



Műemléképületek háromdimenziós fotómodelljének készítése PhotoModeler segítségével

Szerdahelyi András

BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék
tudományos segédmunkatársa

A műemlék jellegű épületek megfelelő pontosságú felmérése és dokumentálása az építészet, illetve a műemlékvédelem egyik alapvető feladata. A végeredményként szolgáló alaprajzok, metszetek, valamint homlokzati rajzok tájékoztatást adnak a vizsgált épület kiterjedéséről, formájáról, a részletek arányairól, a felületek elhelyezkedéséről.

A felmérések fontosak lehetnek a jövőben

- a művészettörténészeknek az építészeti módszerek tanulmányozásához és a formák, a részletek, valamint a homlokzatok időrendi és stílusfejlődési tanulmányozásához;
- az építésznek a műemlék védelmét célzó építészeti tanulmányok készítéséhez, az esetleges épületmozgások meghatározásához;
- archiválási célból, amely lehetővé teszi az eredeti állapot visszaállítását esetleges természeti katasztrófa okozta részleges vagy teljes rongálódás esetén.¹

A fent említett célok elérését különféle módszerek segítik. A feladat elvégezhető

- geodéziai felmérés útján (térbeli előmetszés);
- fotogrammetriai felméréssel, amely lehet
- klasszikus földi fotogrammetria,
- digitális fotogrammetria vagy
- lézerszkennelés.

Mindegyik felhasználható technológiának természetesen megvannak a maga előnyei, hátrányai (1. táblázat).

Az analitikus (klasszikus) fotogrammetriát egyre inkább felváltja az olcsóbb digitális fotogrammetria, melynek nagy előnye, hogy nem szükséges hozzá speciális fényképezőkamera, kiértékelő szoftver. A végeredményként kapott fotórealisztikus 3D-s modell közép kategóriás fényképezőgépekkel, PC alatt futó alkalmazásokkal is elérhető. Kellő tervezés után nincs szükség pótmérésre, az irodában a mérést követően bármikor elkészíthető a cm pontos modell.

1. táblázat

Felmérési módszerek előnyei, hátrányai

| | geodézia | klasszikus fotogrammetria | lézerszkennelés |
|---------|----------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|
| hátrány | kitakarások miatt több álláspont → több idő | objektum megvilágítása szükséges | kitakarások miatt több álláspont |
| | pontvázlat készítése | speciális műszer, szoftver igény | speciális műszer, szoftver igény |
| | az utófeldolgozás jelentős (struktúra kialakítása) | | az utófeldolgozás hosszadalmas |
| | kimaradt részletek csak pótméréssel pótolhatók | | szakembert igényel |
| | | | drága |
| előny | optika nagyítása nagy / lézerefénnyel való mérés | gyors terepi mérés | gyors terepi mérés |
| | műszerhibák számíthatók | nem kell pótmérés | nem kell pótmérés |
| | mm alatti eredményeket szolgáltat | | fotórealisztikus hatás a 3D-s modellben |
| | | | akár mm alatti pontosság |

¹ Dr. Kis Papp László: Építészeti fotogrammetria, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981

1. A felhasznált szoftver bemutatása

A feldolgozáshoz a kanadai Eos System Inc. által kifejlesztett PhotoModeler Pro 5.0 verziójú modellalkotó szoftvert használtam. A cég egy olyan módszert dolgozott ki, amely a fotogrammetria területén számítógépes látvány létrehozására alkalmazható a digitális képfeldolgozás során, és mindezt Windows platform alatt. A program segítségével a létező tárgyról készült fényképek felhasználásával 3 dimenziós modellek készíthetők. Az ily módon létrejött modellek általában olcsóbban és gyorsabban készíthetők el, mint kézzel rajzolt társaik.

2. Digitális képek készítése

Az első lépésben – mivel az egész technológia alapja a fotogrammetria – a vizsgált objektumról megfelelő minőségű fényképek szükségesek. Egy fényképezőgép annál pontosabb adatokat tud szolgáltatni, minél jobb a geometriai, a radiometriai, illetve a spektrális felbontása.

Ahhoz, hogy ki tudjam választani azt a kamerát, amelyekkel a legjobb minőségű 3D-s modell hozható létre, összehasonlításokat végeztem több, általam elérhető középkategóriás fényképezőgéppel is. Mint látható a 2. táblázatban, a kamerák radiometriai (24 bit), spektrális felbontásában nincs különbség, a különbség a geometriai felbontásban jelentkezik. A maximális felbontás (pixel×pixel) értéke adja az összes pixelszámot, amely egy kép digitális méretét határozza meg. A fényképezőgépeket tudatosan úgy választottam ki, hogy a következő gép felbontása (Mpixel értéke) nagyjából kétszer nagyobb legyen, mint amilyen az előzőé volt.

2. táblázat

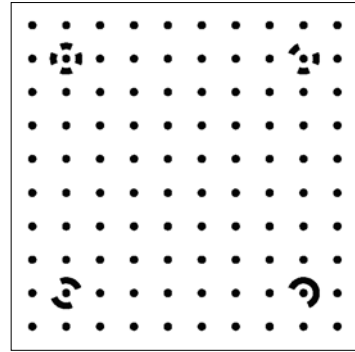
A felhasznált fényképezőgépek paraméterei

| Gyártó | Típus | Mpixel | Max. felbontás [pixel×pixel] | Szín-mélység [bit] |
|----------|-------------|--------|------------------------------|--------------------|
| Olympus | SP-320 | 7,1 | 3072×2304 | 24 |
| Olympus | C-750 | 4,0 | 2288×1712 | 24 |
| Fujifilm | FinePix F30 | 6,3 | 2848×2136 | 24 |
| HP | 635 | 2,0 | 1600×1200 | 24 |

3. A kamerák kalibrálása

A felhasznált fényképezőgépek kalibrálását szintén el lehet végezni a PhotoModeler szoftverrel.

Ez jelenti a kamera belső tájékozási adatainak meghatározását. Egy grid (1. ábra), azaz egy ismert geodéziai koordinátájú pontokból álló tesztmező különböző szögből történő lefényképezése után, a kalibrálás segítségével automatikusan mérhetők a pontok pixelkoordinátái. Ezek alapján sugárnyaláb-kiegyenlítéssel a program kiszámítja a kamera kalibrációs adatait.



1. ábra Kalibrációs grid

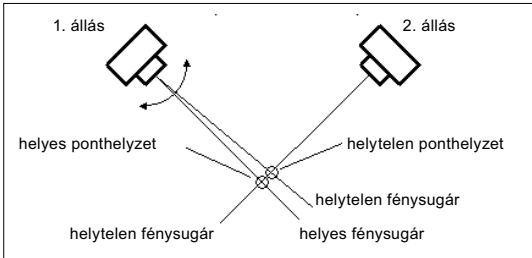
4. A 3D-s modell előállítás

A módszer alapelve a sztereofotogrammetrián alapul, vagyis legalább 2 fénykép kell egy pont térbeli azonosításához.

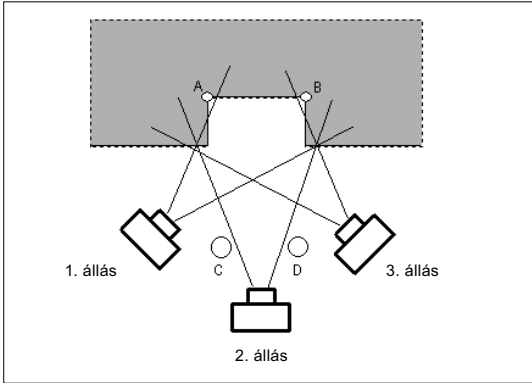
Egy pont előmetszésénél – a klasszikus geodéziában is tanult szabály –, hogy a 2 álláspont és a meghatározandó pont által alkotott háromszög ismeretlen pontjánál levő szög minél jobban közelítse meg a 90 fokot, ekkor legmegbízhatóbb a metszés és legkisebb a hibalehetőség (2. ábra).

A gyakorlatban azonban célszerű, ha legalább 3 fényképen képződnek le a modellen is megjelenítendő pontok. Hiszen, mint ahogy a 3. ábrán is látható, az „A” és a „B” pont is a 2. fényképező-állás nélkül csupán egyik képen látszódná. Ezért szükséges az ilyen takart helyzeteknél egy harmadik, szemből történő fénykép készítése is. Ilyen esetben természetesen nem érhető el az ideális (90°) metszés, de a program már 20°-os törésszög esetén is képes a képek tájékozására.

A kameránk kalibrálása (belső tájékozási elemeinek meghatározása) után a fényképek „összszellesztése”, tájékozása következik, legalább 6, mindkét fényképen látható azonos pont megjelölésével (4. ábra). A sugárnyaláb-kiegyenlítés végeredményeként kapjuk a képek külső tájé-



2. ábra Az ideális metszési szög

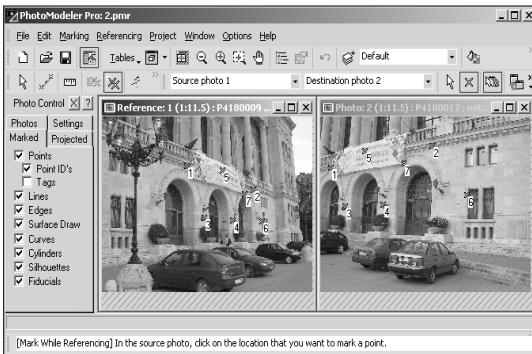


3. ábra Fényképezés három állásból

kozási adatait, valamint a tárgyponatok kiegyenlített, 3 dimenziós koordinátáit. A tárgyponatok közötti topológia kialakításával létrehozható a 3D-s modell.

A modellezés lépéseit egy konkrét példán, a 225 éves Budapesti és Gazdaságtudományi Egyetem Központi épületének homlokzatán végeztem el.

A 4 különbözőfajta fényképezőgép mindegyikével felvételeket készítettem, és elkészítettem a Műgyetem főbejáratának homlokzatáról a 3D-s modell pontfelhőjét a következő szemponatok alapján:



4. ábra Képpárok tájékozása

- nem a teljes épületről, csupán csak a fényképezőgép síkjában levő részről készítettem felvételeket, azaz nem döntöttem a kamerát a zenit felé,
- minden kamerát zoom nélkül használtam, kalibrációját előre elvégeztem,
- a különböző fényképezőgéppel készült, azonos részt ábrázoló felvételek, azonos helyről készültek,
- ugyanazokat, s ugyanannyi épületrész-jellemző pontot használtam mindegyik modell összeállításánál,
- pontossági ellenőrzést végeztem, melynek etalon-vonalai a hagyományos geodéziai felmérésből nyert méretek voltak.

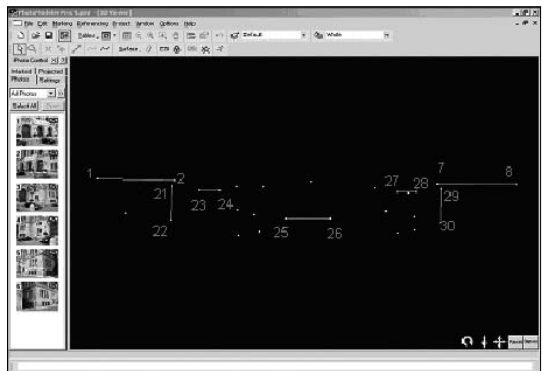
Geodéziai mérések

A geodéziai felmérés során, másodperc leolvadó-képességű teodolit segítségével, összesen 26 pont XYZ koordinátáját határoztam meg, helyi koordináta-rendszerben. Olyan pont-párokat választottam a homlokzaton, melyek mindegyike egy jól látható vonalat alkot, ami jól látható mind a terepen, mind a modellezés során a fényképeken. A kamerák vizsgálatához 14 pontot, azaz 7 vonalat használtam (5. ábra, 3. táblázat).

A kamerák MPixel számát is figyelembe véve az eredmények alapján elkészítettem az 1 méterre vonatkoztatott relatív eltéréseket.

Vizsgáltam, hogy milyen kapcsolat áll fent a két viszonyszám között. Négyzetes avagy lineáris a kapcsolat?

Az adatok diagrammon ábrázolt képén (6. ábra) egyértelműen látszik, hogy a kapcsolat lineáris. Tehát minél jobb felbontású fényképezőgéppel dolgozunk, a felbontás növekedésével

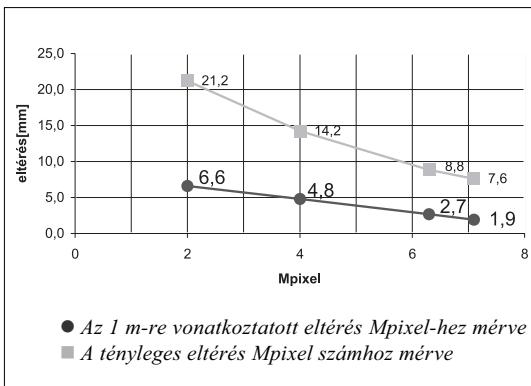


5. ábra Geodéziai ellenőrzővonalak

3. táblázat

Finepix Fujifilm vizsgálata

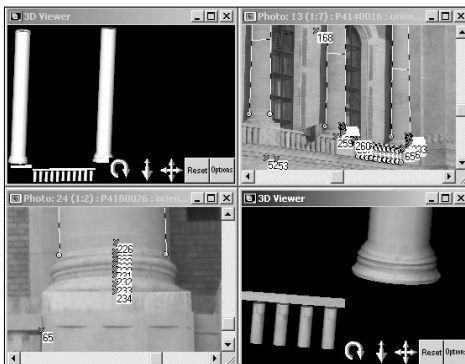
| Vizsgált vonal | Finepix Fujifilm F_30 [mm] | Ellenőrző méret (geodézia) [mm] | Eltérés [mm] | Relatív eltérés 1 m-re [mm] |
|----------------|----------------------------|---------------------------------|--------------|-----------------------------|
| t_{1-2} | 10792,7 | 10801,5 | +8,8 | +0,8 |
| t_{21-22} | 5084,2 | 5085,2 | +1,0 | +0,2 |
| t_{23-24} | 2840,2 | 2843,5 | +3,3 | +1,1 |
| t_{25-26} | 6116,8 | 6116,8 | 0 | 0 |
| t_{27-28} | 2622,6 | 2615,6 | -7,0 | -2,7 |
| t_{29-30} | 5080,4 | 5072,4 | -8,0 | -1,6 |



6. ábra: Vizsgálati diagramm

egyenes arányban pontosabb modellt készíthetünk.

Ennek tudatában, az épület-homlokzat egészének 3 dimenziós modellezéséhez a legjobb, a 7,1 MPixel felbontású kamerát használtam.



7. ábra Strukturák kialakítása

5. Strukturák kialakítása

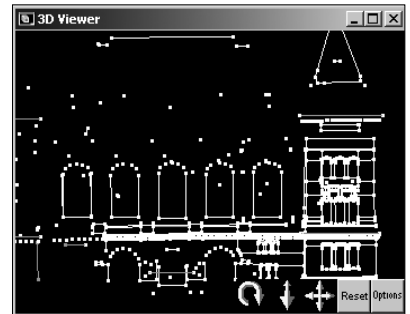
A látványos 3D-s modell kialakításához a pontfelhőt el kell látnunk struktúrávonalakkal (8. ábra), azokból felületeket kell készítenünk (7. ábra, 9. ábra), majd a felületekre a fényképek alapján képek helyezhetők, így érthetjük el azt, hogy valóban vizuális térmodellt kapjunk (10. ábra).

6. A kiértékelés végtermékei

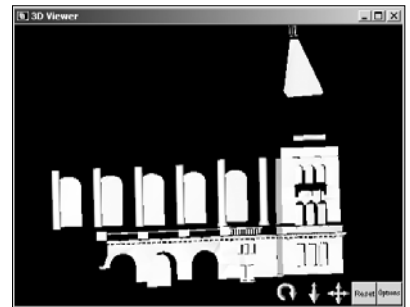
Drótvázás 3D modell

A drótvázás modell alatt a modell pontjait és az azokat összekötő vonalak együttesét értjük.

8. ábra Drótvázás modell

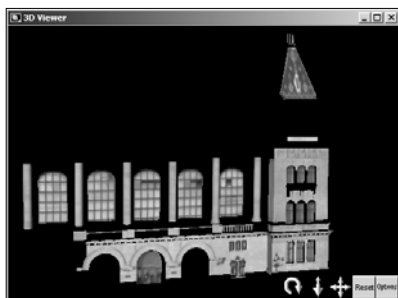


9. ábra Az elkészült modell felülete (White)



3D felületmodell, fotórealisztikus modell

A kapott végeredmény egy igen látványos három-dimenziós, ún. fotórealisztikus felületmodell (10. ábra).

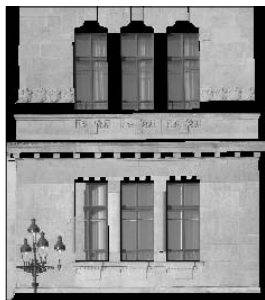


10. ábra
Az elkészült
modell
fénykép-
rálleszt-
téssel

Ortofotó

Lehetőségünk van a végleges állapotot – ortofotó formában – kép-állományba exportálni (*.bmp, *.tif, *.jpg, *.psd) (11. ábra).

11. ábra Ortofotó



7. Alkalmazási lehetőségek

Vizsgáltam a PhotoModeler szoftvert aszerint, hogy mennyire alkalmas a geometriai információkon kívül egyéb attribútum adatokat is kezelni. Ez alapfeltétel egy Építményinformációs Rendszer létrehozásához. A gyakorlatban a rendelkezésre álló információkat többnyire egymástól függetlenül kezelik. Az Építményinformációs Rendszer a helyhez kötődő információk gyűjtésére, kezelésére, elemzésére, megjelenítésére és a szakági, valamint a grafikai adatokkal történő összekapcsolására szolgál. Egy ilyen rendszer létrehozása fontos lehet az építmény fenntartási, üzemeltetési, karbantartási munkáinak ellátásához.

Homlokzat-kataszter esetében ilyen szakági adatként azt várnánk el, hogy a homlokzatrészen szereplő anyagok, felületi struktúrák és azok mennyiségei szerepeljenek.

Az általam bemutatott digitális fotogrammetriai eljárás – mint láttuk – alkalmas a geometriai adatok megfelelő minőségű előállítására, kezelésére, a szakági adatok behelyezésére azonban nem alkalmas. A struktúrávonalak tekintetében nincs lehetőség attribútum adatok csatolására. Így önmagában a PhotoModeler nem alkalmas Építményinformációs Rendszerhez szükséges adatok előállítására.

A szoftver különböző exportálási lehetőséget nyújt, de ezek útján is csak körülményesen elérhető el a cél, egy megfelelő homlokzat-kataszter kialakítása.

Átalakíthatjuk munkánkat a CAD rendszerbeli *.dxf formába, az internetes megjelenítést célzó WRLM típusba, de több más exportálási lehetőséget is kapunk, mely mind azt a célt szolgálja, hogy minél szélesebb körben váljon használhatóvá a kész modell.

IRODALOM

PhotoModeler Pro Version 5.0 Help, EOS System Inc

Karl Kraus: Fotogrammetria, Tertia Kiadó, Budapest, 1998

Dr. Kis Papp László: Építészeti fotogrammetria, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981

Szerdahelyi András: Épülethomlokzat mérések feldolgozása. Diplomamunka, BME-AGT, 2007

Creating photorealistic 3D model of historical monuments by PhotoModeler

Szerdahelyi, A.

Summary

The accurate measurement and documentation of historical monuments is one of primary assignments of architecture and of other institutions dealing with protection of monuments. Working of PhotoModeler we can create centimeter accurate photo-textured and measurable 3D model.



MFTTT

MAGYAR FÖLDMÉRÉSI, TÉRKÉPÉSZETI és TÁVÉRZÉKELÉSI TÁRSASÁG
HUNGARIAN SOCIETY of SURVEYING, MAPPING and REMOTE SENSING
UNGARISCHE GESELLSCHAFT für VERMESSUNGSWESEN,
KARTOGRAPHIE und FERNERKUNDUNG
SOCIÉTÉ HONGROISE de GÉODÉSIE de CARTOGRAPHIE et de TÉLÉDETECTION

BUDAPEST II. FŐ U. 68. H-1371 Pf. 433.

Tel.: 36/1/201 8642

MEGHÍVÓ

A Társaság Alapszabályának megfelelően az MFTTT Intézőbizottsága
tisztelttel meghívja valamennyi Tagtársunkat az

2008. május 30-án, pénteken 11.30 órai

kezdettel a FÖMI Székházban
(1149 Budapest, Bosnyák tér 5. I. emelet)
megrendezendő

K Ö Z G Y Ű L É S R E.

Napirend:

1. A 2007. évi beszámoló és a közhasznúsági jelentés elfogadása
Előadók: *Uzsoki Zoltán* főtitkár
Kenderes Dóra ügyvezető titkár
2. A Felügyelő Bizottság jelentése
Előadó: *Várnay György* FB elnök
3. A **Lázár deák emlékérem** átadása
4. Egyebek

Az Alapszabály 17 §-a alapján a Közgyűlés határozatképes, ha a tagok legalább fele + egy fő jelen van. Amennyiben az előzőek szerint összehívott Közgyűlés határozatképtelen, úgy a 17. § (2) bekezdése alapján az eredeti tárgysorozattal a Közgyűlést

2008. május 30-án, kedden 12.00 órára

az eredeti helyszínre összehívom. A másodszeri időpontra összehívott Közgyűlés – a megjelentek számára tekintet nélkül – határozatképes.

Budapest, 2008. április 8.

Dr. Mihály Szabolcs s. k.
elnök