghatároz másodpercenként. A szkennerek rendelkezésére áll egy belső motor, amely önvezérlően működteti a fejezetet és képes így a környezetet 360 fokos szögben lemodellezni. A mérést, abban az esetben, ha több álláspontból végezzük el, érdemes kapcsoló pontokat, úgy nevezett prizmákat vagy „targeteket” alkalmazni. Ezen reflektorok visszaverő képessége nagy, ennek köszönhetően a lézersugár nagy intenzitással verődik vissza, ami miatt kitűnnek a háttérből. Ezeknek a pontjeleknek a segítségével kapcsolhatjuk össze a pozíciókat, illetve szabadon választhatóan transzformálhatjuk be őket valamilyen koordináta-rendszerbe. [8] [9]

4.1.1. A lézerszkennerek – Leica BLK 360

A műszerem egy Leica BLK 360 képalkotó lézerszkennerek volt (4.1. ábra). Választásom azért esett erre az eszközre, mert minden modern technológiával fel van szerelve. Kiemelendő továbbá, hogy a jelenleg piacon elérhető egyik legkönnyebb és legkisebb lézerszkennerek, amit a Leica Geosystem megalkotott. Akár nehezebb terepen is könnyen hordozható, körülbelül 1 kg súlya mobilissá teszi az embert. Nem utolsósorban a feladat gyorsan – percek alatt - elvégezhető vele. [10]

Eszköz felépítése:

- forgótükör
- 3 vakus kamera
- 1 hőkamera
- akkumulátor
- körbefutó státuszt jelző ledszalag

Fizikai adatai:

- A készülék súlya: 1 kg
- Magassága: 165 mm
- Átmérője: 100 mm

Használata során engem is meglepetésként és pozitív csalódásként ért, hogy körülbelül 3 perc alatt elkészül a szkennelés. Ezen rövid idő alatt nem csak a kupolás szkennelés folyamata zajlik le, hanem egy nagy felbontású panorámakép reprezentációja is megtörténik. Az eszköz 360 000 lézerszkennelt pont/ másodpercre képes. A Leica BLK360 panorama képeket illeszt össze nagy felbontású pontfelhőkkel, így leképezve a körülötte lévő világot. A műszert mindössze egyetlen gombnyomással lehet működtetni. Egy tablet hozzacsatlakoztatására van mindössze szükség és annak segítségével bármely személy könnyedén tudja használni. [10]



4.1. ábra: Leica 360 lézerszkennér [<https://www.geoweekevents.com/blogs/hands-on-with-the-blk360-hardware-and-data-quality>]

A hordozható eszközre (tablet) szükséges letölteni egy szoftvert, a Cyclone Register 360 nevű programot és a szkennelt információ azonnal megjelenik a képernyőn. Ekkor lehet elvégezni a szükséges feladatokat.

4.1.2. A szkennelés folyamata

Eszköz bekapcsolása, majd wifi hotspot indítása – lézerszkennér és hordozható okos eszköz hotspoton keresztüli kapcsolat létesítése – első állás kiválasztása – mérés indítása – státusz nyomon követése (led jelzés tájékoztat róla) közben adatátvitel is történik- mérés befejezése – teljes adatátvitel- 2. állás kiválasztása (legyenek átfedő pontok pl. fal, az eszköz ne legyen ferde terepen).

Előnyök mellett természetesen akadtak nehezítő körülmények is, melyek nem a műszer esetleges, szinte nem létező hátrányaiból adódtak, hanem a környezetből. Példaként említeném a rossz helyen álló autókat vagy az elhaladó biciklistákat, illetve gyalogosokat, akiket később utómunkával kellett eltávolítani a képről.

4.2. A földi fotogrammetria

Fotogrammetriának nevezzük azt a szakterületet, amely a fényképek előállításával és feldolgozásával foglalkozik. Ezek a képek általában mérőkamerákkal készülnek földi álláspontból vagy levegőből. Ez a fotogrammetriai módszer olyan helyen alkalmazható, ahol adott tárgyra, felületre vagy felületekre szabad rálátás biztosított. Előnye, hogy a

vizsgált tárgyak nem kell megérinteni, a mérési idő szükséglete rövid, gyors folyamatok mérésére is alkalmas a kis exponálási idő miatt. A mérőképek rengeteg információt tartalmaznak, illetve automatizálható a kiértékelés. A földi fotogrammetriát rendszerint a tudományos és technológiai kutatások területén veszik igénybe. Korábban hegyvidéki területen terepi felmérésre is felhasználták, de egyre inkább háttérbe rekedt nehézsége miatt. A mérnökgeodéziához kötődő tevékenységek az egyik legnagyobb felhasználási területe. Jól használható deformáció mérésekre, állapot felmérésre és más egyéb vizsgálatokra a mérnök geodézián belül. Az egyéb mérnökgeodéziai alkalmazások közé tartozik az alagutak, barlangok, földalatti hengeres szerelvények feltérképezése, illetve a külfejtéses bányák által kitermelt anyagok mennyiségének meghatározása. [11] [12]

Az építészeti alkalmazások a másik legnagyobb felhasználási szektora. Olyan felmérések tartoznak ide, mint a dokumentatív jellegű felmérések, áttervezés, átalakítás előtti felmérések, állapot felmérések, épület károk vagy belső helyiségek felmérései. [12]

Az egyik felhasználási területe a szakdolgozatomhoz nagy mértékben kapcsolódik, ez pedig a műemlékvédelem. A műemlékvédelemben hasznosítható a földi fotogrammetria módszere. Nagy előnyére vált a földi fotogrammetria és a 3D modellezés fejlődése. Elsődleges célja ennek a munkafolyamatnak a restaurálás előtti állapotok felmérése, megőrzése., illetve a nagy méretarányú rajzok elkészítése. [12]

A földi fotogrammetriában síkfotogrammetriáról, azon belül egyképes vagy térfotogrammetriáról, más néven kétképes eljárásról beszélhetünk. [12]

4.2.1. Egyképes eljárás

Egy objektum sík vagy síknak tekinthető és elégséges két pontnak a meghatározása a méréseink során, akkor csak egy felvételt készítünk az objektumról. Abban az esetben, ha a tárgyat a nagysága miatt nem lehet lefedni egy felvétellel, akkor több fénykép előállítása is lehetséges. Nagy átfedés nem elengedhetetlen, csak arra kell törekedni, hogy hézag mentesen fedjük le a területet. Egyképes eljárás közben a tárgy nagyságát figyelembe kell venni. Olyan Y távolságra kell felállni az adott lefényképezendő tárgytól, hogy annak egésze rajta legyen a felvételen. [12]

Fontos megjegyezni még az időbázisos felvételeket is. Ekkor a képek eltérő időpontban készülnek és nem különböző álláspontból. A térhatás annak segítségével jön létre, hogy bázis- és haránt irányú parallaxis jön létre. [12]

4.2.2. Tértogrammetriai eljárás

A fotogrammetriában többnyire arra törekszünk, hogy a mérendő pontokat három dimenzióban határozzuk meg. Ehhez minimum két felvételre van szükség. A bemért objektumnak a két kép mindegyikén rajta kell lennie. Azokat a felvételeket, amik mérési célra készülnek ismert vízszintes és magassági adatokkal rendelkező álláspontokról végezzük el. A kamera tengely irányát is beállítjuk. [12]

„A földi fotogrammetriában a két álláspont által kijelölt felvételi bázis és a kameratengelyek iránya szerint a következő alapeseteket különböztetjük meg:” [12, p. 7]

- normál sztereogram
- oldalra tartó (ferde tengelyű párhuzamos) felvétele
- összetartó (konvergens) tengelyű képpárokat
- általános felvételi elrendezés

A földi fotogrammetria több munkafázist hajtunk végre a megfelelő sorrendben.

„A munkafázisok sorrendje:

1. Tervezés, adatgyűjtés
2. Kitűzés, pontjelölés
3. Geodéziai mérés
4. Felvétel elkészítés
5. Műszeres kiértékelés
6. Számítások, a mérési eredmények feldolgozása és értékelése” [12, p. 11]

A fotogrammetriában a kamera típusokat különböző osztályokba soroljuk be.

Vannak olyan speciális mérőkamerák, amelyeket külön fotogrammetriai felhasználásra terveztek. Léteznek részben mérőkamerák, amelyeket nem fotogrammetriai felhasználásra terveztek, de alkalmasak ezen feladatok ellátására is. A harmadik csoport

az amatőr kamerák csoportja, más néven nem mérőkamerák, amelyek csak korlátozottan felelnek meg fotogrammetriai feladatok elvégzésére, vagy csak alacsonyabb pontosságú követelményeknek tudnak eleget tenni. [13]

A mérőkamerákat további két nagy csoportra bonthatjuk fel, ezek a légi kamerák és a földi mérőkamerák. [13]



4.2. ábra: Sony Alpha DSLR-A350 kamera [<https://www.dpreview.com/reviews/sonydslra350>]

A mérés során egy Sony Alpha DSLR-A350 kalibrált kamerát használtam (4.2. ábra). A kamera 2008 márciusában jelent meg Magyarországon. Az eszköz összesen 14,9 érzékelő pixellel (megapixel) van ellátva. A képérzékelő típusa CCD-érzékelő, aminek a mérete 23,5 x 15,7 mm-es (APS-C méret). A kamera tényleges felbontása 14,2 megapixel, a képkijelzője 2,7” Clear Photo LCD, ami 230 400 képpontot tud megjeleníteni és két irányba dönthető. 14X-es képnagyításra képes. Sony bajonettzárral rendelkezik. ISO-érzékenység beállítás ISO100 – 3200-zal egyenértékű. [14]

A munkaterületre kiérve meggyőződtem róla, hogy nem lehetséges az adott viszonyok között mérőkamerát felállítani. Fontos volt, hogy az épületről minél több kép készüljön. Illetve, hogy a képek kitakarás mentesek legyenek. Ezen felül fontos szempont volt a képek elkészítése során a megfelelő időpont kiválasztása ugyanis, ha a nap az épület mögött tartózkodik a magas fényerő és a becsillanások ronthatják a kép minőségét, illetve

az utófeldolgozás eredményességét. A fényképezés során fontos volt a stabil kéztartás, a képek nem lehettek homályosak. Egy állásból átlagosan három fényképet készítettem, alulról elindulva felfelé, hogy a fényképek takarják egymást. Ez a lépés azért fontos, mert a program a képeken azonos pontokat keres, melyek alapján összeállítja a pontfelhőt és a homlokzatot. Ezt a folyamatot először egy Samsung Note 9 telefonnal végeztem el, de a mai okos telefonok alkalmatlanok még ilyen pontos képek elkészítésére. Ez után a kimentettem a fényképeket JPG formátumba és elkezdtem a képek kiértékelését és összeállítását az Agisoft Metashape Professional programban.

5. 3D MODELLEZÉS

A részletes, nagypontosságú háromdimenziós modellezés (5.1. ábra) sokáig elérhetetlennek tűnt. Azonban manapság a számítógépek fejlődésének köszönhetően, ezek az eszközök elérték azt a szintet, hogy képesek 3D modellek elkészítésére. Manapság már a 3D modellezés a munkafolyamatok mindennapi részévé vált. A 3D-s tervezés számos ágazatban ipari standarddá vált. Ezekhez a folyamatokhoz a földmérés is alkalmazkodott, a lézerszkennelés adta lehetőségeknek köszönhetően. A 3D térképezés teljesen bevett munkafolyamattá alakult. A precizitásának köszönhetően az önkormányzatok városmenedzsmenti döntéshozatalát is megkönnyíti. [15]



5.1. ábra: Homlokzat modell [<https://sketchfab.com/tags/facade>]

A 3D modell elkészítése egy épület vagy műemlék rekonstrukciónál rengeteg időt, pénzt és energiát spórolhat meg. A tervező mérnöknek nagy segítség lehet egy ilyen modell leképezése, hiszen így az esetleges hibát, pontatlanságot csökkenteni lehet. [16]

5.1. 3D modellezés lényege

A 3D modellezés egy olyan eljárás, amely tetszőlegesen illusztrál háromdimenziós objektumokat, mint például épületek, járművek vagy egyéb szilárd testek. Ennek az eljárásnak a végeredményét 3D modellezésnek nevezzük. A modelleket megcsinálhatjuk

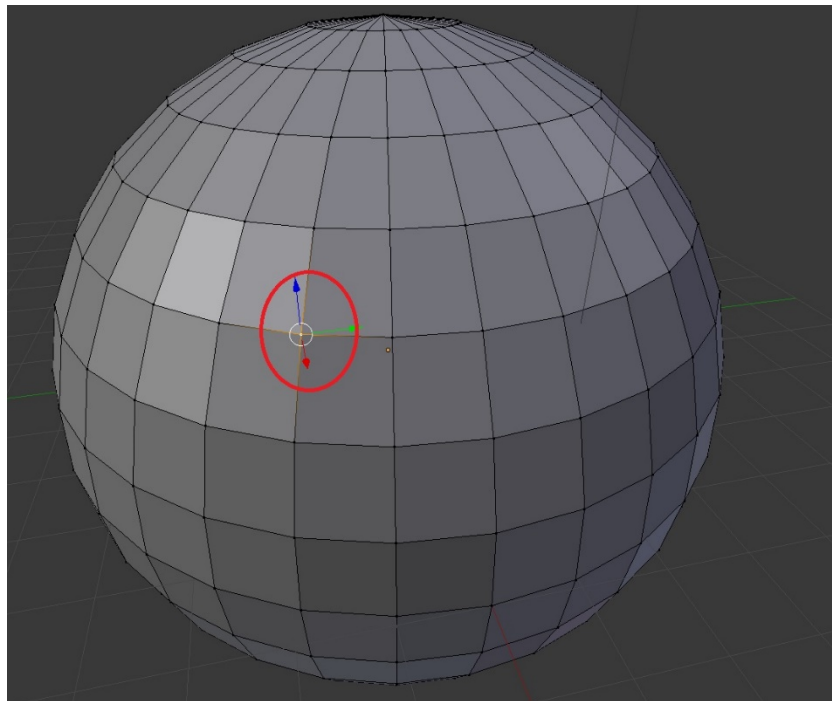
manuálisan vagy legenerálhatjuk digitálisan is. Egy 3D szkennelésre megfelelő szoftver képes legenerálni egy poligonhálót eltérő szögből elkészített képek alapján. [17]

A pontok csoportja, amely kialakítja a le modellezett csoportot különböző geometriai elemek kötnék össze, mint görbült felületek, szakaszok vagy háromszögek. [17]

5.2. Fontos kifejezések a 3D modellezésben

Első körben a Mesh kifejezést szeretném kiemelni, mely hálót jelent és a poligon hálójára utal. [18]

Másod sorban pedig Vertex (5.2. ábra) kifejezést kell pontosabban definiálnunk. Ez a legkisebb eleme a modellnek, x, y, z koordinátákkal tudjuk megadni, egyetlen pont a térben, ahol két vonal összeér. [18]



5.2. ábra: Vertex [<https://www.npictures.com/hun/blog-hun/tutorialok/3d-modellezes-alapfogalmak-szojegyzek>]

Következő 3D modellezésben gyakran használt kollokáció az Edge, mely két vertexet összekötő élt/ szakaszt jelent. [18]

„Face” alatt legalább három vagy több vertexből álló felületet értünk. [18]

A 3D modelleket két különböző ábrázolási csoportba sorolhatjuk. Ez a két csoport a tömör és a héjmodell. [17]

5.2.1. Tömör modell

Ezeket nem egyszerű létrehozni, de egyik előnye, hogy élethűbben néznek ki a modellek. Ez az ábrázolási módszert többnyire orvosi vagy mérnöki szimulációkban veszik igénybe. Ezen kívül alkalmazzák még felület modellezési módszereknél vagy speciális vizuális alkalmazásokban. [17]

5.2.2. Héjmodell

Csak az objektum határoló felületét, felszínét jeleníti meg. Ezzel a fajta módszerrel sokkal könnyebb és gyorsabb a munka végzés, mint a tömör modell módszerével. A videójátékokban és mozgóképeknél használt modelleket is ezzel a kategóriával készítik. [17]

5.3. Modellezés ábrázolási formái

Négy közismert reprezentációs formája van a modellezésnek:

- Poligon modellezés,
- NURBS modellezés,
- Splines & Patches modellezés
- Primitív modellezés. [17]

5.3.1. Poligon modellezés

Egy fajta 3D-s modellezés. Vertexek összekötve szakaszokkal. Ezek közösen poligon hálót hoznak létre. A poligon modellezés az egyik legelterjedtebb, mivel könnyebben renderelik le őket az asztali számítógépeken. [17] [18]

5.3.2. NURBS modellezés

Non-Uniform Rational Basis Spline, más néven nem uniform, racionális B spline görbékkel leírt terület. A poligonokkal való modellezés képtelen görbéket ábrázolni. Ez többnyire filmes vagy nyomdai munkáknál okoz problémát, mivel a tárgyak kontúrja szögletessé válhat. Erre kínál megoldást a NURBS modellezés. A NURBS analitikusan alkot meg görbéket és felületeket. Ezek a görbék leírhatók matematikai görbékkel. Ezeknek köszönhetően egyenletes, szép modellek készíthetők ezzel a technikával. Előnye a könnyebben módosíthatóság, gyorsabban elkészíthető komplex alakzat. A

görbék matematikai pontossággal készülnek, 2D és 3D modelleket is létrehozhatunk benne. Műszaki tervezésnél használják, mint például műszaki cikkek, autók és repülő. [17]

5.3.3. Splines & Patches modellezés

Ez a modellezési forma is görbék segítségével illusztrálja a modellt. Nehézségét tekintve a NURBS- és a poligon modellezés közé esik a használata. [17]

5.3.4. Primitív modellezés

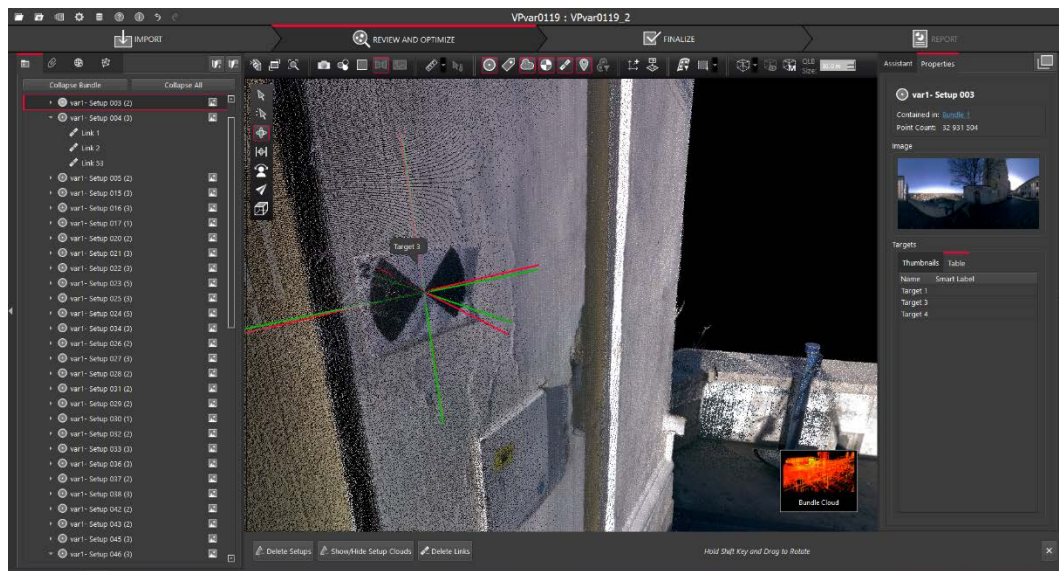
Geometriai primitíveket vesz alapértelmezettnek, mint a kúpok, síkok, hengerek és gömbök, ezekből hoz létre egy komplexebb modellt. Több előnye is van, mint a könnyű és gyors kezelhetőség, illetve a méretek teljes mértékben precízek a matematikailag meghatározott formáknak köszönhetően. Nem alkalmas organikus objektumok leképzésére, inkább technikai problémákra alkalmazható. [17]

Közismert modellező programok a 3D Studio Max, Blender, Maya, Modo, SketchUp, POV-ray és a Cinema 4D.

6. FELMÉRÉS A GYAKORLATBAN

6.1. A lézerszkenneres felmérés végrehajtása

A terepi munkámat a lézerszkenneléssel kezdtem meg. A helyszín a megyeszékhely macskaköves, idilli hangulatú Vár utcájában található, ahol első sorban az egész utcaszakaszt feltérképeztem és elvégeztem a szükséges szkennelési feladatokat. Első lépésként feltérképeztem a helyszínt és meghatároztam az úgy nevezett „targetek” helyeit a területen.



6.1. ábra: Target [saját készítés - Leica Cyclone register 360]

A „targeteket” (6.1 ábra) úgy helyeztem el az épületek falain, hogy minden lehelyezési pontból jól látható legyen 2 db belőlük, hiszen ezek segítségével lehetett a georeferálást megfelelően elvégezni. A lézer szkennerek minden álláspontból legalább 2 db „targetet” kell érzékelnie a modell előállításához. A szkennelési folyamat a Leica BLK 360 lézerszkennerek bekapcsolásával kezdődött. Hozzá csatlakoztattam a tabletet, majd 15-20 méterenként elvégeztem egy-egy álláspontból a szkennelést. A szkennert az általános gyári beállításokkal használtam. A lézer szkennert úgy helyeztem le, hogy az épületek falai, homlokzata a lehető legnagyobb szögben legyenek láthatóak, ennek érdekében próbáltam a lehető legmegfelelőbb távolságot megtalálni a lézerszkennerek lehelyezésére. Fontos szempont volt, hogy az épület szkennelése ne éles szögben történjen meg.

6.2. Mérőállomás bemutatása



6.2. ábra: Leica TCRM 1203 mérőállomás [<https://www.instop.biz/blog/leica-1203-trcm-robotizada/>]

A mérőállomás egy geodéziai műszer (6.2. ábra). Egyszerre alkalmas távmérésre és adatrögzítésre egyszerre. Képes távolságot mérni, illetve vízszintes és magassági szögeket rögzíteni. Régebben az adatok dokumentálása manuális munkafolyamat volt, illetve a teodolit és a távmérő külön műszer volt. Ezek az idők során egy műszerré váltak. Segítségével, a nagy pontosságának köszönhetően készíthetünk térképet, illetve kitűzhetünk objektumokat. Képesek GNSS-technológia felhasználására is. A modern mérőállomások használhatóak szkennelésre és képalkotásra egyaránt. [19]

Fő elemei:

- magassági és vízszintes szögmérő
- távmérő
- GPS

- műszertalp
- műszerlába
- műszerdoboz

Ismertebb márkák a Topcon, Leica, Sokkia és a Trimble.

A terepi mérés során egy Leica tcm 1203 robot mérőállomást használtam. Ezt az eszközt a Leica Geo System gyártotta. 3” szögpontossággal és kettős kompenzátorral rendelkezik, amely képes akár 8000 pontot is a memóriájába eltárolni. A Leica tcm 1203 a következő tulajdonságokkal rendelkezik: távolságmérés, motorizált automatikus célfelismerés. A műszer könnyen kezelhető. [20]

A VEAB székházát és a Dubniczay-palotát mértem meg a mérőállomással.

A mérés során felhasználtam három darab műszerlábat és egy darab körprizmát. A Dubniczay-palotát épület felmérése során három különböző helyen álltam fel a műszerrel, az épület közepén, illetve tőle jobbra és balra. Mind a három állásból megmértem ugyanazokat a pontokat. Meghatároztam különböző töréspontokat, mint épület sarkokat és ablakkereteket. A mérés során három előre kihelyezett fóliára tájékoztam le a műszert. Harminc-negyven pontot bemértem az épületen és ezek után kiválasztottam a koordináták alapján a legmegbízhatóbb pontokat, amit Excel táblázatban ki közepeltem.

A másik épületet egy állásból, középről mértem fel.

VEAB székház koordinátái:

563156.7501	195327.6237	259.7519	5
563152.7676	195332.8933	259.7770	13
563155.7005	195328.9717	263.7804	10
563155.8319	195328.6865	263.1287	26
563156.7017	195327.6892	262.5517	11
563153.5750	195331.7105	263.1520	27
563152.8333	195332.8423	262.5834	2
563155.4661	195329.1817	265.8157	22
563154.7721	195330.1090	265.8159	23
563154.6283	195330.3004	265.8111	24

563153.9470	195331.2196	265.8169	25
563155.4720	195329.1864	263.8740	14
563154.7665	195330.1150	263.8747	15
563154.6284	195330.3008	263.8763	18
563153.9531	195331.2293	263.8733	17

Dubniczay-Palota koordinátái:

563156.7501	195327.6237	259.7519	5
563152.7676	195332.8933	259.7770	13
563155.7005	195328.9717	263.7804	10
563155.8319	195328.6865	263.1287	26
563156.7017	195327.6892	262.5517	11
563153.5750	195331.7105	263.1520	27
563152.8333	195332.8423	262.5834	2
563155.4661	195329.1817	265.8157	22
563154.7721	195330.1090	265.8159	23
563154.6283	195330.3004	265.8111	24
563153.9470	195331.2196	265.8169	25
563155.4720	195329.1864	263.8740	14
563154.7665	195330.1150	263.8747	15
563154.6284	195330.3008	263.8763	18
563153.9531	195331.2293	263.8733	17

A mérés során készítettem pontvázlatot is. Ezt a pontvázlatot Gimp programban rajzoltam meg. (6.3., 6.4., 6.5., 6.6., 6.7., 6.8., 6.9. ábra)



6.3. ábra: A Dubniczay-Palota pontvázlata 1. [saját készítés]



6.4. ábra: A Dubniczay-Palota pontvázlata 2. [saját készítés]



6.5. ábra: A VEAB székház pontvázlata 1 [saját készítés]



6.6. ábra: A VEAB székház pontvázlata 2 [saját készítés]



6.7. ábra: A VEAB székház pontvázlata 3 [saját készítés]



6.8. ábra: A VEAB székház pontvázlata 4 [saját készítés]



6.9. ábra: A VEAB székház pontvázlata 5 [saját készítés]

Az épület homlokzatán megmért pontot fekete telt körrel jelöltem és pontszámmal láttam el. A programba behívtam a lefotózott képeket, majd bal egér gombbal kattintva az eszközök fület kiválasztva, majd a festőeszközök között kiválasztva az ecset funkciót megjelöltem a bemért épület pontokat. Ez után a szövegeszközök jelre kattintva újra pontszámoztam az adott pontokat.

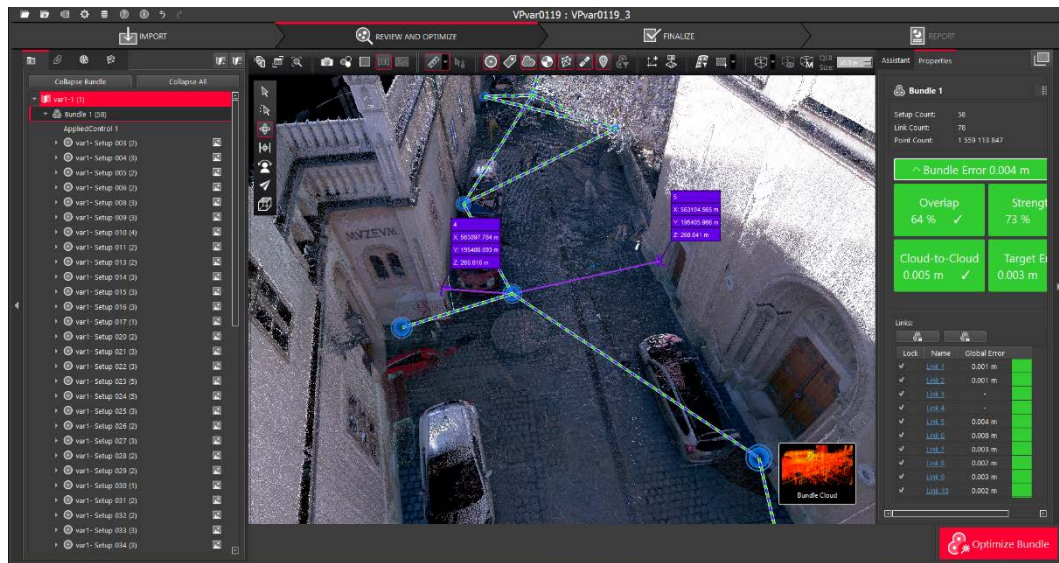
7. MÉRÉSI ADATOK FELDOLGOZÁSA

7.1. A Leica Cyclone Register 360 program bemutatása

A Leica Cyclone a Leica Geosystem által fejlesztett pontfelhő feldolgozó program. Ez egy olyan szoftvercsalád, amely arra szolgál, hogy a lehető legszélesebb skálát biztosítsa a 3D lézerszkennelési projektekhez a mérnökök, földmérők és egyéb építőipari résztvevők számára. A termék lényege, hogy minden fajta feldolgozásra lehetőséget ad. A munkafolyamat elejétől a végéig kínál valamelyik modulja megoldást a problémákra. Minden típusú pontfelhő projektben a segítségére tud lenni a felhasználónak. Vannak olyan funkciói, amely a Leica Geosystem által forgalmazott lézerszkennereknek az egyedi tulajdonságait kihasználja. [21]

7.2. A Leica Cyclone Register 360 program használata, pontfelhő tisztítás

A munka során a tablettel és egy számítógéppel közös wifire csatlakoztam és átmentettem a szükséges adatokat. Ezt követően a Cyclone Register 360 programban a „Create New Projekt” gombbal létre hoztam egy új munkát és adtam neki egy projekt nevet. Ezután a „FIELD360”-as ikonra kattintva megadásra került az „IP Address és a Port szám”. Ezen munkafolyamatokat követően a „Test Connect” és az „add to projekt” fülre kattintva kiolvasásra került a tableten található szkennelési információ. Ezek után a bal oldalon megjelenő programlistából kiválasztottam a számomra szükséges adatokat. Első lépésként elvégeztem a program megfelelő beállításait. A „pano image” felállítottam 4096-ra és az import Performancot pedig „Fast”-ra raktam, hogy kihasználjam a számítógép maximális erejét a munka elvégzése során. Ezek után az „Import” gombra nyomva behívtam az állományokat. Az álláspontokat, úgynevezett „linkel” kapcsoltam össze. Mikor két állás össze van kötve egy linkel, „bundle”-t (7.1. ábra) alkotnak.



7.1. ábra: Bundle [saját készítés - Leica Cyclone Register 360 program]

Ezeket a kapcsolatokat egy úgy nevezett „sitemap”-en láthatjuk, ami 2D-s felülnézeti kép. Ezen a felületen csak az álláspontok regisztrációját végeztem el. Ebben a módban nem is lehetett a képet 3D-ben megtekinteni. Ahhoz, hogy a 3D-ben lássam a pontfelhőt, a „sitemap” nézetet át kell állítani „Boundle Cloudra”. A fent részletezett módban lehetőség nyílik a pontfelhő tisztítására és szerkesztésére. A terepmunka során az álláspontokat összekötöttem a „linkekkel” és az első állásponthoz forgattam hozzá a további álláspontokat, így ezt a programban nem kell elvégezni, mivel az importálás során ezek az adatok megmaradnak. A tabletemen két álláspont kiválasztása után a „Visual Alignment” funkcióval kötöttem össze a linkeket. Ezután a „Join and Optimize” funkciót használva a szoftver önmagától finomítja és húzza össze a pontokat. A kihelyezett „targeteket” automatikusan megtalálja. Megemlítendő, hogyha nem matt fekete a target felület, a megtalálás nem sikeres, ennek oka, hogy a szoftver az intenzitás értéket keresi meg. Szerencsére van lehetőség ezt manuálisan módosítani a „setup cloud” nézetben a kiválasztott álláspontra kattintva, így automatikusan megmutathatjuk a programnak. Következő lépés ezeknek a „targeteknek” a koordinátái a „pick a point” funkcióval objektivizálhatóvá tétele. Fontos és nem elhanyagolható tény, hogy ez a koordináta rendszer matematikai rendszerben van és nem pedig geodéziaiban, ezért egy .txt fájlba kell kimenteni, majd a koordináták felcserélését követően a „Drag files here” funkciót használva importálni. Miután egy plusz „linket” betettem a kiegyenlítést automatikusan elvégezte a szoftver, de ezt akár kézíleg az „Optimize Bundle” gombbal is meg lehet

tenni. Ki kell jelölni a „Bundle”-t és zárolni a linkeket, mikor el akarom tolni EOVB-ba, ebben az esetben egy merev rendszert tolok és forgatok el, ha azonban ezt nem teszem meg mielőtt rányomok az Apply Controlra, akkor az lesz az eredménye, hogy azok az állások, amelyről létre hoztam a pontokat, azokat automatikusan bekerülnek EOVB-ba és a köztes linkek hatására elmozgatja az álláspontokat egymástól. „Apple Controlra” rányomva végrehajtódik a georeferálás, majd ez után megjelenik az „AppliedControl” fül, amire rányomva megtekinthetjük az illesztésnek a pontosságát. Ezután elkezdtem a pontfelhő tisztítást. A felesleges részeket – továbbra is Bundle Cloud nézetben-, a nem szükséges területeket, objektumokat eltávolítottam. A legnagyobb problémát a munka során az elhaladó járművek, az épület homlokzata előtt álló járművek, gyalogosok és kerékpárosok jelentették. Ehhez a feladathoz, a program „Quick Limit Box” funkcióját vettem igénybe. Ekkor egy 5x5 méteres (egyéniel választható nagyság) boxon belül lehetőség nyílik a belső felületen való szerkesztésre, míg az azon kívül eső részek érintetlenek maradtak. Egy másik funkció is rendelkezésünkre áll a pontfelhő tisztítására, melyet szintén igénybevettem. Ennek lényege, hogy „Smooth Surface” gombra kattintva, majd egy referencia pontot megadva (én az aszfalt felületet használtam), azonos felületeket keres és az attól minden merőleges irányba eltérő felületet leválogatja. Utána ez egy poligonnal körbevágásra kerül, a szükséges pontokat megőrzi a homlokzat felületén. Minél többször végzem el a „Smooth Surface” funkciót az adott felületen, annál pontosabb lesz. A pontfelhő tisztítás során az épület ablakain történő visszaverődéseket, tükröződéseket is eltávolítottam a pontfelhőből, itt egyszerűen 2D felül nézetben és szemből, egy poligonnal levágtam. Ezután a „Finalize” gomb aktiválásával a munkafolyamat lezárható. A gomb csak akkor aktív, ha minden álláspont össze van kötve legalább egy linkkel. A publikálás előtt beállítottam egy 1 cm-es pont sűrűséget.

7.3. A pontfelhő kiértékelése fotogrammetriai szoftverrel

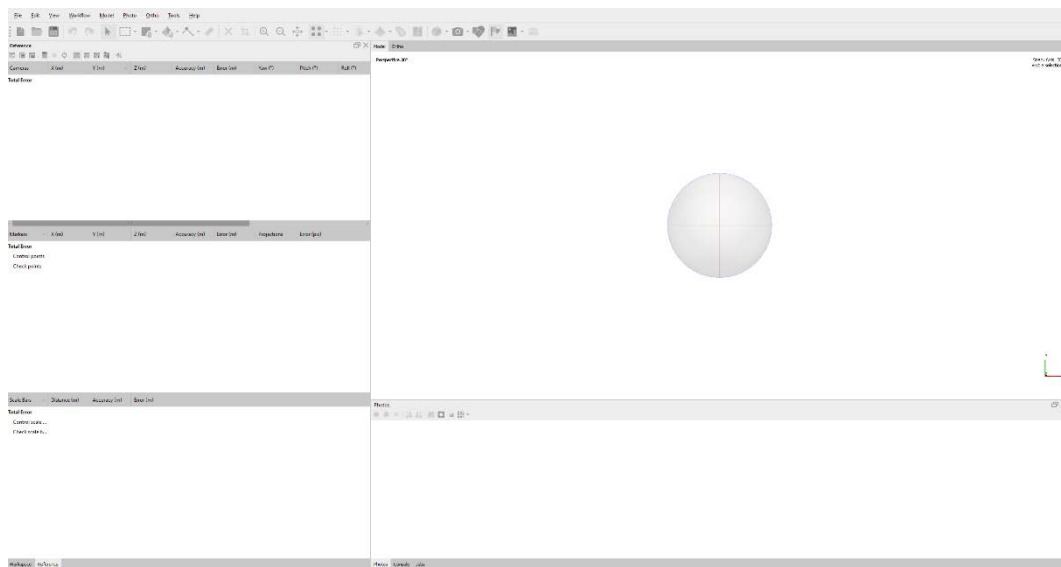
Miután lefényképeztem az épület homlokzatát a kalibrált Sony DSLR-A350 kamerával és bemértem a mérőállomással a homlokzaton az illesztő pontokat, megkezdtem a kinyert adatok feldolgozását!

Ehhez az Agisoft Metashape Professional programot (7.2. ábra) használtam fel. A Metashape az egyik legnépszerűbb professzionális fotogrammetriai szoftver, ami exkluzív funkciókkal rendelkezik, alkalmas digitális ortofotó, háromdimenziós modell

elkészítésére, illetve fotogrammetriai fényképfeldolgozásra. Tovább fejlesztett algoritmusának köszönhetően a korábbinál is megbízhatóbb statisztikai kiértékeléssel rendelkezik. A szakemberek munkáját a sok éves fejlesztésnek és jól felépített menürendszerének köszönhetően egyszerűbbé és gyorsabbá tette az egész világon. A programot használják drónos és repülőgépes légi felvételek fotogrammetria feldolgozásánál, továbbá műemlékek, bányamérés és erdőfelmérésnél egyaránt. [22]

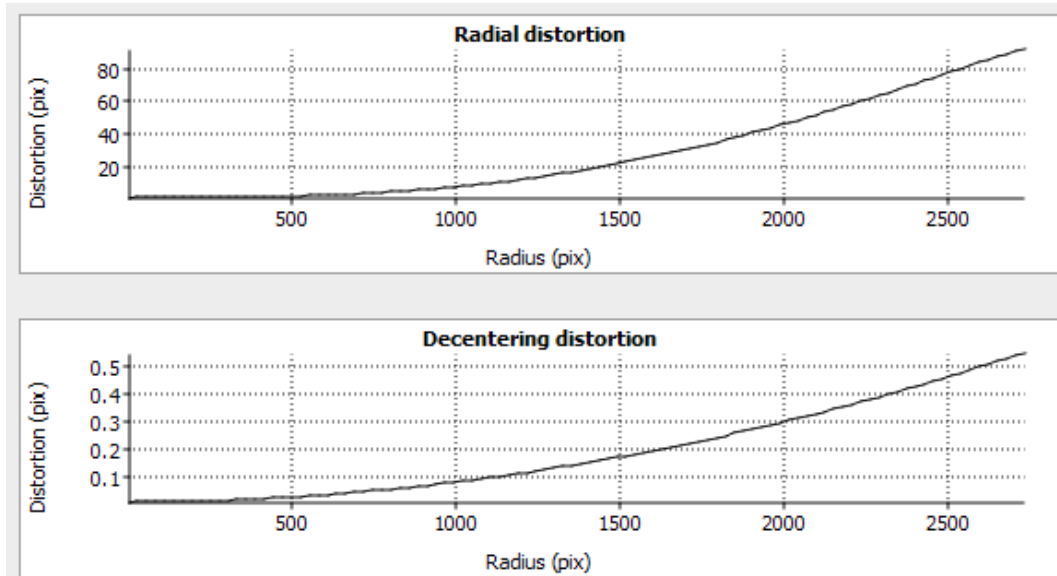
A program elindításakor megjelenik előttünk az alapvető menürendszer. Jobb oldalon alul jeleníti meg a behívott fotókat a program. Bal alul állíthatjuk a „Workspace” és a „Reference” funkciókat. Előbbinél a behívott képek számát látjuk, míg utóbbinál a behívott pontokat. Ez a felület lesz fontosabb számomra, mivel itt fogom látni az elhelyezett pontok hiba értékét. Bal oldalon található a munkaterület, ahol a program elő állítja a képekből a pontfelhőt. Itt lehet forgatni a leképezett modellt, illetve a különböző nézetek beállítása során is itt látható a változás. A két felső sorban találhatóak a parancs ikonok.

Sorban a következő parancs ikonok láthatóak: File, Edit, View, Workflow, Model, Photo, Tools és Help. Ezek közül a legfontosabb funkció a Workflow, amelynek alfunkcióit fogom felhasználni a modell előállítására.



7.2. ábra: Munka ablak [saját készítés - Agisoft Metashape Professional program]

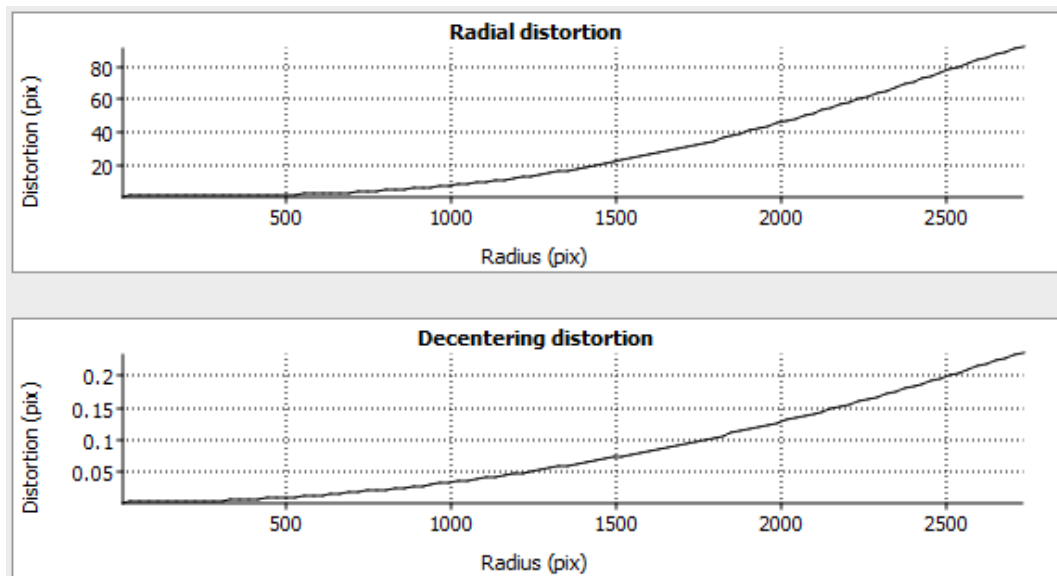
Első lépésként létre hoztam a programban egy új projektet, majd a Dubniczay-Palota képeit betöltöttem. A képek formátuma JPG volt. Fontos, hogy a rossz szögből készült, homályos képeket első sorban kiszűrjük, hiszen az ronthatja az utófeldolgozás végeredményét. A programban található „Workflow” fül alatt az úgy nevezett „Align Photos” (képek tájékozása) lehetőség, aminek az a funkciója, hogy több fotón közös pontokat keres és így állítja elő a ritka pontfelhőt, illetve meghatározza, hogy a kamerával készült képek hány állásból, milyen távolságból és szögből készültek. Itt a lehető legmagasabb „high” funkciót választottam ki, hogy a pontfelhőt minél precízebben alkossa meg a program. A „Generic preselection” funkciót pedig bekapcsoltam, hogy a fentebb említett képpárokat megkeresse. Ilyenkor a program olyan képeket keres, amin kettő vagy több közös pont található és csak a biztosakat tartja meg, a többit eldobja és nem használja fel a pontfelhő elkészítésénél. Ezután a „Tools” gomb alatt kiválasztottam a „Camera Calibration” funkciót és kalibráltam a kamerát, aminek a végeredménye (7.3., 7.4., 7.5., 7.6. ábrákon) látható.



7.3. ábra: Camera Calibration eredményei Dubniczay-Palota [saját készítés - Agisoft Metashape Program]

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	P1	P2
F	4025.99	0.391509	1.00	0.11	0.25	-0.08	0.23	0.10	0.32
Cx	-3.66382	0.980489		1.00	0.08	0.16	-0.18	0.97	0.07
Cy	-28.3963	0.922583			1.00	-0.05	0.04	0.07	0.95
K1	-0.111906	9.48406e-05				1.00	-0.92	0.17	-0.05
K2	0.0850342	0.000200551					1.00	-0.17	0.04
P1	8.31142e-05	4.17172e-05						1.00	0.06
P2	0.00028283	3.52282e-05							1.00

7.4. ábra: Camera Calibration eredményei Dubniczay-Palota [saját készítés - Agisoft Metashape program]



7.5. ábra: Camera Calibration eredményei VEAB székház [saját készítés - Agisoft Metaphase Program]

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	P1	P2
F	4018.78	0.480507	1.00	0.22	-0.13	-0.10	0.22	0.28	0.22
Cx	-3.31618	0.880193		1.00	-0.01	-0.05	0.05	0.96	0.04
Cy	-33.207	0.787891			1.00	0.02	-0.01	-0.02	0.83
K1	-0.111863	0.000107497				1.00	-0.91	-0.05	-0.05
K2	0.0848323	0.000230893					1.00	0.06	0.04
P1	2.36689e-05	3.81269e-05						1.00	0.07
P2	-0.0001238	2.93632e-05							1.00

7.6. ábra Camera Calibration eredményei VEAB székház [saját készítés - Agisoft Metaphase Program]

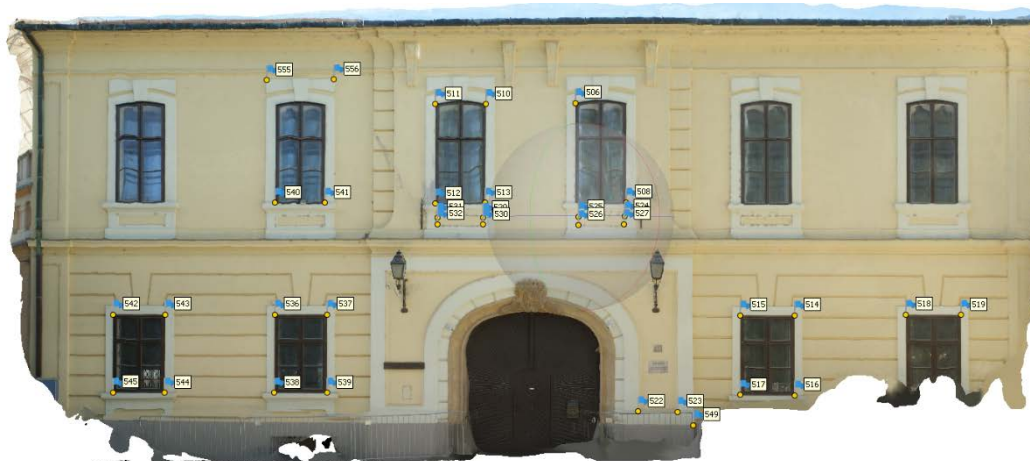
A programban ezután a Yaw, Pitch és Roll funkciót átállítottam Omega, Phi, Kappára. Ezután elkezdtem a pontfelhőt besűríteni A Build Dense Cloud (Sűrű pontfelhő létrehozása) funkcióval, itt a beállításokat átállítottam Mediumra, hogy a pontfelhő hézagmentes legyen. Ezután elkezdtem a pontfelhő letisztítását és a felesleges pontokat kitöröltem, leválasztottam a homlokzatot takaró objektumokat, mint a zászlót vagy az építkezés során oda került kerítés idomokat, majd eltávolítottam a macska köves útburkolatot is. Miután ezt a feladatot elvégeztem a Build Mesh (Felület létrehozása) funkcióval létrehoztam egy Tin hálót, ahol a Face Count funkciót szintén Highra állítottam. A programnak azért kell elkészítenie a Tin hálót, mert csak erre tudja az adott felületet felfeszíteni. Az elkészült Tin hálót a Wire Fram fül alatt meg lehet tekinteni. A homlokzat végleges formájának elkészítéséhez a Build Texture funkciót használtam, ami pixel szerint tölti ki az adott felületet szín helyesen. Ezután kezdődhetett el a következő folyamat a mérő állomással bemért illesztő pontok bemérése. Az Import Reference ikonra kattintva behívtam a pontokat. A pontok behívásakor egy Import CSV ablak ugrik fel, ahol be tudjuk állítani a koordináták elrendezését, ez akkor fontos, ha a txt fájlba nem megfelelő sorrendben helyezkednek el az x, y, z koordináták, illetve a pontkódok. Fontos, hogy az úgy nevezett Markereket a behívott képeken kell elhelyezni és nem a leképzett

homlokzaton. Kiválasztottam egy képet és a jobb egérrel kattintva a Place Marker funkciót használva kiválasztottam a listából a megfelelő pontszámokat és a hozzá tartozó koordinátákat. A koordináták elhelyezésében nagy segítségemre volt az általam, a terepen megtervezett pontvázlat, amit utólag a Gimp programban feldolgoztam. Ennek segítségével könnyen azonosítani tudtam a képeken a megfelelő pontokat és el tudtam helyezni a Markereket. Fontos, hogy ugyanazokat a pontokat egyszerre több képen is elhelyezzük. Egy pontot minél több képen kell elhelyeznünk (minimum kettőn), de ajánlott ezt legalább három képen megtenni. Ezután a „Settings” ikonra kattintva Marker Reference (7.7. ábra) funkciót bekapcsolva a program automatikusan elhelyezi a többi pontot a képeken. Majd a rossz helyre lerakott markereket, amit szürke zászlóval jelöl a program el kell helyeznünk, hogy csökkentsük a pixel hiba értékét. Mikor elhelyeztük a markereket fontos, hogy a Reference Setting ikonra rákattintsunk, mivel ilyenkor javítja meg az adott pontok hibáit. A pontok hibáit a Total Error ablak Error (pix) felirat alatt helyezkednek el. A megfelelő pontoknál, amelyeknél alacsony hiba értéket jelzett a program a zászló mellett található pipát bent hagytam, ezeket nevezzük Control Pointoknak (illesztőpontnak) . A többi koordinátánál kivettem a pipát és azok Check point-ként (ellenőrző pontként) funkcionáltak. Itt az értékek 1,5 pixel alatt voltak, ami megfelelő érték a további feladatok végrehajtásához. Ezzel a lépéssel a feladat utolsó lépését is elvégeztem, így már csak a „Report”-ot kellett előállítanom a File-Export-Generate Report funkcióval. Ezek mellett pedig a pontfelhő pontokat is kimentettem egy .las fájlba. Ezt a munkafolyamatot mindkét épületen végrehajtottam.

Ugyanezt a feladatot elvégeztem a VEAB épületénél is, ott a hiba érték még alacsonyabb 0,82 pixel alatti értéket jelzett a program. A VEAB épületénél (7.8. ábra) is eltávolítottam a nem oda illő tereptárgyakat, itt viszont látszik, hogy a homlokzat szélein enyhén felgyűrte a program a felületet



7.7. ábra: Dubniczay-Palota homlokzat modellje markerekkel [saját készítés - Agisoft Mteaphase Program]



7.8. ábra.: A VEAB székház homlokzat modellje markerekkel [saját készítés - Agisoft Metaphase Program]

7.4. Pontosságvizsgálat

A CloudCompare egy olyan szoftver, ami alkalmas 3D-s pontfelhők feldolgozására és smódosítására. Létrejöttének célja, hogy két különböző elkészült pontfelhőt össze lehessen vetni. Ilyen például az én projektem is, mikor egy lézerszkennerral elkészült

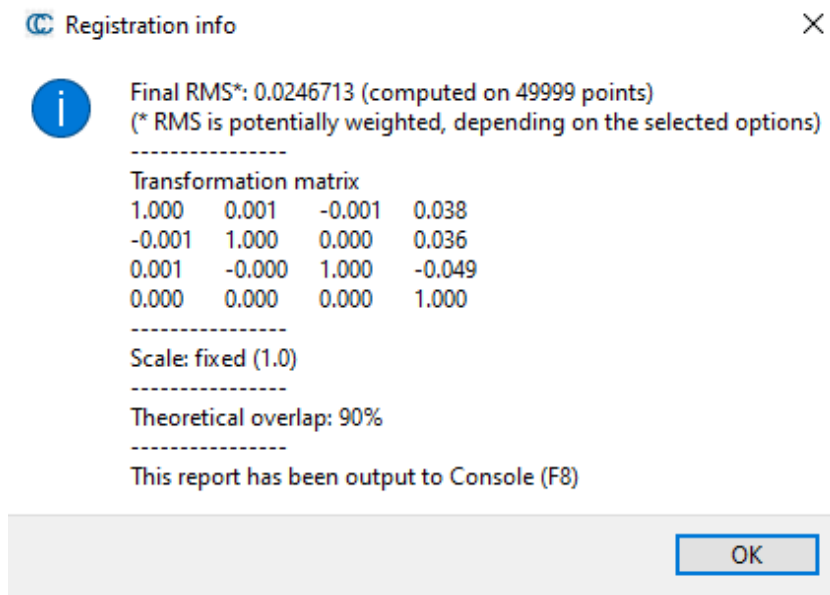
pontfelhőt hasonlítottunk össze egy fényképezőgép képei alapján generált pontfelhővel. A program egy bizonyos struktúrára épül, amelyet kifejezetten erre a célra és szoftverre optimalizáltak. Képes akár nagy pontfelhő megalkotására, megjelenítésére és feldolgozására is. Több, mint tízmillió pont sem okoz gondot a program számára. 2003-ban indult el a program fejlesztése, amely Daniel Girardeau-Montaut nevéhez és téziséhez fűződik. A tézis alapja az volt, hogy létrehozzanak egy programot, amely geometriai adatok változását észleli. Egyik legfőbb kitűzés az volt, hogy alkalmas legyen építkezéseken vagy ipari erőművekben elkészített lézeres pontfelhők között eltérést észlelni. A program nem sokkal később egy általános szoftverré vált, amely nyílt, díjmentes és önálló. A program különböző lehetőségeket kínál a pontfelhő alakítására, megjelenítésére. Lehetővé teszi a program a távolságszámítást, automatikus szegmentálást, geometria tulajdonságok becslését (érdesség, sűrűség, görbület), statisztikai számításokat, regisztrációt és vetületek készítését. Képes a program korlátlan mennyiségű skalármezőt pontfelhőként kezelni. A program elérhető Linux, Mac OS x és Windows rendszereken. [23]

A pontosságvizsgálatot a CloudComper programmal hajtottam végre.

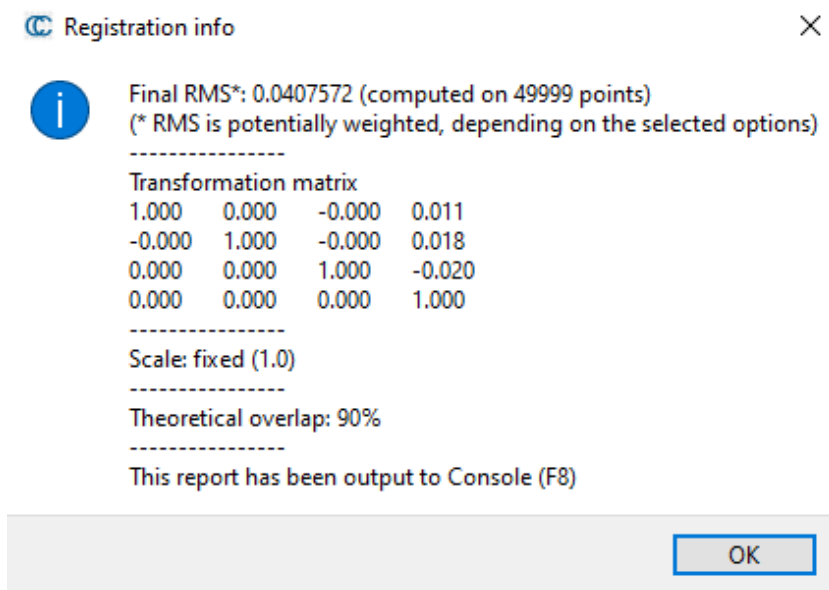
A fájlok behívásánál problémát okozott, hogy a program nem támogatta a Leica Cyclone .rcs formátumát, így azt át kellett alakítanom a RECAP Pro programmal. A két különböző eljárással elkészített pontfelhőt inportáltam a programba. A felugró ablakba rákattintottam az Apply funkcióra, majd a következő ablakban a „Yes to All” ikonra mindkettőnél. Miután ezt megtettem a két pontfelhőt összemásoltam és megkezdtem a pontosságvizsgálatot. A behívást követően a két pontfelhőt a program automatikusan egymásra helyezte. Ekkor vettem észre, hogy a két pontfelhő között nagyobb különbség található. A lézer szkenneres pontfelhőn a szürke épület ajtaja nyitva volt, míg a fényképezés során az ajtót bezártam. Ezt a területet a megfelelő eredmény elérése érdekében ki vettem a pontosság vizsgálatból. A „Segment funkciót kiválasztva eltávolítottam az ajtót a fotogrammetriailag elkészített pontfelhőből.

Kijelöltem a „DB Tree” ablak alatt a két pontfelhőt és rányomtam a „Fine Registration” funkcióra. Ekkor a program a referencia pontfelhő és a hozzá igazított pontfelhő legközelebbi pontjai között integrálást végez. Majd a felugró „Clouds Registration” fülnél be lehet állítani, hogy melyik modellt vegye referenciának. Itt én a lézerszkenneres

pontfelhőt vettem alapul. A szoftver felajánlja annak a lehetőségét, hogy az illesztés elkészítéséhez megadható az RMS különbséget vagy az iterációk száma. Én az RMS különbséget választottam ki, az értéket pedig $1.0E-05$ állítottam be. Az RMS négyzetes középérték hibát jelent. Ekkor a program addig folytatja a két pontfelhő egymáshoz igazítását, ameddig az RMS érték nem éri el a megadott értéket, azaz nem tudja tovább javítani a középhiba értékét. Ennél az ablaknál beállítottam még a „Final Overlap” (végső átfedés) lehetőséget 90 százalékra az értéket, majd az „OK” funkcióra kattintva legenerált a program. Eredményül egy transzformációs mátrixot kaptam, aminek eredménye 2,5 és 4 centiméter lett. (7.9., 7.10. ábra).



7.9. ábra: Iterálás eredménye a Dubniczay-Palotán [saját készítés - CloudCompare Program]

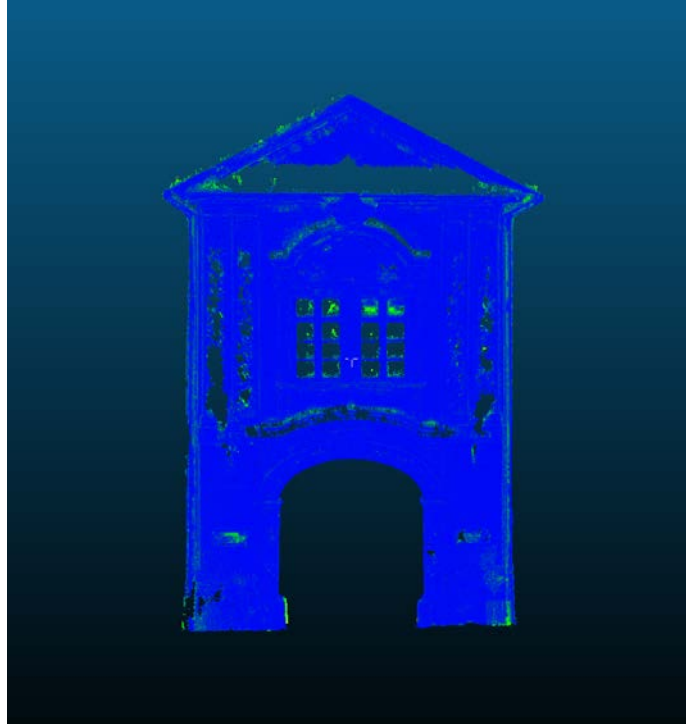


7.10. ábra: Iterálás eredménye a VEAB székházon [saját készítés - CloudCompare Program]

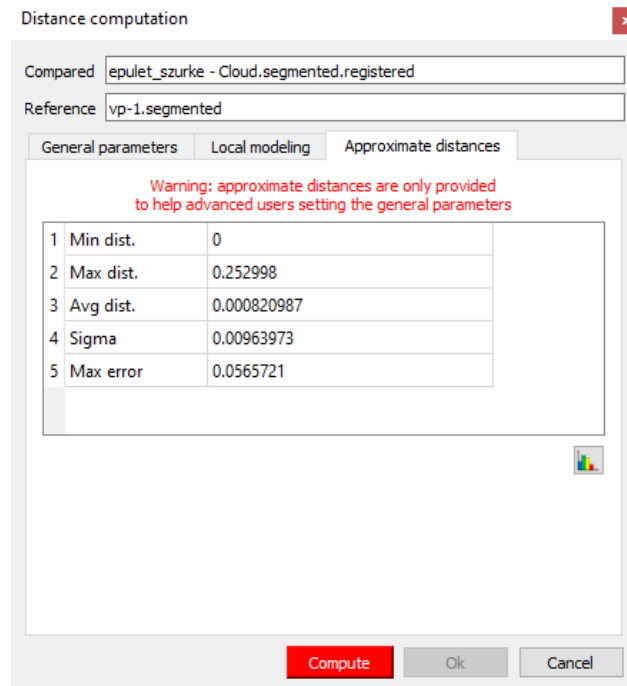
Ezután szintén az „Ok” gombra kattintottam. Ismét kijelöltem mindkét pontfelhőt és „Compute Cloud Distance” funkciót használva kielemezte a program a pontfelhők közötti különbséget. A „Choose Role” ablak alatt ismét ki lehet választani, hogy melyik modell legyen a referencia, itt szintén a lézeres pontfelhőt vettem referenciának, majd az „OK” gombra kattintottam. Itt több fontos információt is meg lehet tekinteni. Az „Approx. Results” fül alatt megjeleníti a program a minimum, maximális, illetve az átlagos távolságot a pontfelhők között. Illetve kijelzi még a Sigma (Dubniczay Palota esetén 0,9 cm, VEAB székház esetén 1,6 cm) és Max Error (5,6 cm és 8,5 cm) értéket is.

A General Parameter fül alatt pedig be tudom állítani a maximális távolságot, amit én a program által ajánlott értéken hagytam. Ezután rákattintottam a „Compute” ikonra és a program elkészíti a végső kalkulációt. Ez egy kicsivel több időt vett igénybe. Itt a program egy látványos RGB színekkel jelezte a két pontfelhő között lévő különbséget, távolságot (7.11. ábra). A kék szín a különbséget jelezte, a sárga a közepeset és a piros a nagyobb különbségeket. A VEAB székházán is elvégeztem ugyan ezt a munkafolyamatot (7.13. ábra). Mind a két épületnél alacsony volt az eltérés (7.12. és 7.14. ábra). A kapott vizuális eredményeket alábbi képeken lehet megtekinteni. A képek mellé a program meg tud jeleníteni egy színskálát, amely megmutatja a különböző eltérésekhez rendelt szint. A program megmutatja, hogy a két pontfelhő mennyi pontból áll és itt a Leica BLK 360 fölénye megmutatkozott, hiszen háromszor annyi pontból állt az eszköz által készített

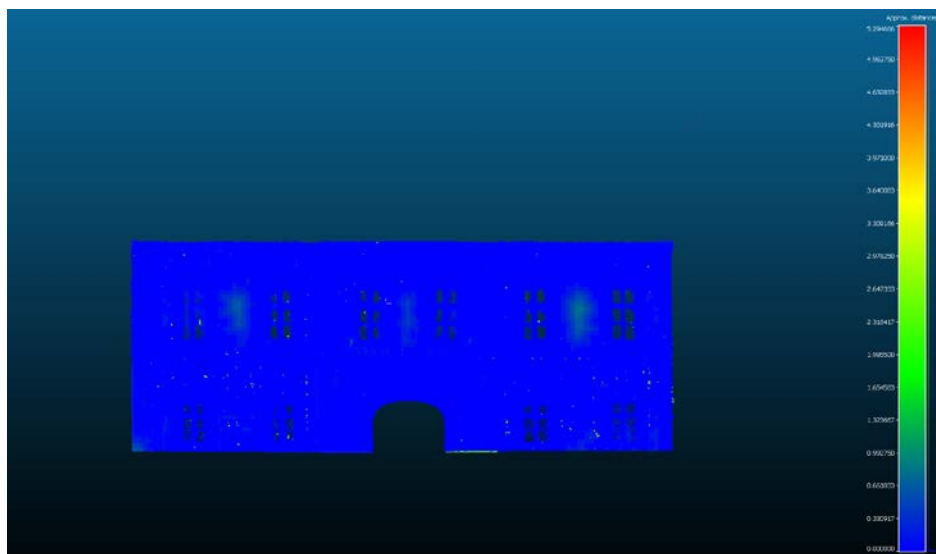
homlokzat, mint a másik. Ezen felül az eltérés a két homlokzat között néhány helyet kivéve nem volt jelentős, de összességében a Leica lézer szkennere egy pontosabb eszköznek minősíthető.



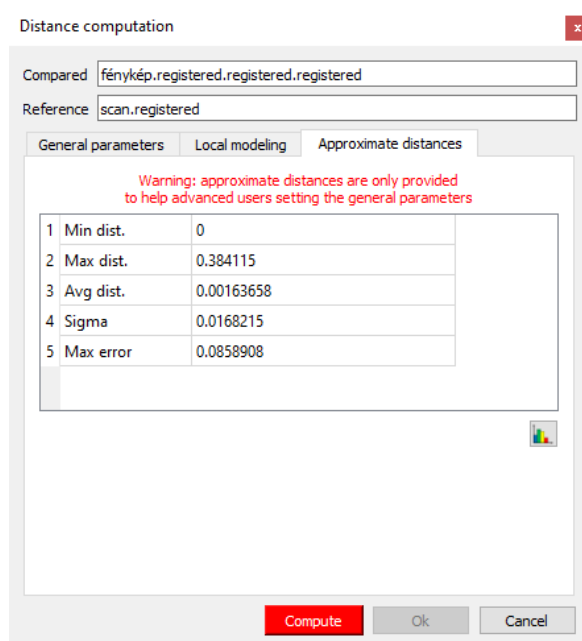
7.11. ábra: Pontosság vizsgálat eredménye a Dubniczay-Palotán 1 [saját készítés - CloudCompare Program]



7.12. ábra: Pontosság vizsgálat eredménye a Dubniczay-Palotán 2 [saját készítés - CloudCompare Program]



7.13. ábra: Pontosság vizsgálat eredménye a VEAB székházon 1 [saját készítés - CloudCompare Program]



7.14. ábra: Pontosságvizsgálat eredménye a VEAB székházon 2. [saját készítés - CloudCompare Program]

8. MŰSZAKI LEÍRÁS

A következő részben az eddig leírt munkafolyamatot fogom röviden összegezni.

Dolgozatom témája a veszprémi várnegyedben található Dubniczay-Palota (3.1. ábra) és VEAB székház (3.2. ábra) 3D modellezése volt fotogrammetriai és geodéziai módszerekkel, majd pontosságvizsgálat végrehajtása a leképzett modelleken. A terepi munkát az irodai előkészületek előzték meg. Beszereztem a megfelelő műszereket, mint lézerszkennert és mérőállomást, illetve a szükséges szoftvereket, mint a Leica Cyclone, Agisoft Metashape, illetve a CloudCompare.

A lézerszkennert használatát sikerült elsajátítanom még irodai keretek között, így annak üzembe helyezése nem jelentett akadályt a terepi munka során.

A várnegyedben megérkezve megtekintettem a munkaterületet és megfigyeltem a bemérendő épületeket. Kihelyeztem az épületre a „Targeteket” (6.1. ábra), amik ahhoz kellettek, hogy a lézerszkennert létrehozza a megfelelő modellt. Úgy helyeztem le a fóliákat, hogy a Leica BLK 360 (4.1. ábra) mindig érzékeljen legalább két „Targetet”. Ezután elindítottam az eszközt, csatlakoztattam a tableten található szoftverhez és elvégeztem az épületek homlokzatának a szkennelését. Két fontos szempontot határoztam meg a szkennelés során. Az egyik, hogy megfelelő távolságból készítse el az eszköz szkennelését, hogy ne legyenek túl éles szögek, illetve több álláspontból is modellezze le a szkennert a homlokzatot.

Ezután megkezdtem a Leica Cyclone-al a következő munkafolyamatot. A behívott pontfelhőt letakarítottam, eltávolítottam minden felesleges elemet és homlokzatot takaró tereptárgyat, majd a munka befejeztével a Recap Pro szoftverrel átalakítottam megfelelő fájl formátumba, hogy a CloudCompare szoftverben ki tudjam értékelni a pontfelhőt.

Következő lépésben az épületek homlokzatán határoztam meg az ellenőrző pontokat egy Leica tcrm 1203 (6.2. ábra) mérőállomással. A feladat végre hajtásánál a Dubniczay-Palotánál három különböző állásban mértem meg az ellenőrző pontokat. A sárga épületet egy állásból mértem meg. A munka folyamán kézzel rajzolt pontvázlatot is készítettem, amit megszerkesztettem digitális formában is.

Az irodai munka során a kimentett pontokat kielemeztem, kiközepelem és csak a megfelelő pontokat használtam fel a következő munkafolyamatok során.

Ezután a terepen elkészültek a Sony Alpha DSLR-A350 (4.2. ábra) kamerával a homlokzat fotók. A képek több állásból és több szögből készültek. Ezeket a fotók ki lettek mentve a készülékből.

A következő feladat a képekből homlokzat modell alkotása volt. A feladathoz az Agisoft Metashape Professional programot használtam. A program automatikusan létrehozta a behívott képekből a pontfelhőt az Align Photo funkcióval. Ezen besűrítettem a pontokat a Build Dense Cloud parancsal, aminek eredményeként egy sokkal részletesebb homlokzat rajzolódott ki. Elkészítettem a Tin-modellt a Build Mesh-re kattintva és azt utolsó lépésként a Build Texture funkcióval létre hoztam a színhelyes homlokzat modellt. Körbe vágtam letisztítottam a feleslegesnek vélt pontokat (terep tárgyak, zászlók), majd felhasználtam a geodéziai felmérés során bemért homlokzat pontokat. Az elkészült homlokzaton a pontvázlatot felhasználva elhelyeztem a pontokat úgy, hogy minél kisebb hiba értéket jelezzen a program. A homlokzaton ez volt az utolsó lépés amit elvégeztem, ezután kimentettem egy „Report” fájlt, illetve a pontfelhő pontokat, amit a CloudCompare programban összehasonlítottam a lézeres pontfelhővel és elvégeztem a pontosságvizsgálatot. A két pontfelhőt összemásoltam, hogy meg tudjam jeleníteni a különbségeket vizuálisan és számszerűen egyaránt. Kijelöltem a két pontfelhőt és két funkciót lefuttatva a „Final Registration Tool”-t és a „Compute Cloud Distance”-t kiértékeltem a különbségeket (7.11. és 7.13. ábra) Már a behívott pontokon is jól látszott a lézer szkennel magasabb sűrűsége, de összességében jobbnak mondható a homlokzat leképezése. A különbségek alacsonyak a program kiértékelése szerint (7.9. ábra), a kamerával elkészített képekből összeállított pontfelhő megfelelően ráilleszkedik a lézer szkennelrel elkészített pontfelhőre. Ezt a munkafolyamatot mindkét épületen végre hajtottam és az eredmények megfelelőek lettek a kiértékelés során.

9. ÖSSZEGZÉS

A feladatok elvégzése során rengeteg új ismeretre tettem szert, aminek köszönhetően szakmailag is előre léptem. Fejlődött a probléma megoldó és kommunikációs képességem is a szakdolgozat megírása idején. Rengeteg új tapasztalatot gyűjtöttem a különböző geodézia módszerek megismerése és használata során. A szakdolgozat terepi és irodai munkája során rengeteg új eszközzel és programmal megismerkedtem és sikerült bővíteni a szakmai tudásomat.

Ez a téma hosszú ideje a figyelmem középpontjába került és boldog vagyok, hogy megvalósíthattam ezt a feladatot. A geodéziában és a fotogrammetriában rengeteg lehetőség rejlik, erről én magam is meggyőződhettem és remélem, hogy a jövőben ezek a módszerek még elterjedtebbek lesznek.

A feladat elkészítése során rengeteg akadályba ütköztem, de az egyetemen elsajátított tudásnak hála, mindegyikre találtam megfelelő megoldást és kijavítottam a hibákat. A konzulensem a folyamat során rengeteg információval látott el, segített a munkafolyamatok megismerésében és a programok megismerésében.

A munkafolyamat során leginkább Leica Geo System által gyártott termékeket használtam és meggyőződhettem arról, hogy mennyire pontos, precíz és megbízható eszközöket gyártanak. A mérőállomásuk és a lézer szkennerek is nagyon hasznos volt számomra, amit a Geoirány Kft. biztosított a számomra. A lézer szkennerek utófeldolgozó programja remekül használható és rövid alkalmazás után a szkennelt homlokzatot megfelelően sikerült elkészítenem.

Összességében kijelenthetem, hogy a szakdolgozatom teljes mértékben megmutatja a jelenlegi tudás szintemet. A dolgozat kreatív lett és rengeteg szakmai módszert megmutatok benne, aminek köszönhetően remélem másnak is segítséget fog nyújtani a jövőben. Elkészítése nagy kihívást jelentett számomra, de rengeteg kitartásnak, magas minőségű munkának és kreatív megvalósításnak köszönhetően teljes mértékben sikerült megvalósítanom azt a szakdolgozatot, amit eredetileg elterveztem.

10. SUMMARY

In the next section, I will briefly summarize the description of the work process. The topic of my thesis was the 3D modeling of the Dubniczay-Palace and VEAB headquarters located in the castle quarter of Veszprém using photogrammetric and geodesic methods, and then performing an accuracy test on the mapped models. The field work was preceded by office preparations. I acquired the appropriate instruments, such as a laser scanner and measuring station, as well as the necessary software, such as Leica Cyclone, Agisoft Metashape, and CloudCompare.

I managed to learn how to use the laser scanner while still in the office, so putting it into operation was not an obstacle during the field work. Arriving in the castle district, I inspected the work area and observed the buildings to be measured. I placed the "Targets" on the building, which were needed for the laser scanner to create the correct model. I placed the signs so that the Leica BLK 360 always detects at least two "Targets". Then I started the device, connected it to the software on the tablet and scanned the facades of the building. I determined two important aspects during the scanning. One is to scan the device from a suitable distance so that there are no too sharp angles, and the scanner models the facade from several points of view.

I then started the following work process with the Leica Cyclone. I cleaned the called point cloud, removed all unnecessary elements and terrain objects covering the facade, and then, after the work was finished, I converted it into a suitable file format with the Recap Pro software so that I could evaluate the point cloud in the CloudCompare software.

In the next step, I determined the control points on the facades of the building with a Leica tcrm 1203 measuring station. During the implementation of the task, I measured the control points at Dubniczay-Palace in three different positions. I measured the yellow building from a stand. During the work, I also made a hand-drawn-dot- sketch, which I also edited in digital form. During the office work, I analyzed the saved points, averaged them out and used only the appropriate points during the following work processes. Then, the facade photos were taken in the field with the Sony Alpha DSLR-A350 camera. The

pictures were taken from several positions and angles. These photos have been saved from the device.

The next task was to create a facade model from the pictures. I used the Agisoft Metashape Professional program for the task. The program automatically created the point cloud from the imported images with the Align Photo function. On this I condensed the points with the Build Dense Cloud command, resulting in a much more detailed facade. I made the Tin model by clicking on Build Mesh and as the last step I created the color facade model with the Build Texture function. I cut around and cleaned the points deemed unnecessary (terrain objects, flags), and then used the facade points measured during the geodetic survey. I placed the points on the finished facade using the point sketch so that the program indicates the smallest possible error value.

This was the last step I performed on the facade, then I saved a "Report" file and the cloud points, which I compared with the laser point cloud in the CloudCompare program and performed the accuracy test. I copied the two point clouds together to show the differences both visually and numerically. I selected the two point clouds and evaluated the differences by running two functions "Final Registration Tool" and "Compute Cloud Distance". Even at the called-in points, the higher density of the laser scanner was clearly visible, but overall the mapping of the facade can be said to be better. According to the evaluation of the program, the differences are small, the point cloud compiled from the images are taken with the camera fits properly on the point cloud they are taken with the laser scanner. I carried out this work process on both buildings and the results were satisfactory during the evaluation.

11. KÖSZÖNET NYILVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni a konzulenseimnek Dr. habil. Jancsó Tamásnak és Dr. Tarsoly Péternek, amiért segítséget nyújtottak a szakdolgozatom megvalósításában és elkészítésében, továbbá szakmai tudásom fejlesztésében. Szeretnék köszönetet mondani a Geoirány Kft-nek és tulajdonosának Volráb Róbertnek, amiért biztosította számomra a kiváló minőségű geodézia, fotogrammetriai műszereket és informatikai szoftvereket a szakdolgozat elkészítéséhez. Ezen kívül szeretnék köszönetet mondani a családomnak a rengeteg segítségért és támogatásért az egyetem teljes időszaka alatt.

12. IRODALOMJEGYZÉK

- 1 G. Á. K. d. ., Barabás János Imre dr, „Innovációs lehetőségek a medicinában: 3D tervezési és 3D nyomtatási lehetőségek a felnőtt szív és mellkassebészeti betegellátásban,” *Orvosi Hetilap*, 2019, 160 évfolyamm 50. szám.
- 2 L. T. Csapó Tamás, „Veszprém Település Morfológiája,” *Földrajzi Közlemények*, pp. 439-452, 2012.
- 3 E. Gyula, Veszprém Város Története A Török Idők Alatt, Egyházmegyei Könyvnyomda, 1913.
- 4 WIKIPEDIA, „Veszprém,” [Online]. Available: <https://hu.wikipedia.org/wiki/Veszpr%C3%A9m>. [Hozzáférés dátuma: 25 01 2022].
- 5 M. T. AKADÉMIA, „A székház rövid története,” [Online]. Available: <https://tab.mta.hu/veszpremi-területi-bizottsag/tortenete/szekhaz/>. [Hozzáférés dátuma: 25 11 2022].
- 6 veszpreminfo, „Dubniczay-Palota,” [Online]. Available: <https://www.veszpreminfo.hu/hu/hely/dubniczay-palota>. [Hozzáférés dátuma: 25 03 2022].
- 7 C.-K. Kft., „3D FÖLDI LÉZERSZKENNELÉS,” [Online]. Available: http://connectking.hu/service/3d_lezerszkenneles/. [Hozzáférés dátuma: 07 12 2022].
- 8 B. Attila, „Földi lézerszkennelés mérnökgeodéziai célú alkalmazása - PhD érekezés,” Budapest, 2011.
- 9 R. Nikolett, „Földi Lézerszkennér Pontosság Vizsgálata,” 2010, 2010/2011 Tanév TDK Konferencia.
- 10 L. Geosystem, „Leica BLK360 képalkotó lézerszkennér,” [Online]. Available: <https://leica-geosystems.com/hu-hu/products/laser-scanners/scanners/blk360>. [Hozzáférés dátuma: 23 11 2022].
- 11 P. Dr. Engler, „Fotogrammetria 6.A földi fotogrammetria,” [Online]. Available: <https://docplayer.hu/9374952-Fotogrammetria-6-a-foldi-fotogrammetria-dr-engler-peter.html>. [Hozzáférés dátuma: 04 12 2022].
- 12 K. E. 2241-06, „A földi fotogrammetriai technológia,” Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet .

- 13 D. J. Tamás, „Fotogrammetria 12.,” [Online]. Available: https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7632/0027_FOT12.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Hozzáférés dátuma: 02 12 2022].
- 14 SONY, „DSLR-A350 Műszaki adatok,” [Online]. Available: <https://www.sony.hu/electronics/support/a-mount-body-dslr-a300-series/dslr-a350/specifications>. [Hozzáférés dátuma: 06 12 2022].
- 15 G. K. Zrt., „TÉRINFORMATIKÁVAL FELRUHÁZOTT DÖNTÉSHOZATAL,” [Online]. Available: <http://geodeziakeletzrt.hu/our-services/3d-terkepezes-es-modellezes>. [Hozzáférés dátuma: 03 12 2022].
- 16 T. KFT, „3D-modellezés a műemlék-rekonstrukciós munkákban,” [Online]. Available: <https://tangens.hu/3d-modellezes-a-muemlek-rekonstrukcios-munkakban/>. [Hozzáférés dátuma: 06 12 2022].
- 17 WIKIPEDIA, „3D modellezés,” [Online]. Available: https://hu.wikipedia.org/wiki/3D_modellez%C3%A9s. [Hozzáférés dátuma: 13 02 2022].
- 18 N.-S. P. alkotó, „3D Modellezés - Alapfogalmak, szójegyzék,” [Online]. Available: <https://www.npictures.com/hun/blog-hun/tutorialok/3d-modellezes-alapfogalmak-szojegyzek>. [Hozzáférés dátuma: 10 08 2022].
- 19 A. N. Schneider Kristóf, „Teodolit és mérőállomás bemutatása,” [Online]. Available: <http://gisday.amk.uni-obuda.hu/images/dokumentumok/2012/6.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 05 12 2022].
- 20 „Total Station - Survey Equipment,” [Online]. Available: <https://totalstations.co/leica-tcrp1203-total-station-tps1200-series/>. [Hozzáférés dátuma: 15 november 2022].
- 21 „Hexagon - Leica Geosystem,” [Online]. Available: <https://leica-geosystems.com/hu-hu/products/laser-scanners/software/leica-cyclone/leica-cyclone-register-360>. [Hozzáférés dátuma: 5 november 2022].
- 22 Agisoft, „Agisoft Metashape,” [Online]. Available: <https://www.photoscan.hu/>. [Hozzáférés dátuma: 03 12 2022].
- 23 „Wikipédia - CloudCompare,” [Online]. Available: <https://hu.frwiki.wiki/wiki/CloudCompare>. [Hozzáférés dátuma: 1 december 2022].

13. ÁBRAJEGYZÉK

3.1. ábra: Dubniczay-Palota.....	7
3.2. ábra: VEAB székház	7
4.1. ábra: Leilca 360 lézerszkennner	11
4.2. ábra: Sony Alpha DSLR-A350 kamera	14
5.1. ábra: Homlokzat modell.....	16
5.2. ábra: Vertex.....	17
6.1. ábra: Target	20
6.2. ábra: Leica TCRM 1203 mérőállomás.....	21
6.3. ábra: A Dubniczay-Palota pontvázlata 1.	24
6.4. ábra: A Dubniczay-Palota pontvázlata 2.	24
6.5. ábra: A VEAB székház pontvázlata 1.....	25
6.6. ábra: A VEAB székház pontvázlata 2.....	25
6.7. ábra: A VEAB székház pontvázlata 3.....	26
6.8. ábra: A VEAB székház pontvázlata 4.....	26
6.9. ábra: A VEAB székház pontvázlata 5.....	27
7.1. ábra: Bundle	29
7.2. ábra: Munka ablak	31
7.3. ábra: Camera Calibration eredményei Dubniczay-Palota.....	32
7.4. ábra: Camera Calibration eredményei Dubniczay-Palota.....	33
7.5. ábra: Camera Calibration eredményei VEAB székház.....	33
7.6. ábra Camera Calibration eredményei VEAB székház	34
7.7. ábra: Dubniczay-Palota homlokzat modellje markerekkel.....	36
7.8. ábra: A VEAB székház homlokzat modellje markerekkel	36
7.9. ábra: Iterálás eredménye a Dubniczay palotán	38
7.10. ábra: Iterálás eredménye a VEAB székházon.....	39
7.11. ábra: Pontosság vizsgálat eredménye a Dubniczay-Palotán 1	40
7.12. ábra: Pontosság vizsgálat eredménye a Dubniczay-Palotán 2	41
7.13. ábra: Pontosság vizsgálat eredménye a VEAB székházon 1	41
7.14. ábra: Pontosságvizsgálat eredménye a VEAB székházon 2.	42

14. DIGITÁLIS MELLÉKLETEK

- 1. sz. melléklet:* Dubniczay- palota pontfelhő fájl (.las)
- 2. sz. melléklet:* VEAB székház pontfelhő fájl (.las)
- 3. sz. melléklet:* Dubniczay- palota riport fájl (.pdf)
- 4. sz. melléklet:* VEAB székház riport fájl (.pdf)