

Az automatikus fotogrammetriai tájékozás lehetőségeiről

Dr. Barsi Árpád–Kugler Zsófia–dr. Mélykúti Gábor–Mészöly Tamás
BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék



Bevezetés

A Nemzetközi Fotogrammetriai és Távérzékelési Társaság (ISPRS) 2004. évi isztambuli kongresszusán a közgyűlés határozatban rögzítette, hogy „...lehetőség van új légiháromszögelési eljárásokhoz filmmentes érzékelésre és teljesen automatikus tájékozásra”. A fenti felismeréshez kapcsolódóan továbbá ajánlást tesznek „teljesen automatizált tájékozási technológiák kifejlesztésére” [1]. Ennek az ajánlásnak a teljesítésére már jó ideje törekednek a szoftverfejlesztők. Az elmúlt időszakban lehetőségünk nyílt arra, hogy a BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszéken üzemelő Z/I Imaging ImageStation 2001 digitális fotogrammetriai munkaállomáson kipróbáljunk egy automatikus légiháromszögelő rendszert, így a gyakorlatban vizsgáljuk meg egy teljesen zárt digitális és lehetőleg automatikus feldolgozási folyamat lehetőségét.

A digitális fotogrammetriai munkaállomás

Vizsgálatainkhoz a Tanszéken 2002 óta üzemelő, bevezetésben említett digitális fotogrammetriai munkaállomást használtuk, amely a Zeiss és az Intergraph cégek közös vállalatának, a Z/I Imaging-nek terméke. A munkaállomás a korábbi ImageStation konstrukciók [3] korszerűsített, Windows 2000 operációs rendszert használó változata.

A munkaállomás 2 db Intel Pentium III 933 MHz-es processzort, 512 MB RAM-ot és 185 MB merevlemez tartalmaz. A grafikus megjelenítésről egy Wildcat 4210 videokártya gondoskodik,

amely saját processzorral és 128 MB memóriával rendelkezik. A térmodellek és a mérőjel térbeli megjelenítésére a Crystal Eyes folyadékkristályos rendszere szolgál. A mérőjel 3D-s mozgatását az ún. HHC (Hand-Held Cursor) segítségével valósították meg, amit a szakmai szlengben az egér után a nagyobb mérete miatt mindenki „patkánynak” nevez. A HHC egy A1-es méretű digitalizáló táblán mozog; egyben a digitalizáló szátkeresztet is tartalmazza. A munkaállomás monitora egy 24”-os, 120 Hz-es Sony Trinitron monitor, 16:9-es képernyőarányval. Hálózati kártyával, DVD- és 3,5” floppy-olvasóval rendelkezik a műszeregyüttes.

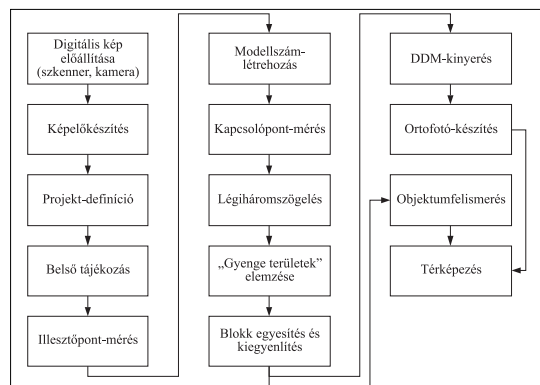
A munkaállomás fotogrammetriai szoftvereinek elnevezése szintén ImageStation névvel kezdődik, majd következnek a feladatspecifikus nevek, pl. Photogrammetric Manager, Digital



1. ábra A Z/I Imaging ImageStation 2001 digitális fotogrammetriai munkaállomás

Mensuration, Stereo Display. Két automatikus modul is része a szoftvercsaládnak: az Automatic Triangulation (ISAE) és az Automatic Elevation (ISAT). Előbbi a légiháromszögelés, utóbbi a domborzatmodell előállítását végzi (majdnem) automatikusan.

Az automatikus fotogrammetriai munka az alábbi folyamatábrán keresztül szemléltethető (2. ábra).



2. ábra Az automatikus fotogrammetriai technológia lehetséges lépései

A kísérlet felvételei, illesztőpontjai és további bemenő adatai; projekt-definíció és képelőkészítés

Kísérletünkben valós, nem szimulált repülés felvételeit dolgoztuk fel. A légifényképezés repülését nagyméretarányú felméréshez végezték, átlagosan 980 méteres magasságból 60%-os soron belüli, 20%-os sorok közötti átfedéssel, mintegy 1:3200 képméretarányal, színes filmre. A vizsgálatba bevont területet 62 db felvétel, 5 sorban fedi le. A légifényképező kamera típusa Zeiss RMK TOP 30-as, kameraállandója 305,542 mm. A 230 × 230 mm méretű légifelvételek 1210 dpi-s (21 µm-es) szkennelésével készültek el a digitális felvételek. A belső tájékozási adatokat, a kameraállandót, a főpont képkordinátáit, a 8 keretjel képkordinátáit, valamint a radiális elrajzolás paramétereit a kamera kalibráció jegyzőkönyve alapján adtuk meg. Ezen adatokat, valamint a számítás vezérlőparamétereit és a munkakönyvtárat a projekt definiálásakor vittük be a feldolgozó szoftverbe.

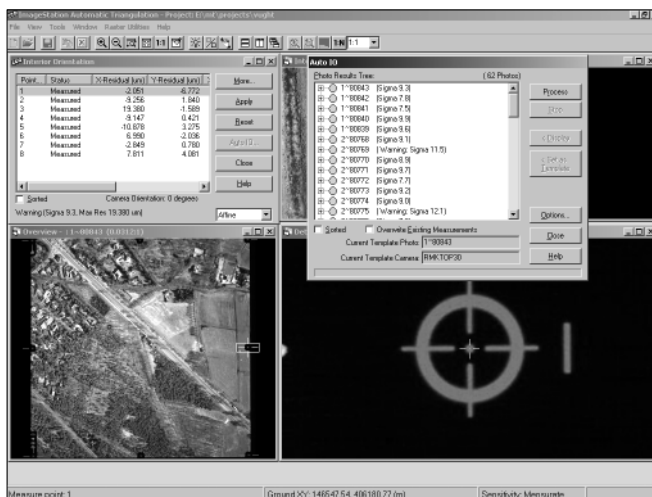
A kísérletben összesen 62 digitális felvétel feldolgozását végeztük el. A nyers digitális képekhez (képenként mintegy 11000 × 11000 pixel) elsőként Gauss-függvénnyel végzett átlagolós módszerrel készítettük el a szükséges képpiramisrétegeket; képenként összesen 9 darabot. A teljes képpiramis az eredeti TIFF-képhez (360 MB) képest mintegy harmadával több memóriát igényelt. Az összes kép képpiramisának levezetése 2 óra 20 percig tartott. A képek 5 sorban készültek, helyzetüket az abszolút tájékozást követően térképszerűen is megszemlélhetjük (lásd 4. ábra). A vizsgálat során egy kisebb, 2 × 5 képből álló mintát vettünk ki a képállományból, hogy a paraméter-beállításokat és egyéb lehetőségek kipróbálását gyorsabban végre tudjuk hajtani.

A felvételek fotogrammetriai értelemben helyenként „nehéz”-nek minősíthetők, mivel sűrű erdőfelületeket vagy részlet nélküli mezőket tartalmaznak, kevés jól elkülönülő textúrával. Emiatt a képállomány tesztelési célra ideálisnak tűnt.

GPS és INS méréseket tesztünk során nem használtunk. A munkához 56 teljes (háromdimenziós) illesztőpontot bocsátottak rendelkezésünkre, amelyeknek helyzete szintén látható a 4. ábrán.

Az automatikus belső tájékozás végrehajtása

A belső tájékozáskor a digitális képeken megjelenő keretjelek pixelkoordinátáit kell megmérni, leolvasni, majd a pixel- és képkordináta rendszerek közötti transzformáció ismeretlen paramétereit – kiegyenlítéssel – meghatározni. Az automatikus méréskor az első kép keretjeleit ma-



3. ábra A belső tájékozás-mérés felhasználói felülete

nuálisan mértük meg, majd ezen méréseket, mint „sablonokat”, használva a többi kép kijelölésével végeztük el a mérést és számítást. Tapasztalatunk szerint a következetesen szkennelt (a szkennerbe azonos módon behelyezett) képeknél gond nélkül működött a módszer, az ettől eltérő helyzetekben újbóli kézi sablonméréssel kellett kiegészíteni a meghatározást. A transzformáció számításakor affin modellt használtunk, amelynek átlagos középhibája 9,27 μm volt. A teljes képanyag belső tájékozása – a megismételt manuális méréssel együtt is – csak kb. 5 percet igényelt.

Amennyiben az automatikus mérés a képek sarkaiban és széleinek oldalfelezőiben magától megkeresné az elhelyezett jeleket, a munka teljesen a számítógépre bízható lenne. A keretjelek alakjából a kameratípus is ellenőrizhető lehet.

Illesztőpont-mérés és a modellek automatikus előállítás

Sajátos módon először az illesztőpontok mérését, mégpedig manuális mérését kellett végrehajtani. Ebben a fázisban az első képpáron végzett mérést követően segít a szoftver: az első két pont mérését követően automatikusan a megfelelő helyre viszi a mérőjelet. Mivel valóban nem tudhatja a program, hogy hol helyeztek el a terepi munka során jelölt pontokat, illetve hol végeztek természetes pontokra koordináta-meghatározást, az operátornak kell ezen pontokat megmutatni, illetve pontosítani. Véleményünk szerint azonban az automatizálás még javítható: egy illesztőpont egyetlen képen végzett megjelölése után az algoritmus dolga megkeresni a többi képen előforduló megfelelőjét. Ehhez szükséges még a képek egymáshoz viszonyított helyzetének automatikus felismerése.

A modellek előállításakor először manuálisan elő kellett állítani a modellazonosítókat. Ezeket a szoftver a bal és jobb képek azonosítóiból kombinálta össze. Sajnos a teljesen automatikus modell-létrehozás még nem elérhető opció. A teljes területen 57 modellt hoztunk létre.

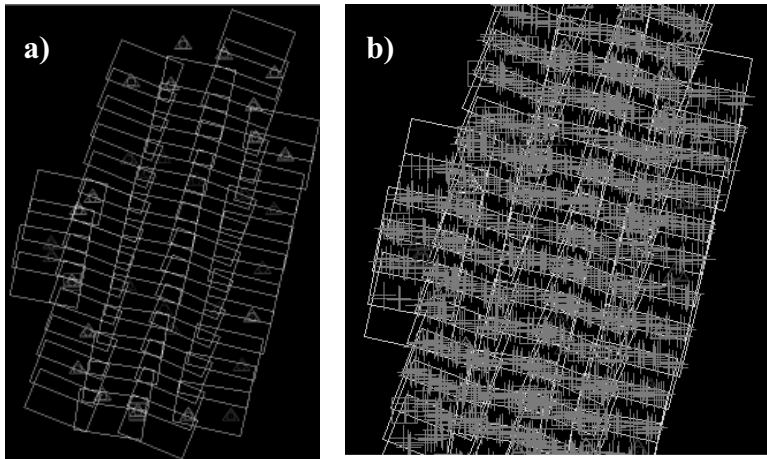
Az automatizált mérés legszebben kidolgozott része a relatív tájékozás végrehajtása. A szoftver a digitális képeken Förstner érdeklődési operátorral olyan pontok sokaságát generálja, amelyek jellegzetes helyeken, pl. sarkokon, töréseken, intenzitásugrásokon fordulnak elő. Ezen pontoknak aztán a következő lépésben megkeresi a párjaikat a modell másik képén is. Amennyiben van ilyen megtalált pont, az eredetileg létrehozott pont

kapcsolópontként kerül a listába. Ha nem sikerült a párját megtalálni, a szoftver továbbmegy, és egyetlen környező pont azonosíthatatlansága esetén ezt jelzi az operátornak. Elegendő számú kapcsolópont esetén sikeresen számíthatjuk a tájékozási paramétereket, ellenkező esetben manuális mérésekre van szükség. A kézzel végzett mérésben is elegendő a közelítő ponthely rámutatása, a finom pozicionálást elvégzi az algoritmus.

A pontpárok megtalálásának algoritmusát (az ún. point matching-et) számos paraméter beállításával lehet vezérelni. Tapasztalataink szerint az egyszerű korrelációs együtthatós pontillesztésnek (matching) a jó beállítása a legfontosabb. Sok múlik a területről készült felvétel képi minőségétől, különösen a – tapasztalatunk szerint legfontosabb – vörös sávától.

A közös modellterületen a beállításaink szerint 5–5 mezőben végezte a program a kapcsolópontok generálását, mezőnként 9–9 pontot hozott létre. A műveletet iterációban hajtottuk végre, folyamatosan ellenőrizve a pontok mérését. A rosszul azonosított pontokat töröltük. Az így összesen 1642 pontból 1586 meghagyott kapcsolópontra képenként átlagosan 63 mérést, összesen 3898 pontmérést hajtottunk végre. 872 kapcsolópont két képen, 703 pedig három képen fordult elő. Az 57 modell esetében a teljes mérési idő mintegy 3 óra volt, ami modellenként kb. 3 percnél felel meg. A munka folyamán viszonylag hosszabb időt töltöttünk azzal, hogy a modellben (azaz két képen) megtalált pontokat további képeken is automatikusan meg lehessen keresni. A mérés során várakozásunknak megfelelően az erdős területeken tapasztaltunk „kapcsolópontihiányt”, vagyis azonosítottunk gyenge területet. Ezen helyeken további kézi méréssel segítettük ki a programot.

A kapcsolópont meghatározás befejeztével a tájékozási paramétereket számítottuk előzetesen soronként, majd egyben. A 2447 főlös mérést tartalmazó sugárnyaláb-kiegyenlítés az összes mérés figyelembevételével 4 iterációban kiszámításra került közel 1 óra alatt, ami képenkénti kb. 58 másodpercnél felel meg. A tényleges CPU idő ellenben 4,72 sec volt. A képpozíciók középhibája a kiegyenlítés után 3,3 μm -re, illetve 2,8 μm -re adódott, az illesztőpontokon mutatkozó ellentmondások középhibája az XY koordináták esetén 31 mm, a Z koordinátában pedig 37 mm volt. A végleges számítással megkaptuk a vetítési centrumok terepi (térbeli) helyzetét, a kamera-tengelyek dőlésszögeit és a kapcsolópontok terepi

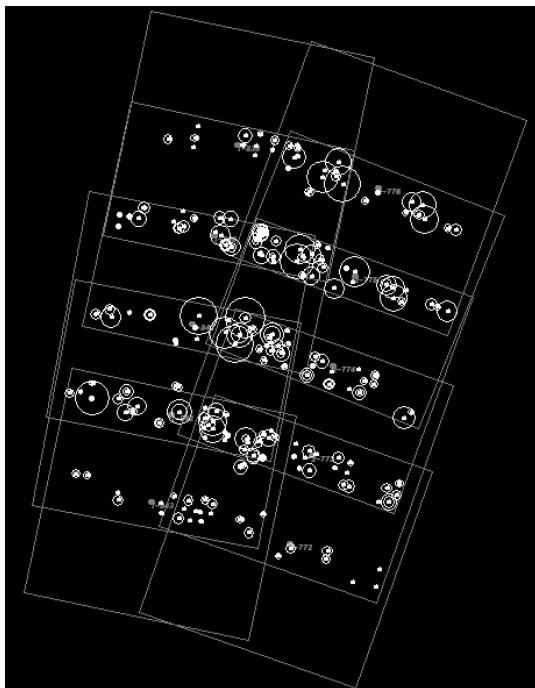


4. ábra

- a) A kísérletben szereplő felvételek és illesztőpontok elhelyezkedése
 b) Az automatikus meghatározással létrehozott kapcsolópontok elhelyezkedése

koordinátáit, ezzel bemutathatóvá váltak a képek és a rajtuk látható kapcsolópontok egymáshoz viszonyított helyzete is (4. ábra).

Az eredmények elemzésekor érdemes egy pillantást vetni a pontokon jelentkező harántparallaxisokra (5. ábra).



5. ábra A pontok harántparallaxisai arányos sugarú körökkel ábrázolva

Összefoglalás

Cikkünkben megkíséreltük bemutatni a digitális fotogrammetria egyik leghatékonyabb eszközét, az automatikus légiháromszögelést. Konkrét kísérletekkel megvizsgáltuk, hogy az egyik legjobb mai fotogrammetriai munkaállomáson futó környezetben milyen támogatást kapunk ebben a nagyjelentőségű, ugyanakkor monoton munkaszakaszban. A 62 digitális képből álló tömbbel végrehajtott számítás számos jelenlegi nehézségre hívta fel a figyelmet,

ugyanakkor reménykeltő, hogy a közeljövőben egyre kevesebb emberi beavatkozással lesz lehetséges a felvételek külső tájékozási elemeinek meghatározása. Kísérletünket folytatni tervezzük az automatikus domborzatmodell-előállítás és objektum-felismerés területein.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a Carto-Hansa Kft.-nek a kísérletek alapjául szolgáló felvételek átadásáért, továbbá a Graphit Kft.-nek az Intergraph digitális fotogrammetriai szoftvereinek kipróbálásáért.

IRODALOM

1. ISPRS közgyűlési határozatok (2004), www.isprs.org, Isztambul
2. Mészöly Tamás (2004): Automatikus légiháromszögelés vizsgálata, TDK dolgozat, Budapest, p. 152
3. Barsi Árpád–Mélykúti Gábor (1999): Épület-homlokzat kiértékelés digitális fotogrammetriai környezetben, Geodézia és Kartográfia, Budapest, Vol. LI, No. 5, pp. 8–14
4. Z/I Imaging Corporation (2004): Image Station Automatic Triangulation (ISAT) User's Guide, Madison
5. Z/I Imaging Corporation (2004): Image Station Digital Mensuration (ISDM) User's Guide, Madison

**About the chance automatic
photogrammetric orientation procedure**

*Barsi, Á. – Kugler, Zs. –
Mélykúti, G. – Mészöly, T.*

Summary

This paper gives an overview on automatic photogrammetric orientation procedures. An investigation was carried out using 62 digital aerial images to test the Z/I Imaging ImageStation automatic aero triangulation software module. Results proved that the current techniques are suitable to effectively support this highly important technological phase of the image processing chain; however certain lacks and problems were also discovered and highlighted in the paper. Acceptable accuracy could be obtained in almost fully automatic procedures with minimal manual interaction.

**Über die Anwendungsmöglichkeit
der völlig automatisches
photogrammetrische Orientierungsablauf?**

Barsi, Á. – Kugler, Zs. – Mélykúti, G. – Mészöly, T.

Zusammenfassung

Dieser Artikel gibt einen Überblick über den automatischen photogrammetrischen Orientierungsablauf. Die Untersuchung wurde mit 62 digitalen Luftbildern durchgeführt, um das automatische Aerotriangulation-Softwaremodul der Z/I Imaging ImageStation zu testen. Ergebnisse belegen, dass einerseits die aktuelle Technik das wichtige technologische Arbeitsverfahren effektiv unterstützt, andererseits jedoch Mängel verbleiben. Akzeptierbare Genauigkeiten des automatischen Ablaufes konnten durch minimale manuelle Eingriffe erreicht werden.

GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA

hirdetési díjai:

SZÍNES OLDALAK

hátsó külső oldal	110.000,-Ft
címlap belső oldal	90.000,-Ft
hátsó belső oldal	70.000,-Ft

FEKETE-FEHÉR/BELSŐ

1 oldal	35.000,-Ft
1/2 oldal	23.000,-Ft
1/4 oldal	11.000,-Ft
1/8 oldal	8.000,-Ft

Egyedi megbeszélés alapján lehetőség van szórólap elhelyezésére is.

Áraink az ÁFÁ-t tartalmazzák.

Az árak nyomdakész hirdetésre vonatkoznak, többszöri megrendelés esetén kedvezmény!

Jogi tagjaink részére 10 % engedményt adunk!

A kézirat leadási határideje minden hónap harmadika.

Megrendelés és hirdetésfelvétel:

MAGYAR FÖLDMÉRÉSI, TÉRKÉPÉSZETI ÉS TÁVÉRZÉKELÉSI TÁRSASÁG

1027 Budapest, II. Fő u. 68. V. emelet 510. Telefon: 201-86-42 Fax: 201-25-26