

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

A Magyar Király Szálló homlokzاتفelmérése fotogrammetriával és lézerszkennerral

SZAKDOLGOZAT

Konzulensek:

Dr. Engler Péter
főiskolai docens,
Fotogrammetria és Távérzékelés Tanszék

Nagy Gábor
adjunktus,
Térinformatika Tanszék

Készítette:

Abonyi Attila
nappali tagozat
Földmérő és földrendező
mérnök szak
Geoinformatika szakirány

Székesfehérvár
2014

Szakdolgozat feladat kiírás

NYILATKOZAT

Alulírott **Abonyi Attila** (neptun kód: XXXXXXXXXX) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy

A Magyar Király Szálló homlokzatzfelmérése fotogrammetriával és lézerszkennel

című

szakdolgozat

(a továbbiakban: dolgozat) **önálló munkám**, a dolgozat készítése során betartottam *a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait*, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében¹.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt illetve a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg.**

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Nyugat-magyarországi Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat.**

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Székesfehérvár, 2014. május 26.

.....

Hallgató

¹ **1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1)** A mű részletét - az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven - a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára - a cél által indokolt terjedelemben - szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást - a szerző nevével együtt - fel kell tüntetni, ha csak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	6
2. A földi fotogrammetria.....	8
2.1. A földi fotogrammetria alkalmazási területei	8
2.1.1. A földi fotogrammetria építészeti alkalmazási lehetőségei	9
3. A lézerszkennner.....	12
3.1. A lézerszkennner alkalmazási területei	12
3.1.1. A lézerszkennner építészeti alkalmazási lehetőségei	14
4. A fotogrammetriai felmérés végrehajtása és a készített felvételek kiértékelése	15
4.1. A mérés tervezése.....	15
4.1.1. A Rolleimetric Rolleiflex 6008 általános ismertetése	16
4.2. Kitűzés, pontjelölés	19
4.3. Geodéziai mérés és feldolgozása.....	19
4.3.1. A geodéziai mérések műszere: Sokkia SET 230R mérőállomás.....	21
4.4. A felvételek elkészítése	22
4.4.1. A Capture One szoftver.....	23
4.5. A Photomodeler Scanner szoftver általános bemutatása, a kiértékelés folyamata	24
5. A lézerszkennneres felmérés végrehajtása és feldolgozása.....	34
5.1. A felmérés tervezése.....	35
5.1.1. A Leica ScanStation C10 általános ismertetése	36
5.2. A lézerszkennneres felmérés végrehajtása	38
6.3. A Leica Cyclone szoftver bemutatása, a mérés feldolgozása	42
6. Műszaki leírás	51
6.1. A felmérés végrehajtása, feldolgozása, eredmények.....	51
6.2. Pontosság	52
6.3. A földi fotogrammetria és a lézerszkennneres technológia összehasonlítása.....	53
7. Köszönetnyilvánítás	56

Irodalomjegyzék	57
Mellékletek	59

1. Bevezetés

A Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Karán folytatott tanulmányaim végén elérkeztem a szakdolgozat elkészítésének feladatához, amely valamennyi eddig elkészített leadandó feladatomnál kombináltabb, körültekintőbb megoldást igényel. A Székesfehérváron töltött évek alatt megismerhettem geodéziai, térinformatikai, fotogrammetriai és egyéb, a földmérés tudományához szorosan kapcsolódó, természettudományos témákat. A tantárgyak közül kiemelten érdekesnek tartottam a Fotogrammetria I., valamint II.-t is, már teljesítésük után elgondolkoztam egy esetleges szakdolgozati témán, amely valamilyen módon kapcsolódik ehhez a tudományhoz. Nyári gyakorlatom során lakhelyem földhivatalának vezetőjével beszéltem erről, aki azt tanácsolta számomra, hogy a kapuvári várkastély felmérését végezzem el.

Később kiderült, hogy az épület méretét tekintve túl nagy egy szakdolgozati feladathoz, valamint fotogrammetriai felmérése nagyon nehéz a külső körülmények miatt. Így esett a választás végül a székesfehérvári Hotel Magyar Király szállodára.

A fotogrammetria mellett a lézerszkenneres technológia is foglalkoztatott, amely után akkor kezdtem el először érdeklődni, amikor az iskola beszerezte az ilyen fajtájú műszerét 2009-ben. Ebből kifolyólag megtetszett az a lehetőség, hogy feladatomban ne csak fotogrammetriai, hanem lézerszkenneres témát is érintsen. Kialakult a szakdolgozat tárgya: „A Magyar Király Szálló homlokzatfelmérése fotogrammetriával és lézerszkennerral.”.

Mivel tanulmányaim során a szakdolgozat témájának kiírásáig közelebbről nem találkoztam az iskola Leica ScanStation C10-es lézerszkennérével, igyekeztem alaposan utána olvasni használatának és a segítségével végrehajtható feladatoknak. Számos hasznos felhasználhatóság között találtam a homlokzatfelmérést is.

A dolgozat során először szakirodalom segítségével szeretném összefoglalni a földi fotogrammetria és a lézerszkennerek alkalmazási lehetőségeit. A gyakorlati megoldások (digitális mérőkamerával készített felvételek, valamint lézerszkenneres felmérés a kijelölt épületről) elkészítése után szeretném azokat kiértékelni, e műveletek részleteit a dolgozat során bővebben tárgyalni. Végül összefoglalom a két érintett technológiával készült kiértékelést, az elvégzett munkát műszaki leírásban összegzem.

Szakdolgozatom hidat képez egy földmérő mérnök kétféle jellegű munkája között ugyanazt a tárgyat tekintve, összehasonlítja a technológiákat, bemutatja a földi fotogrammetria alkalmazási lehetőségeit, valamint a technika rohamos fejlődésével párhuzamosan modernizálódó felmérési eljárást – a lézerszkenneres technológiát.

2. A földi fotogrammetria

A fotogrammetria tudománya csaknem egyidős a fényképezéssel. A tudomány a 19. század közepén alakult ki, majd a 20. század elejére már szervezett egyesületek, szakmai szervezetek foglalkoztak vele. Mára háromféle technológiát különböztetünk meg: analóg, analitikus és digitális fotogrammetria. A szakterület két fajta felmérési módot ismer: a földi és a légi fotogrammetriát.

Elsőként a földi fotogrammetria alakult ki, a mérőkamerák repülő járműveken történő alkalmazása csak később jelent meg. Általánosságban elmondható, hogy a földi fotogrammetria egy olyan tudományág, amelyben mérési célokra készített fényképeket, mérőképeket készítenek földi álláspontokról, majd azokat különféle módokon kiértékelik. Alapvető feltétele, hogy a mérendő objektumra a szabad rálátás biztosított legyen, míg a mérőkamera közel helyezkedjen el a felmérés tárgyához. A mérési célokra használható professzionális fényképezőgépek általában műszerállványon helyezkednek el a felvételek készítése során, de használhatók kézből is, sőt, ismerjük járműveken elhelyezett változatukat is. A földi fotogrammetria számos előnye közül kiemelkedő a rövid mérési időszükséglet, a mérőképek rendkívüli részletgazdagsága, valamint a viszonylag gyors és jól automatizálható kiértékelési folyamat. A feldolgozás során létrejövő termékek elsősorban nem topográfiai jellegűek, rajzokat, 3 dimenziós modelleket, pontfelhőket, stb. kapunk eredményül. Az angol nyelv a földi fotogrammetriát szó szerinti fordításban közel fotogrammetriának (close-range photogrammetry), néhány esetben kép-alapú modellezésnek (image-based modeling) nevezi. [1][3]

2.1. A földi fotogrammetria alkalmazási területei

A tudomány számos alkalmazási területe ismeretes. Leginkább műszaki és tudományos kutatások, feladatok során használható. Egyik legtöbb fajta feladatot adó köre a mérnökgeodéziával kapcsolatos, melyben mozgásvizsgálatra, deformációk mérésére, bányákból kitermelt nyersanyagok mennyiségének meghatározására, alagutak

felmérésére, stb. használható. A második legnagyobb alkalmazási terület az építészet, erről a következő fejezetben írok részletesebben.

További alkalmazási területként említhető a műemlékvédelem és a régészet is. Előbbiben leginkább egy felújításra váró műemlék-jellegű épület, restaurálás utáni állapotának tervezésekor használható a földi fotogrammetria, míg utóbbinál az ásatások eredményeinek gyors felmérése és dokumentálása céljából.



2.1. ábra: Fotogrammetria a régészetben (forrás: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FOT15/images/FOT1502.png)

Ismerünk speciális lehetőségeket is, mint pl. a bűnügyi fotogrammetria és a gyógyászati alkalmazások. Nyugat-Európában bevált módszer egyes közúti balesetek helyszínének fotogrammetriai eszközökkel történő felmérése, amelynek segítségével a helyszínelés ideje jelentősen lerövidül, a forgalmi akadályok gyorsabban elhárulnak. A gyógyászati alkalmazások közül kiemelkedő a fogászat és a plasztikai sebészet. [1]

A mérnökgeodéziai alkalmazásokon túl ismerünk még egy hasonlóan sokoldalú területet: az építészetet. Ezt, a szakdolgozat tárgyának szempontjából nagyon fontos témát a következőkben kívánom részletezni.

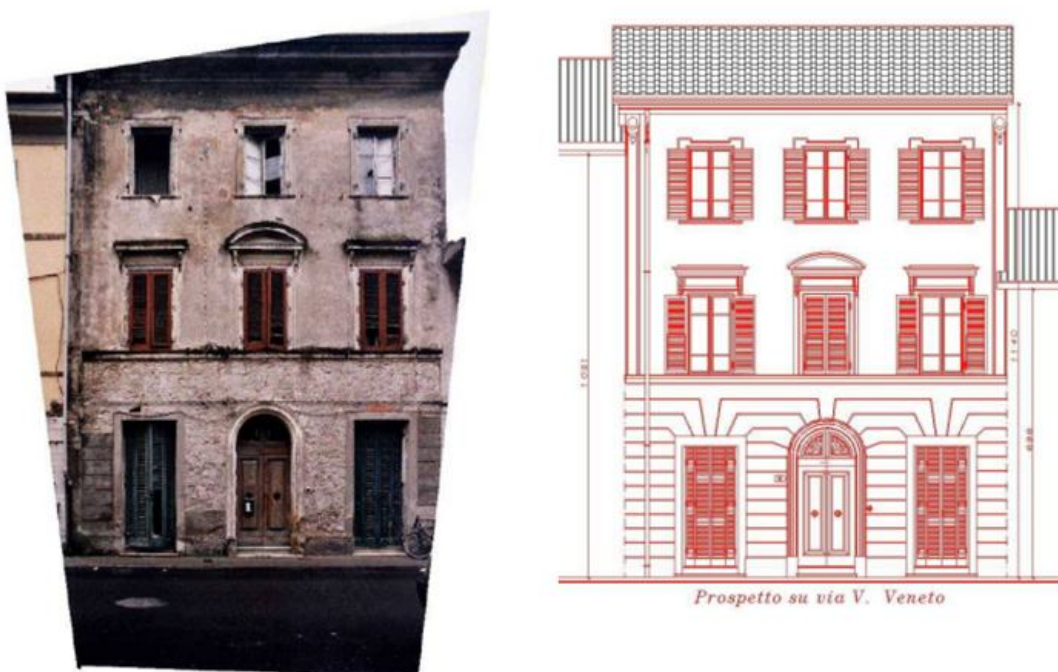
2.1.1. A földi fotogrammetria építészeti alkalmazási lehetőségei

A földi fotogrammetria alkalmazási lehetőségei között meglehetősen nagy szerep jut az építészeti feladatoknak. Tipikusan ilyen jellegű feladatok az épületek állapotfelméréseivel, átalakításaival kapcsolatos mérések, homlokzatrajzok, metszetek készítése, dokumentatív jellegű felmérések, épületkárok, valamint a belső terek felmérése. Ismertek továbbá alaprajzi felmérések, 3D épületmodellezés és ortogonális utcakép készítése.[1][4]

Az állapotfelmérések során az egyes építmények bizonyos időponthoz kapcsolt helyzetét mérik fel fotogrammetriai módszerrel. Az állapotfelmérések segítségével

megállapítható, hogy az épület elhelyezkedése (pl. mozgásvizsgálati szempontból) hogyan változott két felmérési közötti időben.

Az átalakításokat szolgáló felmérések azt a célt szolgálják, hogy segítségükkel árnyaltabb képet kaphatunk a felújítások, átalakítások jövőbeli megvalósulásáról. Az épületek jelenlegi állapotáról különböző rajzokat, metszeteket, homlokzatrajzokat készíthetünk. Az alábbi képeken bal oldalon egy felújításra váró épület képe látható, a jobb oldalon pedig a felújított épület homlokzatrajza:

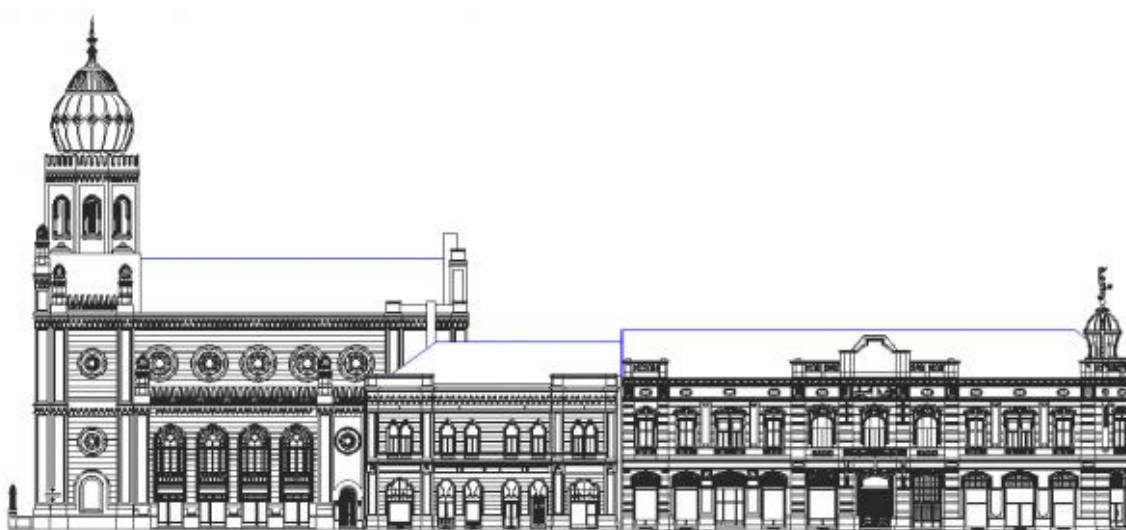


2.2. ábra: Felújításra váró épület és ugyanezen épület felújítás utáni homlokzatrajza (forrás: http://www.interstudio.net/Architectural_Photogrammetry.pdf)

Épületkárok felmérése pl. árvíz sújtotta településen történhet, segítségével könnyebben megállapítható a károsodás mértéke. Külön előnyt jelent a fotogrammetria alkalmazása akkor, ha a kárfelmérést pontosan szeretnénk elvégezni, de a helyszín csak rövid ideig, vagy egyáltalán nem közelíthető meg. További katasztrófáknál is hatékonyan alkalmazható a kárfelmérés, pl. szélvihar által okozott károknál a tető rongálódása mérhető pontosan. [1]

A továbbiakban említett alkalmazási módszerek közül az alaprajz készítése csak némely esetben igényel fotogrammetriai mérést, inkább geodéziai eszközök segítségével végzik az ilyen jellegű munkát, hasonlóan a 3D épületmodellezéshez. Utóbbit manapság már a modern lézerszkennerekkel készítik.

Az ortogonális utcakép készítésekor az egymás mellett található épületeket fényképezik le, majd ebből utcaképet készítenek. A munkát jellemzően egy speciális technológia segítségével végzik, a kamerát nagyobb magasságba emelve (maximum 15 méter magasból), hogy az épületek valamely autók által eltakart részeit is le tudják fényképezni. A mérés feldolgozásával 2 dimenziós, vektoros formátumú utcaképet vagy raszteres formátumú ortofotót készítenek kisebb pontossági követelményekkel az építészeti tervezés engedélyezési szakaszában. Az építészeti tervezés engedélyezésekor előfordul (zárt sorú beépítés esetén), hogy a tervezett épületet a szomszédos épületek között ábrázolni kell és így kérvényezni az építési engedélyt.[4]



2.3. ábra Vektoros formátumú ortogonális utcakép Kecskemét belvárosáról (forrás: <http://www.photometric.hu/ortogonalis-utcakep-52.html>)



2.4. ábra Raszteres formátumú utcakép (ortofotó) Sopron belvárosáról (forrás: <http://www.photometric.hu/ortogonalis-utcakep-52.html>)

3. A lézerszkennner

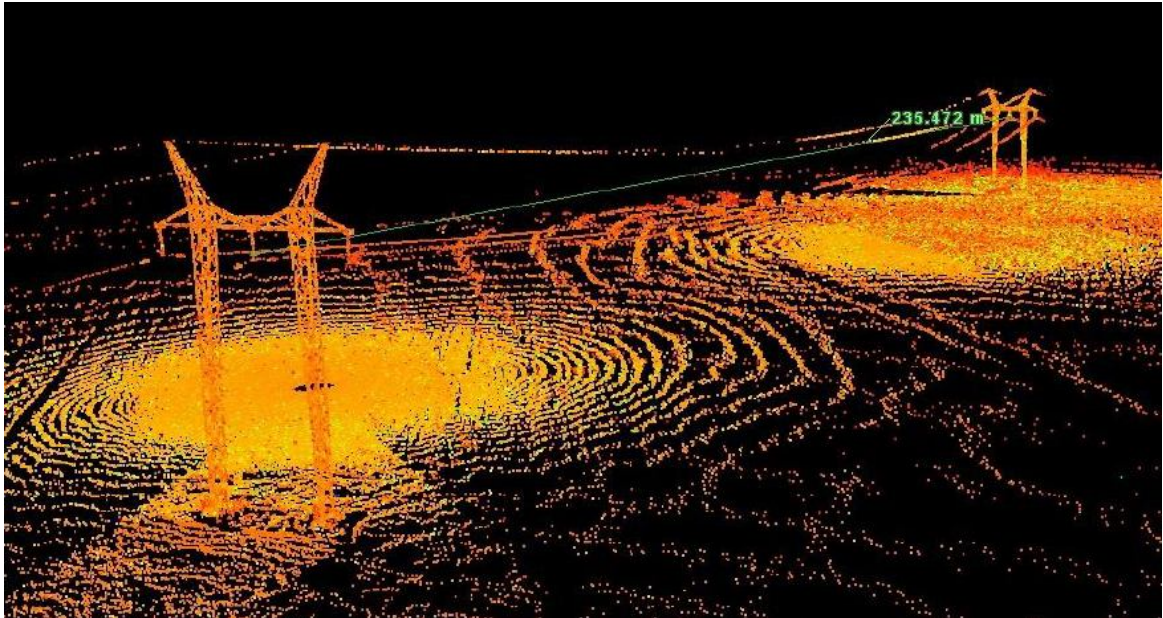
A lézerszkennerek elterjedése a geodéziában a legmodernebb felmérési módszert eredményezte. A lézerszkenneres felmérés az egyik legnagyobb ütemben fejlődő ágazata a földmérő mérnöki munkának. Egyik legnagyobb előnye az, hogy műszerei – az ún. lézerszkennerek – egyszerűen kezelhetők és viszonylag rövid idő alatt nagyon sok adatot képesek mérni, nagy pontossággal. Beállítástól függően ez az adatmennyiség a néhány száztól egészen akár több millió pontig terjedhet. A felmérés eredményét a bemért pontok jelentik, amelyek ún. pontfelhőt alkotnak. A pontfelhők számítógépen történő utólagos kiértékelésével kapjuk a felmért objektumok geometriai adatait. A műszerek a mérés során hasonló elven működnek az általános mérőállomásokhoz. A kibocsátott lézersugár segítségével méri az objektumok 1-1 pontjának távolságát a műszertől. A lézerszkennner ezen kívül tárolja a pontokra vonatkozó vízszintes és magassági szögértékeket is, ezáltal a műszer felállítási helyének ismeretében könnyedén meghatározhatóak a bemért pontok 3 dimenziós koordinátái. A lézertechnika hagyományos geodéziával történő összevetésével a legnagyobb különbséget a mért pontok száma/eltelt idő viszonya jelenti. Míg utóbbi esetében percenként még a gyakorlott mérnök is csak néhány pontot képes lemérni, addig a lézerszkennner ugyanennyi idő alatt akár több százszázat. [12]

3.1. A lézerszkennner alkalmazási területei

A 3 dimenziós lézerszkennner technológiának számos alkalmazási területét ismerjük. Az egyik legsokrétűbb felhasználási terület az építési geodézia, amelyben leginkább hidak, alagutak, utak, autópályák felmérési feladatait készíthetjük segítségével, részletes felmérést, ellenőrző méréseket, tömegszámításokat, műtárgyak mozgásvizsgálatát végezve.[13]

A mérnökgeodéziai alkalmazásokat tekintve is széles körben használható a lézerszkennner. Leginkább épületek, építmények mozgásvizsgálatára, deformáció vizsgálatára alkalmazható.

Vonalas létesítmények felmérésére ugyancsak kiválóan alkalmas. Segítségével autópályákat, vasutakat, villamos- és távközlési nyomvonalakat mérhetünk és azokat nyilvántartásba vehetjük. A vonalas létesítmények között említhetők a nagyfeszültségű távvezetékek is. Egy ilyen mérés pontfelhőjét szemlélhetjük meg az alábbi képen is:



3.1. ábra: Nagyfeszültségű távvezeték lézerszkenneres felmérésével készült pontfelhő a szomszédos oszlopok két jellemző pontjának távolságával (forrás: <http://geodeziakft.hu/lezerszkennerek-alkalmazasa>)

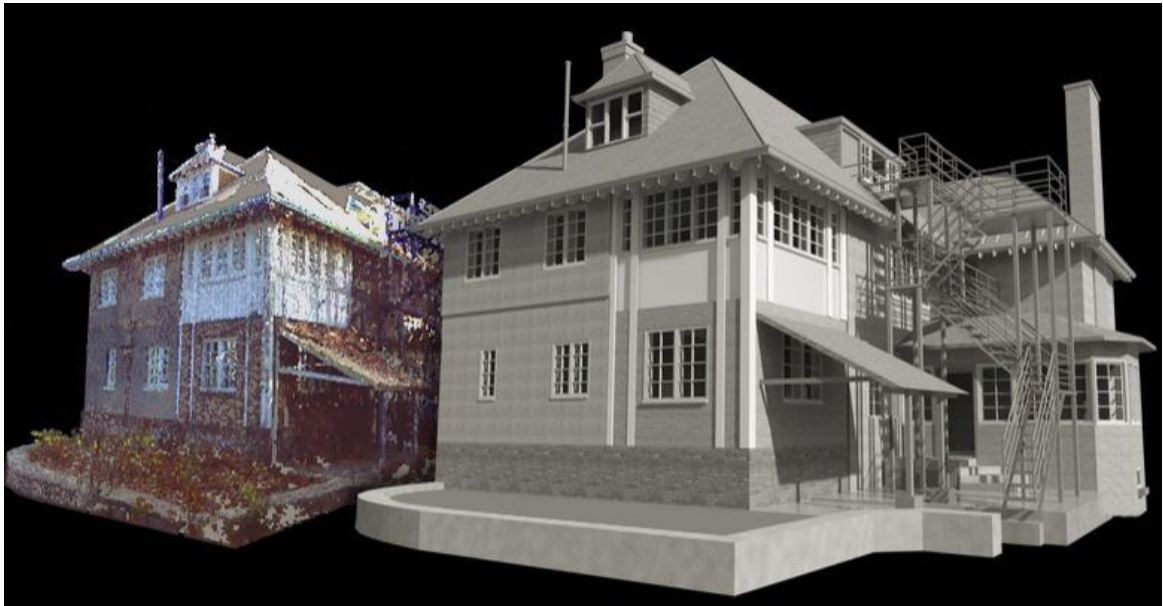
A közel fotogrammetriához hasonlóan a lézerszkenneres technológiát is használják a régészetben, műemlékek felmérésében, ipari létesítmények felmérésében, bányászatban (pl. a kitermelt anyagok mennyiségének meghatározására, külszíni bányák felmérésére), terep és domborzatfelmérésben (melynek eredménye egy, akár már a helyszínen elkészült szintvonalas térkép lehet), baleseti és bűnügyi helyszínelésben. Utóbbi esetében a felmérés hasonlóan gyorsan történik, mint a fotogrammetriában, viszont a feldolgozás gyorsabban zajlik, a balesetet akár virtuális 3 dimenziós környezetben illusztrálhatjuk. Egyik legújabb alkalmazási területe a szórakoztatóiparhoz kapcsolódik, elsősorban filmekre vonatkozóan. [14] [15]

A lézerszkennerek alkalmazási lehetőségei közül is kiemelkedő helyen található az építészet.

3.1.1. A lézerszkennер építészeti alkalmazási lehetőségei

A lézertechnikát, valamint eszközét, a lézerszkennert az építészetben leginkább épületek külső és belső felmérésére használjuk. A felmérés eredményeként létrejövő pontfelhőt felhasználva rendkívül sok hasznos „terméket” kaphatunk.

Az egyik legelterjedtebb felhasználás a 3D modellek készítése. Egyre többen igénylik egy-egy épület, vagy terület felmérését, pl. annak átláthatósága, vagy csak egyszerűen esztétikus és igényes virtuális megjelenítés céljából.



3.2. ábra: Színezett pontfelhőből előállított 3D épületmodell (forrás: <http://www.xmeasures.com/xmServices/laserScanning.php>)

Elterjedt a nyers mérési adatokból készített CAD fájlok használata is. Ekkor a pontfelhő kiértékelése és feldolgozása után egy olyan fájl jön létre, amelyet a különböző CAD szoftverek kezelni tudnak. Az eredmény tehát ekkor hasonló a fotogrammetria építészeti alkalmazási lehetőségeinél már említett vektoros állományhoz.

A kiértékelések során létrejövő egyik leghasznosabb és legújabb termék az ún. BIM-modell. A BIM rövidítés egyénként a Building Information Modeling angol szavakat takarja, amely szabad fordításban magyarul annyit tesz: épület információs modellezés. [14]

4. A fotogrammetriai felmérés végrehajtása és a készített felvételek kiértékelése

A szakdolgozat 2 db gyakorlati részből áll, amely mérési feladatokat is igényel. Ezek: a fotogrammetriai fényképezés és kiértékelése, valamint a lézerszkenneres mérés és annak kiértékelése. A két feladat különböző időben készült, elsőként a fotogrammetriai felmérésnek és kiértékelésének menetét szeretném részletesen ismertetni.

Egy földi fotogrammetriai feladat elvégzésének menete [1]:

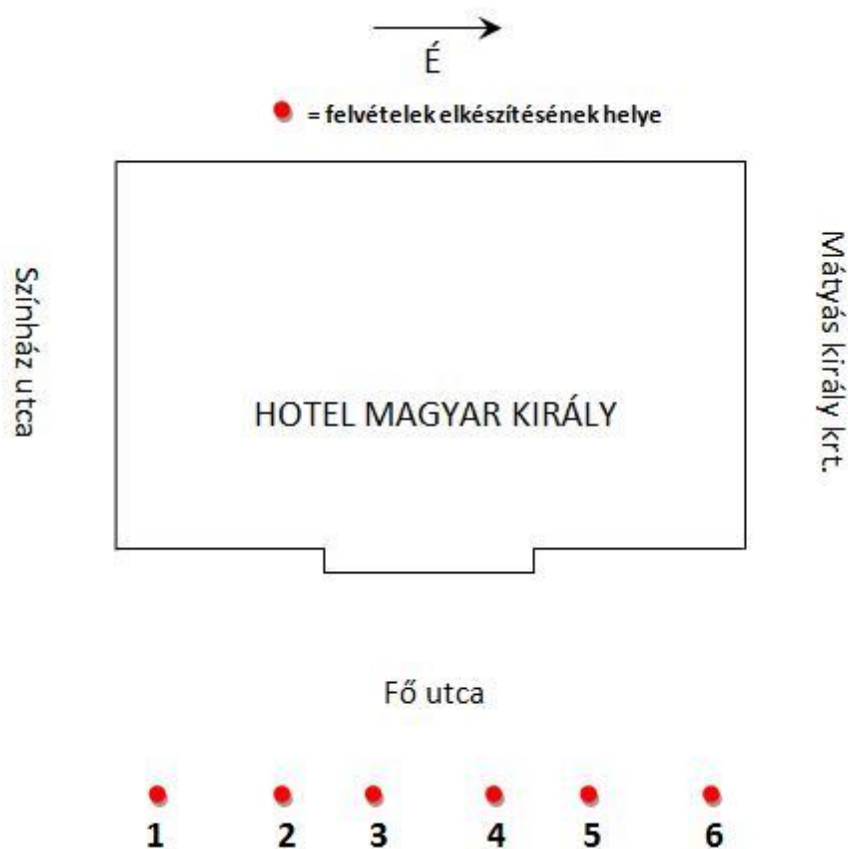
1. a mérés tervezése
2. kitűzés, pontjelölés
3. geodéziai mérés és feldolgozása
4. a felvételek elkészítése
5. műszeres kiértékelés
6. számítások, mérési eredmények feldolgozása és értékelése

4.1. A mérés tervezése

A tervezés első lépése a felmérés feladatának, céljának meghatározása. A felmérésem célja a Hotel Magyar Király főbejárati oldalának homlokzatfelmérése fényképek alapján. Az épület méretéből adódóan el kellett dönteni, hogy a készítendő munkarészek szempontjából hány képpárt kellett készíteni. A fényképezés célja az volt, hogy képpárok között nagy átfedéssel, magassági és szélességi értelemben is felvételezhessem az építményt. Az elérendő pontosságot tekintve a minél nagyobb felbontású képek készítésére törekedtem.

Fontos szempont volt a fényképezésnél az időpont is. Mivel egy olyan szállodáról van szó, amely egy sétálóutcában található, igyekeztem olyan időpontot választani, amikor kevesebb a járókelő a hotel környékén. Sokszor előfordul továbbá az is, hogy valamilyen célból rakodás történik a szálloda előtt, ekkor egy nagyobb autó értékes területeket takarhat ki a felvételekből, valamint idényjelleggel székeket is raknak ki az épület elé. Igyekeztem ezeket elkerülni, hogy minél jobb felvételek készülhessenek. A fényképkészítés szempontjából alkalmas időjárást is próbáltam választani, amely később kiderült, hogy megfelelő volt, a felhős időjárás miatt jóval kevesebb árnyék található a felvételeken.

A tervezés következő lépése annak megtervezése volt, hogy hány álláspontról készüljenek a képek ahhoz, hogy a szálloda kérdéses homlokzatának minden része látható legyen rajtuk. Ez a kérdés a terepen dőlt el, a mérés feldolgozásának szempontjából nem volt szükséges előre méretarányszámot, fényképezési távolságot, sáv szélességet, felvételi bázist és képek közötti átfedési értéket számolni. [1] Természetesen ez nem jelentette azt, hogy a képeket bármilyen távolságból, bármilyen átfedéssel, stb. készíthettem. A fényképezéskor törekedtem az épülettől való közel azonos távolságra, a képpárok készítésekor közel azonos bázisra, minél nagyobb átfedésre. A méretarányszámot a geodéziai mérések határozták meg. A felvételek elkészítésének tervezett helyei a következő ábrán láthatóak:



4.1. ábra: A szálloda, valamint a felvételkészítések helye

A mérés tervezésekor fontos ismerni a felvevő kamerát és annak paramétereit. Ezeket a következő alfejezetben ismertetem részletesen.

4.1.1. A Rolleimetric Rolleiflex 6008 általános ismertetése

A mérés során az NyME-GEO Fotogrammetria és Távérzékelés Tanszékének egyik mérőkameráját használtam, a Rolleimetric Rolleiflex 6008 kamerát. A műszert a kar

2009-ben szerezte be, az akkori oktatási és kutatási célú műszerpark-bővítés eredményeképpen. [5] A német gyártmányú mérőkamera belső adatait a hozzá tartozó leírásból pontosan ismerhetjük. A méréseim feldolgozása során külön kamera kalibrációra nem volt szükség, mivel a képfőpont koordinátáit, valamint a kameraállandót és egyéb adatokat a kamerához tartozó kalibrációs jegyzőkönyvben megadták.

A Rolleiflex 6008 3 fő részre tagolható:

- objektív
- kamera test
- digitális hátfal

A digitális hátfal tartalmazza az LCD kijelzőt, valamint a CCD szenzort. A képek tükrörreflexes zárszerkezet segítségével rögzíthetők. A képek mentése közvetlenül CF (Compact Flash) kártyára történik, tömörített, RAW formátumban, a digitális rátét egységben. A képeket utófeldolgozás során lehet megtekinteni. A tömörített képfájlokat a mérőkamerához kapott Capture One Pro szoftverrel lehet kicsomagolni, valamint szerkeszteni. A program számos lehetőséget kínál a felvételek kiértékeléséhez, amelyet az erre vonatkozó fejezetben kívánok részletezni. Felvétel során a mérőkamera a hagyományos filmek fényérzékenységét szimulálja, amelynek értéke a digitális rátétől függően változik.

A fényképezés során 4 lehetőség közül választhatunk:

- egyszerre egy kép rögzítése
- egyszerre három kép rögzítése, azonos beállítások mellett
- három kép rögzítése, de kissé eltérő beállítások mellett
- folyamatos felvételkészítés [1]



4.2. ábra: A Rolleimetric Rolleiflex 6008 nagy felbontású, tükörreflexes, digitális mérőkamera (forrás: http://www.geo.info.hu/portal2007/images/stories/hirek/2010/20100115_3.jpg)

A mérőkamera főbb jellemzőit a következő táblázatban foglaltam össze [1][6]:

Márka	Rollei
Modell neve	Rolleiflex 6008
Kamera típusa	digitális mérőkamera
Fókuszálás módja	autofókusz
Váz mérete	közepes
Hossz (mm)	177
Magasság (mm)	139
Szélesség (mm)	143
Súly (g, objektív nélkül)	2000
Képtárolás formátuma	RAW
Képtárolás helye	CF kártya, vagy közvetlenül Firewire IEEE 1394 interfészen keresztül számítógépen
Felbontás	16 Mpixel
Pixelek száma	4076 x 4080
Pixel mérete	9 x 9 mikron
Szenzor (CCD) mérete	36.684 mm x 36.720 mm
LCD kijelző mérete	2.2"
Színmélység	16 bit színenként
Színérzékenység	ISO 50, 100, 200, 400, 800 (digitális rátétől függően)
Zárszerkezet	közvetlen meghajtású, elektronikusan vezérelt zárszerkezet
Írás sebessége	akár 16 MB/sec, a CF kártya függvényében
Alapfelszereltség	kameratest rögzített digitális rátéttel, digitális kijelző, kameravédő sapka, kézi fogantyú, kamera elem készlet gyors töltővel, kereső ernyő nagyítóval, Capture One DB szoftver, újratölthető akkumulátor és töltő a digitális kijelzőhöz, védő doboz
Javasolt kiegészítők	kioldó kábel, sztereo-kioldó, 45°-os vagy 90°-os prizmás kereső
Kameraállandó (Ck, mm)	51.999

4.1. táblázat: A Rolleimetric Rolleiflex 6008 mérőkamera főbb jellemzői

4.2. Kitűzés, pontjelölés

A földi fotogrammetria munkafázisai közül ezt a pontot a mérés tervezési feladatainál, vagy a geodéziai mérés végrehajtásánál is tárgyalhatnám. A szakdolgozat gyakorlati része során végig egy általam meghatározott, helyi rendszerben dolgozom. A helyi rendszerből adódóan kitűzési feladat valójában nincs is, a geodéziai mérések során egy szabadon választott állásponton kell felállni műszerrel, majd onnan poláris koordinátaméréssel bemérni pontokat. Ezek a pontok illesztőpontokat jelentenek, amelyek a képpárok közös területén találhatóak. A pontjelölés fogalma szó szerint nem történik meg, mivel a homlokzaton képpáronként kiválasztott 4 pontot nem szükséges megjelölni, csupán olyan pontokat kell erre a célra kiválasztani, amelyek jól irányozhatók, nem téveszthetők össze más pontokkal és helyük idővel nem változik számottevően.

4.3. Geodéziai mérés és feldolgozása

A fotogrammetriai felmérés során szükség van illesztőpontok geodéziai meghatározására. A feldolgozás megfelelő elvégzéséhez képpáronként 4 db illesztőpontra van szükség. Fontos az illesztőpontokkal kapcsolatban, hogy a képpárok közös területén úgy kell őket elhelyezni, hogy az átfedett sáv négy sarkának közelébe jusson 1-1 pont. A korábbi időpontban végzett fényképezés során 3 db képpárt készítettem. Ebből könnyen kiszámolható, hogy a geodéziai mérés során 12 db illesztőpontot kellett bemérnem. A pontokat igyekeztem az előző pontban (4.2.) leírtak szerint megválasztani, valamint úgy, hogy a képpárok mindegyikéről egyértelműen azonosíthatóak legyenek. Mivel pontjelölés nem történt, viszont irányérték és távolság mérését kellett végezni, igyekeztem olyan mérőállomást használni, amely képes prizma és fólia hiányában, csupán a puszta falfelületre (direkt-reflex üzemmód) vonatkozóan távolságot mérni. Ennek megfelelően egy általam a geodéziai gyakorlatokon alaposan megismert mérőállomást, a Sokkia SET 230R műszert választottam az iskola műszerparkjából. A szakdolgozat készítésére vonatkozó műszerigénylési lap leadása után a műszerrel, valamint a hozzá tartozó műszerállvánnyal terepre vonultunk, a szállítás során egyik évfolyamtársam volt segítségemre. A terepen először felállítottam a műszert és függőlegessé tettem az állótengelyt. Pontra állásra nem volt szükség, a helyi rendszerű feldolgozás miatt egy olyan helyet választottam ki a szálloda előtti téren, hogy arról mindegyik mérendő illesztőpontot láthassam. Ezután beállítottam a mérésre vonatkozó alapadatokat a műszerben: hőmérséklet, időjárás, légnyomás, kezelői adatok. A beállításoknál talán a legfontosabb az összeadóállandó értékének beállítása, ami ebben az esetben 0 mm volt,

mivel falfelületre történt a távolságmérés. Ezután létrehoztam egy munkaállományt a műszerben, amelyben a mérési adatokat mentettem el. Az első ilyen jellegű mentett adat az álláspont volt, amelynek nem adtam meg koordinátát, csak pontszámot, mivel a feldolgozás során beolvasott koordináta-jegyzékkel dolgoztam. További adatként adhattam volna műszermagasságot is, de oda sem írtam be semmilyen értéket, hiszen csak a pontok egymáshoz viszonyított helyzetét szerettem volna meghatározni. Ennek megfelelően a jelmagasság értékekre 0-t adtam meg.

A mérés végrehajtása a műszer Távmérés funkciójával történt. Ennek a funkciónak a lényege az, hogy a megírányzott pontra vonatkozóan nem csak irányértéket kapunk, hanem ferde távolságot is mérhetünk rájuk. A műszer lehetővé teszi, hogy a pontokra vonatkozó szög-, távolságértékeket, valamint pontszámukat egy gombnyomással elmentsük a belső memóriában. A mérés során tehát először megírányoztam az illesztőpontnak választott pontot a falsíkon, majd az automatikus mérés lehetőséggel irányértéket, ferde távolságot és pontszámot tároltam a műszer memóriájában. Mind a 12 választott illesztőponttal kapcsolatban így jártam el. A mérés során hátráltató tényező nem fordult elő, csupán egy ízben nem sikerült a távolságmérés, mivel a falra túl erősen tűzött a Nap.

A mérés végeztével visszatértem az iskolába, ahol feldolgoztam a mért adatokat. A feldolgozáshoz először ki kellett olvasni a mérési jegyzőkönyvet a műszerből. Ehhez az iskolai számítógépeken telepített, külön a Sokkia műszerekhez fejlesztett Sokkia Prolink nevű programot használtam. Először létrehoztam egy mappát a számítógépen, amelybe a mérési adatokat akartam másolni. A műszerben található adatkiviteli beállításokat a számítógépen is módosítottam. A műszer és a számítógép közötti kapcsolat létrehozása után (Connect) átmásoltam a mért adatokat a kijelölt mappába.

A feldolgozáshoz a GeoCalc 3.5 szoftvert használtam. Először beolvastam a mérési adatokat, amelyeket a műszerből kaptam, majd módosítottam a pontszámozást. Erre azért volt szükség, mert a műszer Távmérés funkciójának használatakor automatikus pontszámozást használtam, viszont a feldolgozáskor egyszerűbb jelölést szerettem volna alkalmazni. A pontszámokon kívül átírtam a mérés során véletlenül rögzített műszermagasság értéket is a már említett 0 értékre. A feldolgozás előtt készítettem egy koordináta-jegyzéket, amelyben csak az álláspontom adatát helyeztem el. Mivel a feldolgozás helyi rendszerben történt, így álláspontomnak szabadon választhattam

koordinátát. A mínusz előjelű koordináták elkerülése végett $Y=100$ $X=100$ és $M=5$ értékeket választottam. A koordináta-jegyzéket is behívtam a GeoCalc programba, majd kiolvastam a szoftver által szerkesztett mérési jegyzőkönyvet. A ferde távolságokat redukáltam a vízszintesre, vetületi redukció nélkül, majd magasságkülönbséget számoltam az erre szolgáló funkció segítségével. A konvertálás után az Adatleíró pontot választottam, majd a poláris pont funkcióval számítási jegyzőkönyvben megkaptam a mért pontok koordinátáit. A számítási jegyzőkönyvet pdf-formátumban elmentettem. [7.,8. sz. mellékletek] A kapott koordinátákból egy jegyzéket készítettem, amelyet ITR 4 programba importáltam és ellenőriztem elhelyezkedésüket.

4.3.1. A geodéziai mérések műszere: Sokkia SET 230R mérőállomás

A SET 230R típusú mérőállomás az NYME-GEO egyik mérőállomása. A japán gyártó termékét ma már nem gyártják, helyét átvették a cég modernebb mérőállomásai. A műszer rendelkezik az ún. direkt-reflex távolságmérési funkcióval, amelynek hasznát már az előző (4.3.) fejezetben részleteztem. Ugyanezzel a funkcióval rendelkezik az iskola Sokkia SET 630R mérőállomása is. A mérés során a műszer távmérőjét precíz üzemmódra állítottam, amely $(3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})/\text{km}$ távmérési pontosságot jelent falsíkra vonatkozóan, ennél jobb pontosságot ad a prizmára történő mérés $(2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})/\text{km}$. A műszer távcsövének nagyítása 30-szoros, a szögmérési pontossága 2 szögmásodperc, amely lehetővé teszi pontos mérnöki munkavégzésre. A műszer állótengelyének függőlegessé tételét egy, a műszertalpon elhelyezett szelencés libella, valamint a kijelző felett található csöves libella segíti. A műszer bekapcsolása után, a használat előtt azonban érdemes az elektronikus libellát is használni, hiszen ezzel a beépített funkcióval érhető el a legpontosabb beállítás. A mérőállomást ellátták egy bizonyos mértékű por és vízvédellemmel is, IP66 védettséget kapott. A műszerhez Ni-MH akkumulátor, az akkumulátor töltője, valamint a kiolvasáshoz használt adatkábel tartozik alapfelszereltségként.[7]



4.3. ábra: A geodéziai mérések műszere: Sokkia SET 230R mérőállomás (forrás: http://www.geospektr.ru/data/big/set530rl_1.gif)

4.4. A felvételek elkészítése

A fényképezés 2014. március 24-én zajlott. A terepi munka igényelt néhány előkészítő műveletet, ezek közül a legfontosabb a mérőkamera akkumulátorainak töltése volt. Csak akkor indultunk ki a terepre, amikor mindkét akkumulátor töltöttsége elérte a 100%-ot. Ekkor ellenőriztük a mérőkamerát is, amelyet a hozzá tartozó védő dobozban tárolnak a Fotogrammetria és Távérzékelés Tanszéken. A kamerával kapcsolatban fontos volt, hogy a benne található CF-kártyán a fényképezéshez megfelelő mennyiségű szabad memória legyen. A kamerán kívül szükségünk volt egy állványra is, amellyel a terepen biztosítottuk a fényképezéshez szükséges mozdulatlanságot. A műszerrel, valamint a további eszközökkel együtt a szállodához mentünk. Amint azt már a szakdolgozat korábbi részében említettem az időjárási viszonyokkal ezen a napon szerencsénk volt, a felhős idő miatt nem zavarta napsütés a fényképezést.

A Hotel Magyar Király főbejáratí oldalának homlokzatát három részre osztottuk fényképezés szempontjából. A homlokzat ezen az oldalon a középtengelyre szimmetrikus. A mérés tervezésénél már említettem, hogy a helyi rendszerben történő mérés miatt nem volt szükség tervezési számításokra. Ennek megfelelően a felvételeket úgy készítettük el, hogy a képpárok között minél nagyobb átfedés legyen. Törekedtünk mindhárom

képpárnál a közel azonos bázistávolságra is, valamint arra, hogy a képeket a szállodához viszonyítva ugyanolyan távolságból készítsük el és a képsík a homlokzattal közel párhuzamosan helyezkedjen el. A tényleges fényképezés során kétféle záridőt használtunk. Összesen 16 db felvétel készült.

A felvételek CF-kártyáról történő kiolvasását az iskolába visszatérve, a fotogrammetriai laborban végeztük el. Ehhez a kártyát kivettük a kamerából, majd kártyaolvasóba helyeztük, amelyet USB-porton keresztül csatlakoztattunk számítógéphez. A Rolleiflex 6008 egyik sajátossága, hogy a képeket a memóriakártyán tömörített formában (RAW) tárolja el, mivel a nagy felbontás miatt a képek mérete 45-50 megabájt közötti érték is lehet. Emiatt a képek kezelését először a kicsomagolással kell kezdeni. A kicsomagolást a fényképezőgéphez kapott Capture One nevű programmal lehet elvégezni. A szoftverbe először importáltuk a képeket, majd kicsomagoltuk egy külön mappába őket a számítógépre. A kicsomagolt képek TIF-formátumúak lettek és a tömörített 10-15 megabájt méret helyett egyenként közel 48 megabájtosak. A szoftverben így már szerkeszthettük a képeket. Megnéztük, hogy mennyire lett jó a felvételek felbontása, világossága. A Capture One automatikus képjavító funkcióját alkalmaztuk minden fényképre vonatkozóan. A kismértékben módosított képeket pendrive-ra másoltuk, majd később kiválasztottam közülük 6 db-ot, amelyet kiértékelésre érdemesnek találtam. [1.,2., 3. sz. mellékletek]

4.4.1. A Capture One szoftver

A Capture One szoftver több verzióban készült el, manapság is fejlesztik, a legmodernebb technikákhoz alakítják. A programot a Phase One nevű nemzetközi cég fejleszti, amelynek központja Koppenhága, de több irodájuk is megtalálható szerte a világban, New Yorktól Tokióig. A cég önmagát „világvezetőnek tartja a nyitott platformú, csúcsminőségű, közepes formátumú fényképezőgépek rendszerében és megoldásaiban profi fényképészek és haladó amatőrök számára”. [8] A Capture One a világ egyik legjobb RAW-konverter szoftvere. A program támogatja a csúcsminőségű fényképezőgépeket, segítségével gyorsan és nagy részletességgel végezhetjük a képek különböző szerkesztési műveleteit.

Funkciói:

- RAW feldolgozás

- testreszabott kamera beállítások: a szoftver megvizsgálja a fényképezőgép lehetséges beállításait, hogy a lehető legjobb képek készülhessenek
- éles, zajmentes képek előállítása
- katalógusok készítése: a fényképeket katalógusokban lehet rendszerezni
- fényképezés közvetlenül a szoftverbe: a felvétel elkészülte után a program rögtön szerkeszti a képet
- munkafelület személyre szabása: testre szabható munkafelület a hatékonyabb szerkesztés érdekében [9]

4.5. A Photomodeler Scanner szoftver általános bemutatása, a kiértékelés folyamata

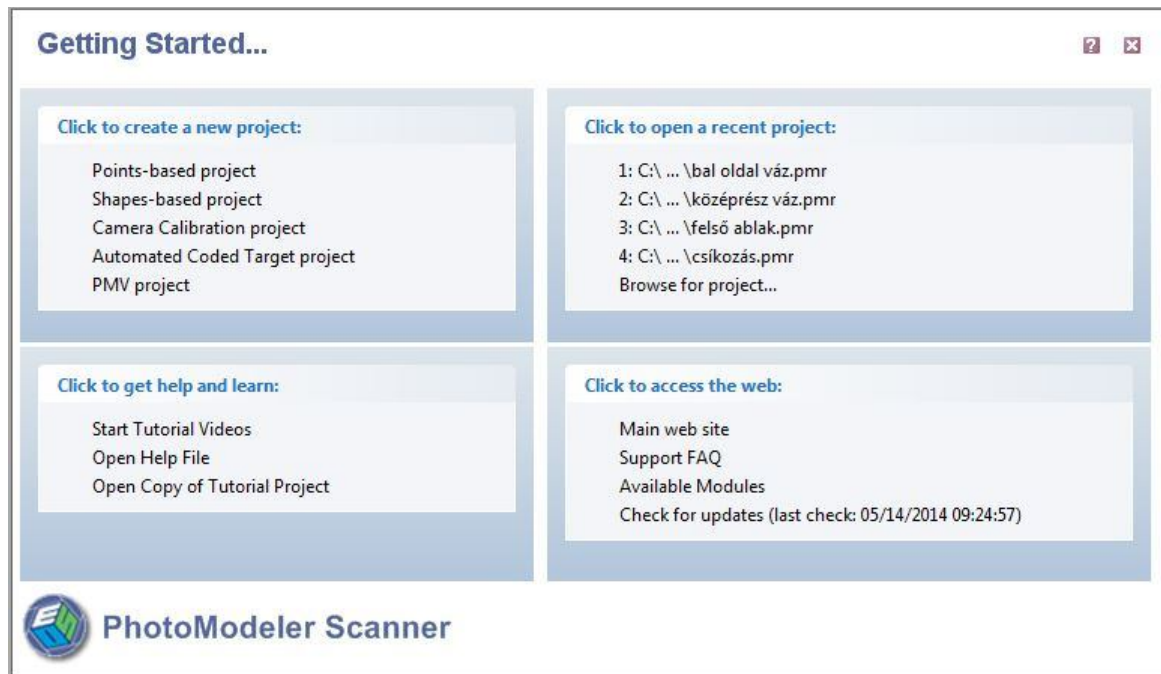
A készített felvételek feldolgozását Photomodeler Scanner szoftverrel végeztem. Ez a program a vancouveri Eos Systems Inc. tulajdona. A cég 1990-ben jött létre – világszerte az első, fotogrammetriai feldolgozással foglalkozók között - azzal a céllal, hogy a 3 dimenziós fotogrammetriai modellezési technológiát széles körben terjessze, ennek megfelelően ilyen jellegű programokat fejleszt és forgalmaz jelenleg is. Az általuk készített szoftvereket igyekeznek úgy alakítani, hogy azt a kezdő fotogramméterektől a professzionális felhasználókig mindenki használhassa világszerte. [10] Egyik legszélesebb körben használt termékük a Photomodeler Scanner szoftver. Ez a program számos eszközt biztosít a fénykép-alapú pontos, jó minőségű 3D modellek létrehozására, valamint mérési műveletek végrehajtására. A Photomodeler Scanner tulajdonképpen egy 3D-s szkennel program, amely eredmények tekintetében hasonló a 3D lézerszkenneléshez, hiszen pontfelhőt állíthatunk elő segítségével, felületmodellezéssel.

Főbb szolgáltatásai:

- könnyű elsajátítás és tanulás: oktató videók és leírások állnak rendelkezésre
- modellezési eszközök
- felület eszközök
- 3D nézet: a bemért pontok térben jelennek meg, ellenőrizhető általa a munka, valamint realisztikusabb megjelenítés ad
- mérési eszközök: távolságot, felületek méretét, stb. adja meg a program
- méretarány megadása és koordináta-rendszer definiálása
- számtalan formátumban történő exportálás
- sokféle fájlformátum importálása

- kamera kalibrálás [11]

A programot elindítva egy kezdőképernyő fogadja a felhasználót, amelyen keresztül egy kattintással el lehet érni a főbb funkciókat.



4.4. ábra: A Photomodeler Scanner szoftver kezdőképernyője a legfontosabb funkciókkal

Az ábrán a bal felső cella jelöli azokat a funkciókat, amelyek új projekt indításával kapcsolatosak. Ide sorolható a pont-alapú-, a felület-alapú-, a kamera kalibrációs-, az automatikus kiértékelési- és a PMV projekt. Ezek közül én csak a pont-alapú projektet használtam. Amennyiben nem kaptam volna meg egy külön .cam kiterjesztésű fájlban a kamera kalibrációs adatait, akkor a kiértékelés megkezdése előtt egy erre szolgáló projektet kellett volna végeznem. Ennek keretében a kalibrációs lapot több irányból lefényképezve és az adatokat beolvasva a szoftver automatikusan kalibrál.

Ebben a kezdő menüben láthatóak továbbá a korábbi projektek, amelyeket egy kattintással be lehet olvasni, valamint további segítségek és információk. Nagyon hasznos funkció a Photomodeler használatakor az ún. tanító videók elérése. Ekkor az internetre csatlakozva számos példán keresztül mutatják be a szoftver működését. A videókhoz angol nyelvű magyarázat tartozik.

A jobb alsó cella különböző információkat biztosít a programról és a gyártóról, itt lehet elérni a „Gyakran Ismételt Kérdések”-et, ide kattintva láthatjuk az elérhető szoftvermodulokat, valamint frissítéseket.

A pont-alapú projekt kezdésére kattintva egy importálási képernyő látható. Itt lehet beolvasni a feldolgozandó képeket a számítógép mappáiban történő tállózással. Tovább lépve ki kell választani a felvételeket készítő kamera adatait. Választhatunk a már eltárolt kamerák közül (a szoftver elmenti egy könyvtárban a már felhasznált fényképezőgépek adatait), vagy beolvashatjuk a már említett .cam, vagy .pmr formátumú fájlokat. További lehetőségként fennáll az is, hogy ismeretlen kamerát használunk a feldolgozáshoz, ekkor illesztőpontok összemérését, vagy ún. kényszereket kell végezni. Utolsó lehetőségként ismert a közelítés is, ekkor szinte csak a fényképek megtekintésére használható a program. Miután beolvastam a Rolleimetric mérőkamerára vonatkozó adatokat, elkezdhettem a feldolgozás folyamatát. A program kiértékeléshez használható eszközeit a feldolgozás részletes ismertetése közben szeretném bővebben említeni.

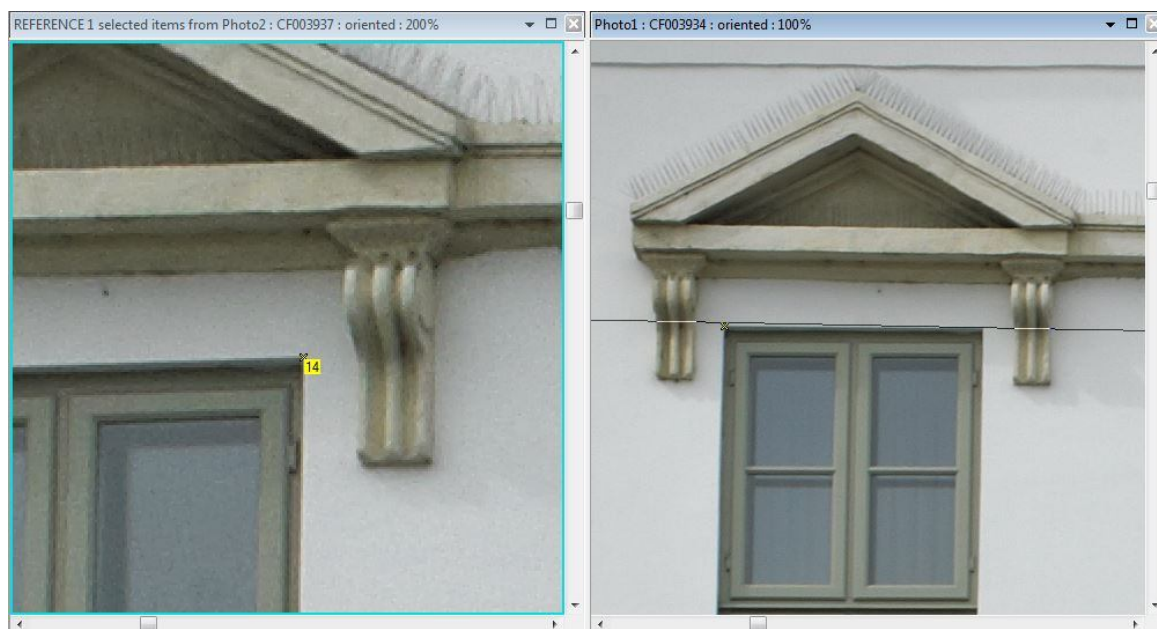
Elsőként 2 olyan képet importáltam a programba, amelyek nagy átfedéssel készültek ugyanarról az épületrésről. A képek először csak kis méretben láthatóak a képernyőn, a róluk történő kiértékeléshez meg kell nyitni őket. A kis képek sarkában ekkor egy piros keresztet láthatunk. Ez azt jelenti, hogy képek még nincsenek tájékozva. Ahhoz, hogy a képek kiértékelésével pl. 3 dimenziós modell ábrát hozzunk létre, első lépésben tájékozni kell a képeket. Ekkor a szoftver menüsorából a „Referencing” pontot kell választani, majd azon belül a referencia módot. Megjelenik a funkcióra vonatkozó kis ablak, valamint a képekre húzva az egérmutatót ezúttal már nem az általános jelet, hanem egy pontot, mellette pedig kereszteket láthatunk. A tájékozás elvégzéséhez jól irányozható, pontosan megadható pontokra van szükség. Első tájékozó pontomnak ebből kifolyólag egy ablakkeret sarkát választottam, ugyanazt a pontot mindkét képen jelölve. A tájékozás megfelelő elvégzéséhez azonban legalább 6 pontpárra van szükség. Miután a pontpárok mérése megtörtént, elvégezhető a tájékozás, amelyre a program fel is hívja a felhasználó figyelmét. A „Project/Process” menüt választva érhető el a tájékozás. A művelet elvégzéséhez 3 feltételnek kell teljesülnie:

1. Elegendő számú pontpárnak kell lennie (minimum 6).
2. A pontokra vonatkozó beesési szögnek nem szabad kicsinek lennie.
3. A tájékozáshoz használt pontpároknak a képpár közös területén szétszórva kell elhelyezkednie.

Amikor a tájékozást a „Process”-re kattintva elindítottam, figyelmeztetett a program a felsorolt feltételekre. Ezt azért tette meg, mert mindegyik képpáromra vonatkozóan a

beesési szög kicsi lett. Ez azért fordulhatott elő, mert a felvételek készítésekor a fényképezés helyét úgy kellett megválasztani, hogy ezt a feltételt nem tudtam teljesíteni. Természetesen a tájékozás ettől függetlenül elvégezhető, viszont a feldolgozás ezzel sokkal precízebb kiértékelést kíván. A művelet elvégzésének sikerességét egy felugró ablakban látható zöld pipa jelöli. Ugyanebben az ablakban nyitható meg a tájékozásra vonatkozó beszámoló, amelyet el lehet menteni szöveges állományban is. A sikerességet ellenőrizni tudjuk egyéb módon is. A „View/Open 3D View” menüt választva a bemért pontoknak a valódi, térbeli elhelyezkedését kell látnunk. Előfordul olyan eset is, amikor a program a tájékozást sikeresnek tekinti, a 3 dimenziós nézetben viszont messze nem a valódi helyükön láthatóak a pontok egymáshoz viszonyítva.

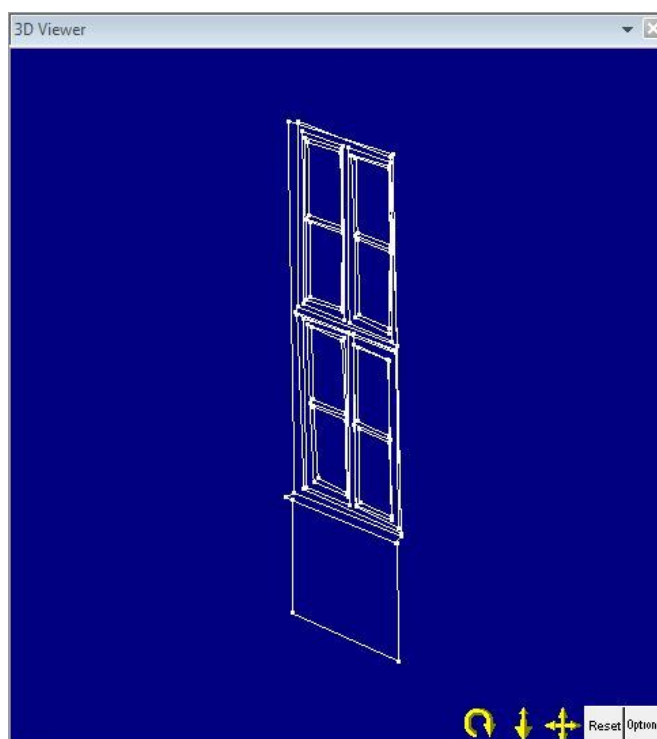
A feldolgozás kezdetén úgy gondolkoztam, hogy a szálloda homlokzatának egyes - több helyen is előforduló – elemeit külön-külön definiálom. Ennek megfelelően kiválasztottam az első emeleti ablakot és elkezdtem a feldolgozását. Továbbra is azt a referencia módot alkalmaztam, amellyel a tájékozást is végeztem, ezúttal viszont már ún. epipoláris egyenes segítségével végeztem a kiértékelést. Ez az egyenes nagy segítséget jelent a kiértékelés folyamatában. A képpár egyik tagján referencia módban jelölt pont helyzetét vízszintes értelemben megmutatja a szoftver, így a másik képen csak azt kell meghatározni, hogy ezen az egyenesen hol helyezkedik el a választott pont.



4.5. ábra: az epipoláris egyenessel történő pontmeghatározás referencia módban

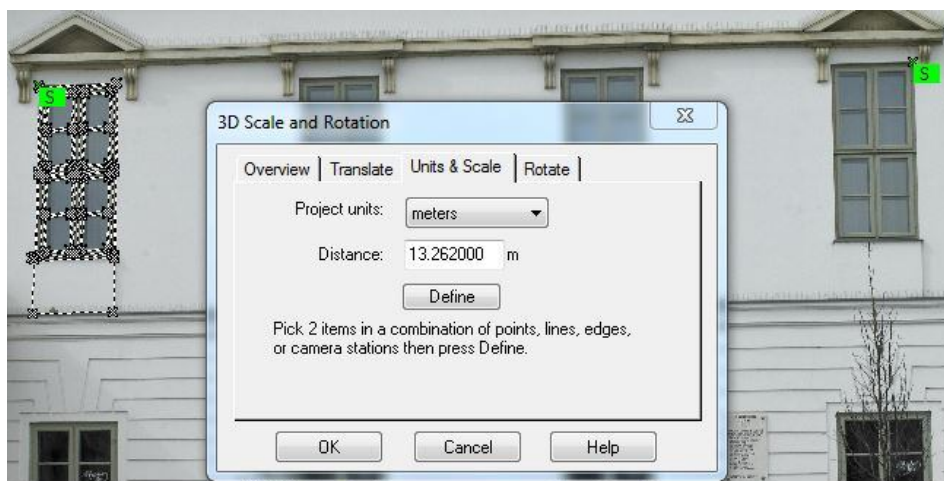
A kiértékelés során néhány újonnan bemért pont után érdemes ismét a „Process” funkciót használni. Egyébként, ha az új pontok száma eléri az összes pont 50%-át, a program figyelmeztet is erre. A „Process” használatának előnye az is, hogy a bemért pontokról jelentést kaphatunk, amely számos fontos információt tartalmaz. Ezt egy táblázatban tudjuk megjeleníteni, a „View/Photo table – Quality” pontban. Itt minden egyes irányzott pontra vonatkozóan hasznos adatokat láthatunk. A táblázat tartalmazza többek között a pont azonosítóját (számát), a legnagyobb eltérést a pontpárok tagjai között pixel értékben, a pontosságot koordinátatengelyekre lebontva, a pontra vonatkozó beesési szöget és használatának státuszát. A legnagyobb eltérés értékét egyébként hosszsmértékben is megkaphatjuk, ha definiáljuk két pontpár ismert távolságát a programban. Erre a műveletre külön funkció található, amelyet a későbbiekben szeretnék ismertetni. A feldolgozás során érdemes bizonyos pontszám után többször is használni a „Process” funkciót.

Ha az objektum kiértékeléséhez megfelelő mennyiségű pontpárt képeztünk, használhatjuk a grafikai elemeket. Mint már említettem, esetemben az emeleti ablak volt az első kiértékelt elem. A definiált pontokat többféle módon lehet összekötni. Mivel az ablak esetén csak egyenesekről volt szó, így a felső alapvető eszközöket tartalmazó eszköztárból a „Mark Lines Mode”-ot választottam. A funkcióval folytonosan lehet összekötni pontokat, a műveletet az Esc billentyű lenyomásával, vagy az egér jobb gombjának megnyomása után az „End draw”-ra kattintva lehet befejezni. Miután az összes pontot a valóságnak megfelelően vonalakkal kötöttem össze, kirajzolódott az emeleti ablakelem (4.6. ábra).



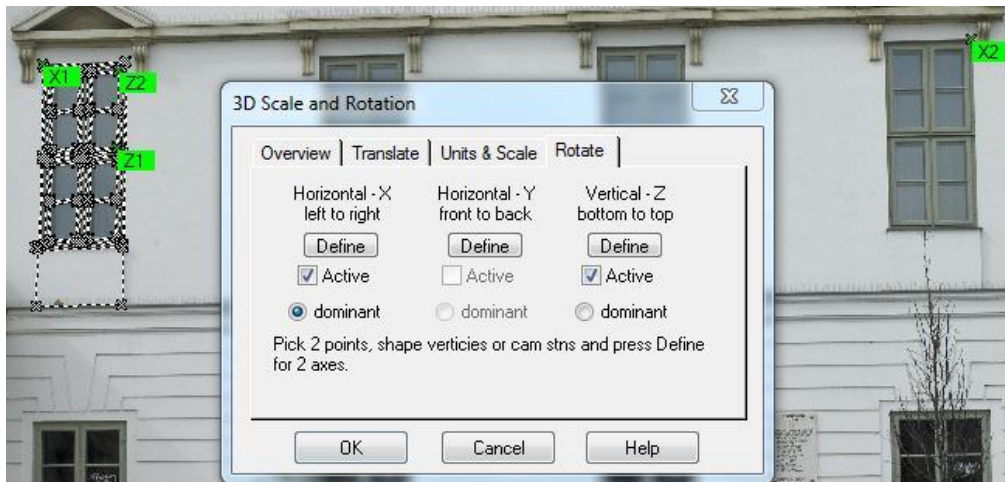
4.6. ábra: az emeleti ablak 3 dimenziós nézetben

Úgy terveztem, hogy az egyes elemeket exportálom és AutoCAD szoftverben blokként definiálom a későbbi felhasználáshoz. Ehhez azonban méretarány megadására, valamint koordináta-tengelyek definiálására volt szükség. A szoftver rendelkezik ennek a műveletnek a végrehajtására vonatkozó modullal. Ez a „Project / Scale/Rotate” pontban található meg. A funkció segítségével megadhatjuk pontjaink koordinátáit is, erre azonban nekem nem volt szükségem, mivel a feldolgozást egy általam definiált helyi rendszerben végeztem. A referencia méret megadását a „Units&Scale” fülön lehet elérni. Itt először definiálni kell egy dimenziót a távolságértékre vonatkozóan. Angolszász mértékegységek mellett mm, cm, m és km egységek közül lehet választani. A referencia méret megadásához kiválasztottam két olyan pontpárt, amelyeket a geodéziai mérés során irányoztam meg és az azt követő feldolgozással koordináta-értéket kaptam rájuk vonatkozóan. A számítási jegyzőkönyvből ismert koordinátákból számológéppel távolságot számoltam a pontpárok között. A kapott értéket beírtam a „Distance”-hez, majd definiáltam a referencia méretet. Ettől kezdve az előbb említett tájékozás minőségére vonatkozó táblázatban már nem csak pixel-értékben, hanem a választott méter egységben is láthatóak voltak a hibaértékek, valamint az állomány exportálása után AutoCAD-ben a vonalak hosszának valódi méretét kapjuk meg.



4.7. ábra: Referencia méret megadása. Az S-betűkkel jelölt pontok távolsága látható a „Distance”-nél

Koordináta-tengelyek definiálására a „Rotate” fülön van lehetőség. A tengelyekkel kapcsolatosan fontos megjegyezni, hogy meghatározásukkor fokozottan figyelni kell arra, hogy a választott pontpárok által meghatározott egyenesek merőlegesek legyenek egymásra. A tengelyek meghatározását a referencia méret megadásához hasonlóan lehet végezni. Ki kell jelölni két pontpárt, amelyek valamely tengely irányát jelölik, majd a „Define” pontot kell választani.



4.8. ábra: Koordináta-tengelyek definiálása a Scale&Rotation funkció használatával

Az ábrán jól látható, hogy az X-tengelyt (balról-jobbra), valamint a Z-tengelyt (lentől fel) határoztam meg. A program a harmadik tengelyt automatikusan határozza meg a két definiált irányból. Az X és Z-tengely meghatározása után egyébként választani lehet arról, hogy melyik irányt érezzük pontosabbnak. Ezt a lehetőséget a „dominant” választásával állíthatjuk be a választott tengelyre vonatkozóan. Természetesen ezen lépések teljesítése után a 3 dimenziós megjelenítőben is megváltozott a nézet, eddig szemből láthattam a készített objektumot, most azonban már a fal síkjának kihosszabbításában, felülnézetből.

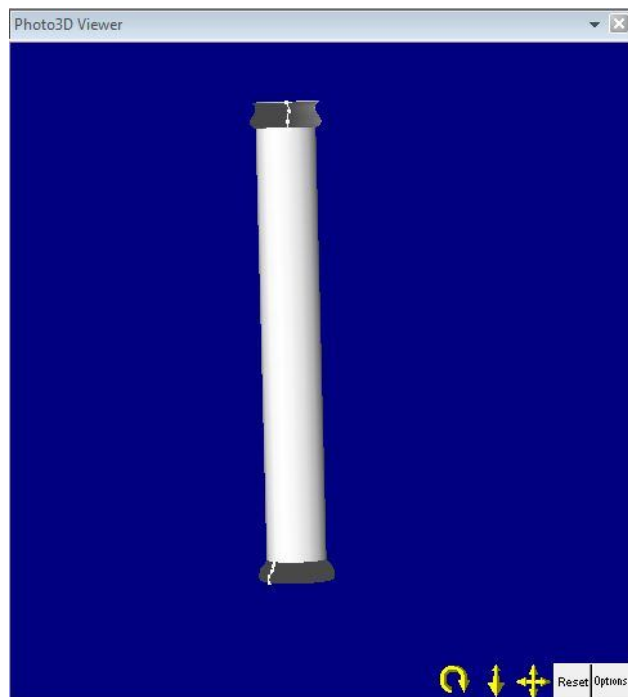
Miután elvégeztem a vektoros kiértékelést, valamint a méretezést és a koordináta-tengelyek definiálását, nem volt más hátra, mint az adatok exportálása. Erre a „File/Exports” menüpontban van lehetőség, ahol választhatunk a modell, ortofotó, vagy 3 dimenziós animáció kiolvasási lehetőségei között. Én az első választottam, majd megismerkedtem a felugró ablak lehetőségeivel. A 3D és 2D-s .dxf exportáláson kívül még számos fájlformátumban kiolvashatjuk a modellt. Előbbi exportálásánál nagy részletességgel beállíthatjuk, hogy milyen elemeket szeretnénk kiolvasni, kezdve a pont azonosítóktól a vonalakon át egészen az esetleges importált pontokig. További lehetőség van a 3D felületek, oszlopelemek exportálására is. Vonalas kiértékelésekhez nem volt szükség igénybe vennem ezeket a lehetőségeket, a későbbiekben viszont igen. Az exportálási ablakban továbbá láthatjuk például azt is, hogy milyen mértékegységet használtunk és ennek megfelelően milyen lesz a kiolvasott állomány vonalas elemeinek mértékegysége, valamint hány százalékban történt meg a pontok megfelelő tájékozása.

Minden elem kiértékelése után ezen lépéseknek megfelelően jártam el. Egy elem kiértékelésének lépései tehát sorrendben: tájékozás, pont-alapú kiértékelés, grafikai

elemek használata a pontok közötti vonalazáshoz, referencia méret és koordináta-tengelyek megadása, exportálás.

Az emeleti ablak szerkesztése után további blokkok kiértékelését végeztem, így kaptam meg a földszinti ablak és az emeleti ablak feletti hosszanti díszítőelem 3 dimenziós modelljét. A szálloda főbejáratáról és teraszáról készült képekről ugyanezzel a módszerrel értékeltem ki a földszinti oldalajtót, a teraszra történő kilépéshez használt ablakot, a teraszt díszítő objektumot, a terasz korlátelemeit (amelyeknek a sűrű elhelyezkedésük miatt csak egy oldalát tudtam kiértékelni), az emeleti ablak felett lévő hosszanti elemet, valamint a főbejáratot. Érdekességként jegyezném meg, hogy utóbbi két elemnek csak a felét kellett kiértékelnem a Photomodelerben, azokat AutoCAD-ben tükrözve kaptam a végleges blokkot.

A feldolgozás során a legnagyobb nehézséget talán a főbejárat előtt található oszlopelem kiértékelése adta. Ehhez a program egy külön funkcióját alkalmaztam, amelyet a „Marking/Mark Cylinders Mode” pontban lehet elérni, vagy a gyorselérési eszköztáron a henger alakot jelző ikonnal. A funkció alkalmazása úgy történik, hogy először a digitalizálni kívánt oszlopelem szélső kontúrvonalát kell kijelölni két oldalon, majd referencia módban a két vonalat azonosítani a képpár mindkét tagján. Ezután a program automatikusan létrehozza az oszlopelemet, amelyet a 3D nézőkében tömör hengerként jelöl. Az oszlop talapzatának létrehozásához előbb referencia módban ki kell jelölni annak jellemző pontjait. Ezután ezeket a pontokat ívvel kell összekötni. Ívszerkesztésre két lehetősége van a felhasználónak: a mérnöki programokból jól ismert görbéhez hasonló funkció (Mark Curves Mode), valamint a több pont kijelölésével létrehozott ívszerkesztés (Curve Through Points). Ezek közül én az utóbbit választottam és összekötöttem a talapzatot jellemző pontokat. Ezt követően a felületképzési eszközök



4.9. ábra: oszlop elem 3D nézetben

(Marking/Surface Tools) közül a „Revolution Mode”-ot választottam. A talpazat kialakításához előbb ki kellett választani az előbb készített ívet, majd az oszlop tengelyét. Ugyanezt a műveletsort elvégeztem az oszlop felső részére vonatkozóan is (4.9. ábra). Az ábrán jól elkülönül a kétféle módszerrel kialakított henger, valamint fehér színnel látható az ív, amely a talpazat és a felső rész alakját meghatározza.

Ugyanilyen íves kialakítással végeztem el az emeleti ablakok mellett-fölött található felső díszítősorra vonatkozó tartóelem, valamint a teraszhoz tartozó kör alapú dísz kiértékelését is. Utóbbinál megjegyezném, hogy ezekből a díszekből többféle is található a terasz alatti részen. A kiértékelési munkám megkönnyítése, valamint az alakzat digitalizálásának nehézsége miatt azonban csak az egyik ilyen elem kiértékelését végeztem el.

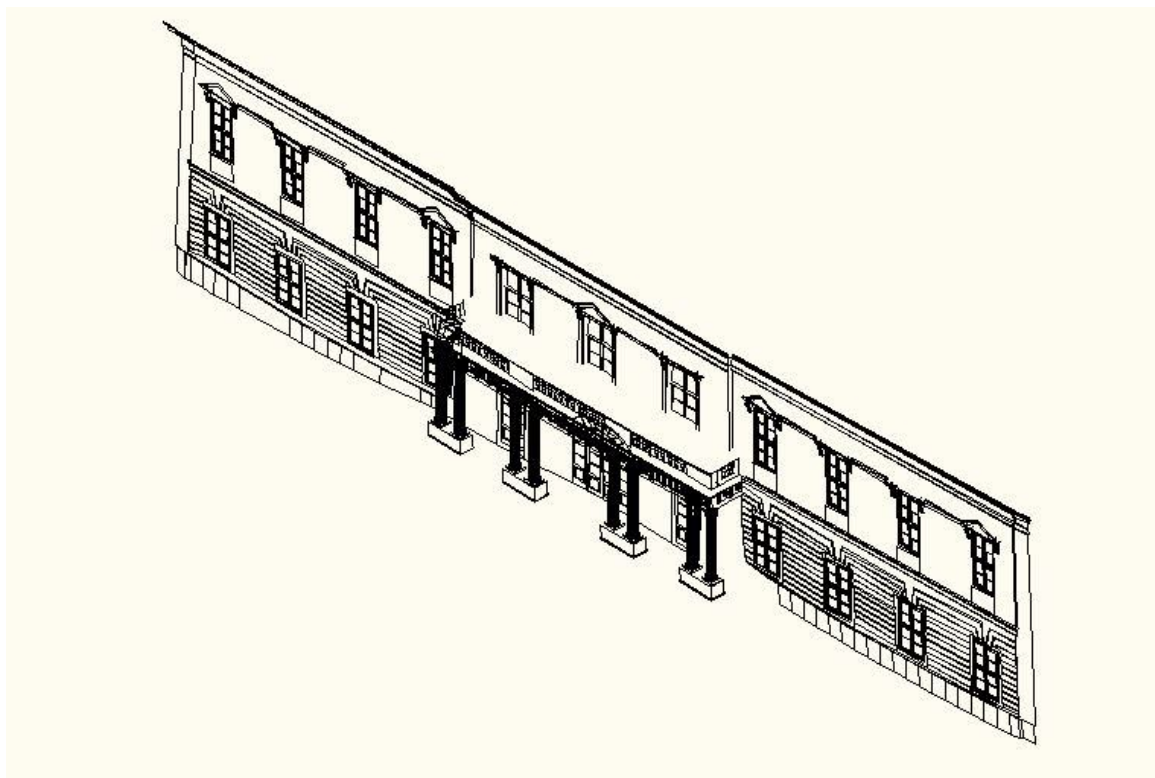
Miután minden ismétlődő elem feldolgozásával készen voltam, felosztottam 3 részre a szállodát és megrajzoltam a vázukat, valamint beillesztési pontokat helyeztem el a készített blokkokra vonatkozóan. Nehézséget jelentett a terasz oldalain található elemek beillesztési pontjainak meghatározása a nem megfelelő látószög miatt. A pontatlanságok láthatóak voltak 3D nézetben is, így több pontot törölnöm kellett közülük. A homlokzatrajz összeállításánál a jobb oldali épületrészt vettem alapul az AutoCAD-ben. Minden egyes exportált dxf-állományt előzetesen blokként definiáltam (beleértve a szálloda homlokzatának középső és bal oldali vázát is), így csak arra volt szükség, hogy az egyes blokkokat beszúrjam a megfelelő helyükre. A jobb oldali vázhoz előbb a középső, majd ahhoz a bal oldali vázat csatoltam. A megfelelő beillesztési pontokra beszúrtam a kisebb elemeket. A terasz oldalát utólagos szerkesztéssel alakítottam ki végleges formájára. Eredményül megkaptam a szálloda homlokzatának 3 dimenziós ábráját. [5., 6. sz. mellékletek + 15. sz. melléklet - digitális állomány (forgatható)]



4.10. ábra: A kész homlokzatrajz előlnézetből

A kész rajzzal kapcsolatban megjegyzendő, hogy távoli nézetből a szemlélő azt érezheti, hogy néhány vonal vastagsága eltér a többitől. Ez azonban nem így van, minden vonal vastagsága ugyanolyan mértékű. A hatás a vonalak sűrűsége miatt alakul ki.

Továbbá megjegyzendő az is, hogy a szálloda előtti növényzet, valamint a téren található padok néhány helyen megnehezítették, esetlegesen ellehetetlenítették a kiértékelést. Jó példa erre a földszinti ablakok körül található csíkozás, amelyet a bal oldali épületrészen nehezen lehetett volna kiértékelni, ezért a jobb oldalon digitalizált elemekből készített blokkot helyeztem a bal oldalra is. A talaj közelében lévő téglalap alakú elemek is ebből az okból kifolyólag hiányoznak néhány helyen. A bal oldali rész alja az ott található kocsibejáró miatt ferde.



6.8. ábra: A kész homlokzatrajz axonometrikus nézetben

5. A lézerszkenneres felmérés végrehajtása és feldolgozása

A lézerszkenneres felmérési módszerek a technika fejlődésével váltak elérhetővé. A távérzékelés egy részeként jelen lévő eljárással az 1970-es évektől kezdtek kísérleti szinten foglalkozni, de valódi áttörést csak az 1990-es évek elején mutatott. Azóta folyamatosan fejlődő technikának tekinthető. A lézerszkenneres felmérés az aktív távérzékelési eljárások közé tartozik. A lézerszkennerral végzett adatgyűjtéskor úgy szerzünk információkat egy adott objektumról, tárgyról, hogy azzal nem lépünk közvetlen fizikai kapcsolatba. A szkennel lézerfényt bocsát ki, majd az visszaverődik a műszerbe. A műszer képes mérni a fénysugár irányát, valamint a visszaverődési pont távolságát. Ezekkel az adatokkal egyértelműen meghatározható egy térbeli pont helyzete. A lézerszkennelési módszerek között három félért különböztetünk meg:

- földi lézerszkennelés
- mobil lézerszkennelés
- légi lézerszkennelés

Szakdolgozatom szempontjából az első módszer a fontosabb, hiszen a gyakorlati feladatom is ebbe a kategóriába tartozó felmérést jelent. Földi lézerszkennelésen belül további mérési módszereket különböztetünk meg:

- statikus felmérési módszer
- dinamikus felmérési módszer

A statikus módszer azt jelenti, hogy a mérés egy állásponton mozdulatlanul álló, folyamatosan mérő műszerrel történik, míg a dinamikus módszernél a szkennel valamilyen mozgás közben végzi a mérést. A statikus módszereket további részekre lehet osztani, így ismerünk nagy-, közepes- és közeli távolságból végzett szkennelést. Mérésem témája a közepes távolságúak közé tartozik, hiszen az a kategória az 1 és 200 méter közötti távolságból végzett szkennelést jelenti.

Szakdolgozatom lézerszkenneres felmérését, a felhasznált műszert, szoftvert, valamint a mért adatok feldolgozását az alábbi részfeladatok keretében szeretném bemutatni:

1. a mérés tervezése
2. a mérés végrehajtása
3. a mérés feldolgozása, eredmény elkészítése [2]

5.1. A felmérés tervezése

A lézerszkennéssel végzett mérést minden alkalommal körültekintően meg kell tervezni. A nem megfelelő tervezés gyakran megnehezítheti a terepi munkát, ezért minden alkalommal néhány fontos kérdést előre el kell dönteni.

Az egyik legelső ilyen jellegű kérdés a helyszínre való eljutással kapcsolatos. A mérőfelszerelés gyakran olyan súlyú és nagyságú (esetemben csak a műszer súly 10 kg fölötti, nem beszélve a kiegészítő eszközökről, bőröndről, műszerállványról, stb.), hogy hosszabb távolságokra csak autóval szállítható. Ezt a körülményt nem hagyhattam figyelmen kívül, a mérés tárgyát képező Hotel Magyar Király épülete több mint 1 km-re található a Geoinformatikai Kar épületétől. A szállítás során, a mérés végrehajtása előtt egyik évfolyamtársam készsággel segített.

További fontos tényező még a valóban szakmai jellegű tervezési szempontok előtt az időjárás kérdése, valamint a várható mérési körülmények megítélése. Időjárási szempontból lehetőleg olyan napot kell választani, amikor a mérést nem hátráltatja számottevően a hőmérséklet, vagy csapadék. A mérési körülményeket tekintve vizsgálni kell az objektum környezetét, amely esetemben különösen fontos volt. A szálloda előtti sétálóutcán általában nagy gyalogosforgalommal kell számolni, időszakonként városi rendezvények, vásárok helyszíne a terület.

Az előbb említett tényezők tisztázása után meg kell tervezni az álláspontok várható számát. Ezt úgy kell végezni, hogy a feldolgozás során a mérés tárgyát képező objektum a feldolgozáshoz megfelelően látszódjon és a mért pontok intenzitásértéke magas legyen. Utóbbi azt jelenti, hogy a mérés megbízhatósága akkor minősül jónak, ha a térbeli pontokról visszaverődő lézerfény erőssége nagy. Minél jobb a visszaverődés, annál pontosabban meghatározható egy pont helyzete. Ennek megfelelően egy fa levelén lévő pont intenzitásértéke soha nem lesz olyan magas, mint egy mozdulatlanul tekinthető falsík egy pontjé.

További fontos tervezési szempont az, hogy a különböző álláspontokon végzett méréseket milyen célponttal (illesztőponttal) kapcsoljuk össze. A modern mérőműszerek képesek akár egy papírra kinyomtatott fekete és fehér négyzetekből álló célpontot is bemérni és illesztőpontként felhasználni. Az ilyen jellegű célpontok azonban inkább beltéri mérések során alkalmazhatóak, kültéren sokkal inkább a külön ilyen feladatokra gyártott

célpontokat használjuk. A mérés során a szállónál 3"x3" négyzet és 6"-os kör alakú dönthető és forgatható célpontokat alkalmaztunk.

A méréstervezéskor természetesen ellenőrizni kell a műszer állapotát, az akkumulátorok töltöttségét, stb., továbbá szükséges ismerni a műszer adatait, amelyeket részletesen a következő pontban szeretnék bemutatni.

5.1.1. A Leica ScanStation C10 általános ismertetése

A lézerszkenneres mérési feladatot az NYME-GEO Leica ScanStation C10 műszerével végeztem el. Az eszközt az iskola 2009 év végén, egy sikeres pályázattal (Baross III.) nyert pénzből vásárolta. A „3D a térinformatikában” c. munka a pályázaton 20 millió Ft támogatást jelentett az iskola korszerű műszerbeszerzési terveinek megvalósításához. A lézerszkennер megszerzésével olyan oktatási és kutatási lehetőséget kapott az iskola, amire azelőtt nem volt példa. A pályázati eredményhirdetés után végül közbeszerzési eljárásban vásárolt ScanStation C10 típusú műszer, akkor a Leica cég legmodernebb lézerszkennерét jelentette.[16]

Főbb részei: [17]

- nagy pontosságú/nagy hatótávolságú szkennер
- dőlésérzékelő
- akkumulátor
- vezérlőegység
- adattároló egység
- videokamera
- lézervetítő



5.1. ábra: Leica ScanStation C10
lézerszkennер, műszerállványon (forrás:
http://www.leica-geosystems.co.uk/thumbs/originals/CBCO_2431.jpg)

A Leica ScanStation C10 lézerszkennер részletes adatait a következő táblázat tartalmazza:
[18]

Általános adatok (a műszer főbb részein túl)	
Kezelőfelület	a műszerben, notebookról, tabletről vagy távirányítással
Adattárolás helye	belső memória (SSD), külső PC vagy USB eszköz
Kamera	automatikus-beállítású, beépített, nagy felbontású digitális kamera, zoom funkcióval
Rendszer teljesítménye	
Egyszeri mérés pontossága	
Pozíció	6 mm
Távolság	4 mm
Szög (vízszintes/függőleges)	12"/12"
Modellezett felület pontosság/zaj	2 mm
Célpont felderítés pontosság	2 mm átlagos eltérés
Kéttengelyű kompenzátor	választható ki/bekapcsolás, felbontás 1", pontosság 1.5"
Lézerszkennер rendszer	
Típus	pulzáló, saját mikrochip
Szín	zöld lézerfény, hullámhossz = 532 nm látható
Lézer osztály	3R (IEC 60825-1)
Hatótávolság	300 m @ 90%, 134 m @ 18% albedó (minimum távolság 0.1 m)
Szkennelési sebesség	Max. 50 000 pont/másodperc
Szkennelési felbontás	
Sugár mérete	0-50 méter között: 4.5 mm (FWHH), 7 mm (Gauss)
Pontok közötti térköz	vízszintesen és függőlegesen is választható 1 mm alatti minimum térköz
Látószög	
Vízszintesen	360°
Függőlegesen	270°
Célzás/észlelés	parallaxismentes, beépített zoomos videó
Szkennelés optikai adatai	függőlegesen forgó tükör, vízszintesen forgó műszer
Adattárolási kapacitás	80 GB SSD vagy külső USB eszköz
Beépített színes, digitális fényképezőgép és zoomos videó	Egy képnél: 17°x17° = 1920x1920 pixel (4 megapixel), teljes környezet leképezése: 360°x270° = 260 képből; optimális megvilágítás automatikus beállítása
Kijelző	érintőképernyős vezérlés ceruzával, színes grafikus kijelző, QVGA (320x240 pixel)
Libella	szelencés libella, elektronikus libella a műszerben és a Cyclone szoftverben
Adatátvitel	Ethernet, WLAN, USB 2.0

Lézervetítő	lézer osztály: 2 (IEC 60825-1), pontosság: 1.5 mm @ 1.5 m, lézerpont átmérő: 2.5 mm @ 1.5 m, szabadon választható ki/bekapcsolás
Elektronika	
Tápfeszültség	15 V DC, 90-260 V AC
Áramfogyasztás	átlagban kevesebb, mint 50 W
Akkumulátor típusa	belső: Li-Ion, külső: Li-Ion
Akkumulátor csatlakozási helye	belső: 2, külső: 1 (egyidejű használat, leállás nélküli csere)
Használat időtartama	belső: több, mint 3 és fél óra (2 db akku); külső: több, mint 6 óra
Környezeti hatások	
Működési hőmérséklet	0°C-tól 40°C-ig
Tárolási hőmérséklet	-25°C-tól +65°C-ig
Világítás	megfelelő mértékű erős napfényben és teljes sötétségben is
Páratartalom	nem kondenzáló hatású
Por/pára elleni védelem	IP54 (IEC 60529) szabvány
Fizikai adatok	
Szkenner	
Mélység x Szélesség x Magasság	238 mm x 358 mm x 395 mm
Súly	13 kg (akkumulátorok nélkül)
Akkumulátor (belső)	
Mélység x Szélesség x Magasság	40 mm x 72 mm x 77 mm
Súly	0.4 kg
Akkumulátor (külső)	
Mélység x Szélesség x Magasság	95 mm x 248 mm x 60 mm
Súly	1.9 kg
Tápegység (AC)	
Mélység x Szélesség x Magasság	85 mm x 170 mm x 41 mm
Súly	0.9 kg
Alapfelszereltség	hordtáska (bőrönd), műszertalp, 4 db belső akkumulátor, akkumulátor töltő, AC tápkábel, autós adapter, adatkábel, magasságmérő és távmérő a magasságméréshez, tisztító felszerelés, Cyclone szoftver, 1 éves CCP Basic támogatási szerződés
További tartozékok	célpontok és a célpontok tartozékai, szervizelési szerződés és kiterjesztett garancia a műszerre, külső akkumulátor töltő berendezés, hálózati tápegység és tápkábel, professzionális töltő berendezés a belső akkumulátorokhoz, AC tápegység a szkennerhez, állvány, külső vezeték nélküli LAN adapter

5.1. táblázat: A Leica ScanStation C10 lézerszkenner részletes adatai

5.2. A lézerszkenneres felmérés végrehajtása

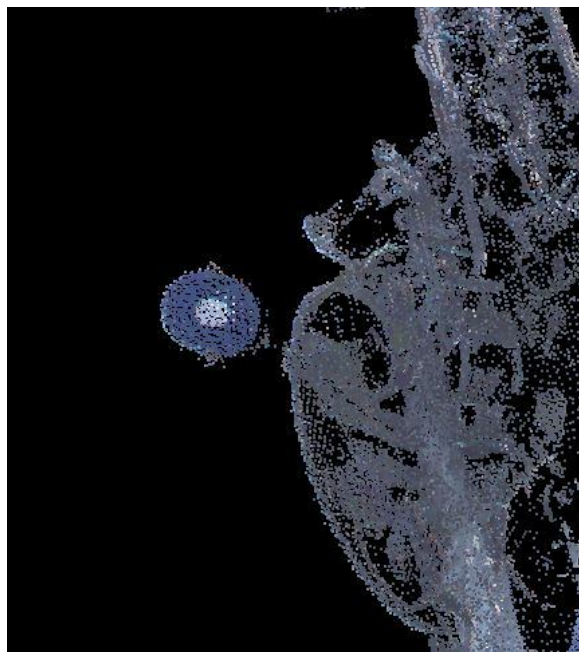
A felmérés végrehajtásának időpontját 2013. december 4-ére tűztük ki. Amint azt már a mérés tervezésénél említettem, a helyszínre történő kijutásban egyik évfolyamtársam volt

segítségemre, autóval vittük ki a műszert és egyéb tartozékokat. Indulás előtt a legfontosabb feladat az akkumulátorok töltöttségének ellenőrzése volt. A mérés során jelen volt két konzulensem is. A lézerszkennerek használata hallgatók számára csak tanári felügyelettel érhető el, valamint a műszert több alkalommal kölcsönveszik különböző cégek, így komplikált volt megfelelő időpontot találni a méréshez. Az időjárás sem kedvezett ezen a napon, hiszen a reggeli érkezéskor 1-2 °C közötti volt a hőmérséklet és kb. fél órával később gyenge hószállingózás, valamint kis intenzitású, szitáló havas eső nehezítette dolgunkat. A csapadék a mérés feldolgozása során okozott nehézségeket.

Miután a mostoha körülmények ellenére a mérést elvégezhetőnek ítéltük, körbejártuk a szálló környékét. Átgondoltuk, hogy hol szükséges és hol lehetséges álláspontot létrehozunk. Úgy ítéltük meg, hogy a hotel 3 falsíkjának (a 4. össze van építve egy másik épülettel) elégséges beméréséhez 5 helyen kell felállnunk a műszerrel. A forgalomtól majdnem teljesen elzárt Színház utcában kezdtük a mérést. A műszer felállítása után az első feladat az állótengely függőlegessé tétele volt. A feladat jellegéből adódóan pontra állásra nem volt szükség, ha kellett volna, akkor könnyedén megoldható lett volna a műszerbe épített lézervetítő segítségével. Az állótengely függőlegessé tételét a műszeren található szelencés libella segítségével lehet elvégezni. Pontosabb beállításhoz szolgál a szkennerek elektronikus libellája. A bekapcsolás után kevés ideig várni kellett, amíg a műszerben lévő operációs rendszer betöltött. A kezdőképernyő betöltése után a Scan ikont választottam, majd projektet definiáltam. A mérési feladat ettől a ponttól kezdve minden állásponton hasonlóan zajlott. A mérés megkezdése előtt meg kellett adni a mérés tartományát, valamint a szkennelés felbontását. A tartományt tekintve a terepen úgy döntöttünk, hogy 360°-ot választunk, azaz minden álláspontról teljesen körben mért a műszer. Ez a beállítás hosszabb ideig tartó mérést eredményezett. Az operációs rendszer angol nyelvű, ezért minden menüpontnál a CONT (Continue) földre kattintva lehet továbblépni. A felbontást a Resolution menüpont alatt lehet beállítani, lehetőség van kézi beállításhoz is. A mérés felbontása alatt azt értjük, hogy a műszertől egy adott távolságban lévő két szomszédos pont hány cm-re helyezkedik el egymástól. Ehhez ismerni kell a mérendő objektum távolságát a műszertől, de lehetőség van ennek a távolságnak a mérésére is a műszer beépített távmérőjével (Dist menüpont). A felbontás megadása után a műszer kiszámítja a mérendő pontok számát. Tovább lépés után lehetőség van a felvételi paraméterek beállítására is, így az Image Ctrl funkcióval beállítható, valamint a ChkExp-pel ellenőrizhető az expozíciós idő. A kép tömörítését az ImageType pontnál adhatjuk

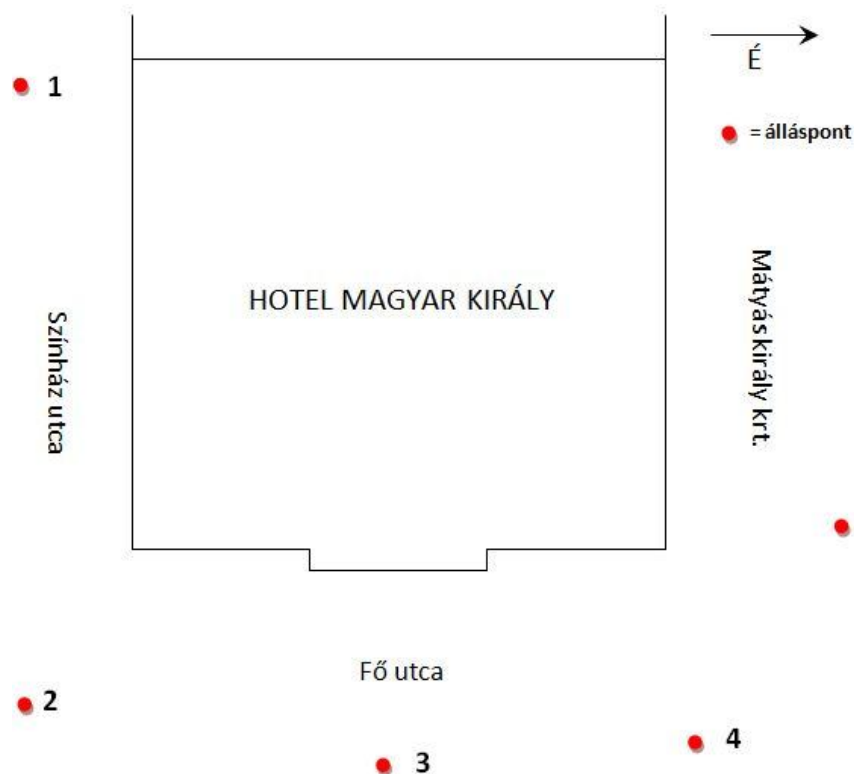
meg. Tovább lépve a mérés indítását végezhetjük el. Amennyiben szeretnénk, hogy a műszerbe épített kamera felvételeket készítsen, a Sc+img (Scan + Image, azaz szkennelés + kép) funkciót kell választani, képek nélkül a Scan-t. A szálloda felmérése során minden álláspontnál a Scan + Image funkcióval dolgoztunk. Egy állásponton a beállítások eredményeképpen kb. fél órát töltöttünk el, amelyből 20 percet jelentett maga a szkennelés, további 10 percet a felvételek elkészítése. Minden állásponton 260 db kép készült. A készített képeket a feldolgozáskor a pontfelhő színezésére használtam fel.

Minden álláspontnál használtunk célpontokat is, amelyek lehetővé teszik a felmérések pontos georeferenciáját és a különböző pontfelhők egymáshoz kapcsolását. A szkennerral megirányoztuk a célpontot, majd az nagy felbontással, gyors tükörmozgatással bemérte az illesztőpontként használt jelet. A célpontot tartó szerkezethez tartozik egy nagy erejű mágnes, így a méréskor viszonylag könnyedén tudtuk azt rögzíteni fém tárgyakhoz, pl. lámpaoszlopra.



5.2. ábra: Szkennelt célpont lámpaoszlopon

Ahogy azt már ebben a fejezetben említettem, a mérést végül 5 álláspontból végeztük el, melyek elhelyezkedése a következőképpen alakult:



5.3. ábra: A lézerszkenneres felmérés álláspontjainak szemléltető ábrája elhelyezkedésük szerint, a Hotel Magyar Király szálloda körül

A fenti ábrán látható az álláspontok elhelyezkedése. A rajzon a számozás időrendi sorrendet is mutat, a felmérés a Színház utcai állásponton kezdődött. Ebben az utcában néhány parkoló autón és járókelőkön kívül egyéb zavaró tényező nem volt a mérés során. Ügyelni kellett azonban a megfelelő felbontás beállítására, hiszen a műszert nem tudtuk olyan távolságra felállítani az épülettől, mint ahogy tettük azt a 2-3-4. pontok esetében. Az 5. álláspontot kénytelenek voltunk a forgalmas Mátyás király körút szállóval szemközti oldalára helyezni. Ha ezt a pontot közelebb raktuk volna az épülethez, akkor nem lett volna megfelelő a mérés, mivel a szkennert túl közel helyezkedett volna el a falhoz viszonyítva. A szemközti oldalon való elhelyezéssel fel tudtuk mérni az épület ezen oldalát, de a szkennelést nagyban megnehezítették a körúton haladó járművek, az illesztőpont mérése többször is megghiúsult.

A projektet a műszer belső memóriájába mentettük el, amelyből az iskolába visszatérve olvastuk ki az adatokat. A kiolvasást megfelelő nagyságú pendrive-eszköz birtokában már a helyszínen is elvégezhetjük volna.

6.3. A Leica Cyclone szoftver bemutatása, a mérés feldolgozása

A Leica Cyclone egy több modult tartalmazó, 3 dimenziós lézerszkenneres projektekhez használható szoftver. A gyártó szerint a program a legszélesebb körben nyújt lehetőségeket a lézerszkenneres mérések feldolgozására. Elsősorban mérnöki, felmérési és építőipari, valamint ezekkel kapcsolatos alkalmazásokhoz használható. A Cyclone lehetővé teszi a felhasználóknak, hogy a topográfiai és megvalósulási felmérések költséghatékonyabbak legyenek, valamint a felmért adatok alapján még könnyebben lehessen pl. különböző modelleket készíteni.

A program által sokkal hatékonyabban kezelhetőek az adatok, hiszen azokat adatbázisokban lehet felhasználni. Egy időben akár több adatbázisban is lehet dolgozni, ezzel lecsökken a projektfájlok másolási/továbbítási szükséglete.

A Leica Cyclone összesen 6 modulból épül fel:

- MODEL
- BASIC
- PUBLISHER
- REGISTER
- IMPORTER
- SURVEY

A modulok arra szolgálnak, hogy mindenki ki tudja választani magának a munkájához szükséges funkciókkal rendelkezőt. A földmérési szakemberek számára leginkább a REGISTER, a MODEL, valamint a SURVEY modulok használhatók. A REGISTER modul teljes eszközkészletet ad a különböző álláspontokon végzett mérés által előállított pontfelhők gyors és pontos illesztésére. Az illesztéshez a program támogatja a Leica által gyártott célpontokat, amelyet én is használtam a felmérés végrehajtása során. A célpontokra a georeferálás céljából van szükség. Amennyiben valaki nem használ célpontokat, a REGISTER modul alkalmazásával átfedő területek segítségével is lehetősége van a pontfelhők illesztésére.

A MODEL modul engedélyezi, hogy a pontfelhőket egy ún. durva exporttal CAD-programokba exportáljuk, vagy onnan adatokat importáljunk. A modul tartalmazza az „ipar legnagyobb, legteljesebb és legautomatizáltabb eszközkészletét a 3D pontfelhők pontos CAD geometriai vagy hálózati modellezéséhez”.

A SURVEY modul a MODEL modul egy kivágata, amelyet földmérők részére optimalizáltak. Ez a rész leginkább arra szolgál, hogy koordinátákat, jellegzetességeket nyerjünk ki a pontfelhőből. Topográfiai modellek készítésére is lehetőségünk van, amelynél az ún. háló-tizedeléssel minimalizálhatjuk az adatmennyiséget, viszont megtarthatjuk a pontos geometriát. [19]

Szakdolgozatom lézerszkenneres mérésének feldolgozásakor a REGISTER modult használtam. A feldolgozást végezhettem volna az iskola számítógépein is, azonban kihasználtam azt a lehetőséget, hogy indokolt esetben igényeljek egy ingyenes próbaverzióra vonatkozó 7 napos licencet a Leica Geosystems Hungary Kft.-től, saját laptopomra. A szakdolgozat készítésének indokát elfogadták, majd e-mailben kaptam egy aktiváló kulcsot. A Leica Cyclone ingyenesen letölthető a cég honlapjáról. A letöltés után telepítettem a programot, valamint a Client License Administrator-t is. Utóbbiban tudtam aktiválni a licencet, az „Activate New Licenses” menüpontban. Az aktiváló kulcs begépelése után a szoftver megkereste az érintett licencet, amelyet kiválasztottam, majd aktiváltam. Ezután a kulcs a „View Installed Licenses” (telepített licencek megtekintése) menüponthoz került. Elkezdhettem a feldolgozás munkafolyamatát a Cyclone-ban.

A Cyclone megnyitásakor a program kezdő képernyőjét láthatjuk, majd egy emlékeztetőt, amely felhívja a figyelmet a kapott licenc használatából hátralévő napok számára (5.4. ábra). Az aktivált modulokat egyébként figyelemmel követhetjük a program kezdőképernyőjén található „License Manager” felíratra kattintva (5.5. ábra).

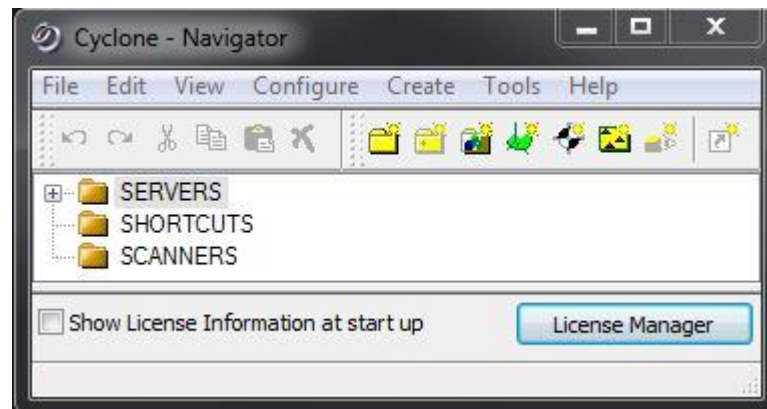


5.4. ábra: A program jelzi, hogy a Register modul használatából 4 nap van hátra

License	Get	Status	Borrowed
Cyclone-MODEL	☐	Not Available	No
Cyclone-BASIC	☐	Not Available	No
Cyclone-PUBLISHER	☐	Not Available	No
Cyclone-REGISTER	☒	Using	No
Cyclone-IMPORTER	☐	Not Available	No
Cyclone-SURVEY	☐	Not Available	No

5.5. ábra: A License Managerben látható, hogy a Register modul elérhető és használatban van

A Cyclone kezdő képernyőjét „Navigator”-nek nevezik. A kisméretű ablakban minden főbb funkciót elérünk a feldolgozási projektek elindításához (5.6. ábra).



5.6. ábra: a Cyclone – Navigator, a gyors műveletekhez használható ikonokkal, balról-jobbra: visszavonás, ismét, kivágás, másolás, beillesztés, törlés, projekt létrehozása, álláspont létrehozása, modelspace létrehozása, scanworld létrehozása, registration létrehozása, keyplay létrehozása, modelspace nézet létrehozása, parancsikon létrehozása

A „SERVERS” pontot megnyitva 2 ikont találunk, esetemben ezek az ABONYI-PC, valamint az ABONYI-PC (unshared) voltak. Utóbbinál az „unshared” szó azt jelenti, hogy az a szerver nem megosztott, így hálózati kapcsolat esetén nem látható más számítógépek számára. Első lépésben ezen a szerveren belül új adatbázist kell definiálni, amelyet a Configure/Databases menüponttal lehet elérni. Ezen belül meg kell adni a létrehozandó adatbázis nevét, valamint annak a mappának a helyét, amelybe a feldolgozással kapcsolatos adatok kerülnek. Miután létrejött az adatbázis, már beolvashatóak a műszerből származó mérési adatok. Erre a File menüpontban van lehetőség, ahol a már egyszer felhasznált adatok mellett Leica 1200, ScanStation C5/C10 és P5/P10, valamint MultiStation MS50 műszerekből származó adatokat, vagy azok egy részét importálhatjuk. Ezek közül értelem szerűen a C10-es szkennerek adatok beolvasását választottam. A könyvtár tallózása után megjelent egy párbeszédablak, amelyben a program arról érdeklődött, hogy a mért adatok hány százalékát olvassa be, a mérés során készített képek alapján szeretném-e majd színeztetni a pontfelhőt, valamint hogy megkeresse-e a pontfelhők összekapcsolásához szükséges célpontokat. Mivel a szakdolgozatom készítésénél a minél pontosabb feldolgozásra törekedtem, végeredményben pedig egy összetett, színezett pontfelhőt akartam készíteni, így a 100%-os beolvasást választottam, valamint a színek beolvasását és a célpontok automatikus keresését is. Ezután megkezdtem a beolvasást, ami időben a számítógép teljesítményétől

függő feladat. A közel 6 gigabájtnyi állományt kevesebb, mint 1 óra alatt olvasta be a program.

Az importálást követően folytattam a munkát egy ún. „Registration” létrehozásával. Ezt a szót jelen esetben beiktatásként célszerű lefordítani, hiszen itt történik meg a különböző álláspontokon készített pontfelhők célpontok alapján történő összeillesztése, valamint a kiegyenlítés. A „Registration” létrehozása után meg tudjuk nyitni azt, majd első lépésként sorban hozzáadni az egyes álláspontokon bemért célpontokat. Ehhez a „ScanWorld” fülön belül az „Add ScanWorld” funkciót kell választani, majd az álláspontoknál az SW-vel kezdődő jeleket kiválasztani. A kiegyenlítés előtt még egy lépés volt hátra, az ún. „Constraints” (kényszerek) hozzáadása. Amennyiben a mérés során a célpontokat úgy mértük be, hogy egy adott helyen lévő célpontnak ugyanazt a számozást adtuk valamennyi álláspontból bemérve, használható az „Auto-Add Constraints (Target ID only)” menüpont. Ezzel nem szükséges egyenként beállítani a program számára, hogy egy adott álláspontból mely célpontokat mértük be és melyekkel tudja összekapcsolni a pontfelhőket, hiszen ezt automatikusan elvégzi. Ezután elvégezhető a kiegyenlítés, amely a „Registration” ponton belül található „Register”-rel érhető el.

Constraint ID	ScanWorld	ScanWorld	Type	Status	Weight	Error	Error Vector	Group
1	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-002: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.010 m	(-0.001, 0.000, -0.010) m	Ungrouped
2	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-002: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.008 m	(0.000, 0.000, 0.008) m	Ungrouped
2	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-003: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, -0.001, 0.002) m	Ungrouped
2	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-003: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.006 m	(0.000, -0.001, -0.006) m	Ungrouped
2	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-004: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.000) m	Ungrouped
2	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-004: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.009 m	(0.000, 0.001, -0.009) m	Ungrouped
2	Station-003: SW-001 (Leveled)	Station-004: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, 0.002, -0.003) m	Ungrouped
2	Station-001: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, -0.001) m	Ungrouped
2	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.009 m	(0.000, 0.001, -0.009) m	Ungrouped
2	Station-003: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.004 m	(0.000, 0.002, -0.003) m	Ungrouped
2	Station-004: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m	Ungrouped
3	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-003: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.005 m	(0.000, 0.001, 0.005) m	Ungrouped
3	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-004: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.010 m	(0.000, -0.001, 0.010) m	Ungrouped
3	Station-003: SW-001 (Leveled)	Station-004: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.006 m	(0.000, -0.002, 0.005) m	Ungrouped
3	Station-002: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.007 m	(0.000, -0.001, 0.007) m	Ungrouped
3	Station-003: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, -0.002, 0.002) m	Ungrouped
3	Station-004: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.003 m	(0.000, 0.000, -0.003) m	Ungrouped
4	Station-004: SW-001 (Leveled)	Station-005: SW-001 (Leveled)	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.006 m	(0.001, 0.000, 0.006) m	Ungrouped

5.7.ábra: A kiegyenlítés eredménye a Leica Cyclone Registration ablakában

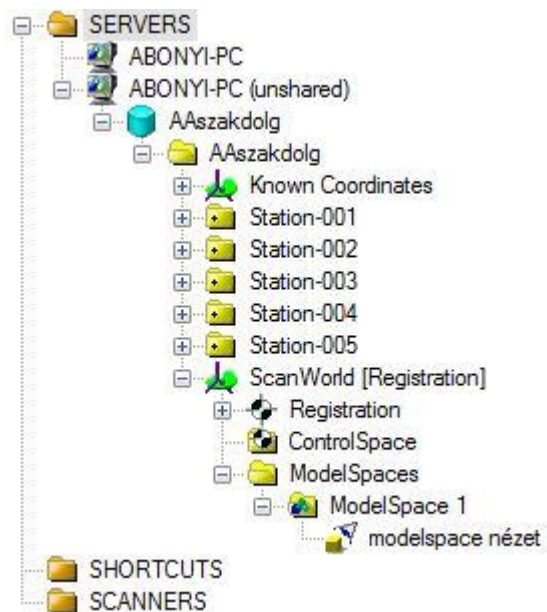
A kiegyenlítés után láthattam a művelet utáni eltéréseket az „Error” oszlopban. A legnagyobb eltérés 1 cm-es lett. Minden ilyen eltérésnek saját vektora van, amelyet az „Error Vector” oszlopban láthatunk részletesen. Ha valamelyik kényszer túl nagy hibát okoz a kiegyenlítésben, akkor azt kizárhatjuk. Ahogy látható a „Status” oszlopban, én nem zártam ki egyik kényszert sem, mivel minden elemnél az „On” felirat látható. A kiegyenlítési műveletet ezután le kell zárni, amelyet a „Registration” fülön belül található

„Create ScanWorld/Freeze Registration” ponttal lehet elérni. A „Navigator”-be visszatérve látható a létrehozott ScanWorld.

Az összeillesztett pontfelhő megtekintésére a „ScanWorld”-ön belül kell létrehozni (Create fül) egy ModelSpace-t. Ezzel a lehetőséggel láthatóvá válik a pontok elhelyezkedése a térben. A megtekintéshez azonban előbb egy ún. ModelSpace View-t (modellterület nézetet) kell létrehozni. A kiértékelés menetének végleges szerkezete látható az 5.8. ábrán.

A „modelspace nézet” megnyitásával elkezdhettem a valódi kiértékelési munkát, célom egy színezett pontfelhő előállítása volt. A modelspace megjelenítésekor

azonban nagy meglepetésként ért, hogy rengeteg fölösleges pontot tartalmaznak a pontfelhők. Először nem értettem, hogy keletkeztek ezek a pontok, amelyek nagyrészt szétszórtan, rendszertelenül a levegőben helyezkedtek el. Később rájöttem, hogy valószínűleg a felmérés ideje alatt előforduló nagyon gyenge havaseső-havazás volt az oka a felesleges pontoknak. A lézerszkennerek egyszerűen a hópelyheket is tereptárgyként kezelte. Ezek a pontok a kiértékelést elsősorban esztétikai szempontból zavarták meg, hiszen a szálló bemérése ettől függetlenül sikeres volt. Úgy döntöttem azonban, hogy a megpróbálom kivágni a felesleges pontokat, amely hosszas munkával csaknem teljes mértékben sikerült is. A kivágásnál többféle lehetőség közül választhattam: szegmentálás a pontok intenzitásértéke szerint, egy adott ponttól való távolság szerint, egy sík elhelyezkedése szerint, vagy egy alakzat (négyzet, kör, poligon) által kijelölt területen. A feldolgozásnál az utóbbi két lehetőséget használtam. Fontos volt, hogy a kivágást az összes állásponton előállított pontfelhőre alkalmazzam, így minden ilyen művelet előtt a „Select All Point Clouds” (az összes pontfelhő kiválasztása) ikont kellett választanom, mivel ekkor még nem egyesítettem a pontfelhőket. Elsőként a pontok szegmentálását egy sík elhelyezkedésével értem el – Create Object / Segment Cloud / Cut By Offset from Plane – ekkor be lehet állítani, hogy egy képzeletbeli sík milyen magasságban, milyen szögben helyezkedjen el, majd a sík felett elhelyezkedő pontokat egy különálló



5.8. ábra: a végleges szerkezet a Leica Cyclone Navigatorban

pontfelhővé lehet alakítani. Az újonnan létrehozott pontfelhő könnyedén törölhető a Del gombbal. Ezzel már jelentős mennyiségű ponttól szabadultam meg (5.9. ábra). Az ábrán jól látható, hogy a felesleges pontok száma csak egy bizonyos magassági szint felett nulla. A képen egyébként csak a második állásponton készített pontfelhő látszódik. Könnyedén elképzelhető, hogy mind az 5 álláspontot figyelembe véve mennyi főlegesen pontról volt szó valójában.



5.9. ábra: A második álláspontból készített pontfelhő az első, sík elhelyezkedése szerinti szegmentálással kijelölt pontok törlése után

Ahogy már említettem, a maradék pont szegmentálását alakzatok kijelölésével oldottam meg. Főként poligonokat használtam. Próbáltam úgy forgatni a nézetet, hogy minél több törlendő pontot láthassak, majd a „Polygonal Fence Mode”-ot választottam, amelynek ikonja a „Modes” nevű eszköztárban található. Ezután körülrajzoltam a pontokat úgy, hogy a poligonon belül találhatók mindegyikét kijelölhessem. Miután készen voltam a poligonnal, ugyanazt a „Segment Cloud” menüpontot választottam, mint az előző szegmentálásnál, de most azon belül a „Cut by Fence” funkciót használtam. Ezzel a poligonon belül található pontok szegmentálása történt. Több különböző nézetből mindaddig ismételtam ezt a folyamatot, ameddig már nem találtam szembetűnő, zavaró pontokat.



5.10. ábra: A kivágás menete, balról-jobbra: körberajzolás poligonnal, szegmentálás, törlés utáni állapot

A pontok törlési folyamatának bemutatásához használt ábrákon a már színezett pontfelhő látható. Most szeretném bemutatni, hogy hogyan is kaptam ezt még a felesleges pontok szegmentálása előtt.



5.11. ábra: a 3 megjelenítési mód és ikonjaik (legalul), fentről-le: szkenner felvételek alapján színezett-, intenzitás alapján színezett-, intenzitás alapján szürkeáryalatos megjelenítés

Amikor a modelspace nézetet megnyitottam egy színes intenzitásképet kaptam a felmért objektumokról. Az intenzitás jelentését már a korábbiakban tárgyaltam, azonban azt nem

írtam le, hogy valójában hogyan is történik az intenzitásértékek összehasonlítása. A nagy intenzitásértékű pontokat sárgás-zöldes, a kisebbeket pedig piros színnel jelölik. Minél megbízhatóbb egy pontról a lézersugár visszaverődése, annál erősebb a sárgás-zöldes szín és ugyanígy minél gyengébb az érték, annál sötétebb piros a jelölés. A programmal nem csak e színek szerint lehet intenzitásértéket készíteni, másik lehetőségként alkalmazhatunk szürkeárnyaltos ábrázolási módot is. Értelem szerűen ekkor a sötétszürkétől a halványszürkéig terjednek az árnyalatok. A harmadik megjelenítési mód a szakdolgozatom lézerszkenneres felmérésének egyik eredménye, azaz a színezett pontfelhő. Ezt a Leica Cyclone úgy állítja elő, hogy a mérés során készített fényképek alapján színeket ad a pontoknak, így a modelspace nézetben az objektumokat valós kinézetüknek megfelelően tudjuk ábrázolni (5.11. ábra).

A felesleges pontok törlése, valamint a színezett pontfelhő előállítás után még néhány apróbb feladatot végeztem el a feldolgozás során. Az első ilyen az egységes pontfelhő kialakítása volt. Ezt a funkciót a „Tools” (eszközök) menü számos lehetősége között találjuk „Unify Clouds” (felhők egyesítése) néven. Mielőtt elkezdenénk az egyesítés folyamatát, a program figyelmeztet arra, hogy ha ezt a műveletet végrehajtjuk, akkor többé nem fogjuk elérni az eredeti pontfelhőket, csak az egységeset. A művelet elvégzése viszonylag sok időbe telik.

Következő feladatként egy exportálást végeztem el. A modelspace nézet „File” menüjében számos exportálási formátum közül választhatunk. Elmenthetjük a feldolgozást pl. .tif képformátumban (ortofotóként), .dxf formátumként amelyet az AutoCAD programba olvashatunk be, .txt formátumban, stb. Ha a szoftvernek nem csak a Register modulját használjuk, a lehetőségek száma tovább bővül. Az exportálásnál a legördülő listából én a .xyz formátumú szöveges fájl kiolvasását választottam. Ez a fájl részletesen tartalmazza lézerszkenner által bemért minden egyes pont tulajdonságait. A kiolvasás időtartama ismét hosszú volt. Érdekeségként jegyezném meg, hogy a modern felmérési technika mára már tényleg nem ismer határokat: az 5 állásponton végzett mérés során, csupán 3 óra alatt 121 759 493 pontot mért be a szkenner. Ebbe a számba természetesen már nem tartoznak bele a fölöslegesen mért pontok, amelyeket korábban töröltem.

Mivel csak a Register modulra kaptam jogosultságot, kénytelen voltam képernyőképekkel szemléltetni a felmérés eredményét. [9., 10., 11., 12., 13. sz. mellékletek] A Model modul

használatánál akár animációt is készíthetünk a felmért objektumról. A munka befejezése előtt a Cyclone adatbázis kezelőjében a szakdolgozat feldolgozásának adatbázisánál a „Compact”, valamint az „Optimize” funkciókat választottam, amelyek az állományt egy kicsit tömörebbé, kisebb méretűvé teszik, valamint további fölösleges adatokat törölnek automatikusan. A nagy adatállományra való tekintettel nagyon hasznosnak ítélem ezeket a lehetőségeket.

6. Műszaki leírás

A szakdolgozat befejező részeként műszaki leírásban szeretném összegezni az elvégzett munkát, a kétféle technikával történő felmérést több szempontból összehasonlítani.

6.1. A felmérés végrehajtása, feldolgozása, eredmények

Ahogy azt már a szakdolgozat korábbi részeiben említettem a két felmérés végrehajtása különböző időpontokban történt. Mindkét felmérési munkát előzetes tervezési folyamat előzte meg. A tervezés során nem volt szükség túl részletes számításokat végezni, a helyi rendszerben történő munka, valamint a fotogrammetriát kiegészítő geodéziai mérések megkönnyítették a munka ezen részét.

A felmérés végrehajtásakor egyik feladat sem jelentett időben sokat, inkább az időjárási körülmények határozták meg jobban a mérést. Az időjárás a lézerszkenneres mérés során volt kedvezőtlenebb, a végrehajtás során szitáló havaseső miatt számos felesleges pontot mért be automatikusan a méréshez használt Leica ScanStation C10 műszer, amelyeket később a feldolgozáskor törölni kellett. Úgy gondolom azonban, hogy a felmérések végrehajtásakor a fotogrammetriai fényképezéshez használt Rolleimetric Rolleiflex 6008 mérőkamerát ismertem jobban, mivel azzal már korábban tanulmányaim során találkoztam és a gyakorlatokon dolgoztam is vele. Végül a szakdolgozat írása során mindkét használt eszközt alaposan megismertem és ismertettem is az erre vonatkozó fejezetekben.

Ugyanígy a feldolgozásnál könnyebben kiismertem magam a Photomodeler Scanner szoftver használatában, szemben a Leica Cyclone-nal, amely nem volt része addigi tanulmányaimnak. A feldolgozás időtartamát tekintve a fotogrammetriai rész igényelt több időt, itt azonban megjegyzendő, hogy a Cyclone szoftver Register modulját használva nem volt lehetőségem modellezésre, így az eredmény egy színezett pontfelhő lett, amelyből számos újabb „terméket” lehet előállítani. A lézerszkenneres kiértékelési munka így is időigényesnek bizonyult, úgy gondoltam ugyanis, hogy az említett feleslegesen mért pontokat kitörlöm a pontfelhőből, amely aprólékos munkavégzést igényelt. A pontokat poligonok segítségével szegmentáltam, majd töröltem az adatállományból. A fotogrammetriai feldolgozásnál egy 3 dimenziós ábra előállítására törekedtem a Photomodeler Scanner, valamint az AutoCAD programok segítségével, amelyet a szálloda főbejárati homlokzatáról készítettem el a fényképek alapján. A munka

nagy pontosságot és figyelmet igényelt. A pontosság számszerű adatokkal is alátámasztható, amelyet a következő alfejezetben részletezek.

6.2. Pontosság

A készített homlokzatrajról történő mért távolságokat szeretném ezúton összehasonlítani a geodéziai mérések eredményeként kapott koordinátákból számítottakkal. Az adatokat és az eltéréseket a következő táblázat tartalmazza. Nem kívánom mind a 12 geodéziai felmérés során mért illesztőpontot összemérni a többivel, csupán kiragadnék közülük néhányat a pontosság megfelelő szemléltetése érdekében.

Összemért pontok	Távolságérték a homlokzatrajzon (m)	Távolságérték a geodéziai mérés alapján (m)	Különbség (m)
1 - 3	13,29	13,31	-0,02
1 - 2	7,59	7,64	-0,05
2 - 4	13,77	13,81	-0,04
5 - 6	9,53	9,60	-0,07
10 - 12	13,71	13,77	-0,06

6.1. táblázat: geodéziai mérésből származó pontok távolságának összehasonlítása a homlokzatrajzi méretekkel

Az összehasonlított távolságértékekből látható, hogy a pontosság a fotogrammetriai kiértékelés során változó, értéke a kiértékelés pontosságától függ. Ugyanezen pontokat összemérve a lézerszenneres pontfelhőn szinte teljesen megegyező értékeket kapunk a geodéziai koordinátákból kapottakkal, amely azt mutatja, hogy a lézerszenneres mérés pontossági szempontból megbízhatóbb. Nem vitatom azonban azt a feltevést, hogy a gyakorlott fotogramméterek munkája sokkal pontosabb eredményt tud adni egy ilyen homlokzatrajz pontjaira vonatkozóan. Kiértékelésem pontossága egyébként átlagosnak mondható, ugyanis az építészeti fotogrammetriában általánosságban 5 centiméteres hiba a megengedett. Ennél a táblázatnál azonban érdemes megemlíteni azt is, hogy a geodéziai mérés pontosságában is lehetnek hiányosságok. A lézerszenneres feldolgozás során a távolságértékek meghatározásában kisebb nehézséget jelent az, hogy a nagy pontsűrűségű felhőknél nem mindig tudjuk megbízhatóan kiválasztani azokat a pontokat, amelyeket a geodéziai mérés során irányoztunk.

Ahogy azt a Photomodeler szoftverrel történő feldolgozás során említettem, a referencia méret megadása után az egyes objektumokra vonatkozó referencia módban megadott pontpárookra nem csak pixel értékben, hanem a referencia mértékegységében is kapunk

információkat, amivel az egyes elemek kiértékelésének pontosságát lehet vizsgálni. Ezt a program egy táblázatban rögzíti. A következő táblázat az elem megnevezésén kívül a kiértékelésnél tapasztalt legnagyobb eltérést is mutatja pixel értékben, valamint centiméter egységben.

Kiértékelt elem megnevezése	Legnagyobb eltérés pixel értékben	Legnagyobb eltérés centiméter értékben
alsó ablak	0,59	0,63
bal oldal váz	0,73	0,77
csíkozás	0,91	0,98
felső ablak	0,91	0,98
felső sor támaszelem	0,77	0,86
felső sor	0,77	0,83
főbejárat	0,84	0,91
jobb oldal váz	0,94	1,02
kördísz	0,71	0,74
középrész ablak	0,47	0,52
középrész felső sor	0,67	0,70
középrész oldalajtó	0,38	0,41
középrész váz	0,88	0,88
oszlop elem	0,89	0,91
terasz dísz	0,59	0,61
terasz korlát fél	0,45	0,47
terasz korlát	0,56	0,58

6.2. táblázat: az egyes elemek kiértékelésekor előforduló legnagyobb hiba pixel és centiméter értékben

Ebből a táblázatból következtetni lehet arra, hogy a geodéziai mérésből kapott távolságok homlokzatrajzi értékekkel történő összehasonlításakor nem az egyes elemek kiértékelésének minősége jelentette a fő problémát, hanem a gyakorlottság hiánya mellett az egyes blokkokból a kész rajz összeállítása. Valószínűsíthető tehát, hogy ha a kiértékeléskor nem blokkokat alakítok ki, hanem a képpárokban található minden információt a Photomodelerben rögzítek, akkor a homlokzatrajz is pontosabb eredményt hozott volna. Ezzel azonban a kiértékelés ideje is a sokszorosára növekedett volna.

6.3. A földi fotogrammetria és a lézerszkenneres technológia összehasonlítása

A szakdolgozatom során tárgyalt két témakör sok szempontból összehasonlítható. A legfontosabb elemeket egy táblázatban foglaltam össze. A táblázat az általános szempontok szerint hasonlítja össze a földmérés e két területét, a hagyományos megoldást

a ma ismert legmodernebb eljárással. A felsorolt adatok közül a pontosságra vonatkozóan nem kívánok különösebb magyarázatot adni, mivel azt az előző alfejezetben részletesebben ismertettem.

	Földi fotogrammetria	Lézerszkenneres technológia
Adat-mennyiség	Nagy mennyiségű pont térbeli helyzetének közvetett meghatározása, részletes képi információk.	Nagy adatmennyiség, amely gyakran sok felesleges adatot is tartalmaz, kevesebb képi információ.
Pontosság	A mérőkamera és az eljárás milyensége befolyásolja, de pontossága általános esetben kisebb, mint a lézerszkenneres eljárásé.	A pontosság teljes mértékben a lézerszkennelés felbontásától függ, általában pontosabb, mint a fotogrammetriai eljárás.
Idő	A fényképezés gyors és egyszerű, de az irodai feldolgozás időigényes és bonyolult folyamat.	A terepi mérés gyorsnak tekinthető, a feldolgozás lassabb.
Egyéb előnyök	- archiválásra jól használható	- archiválásra jól használható
	- archív felvételek kiértékelhetőek	- azonnali adatkinyerés
	- elérhetetlen helyek felmérése	- azonos megbízhatóságú adatok
	- a kamerák olcsóbbak, mint a szkennerek	
Egyéb hátrányok	- nincs azonnali adat	- adatállomány nehéz kezelhetősége
	- a kiértékeléshez gyakorlat szükséges	- drága műszer
	- a kiértékelte adatok nem azonos megbízhatóságúak	- gyorsan merülő akkumulátor

6.3. táblázat: a földi fotogrammetria összehasonlítása a lézerszkenneres technológiával (forrás:

<http://www.photometric.hu/3d-lezer-szkenneles-54.html>)

Adatmennyiség szempontjából a földi fotogrammetria előnye az, hogy a pontokhoz társítva kapunk képi információt is. A lézerszkenneres technológiával nem kaphatunk ennyire részletes képet a mért pontokról, viszont az adatmennyiség alapvetően akár hatalmas is lehet. Utóbbi tényező nem mindig pozitív jelentésű, hiszen a lézerszkennerek sok fölösleges pontot is bemér. Jó példa erre a tényezőre ez a szakdolgozat a már említett időjárási körülmények miatt bemért több ezer fölösleges ponttal.

Időtartam tekintetében is részleteztem már a tárgyalt technológiákat. A fotogrammetriai célból történő fényképezés ugyan rövid idő alatt elvégezhető, a kiértékelés viszont annál hosszabb. Ezt a saját munkám során is megtapasztalhattam, a fotogrammetriai feldolgozás

össességében több időt igényelt, mint a lézerszkenneres. Utóbbinál a terepi munka több tényezőtől is függ, pl. álláspontok száma, kívánt felbontás, de alapvetően rövidnek mondható a felmérés időtartama.

A felsorolt egyéb előnyök úgy gondolom, hogy egyértelműen a fotogrammetria alkalmazása felé billentik a mérceket azok számára, akik a felmérések költségét helyezik előtérbe, mint legfontosabb tényezőt. A fotogrammetriában használatos mérőkamerák ugyan jóval drágábbak, mint az általános fényképezőgépek, áruk mégis töredéke a lézerszkennerekének. Egy lézerszkennер ára akár több tízmillió forint is lehet, szemben a mérőkamerák maximum néhány milliós értékével. A fotogrammetria másik nagy előnye, hogy olyan helyeken is lehet felvételeket készíteni, majd kiértékelni, ahol esetlegesen egy lézerszkennert nem lehet elhelyezni.

A hátrányok közül kiemelhető a már tárgyalt nem azonos pontosságú fotogrammetriai kiértékelés. A lézerszkenneres felmérés során általában a mérés tárgyát képező objektum bemért pontjai azonos megbízhatósággal bírnak, ellenben az adatállomány akár óriási méreteket ölthet, így nem csak jó minőségű lézerszkennerre, hanem a feldolgozáshoz szükséges nagy teljesítményű számítógépre is szükség van. A lézerszkenneres felmérés egyik nagy hátránya egyébként az, hogy az akkumulátorok gyorsan merülnek. Ezt a mérési feladatom elvégzésekor tapasztalhattam is, a rendelkezésre álló 3 akkumulátorból 2 csaknem teljesen lemerült.

Össességében elmondható, hogy a két érintett technológiának majdnem ugyanannyi előnye és hátránya van. A fotogrammetriai felmérés alkalmazását azoknak ajánlanám, akiknek elsősorban nem az időtartam és a feldolgozás nagyfokú pontossága fontos, hanem a projekt költsége. A lézerszkenneres technológiát tárgyalva úgy gondolom jól érzékelhető, hogy az a modernebb felmérési módszer, hiszen gyorsabban, több, megbízhatóbb információt nyújt a felhasználók számára.

7. Köszönetnyilvánítás

A szakdolgozat elkészítésében több személy is fontos szerepet játszott, akiknek ezúton szeretném megköszönni a támogatását. Elsősorban konzulenseim segítségét szeretném megköszönni, akik minden alkalommal készségesen rendelkezésemre álltak, szaktudásukkal, tapasztalatukkal és idejük ráfordításával támogatták a dolgozat létrejöttét.

Továbbá szeretném megköszönni a Leica Geosystems Hungary Kft. operatív vezetőjének, Váradi Attilának a rendelkezésemre bocsátott ingyenes licencet a Leica Cyclone szoftver saját számítógépemen történő használatához.

A szakdolgozat írása során, valamint a kiértékelésben is segítségemre volt évfolyamtársam Kraft Bertalan, akihez többször is bizalommal fordultam. Továbbá szeretném megköszönni a mérések végrehajtásakor nyújtott egyéb segítséget hallgatótársaimnak: Pálinkás Márknak és Haász Somának.

Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni szüleim és barátnőm ösztönzését, biztatását a dolgozat elkészítésével kapcsolatosan.

Irodalomjegyzék

Szakirodalom

1. Engler P.- Balázsik V. – Jancsó T. (2011).: Fotogrammetria I.-II. iskolai jegyzet, NyME-GEO, Székesfehérvár
2. Tarsoly P. – Tóth Z. (2011): Geodézia iskolai jegyzet, NyME-GEO, Székesfehérvár

Internetes források

- fotogrammetria:
3. Photogrammetry.com – a fotogrammetriáról általánosságban
<http://www.photogrammetry.com/>
 4. Photo.metric Mérnöki Szolgáltató Kft. honlapja – építészeti alkalmazási lehetőségek
<http://www.photometric.hu/epuletfelmeres-9.html>
 5. NyME-GEO honlap – bejegyzés a Rolleimetric Rolleiflex 6008 beszerzéséről
http://www.geo.info.hu/portal2007/index.php?option=com_content&task=view&id=771
 6. Fotonode.com – a Rolleimetric Rolleiflex 6008 adatai (angol nyelvről lefordítva)
http://fotonode.com/db_photo/content/rollei-rolleiflex-6008-metric
 7. GLM Partner of Sokkia honlap – a Sokkia SET 230R mérőállomás adatai (angol nyelvről lefordítva)
<http://www.glm-laser.com/glm/250-1-Sokkia-SET-230R.html>
 8. Phaseone.com – a Phase One szoftverfejlesztő cég honlapja, általános tudnivalók a cégről (angol nyelvről lefordítva)
<http://www.phaseone.com/en/FooterMenu/AboutUs.aspx>
 9. Phaseone.com – a Phase One cég Capture One nevű termékéről általánosságban (angol nyelvről lefordítva)
<http://www.phaseone.com/Imaging-Software/Capture-One-Pro-7.aspx>

10. Photomodeler.com – az Eos Systems Inc. általános bemutatása (angol nyelvről lefordítva)
https://www.photomodeler.com/connect/about_us.html
11. Photomodeler.com – az Eos Systems Inc. Photomodeler termékéről általánosságban (angol nyelvről lefordítva)
<https://www.photomodeler.com/products/scanner/default.html>
 - lézerszkennер:
12. Photo.metric Mérnöki Szolgáltató Kft. honlapja – lézerszkennerről általánosságban
<http://www.photometric.hu/3d-lezer-szkenneles-54.html>
13. Dorner Gábor: 3D lézerszkennerek geodéziai alkalmazása – Powerpoint bemutató
http://www.geo.info.hu/portal2007/images/stories/szepes/20071011/dorner_2007_a.pdf
14. Extreme Measures honlap – lézerszkennerek felhasználási területei (angol nyelvről lefordítva)
<http://www.xmeasures.com/xmServices/laserScanning.php>
15. Geodézia Földmérőmérnöki Szolgáltató Kft. honlapja – lézerszkennер alkalmazási területei
<http://geodeziakft.hu/lezerszkennер-alkalmazasa/>
16. NyME-GEO honlap – bejegyzés a lézerszkennер beszerzéséről
http://www.geo.info.hu/portal2007/index.php?option=com_content&task=view&id=764
17. Leica Geosystems Hungary Kft. honlap – a Leica ScanStation C10 ismertetése, a műszer részei
http://www.leica-geosystems.hu/hu/Leica-ScanStation-C10_79411.htm
18. Leica Geosystems Hungary Kft. honlap – a Leica ScanStation C10 részletes adatairól szóló brosúra (angol nyelvről lefordítva)
http://www.leica-geosystems.hu/downloads123/hds/hds/ScanStation%20C10/brochures-datasheet/Leica_ScanStation_C10_DS_en.pdf
19. Leica Geosystems Hungary Kft. honlap - a Leica Cyclone szoftver bemutatása
http://www.leica-geosystems.hu/hu/Leica-Cyclone_6515.htm

Mellékletek

- 1. sz. melléklet:** a szálloda homlokzatának jobb oldaláról készült képpár (alsó ablak, csíkozás, felső ablak, felső sor, jobb oldal váz megnevezésű elemek kiértékeléséhez)
- 2. sz. melléklet:** a szálloda homlokzatának középső részéről készült képpár (főbejárat, kördísz, középrész ablak, középrész felső sor, középrész oldalajtó, középrész váz, oszlop elem, terasz dísz, terasz korlát fél, terasz korlát megnevezésű elemek kiértékeléséhez)
- 3. sz. melléklet:** a szálloda homlokzatának bal oldaláról készült képpár (bal oldal váz, felső sor támaszelem megnevezésű elemek kiértékeléséhez)
- 4. sz. melléklet:** a felső ablak megnevezésű elem tájékozási jegyzőkönyve (a többi elem jegyzőkönyve a 15. sz. mellékletben)
- 5. sz. melléklet:** a készített homlokzatrajz előlnézetből (képmetszet)
- 6. sz. melléklet:** a készített homlokzatrajz axonometrikus nézetben (képmetszet)
- 7. sz. melléklet:** a geodéziai felmérés mérési jegyzőkönyve
- 8. sz. melléklet:** a geodéziai felmérés számítási jegyzőkönyve
- 9. sz. melléklet:** színezett pontfelhő a szálloda homlokzatáról (képernyőkép – főbejárat oldal)
- 10. sz. melléklet:** színezett pontfelhő a szálloda homlokzatáról (képernyőkép – főbejárat és Színház utcai oldal)
- 11. sz. melléklet:** színezett pontfelhő a szálloda homlokzatáról (képernyőkép – főbejárat és Mátyás király körúti oldal)
- 12. sz. melléklet:** intenzitáskép a szálloda homlokzatáról (képernyőkép – főbejárat és Színház utcai oldal)
- 13. sz. melléklet:** intenzitáskép a szálloda homlokzatáról (képernyőkép – főbejárat és Mátyás király körúti oldal)
- 14. sz. melléklet:** DVD-lemez a lézerszkennelés feldolgozás során létrejött állományról
- 15. sz. melléklet:** DVD-lemez a lézerszkennelés és a fotogrammetriai felmérések digitális állományával

1. sz. melléklet



2. sz. melléklet



3. sz. melléklet



4. sz. melléklet

Status Report Tree

Project Name: felső ablak.pmr

Problems and Suggestions (2)

Project Problems (2)

Problem: The following cameras are not calibrated: Rolleimetric6008.

Suggestion: For best results you should use fully calibrated cameras. If you are having accuracy problems, you should calibrate your camera (it is easy and does not take long - See Camera Calibration in the User Manual).

Problem: The angle between the direction of these two photographs is lower than 15

Suggestion: Two photo projects with less than 3 control points and low angle separation will not solve with good accuracy. Use the results with caution. If possible add a third photo with greater angle separation.

Problems related to most recent processing (0)

Information from most recent processing

Last Processing Attempt: Thu May 22 14:11:54 2014

PhotoModeler Version: 6.4.0.821 - final,full

Status: successful

Processing Options

Orientation: off

Global Optimization: on

Calibration: off

Constraints: on

Total Error

Number of Processing Iterations: 2

Number of Processing Stages: 2

First Error: 0.516

Last Error: 0.516

Precisions / Standard Deviations

Photograph Standard Deviations

Photo 1: CF003934.tif

Omega

Value: -1.249356 deg

Deviation: Omega: 0.176 deg

Correlations over 95.0%: Y:-100.0%, Z:-95.9%

Phi

Value: -0.414305 deg

Deviation: Phi: 0.111 deg

Correlations over 95.0%: X:99.5%

Kappa

Value: 0.071220 deg

Deviation: Kappa: 0.024 deg

Xc

Value: -0.010905

Deviation: X: 0.003

Correlations over 95.0%: Phi:99.5%

Yc

Value: 0.030923

Deviation: Y: 0.004

Correlations over 95.0%: Omega:-100.0%, Z:95.2%

Zc
Value: 0.019101
Deviation: Z: 0.002
Correlations over 95.0%: Omega:-95.9%, Y:95.2%

Photo 2: CF003937.tif

Omega
Value: -0.849384 deg
Deviation: Omega: 0.174 deg
Correlations over 95.0%: Y:-99.9%

Phi
Value: 7.410685 deg
Deviation: Phi: 0.186 deg
Correlations over 95.0%: X:99.6%

Kappa
Value: -1.170831 deg
Deviation: Kappa: 0.033 deg

Xc
Value: 0.263870
Deviation: X: 0.005
Correlations over 95.0%: Phi:99.6%

Yc
Value: 0.030033
Deviation: Y: 0.004
Correlations over 95.0%: Omega:-99.9%

Zc
Value: -0.004240
Deviation: Z: 0.002

Quality

Photographs

Total Number: 2
Bad Photos: 0
Weak Photos: 0
OK Photos: 2
Number Oriented: 2
Number with inverse camera flags set: 0

Cameras

Camera1: Rolleimetric6008
Calibration: no
Number of photos using camera: 2

Point Marking Residuals

Overall RMS: 0.358 pixels
Maximum: 0.918 pixels
Point 196 on Photo 2
Minimum: 0.001 pixels
Point 300 on Photo 2
Maximum RMS: 0.906 pixels
Point 196
Minimum RMS: 0.001 pixels
Point 300

Point Tightness

Maximum: 0.0099 m

Point 196

Minimum: 1.4e-005 m

Point 300

Point Precisions

Overall RMS Vector Length: 0.022 m

Maximum Vector Length: 0.0685 m

Point 11

Minimum Vector Length: 0.02 m

Point 300

Maximum X: 0.0235 m

Maximum Y: 0.0485 m

Maximum Z: 0.0466 m

Minimum X: 0.00392 m

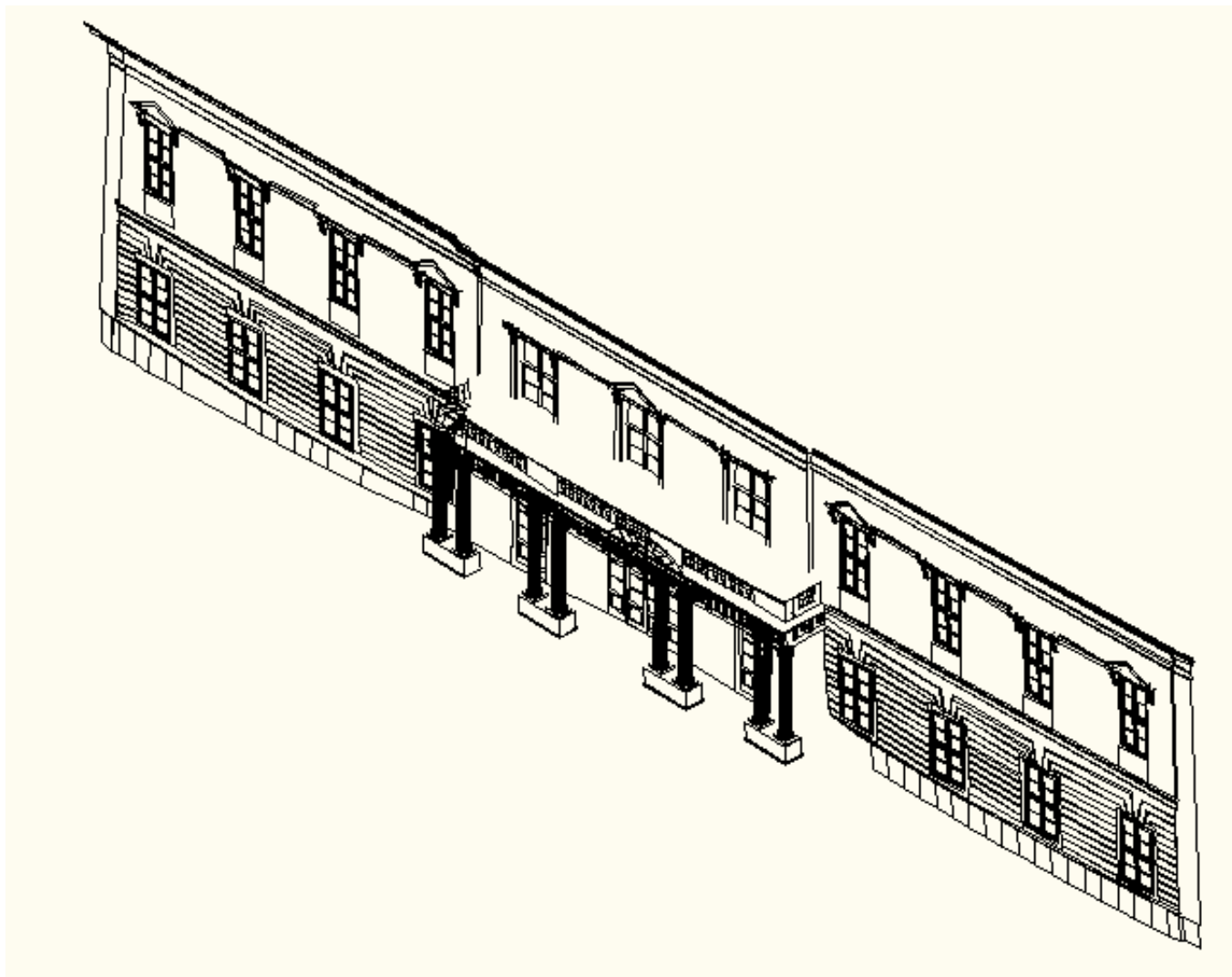
Minimum Y: 0.0155 m

Minimum Z: 0.00417 m

5. sz. melléklet



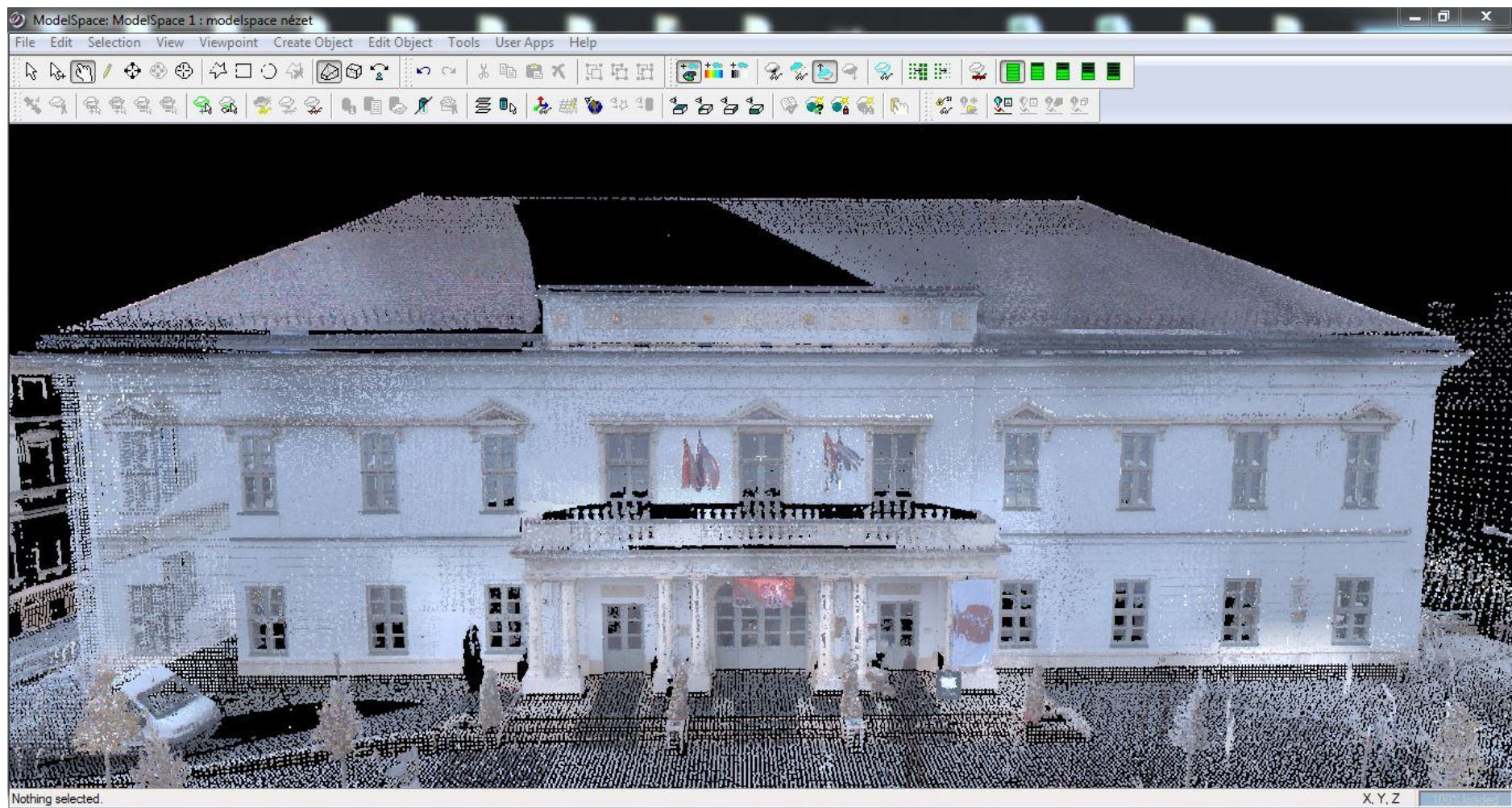
6. sz. melléklet



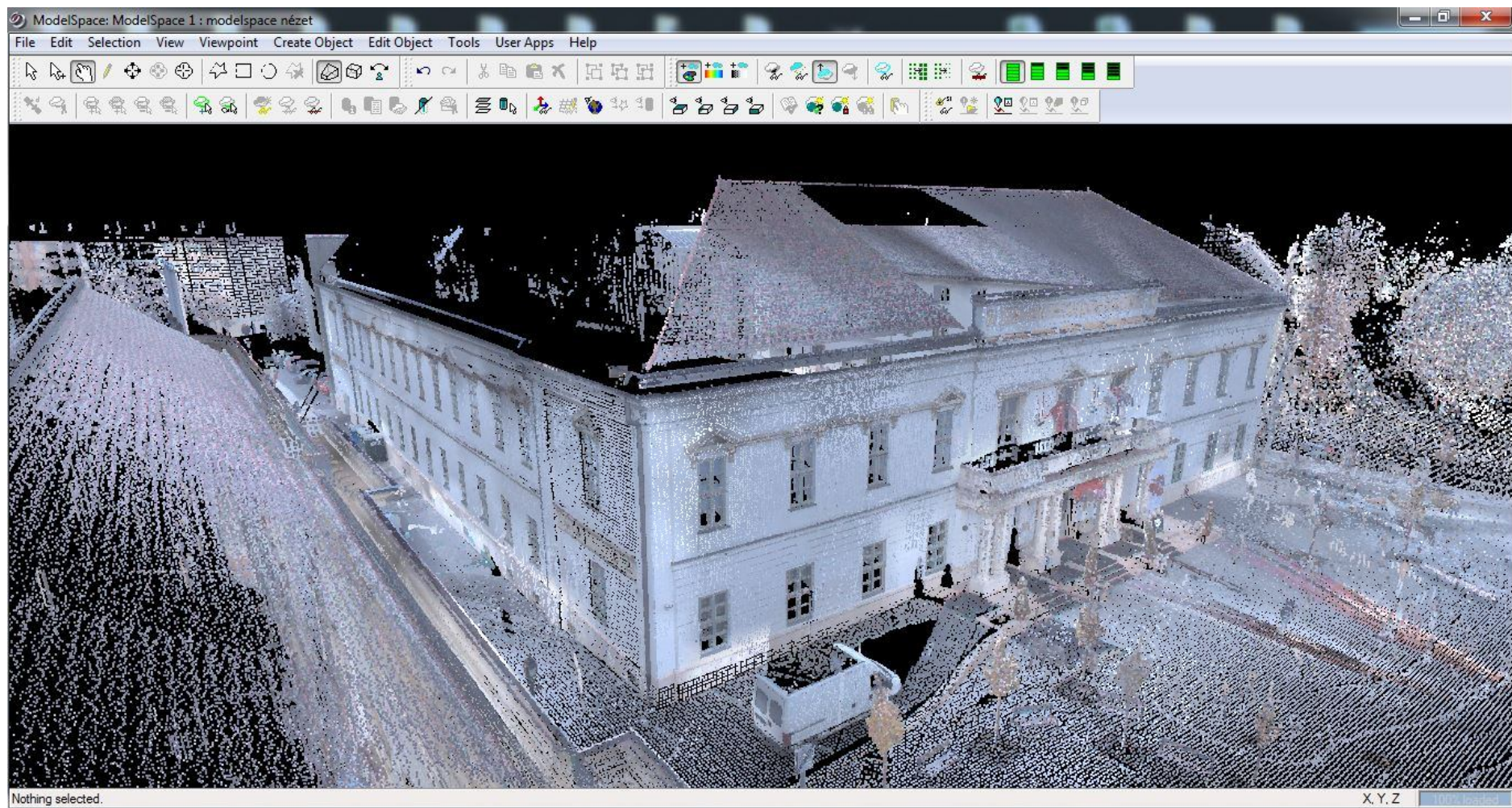
7. sz. melléklet

8. sz. melléklet

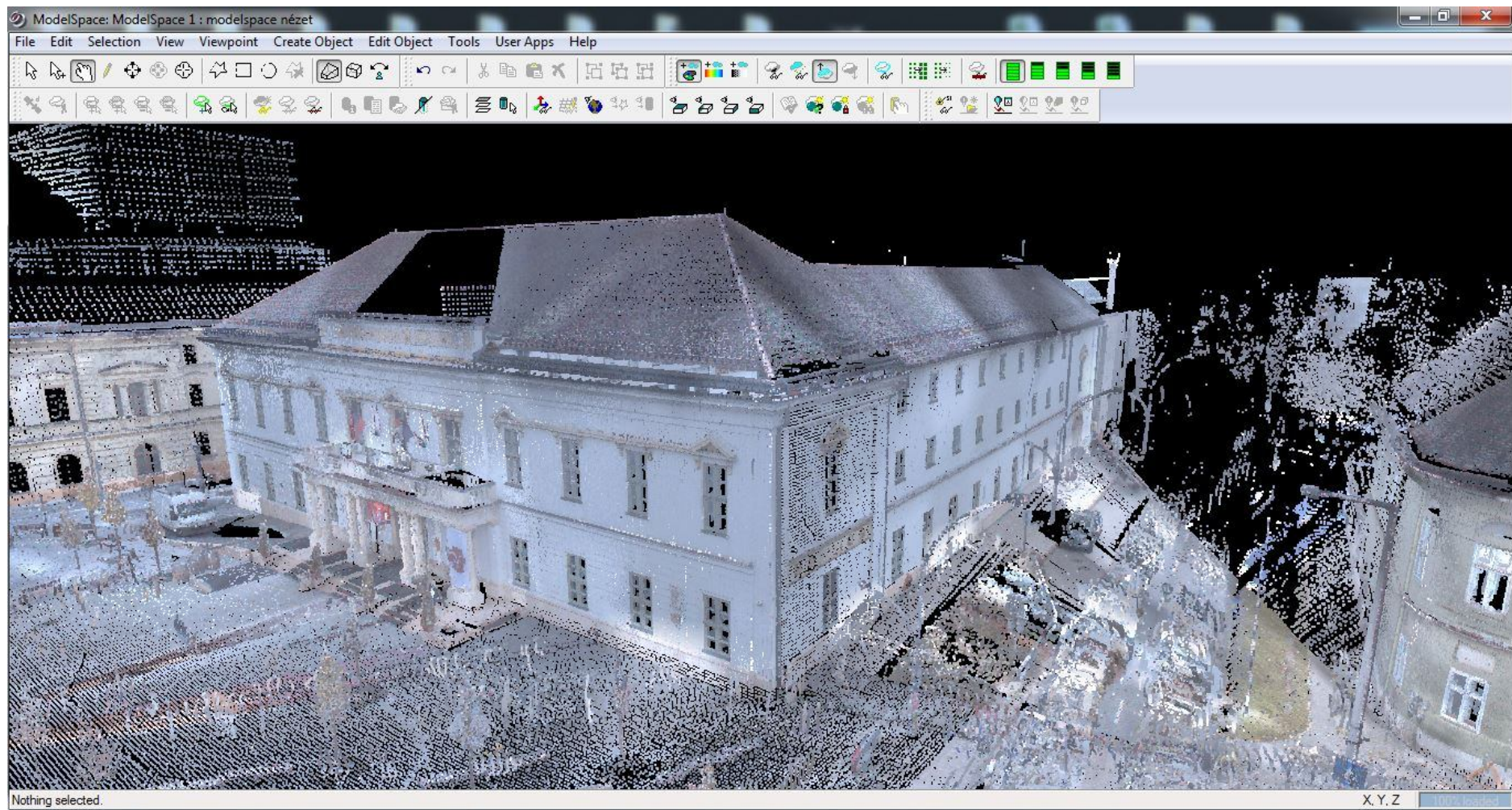
9. sz. melléklet



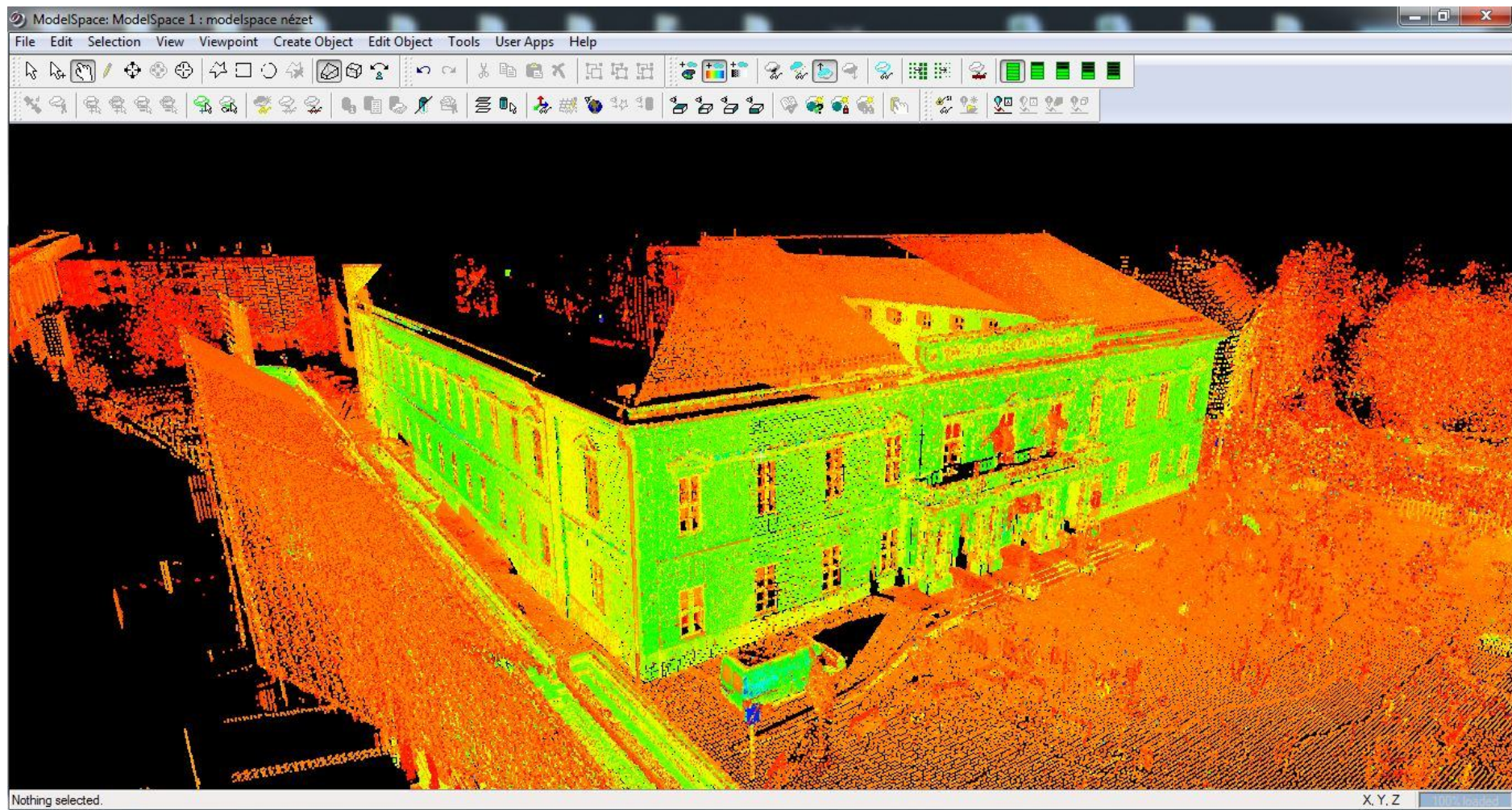
10. sz. melléklet



11. sz. melléklet



12. sz. melléklet



13. sz. melléklet

