

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

Ortofotó előállítása digitális fotogrammetriai munkaállomáson

SZAKDOLGOZAT

Konzulens:

Dr. Jancsó Tamás
egyetemi docens

Készítette:

Rácz Ildikó
Nappali tagozat
Földmérő, földrendező
földrendező szakirány

Székesfehérvár
2013



FOTOGRAMMETRIA ÉS TÁVÉRZÉKELÉS TANSZÉK

Földmérő, földrendező BSc Szak, földrendező szakirány
Nappali tagozat
Szakdolgozat száma: 235 /2013

RÁCZ IDIKÓ
szakdolgozati feladata

A szakdolgozat tárgya: Ortofotó előállítás digitális fotogrammetriai munkaállomáson

A feladat leírása:

1. Szakirodalom alapján ismertesse a digitális ortofotó előállítási lehetőségeit sztereofelvételek alapján.
2. Gyűjtse össze a kijelölt városról rendelkezésre álló légifelvételeket egy kijelölt területre.
3. Adja meg a kijelölt sztereofelvételekhez tartozó háttér-információkat. Készítse el a sztereofelvételek és a tanszéken rendelkezésre álló digitális fotogrammetriai munkaállomások alapján a kiértékelés technológiai folyamatát.
4. Gyűjtse össze a meglévő illesztőpontok koordináta listáját és leírását. Ha szükséges, végezze el további illesztőpontok geodéziai meghatározását a külső tájékozáshoz.
5. Hajtsa végre a kiválasztott képpárok teljes tájékoztását digitális fotogrammetriai munkaállomáson.
6. A tájékoztott sztereofelvételek alapján állítsa elő automatikusan a digitális domborzatmodelleket digitális fotogrammetriai munkaállomáson. Manuális méréssel korrigálja a létrejött modelleket.
7. Állítsa elő digitális fotogrammetriai munkaállomáson az ortofotót a kijelölt sztereofelvételek alapján.
8. Az elvégzett munkát műszaki leírásban foglalja össze.

Beadandó munkarészek:

- Sztereo képpárok (elektronikusan és nyomtatva)
- Geodéziai mérések számítási jegyzőkönyve (elektronikusan és nyomtatva)
- Mérési és tájékoztató jegyzőkönyvek (elektronikusan és nyomtatva)
- Digitális domborzatmodellek (elektronikusan és nyomtatva)
- Ortofotó (elektronikusan és nyomtatva)
- Műszaki leírás (nyomtatva)

Beadási határidő: 2013. november 29.

Tanszéki konzulens: Dr. Jancsó Tamás egyetemi docens

Székesfehérvár, 2013. február 12.

Dr. Engler Péter
tanszékvezető



Dr. Mélykúti Gábor
dékán

NYILATKOZAT

Alulírott **Rácz Ildikó** (neptun kód: XXXXXXXXXX) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy az Ortofotó előállítás digitális fotogrammetriai munkaállomáson 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 ellen nem 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, 2013. november 29.


.....

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, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	3
2	A digitális ortofotó.....	4
2.1	A digitális ortofotó előállítása	6
3	Az ortofotó elkészítéséhez felhasznált sztereofelvételek	9
4	A légiháromszögelés végrehajtása	12
5	A feladat végrehajtása digitális fotogrammetriai munkaállomáson.....	18
5.1	A képpárok teljes tájékozása	20
5.2	Digitális domborzatmodellek előállítása.....	22
5.3	Az ortofotók és az ortofotó mozaik elkészítése.....	25
6	Az ortofotó pontossági vizsgálata.....	33
7	Összefoglalás.....	36
8	Mellékletek jegyzéke	38
9	Irodalomjegyzék	39

1 Bevezetés

A szakdolgozatom témája egy digitális ortofotó készítése. A feladat végrehajtása során ismertetem a digitális ortofotó elkészítésének folyamatát elméleti szinten, valamint a munkaállomáson végrehajtott munkafolyamat segítségével. Az ortofotókat Székesfehérvár belvárosáról készítettem el.

Témaválasztásom célja az eddig elsajátított fotogrammetriai ismeretek alkalmazása, a gyakorlati tapasztalatok szerzése, valamint a folyamat teljes dokumentációja.

Bemutatom a légifelvételekkel kapcsolatos adatokat és információkat, valamint a kiértékelés folyamatát. Szemléltetem a légiháromszögelési feladat végrehajtását a Bingo szoftverrel. Ismertetem a Leica Photogrammetric Suite használatát, elvégzem a képpárok teljes tájékozását, majd a domborzatmodell illesztését. Az elkészült ortofotókat mozaikolással összeillesztem, majd az elkészült ortofotó mozaik pontosságát ellenőrzöm.

2 A digitális ortofotó

Az ortofotó egy magassági és perspektív torzulásoktól mentes, fotótranszformátum. Elsősorban a légi fotogrammetriában alkalmazzák.

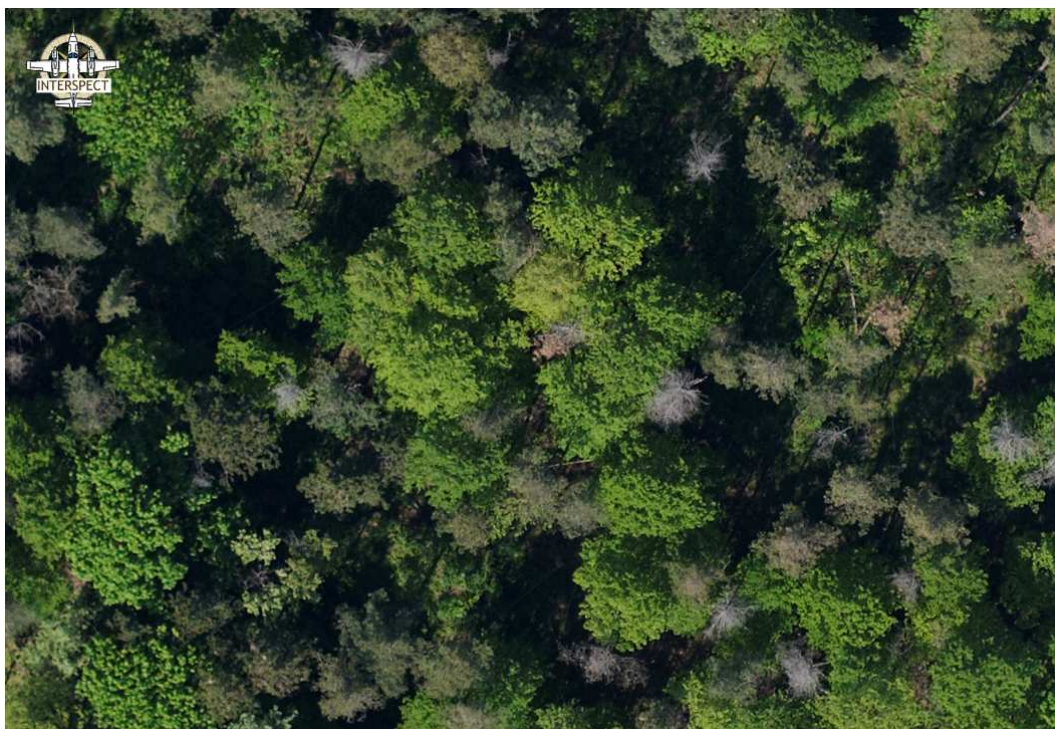
Az ortofotó a pillanatnyi állapotot rögzíti és képi ábrázolása objektív. Az adatokat gyorsan és nagy területről szolgáltatja. A szolgáltatható adatok mennyisége nagy, mind minőségi, mind mennyiségi adatokat tekintve. Az ortofotó képminősége javítható, kontraszt műveletekkel módosítható, valamint a képrészek mozaikolhatók. A mérések és az elemzések számítógéppel elvégezhetők, az előállított vektoros információk tárolhatók rajta. Végrehajthatók vele térbeli elemzések, koordináták rendelkeznek az ortofotó minőségi információihoz. A felhasználó a képet az éppen szükséges méretarányban szemlélheti, valamint a térinformatikai rendszerekben a digitális ortofotó felhasználható önálló réteggént. Digitális képfeldolgozó szoftverekkel elvégezhető a képek tartalmi feldolgozása, multispektrális osztályozása, képszegmentálása.

A terepet, a tereptárgyakat torzulásmentesen ábrázolja, részletgazdagságából adódóan új adatok és információk nyerhetők bármikor. Számos szakterület felhasználja a digitális ortofotót, mint pl. a topográfiai térképezés, a kataszteri térképezés, a környezet állapotának felmérése, szennyeződések felderítése, a növényzetállapot és a talajminőség felmérése, általános rendezési tervek készítése, birtokrendezés, területrendezés, földhasználat megállapítása. Más szakterületek adataival egy komplex információs rendszer alapját képezheti, valamint felhasználható az építészetben, mind a rekonstrukciók előkészítésénél, mind az épülethomlokzatok dokumentációjánál.

Az ortofotó analóg és digitális formában is síkrajzi adatnyerésre alkalmas termék. Ezeket a termékeket, kiegészítve a megfelelő térképi tartalommal ortofotótérképet kapunk. A megfelelő térképi tartalom alatt azt értjük, hogy az ortofotóra szelvénykeretet, örkereszthálót, névjazot és különféle megírásokat helyezünk el, így hasznos termékekhez jutunk. [Balázsik, 2011.]

A topográfiai térképekről pl. a környezettudományokban nem nyerhető megfelelő minőségű információ. Ezzel szemben a légifelvételek, főként az ortofotók több információszerzési lehetőséget biztosítanak a környezettudományi szakterületek számára. A környezettudományi szakterületek számára az ortofotókból számos olyan terméket állítanak elő, amely lehetővé teszi a megfelelő információk felhasználását. Ilyen termék pl. az ortofotótérkép, a képoszályozás eredményeiből készített tematikus térkép, vagy valamilyen speciális célra előállított olyan térképek, amelyeken a légi felvételek mellett vektorgrafikus adatok is szerepelnek.

Az ortofotókból levezetett tematikus térképeket az erdészetben alkalmazzák, pl. fafajok vagy felszínborítottság vizsgálatára. A természetvédelem mezőgazdaság, geológia és még sok más szakterület használja fel az ortofotókból osztályozással levezetett tematikus térképeket pl. talaj-, és vízminőség elemzésére, az erózió által veszélyeztetett területek vizsgálatára, vagy vízmozgások, vízrajzi hálózatok nyomon követésére. [Jancsó, 2004.]



2.-1. ábra: Élőhely térképezés

(forrás: <http://www.interspect.hu/index.php/elhely-terkepezes-koornyezetvedelmi-informatikai-rendszerek.html>)

A 2.1.-1 ábra szemlélteti, hogy az EOVS rendszerbe transzformált légifelvételek és előállított ortofotók elősegítik a vegetáció térképezését és a különböző növényfajok meghatározását.

Forrás: <http://www.interspect.hu/index.php/elhely-terkepezes-koornyezetvedelmi-informatikai-rendszerek.html>

A természetvédelem mezőgazdaság, geológia és még sok más szakterület használja fel az ortofotókból osztályozással levezetett tematikus térképeket pl. talaj-, és vízminőség elemzésére, az erózió által veszélyeztetett területek vizsgálatára, vagy vízmozgások, vízrajzi hálózatok nyomon követésére. [Jancsó, 2004.]

2.1 A digitális ortofotó előállítása

Az ortofotó előállításához szükséges a rendelkezésre álló sztereoképpár tájékozása. Ez azt jelenti, hogy térmodellt állítunk elő a képpár közös területéről. A tájékozási folyamatban határozzuk meg azokat a transzformációs paramétereket, amelyekkel a koordinátarendszerek közötti átszámításokat végezzük.

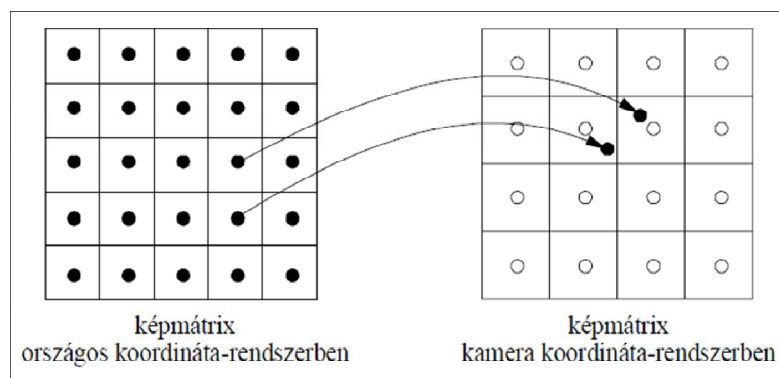
A belső tájékozás első lépése a felvevő kamera belső adatainak megadása, mint az objektív fókusztávolsága, a kép mérete pixelben, a képfőpont koordinátái és az objektív elrajzolása. Második lépésben a keretjelek mérése következik. A belső tájékozás során alkalmazott matematikai modell az affin transzformáció. A transzformációs paraméterek meghatározásához legalább három közös pont szükséges, de főleg mérésekre kell törekedni, így négy közös pontot kell mérni a kép- és a pixel-koordinátarendszer között. Digitális fotogrammetriai munkaállomáson végezhetjük manuális vagy automatikus méréssel a keretjelek irányítását. A belső tájékozási folyamat harmadik lépésében ki kell számítani az affin transzformáció paramétereit, majd a transzformációból származó középhibákat kell elemezni.

A külső tájékozás elvégezhető két lépésben, először a relatív tájékozás, majd az abszolút tájékozás végrehajtásával. De végrehajtható egy lépésben is, sugárnyaláb kiegyenlítéssel. A relatív tájékozással egy tetszőlegesen választott koordinátarendszerben számítjuk ki a képpár kölcsönös helyzetét meghatározó paramétereket. Első lépésben olyan homológ pontpárokat kell mérni, melyek vetítési sugarai metszik egymást, vagyis teljesítik a komplanaritási feltételt. A feltétel teljesültével számíthatók a transzformációhoz szükséges paraméterek. Utolsó lépésben a transzformációból kapott középpontokat vizsgáljuk.

Az abszolút tájékozás a relatív tájékozásra épül. Ez az eljárás a modell-koordinátarendszer és a tárgy koordinátarendszer közötti transzformáció paramétereit határozza meg. Az alkalmazott matematikai modell ebben az esetben egy hét paraméteres térbeli hasonlósági transzformáció, amelyben az állandó értékek meghatározásához illesztőpontokra van szükség. [Jancsó, 2011.]

A tájékozások befejezése után digitális domborzat modellt szükséges készíteni, amely fotogrammetriai munkaállomással automatikusan előállítható. Az automatikus módszerrel előállított domborzatmodellt elemzésekor mindig szükséges korrigálni manuálisan végzett mérésekkel. Az elkészült domborzat modellt hozzá kell illeszteni a tájékozott képpárhoz, hogy meghatározzuk a lefényképezett területet magassági értelemben és így elkészíthető legyen az ortofotó.

A digitális ortofotó előállításakor az országos koordinátarendszerben meghatározott képmátrixot transzformáljuk át a kamera koordinátarendszerébe.



2-2. ábra: A képmátrix transzformálása az országos koordináta-rendszerből a kamera koordináta-rendszerbe [Kraus, 1998.]

A transzformáció feltétele a képmátrix síkjában lévő raszterpontok magassági adatainak, Z koordinátáinak ismerete. Az így kapott kép pixeleihez hozzárendeljük az eredeti kép pixeleinek szűrkeségi fokait. Ezt elvégezhetjük legközelebbi szomszéd módszerrel, bilineáris transzformációval vagy köbös konvolúció alkalmazásával. Ezek közül legnépszerűbb a legközelebbi szomszéd interpoláció, amely során a transzformált pixelelemhez azt a szűrkeségi fokot rendeli, amelyik pixel az eredeti képen a legközelebb esik hozzá. A módszer kevés számítást igényel ugyanakkor a képelemek fél pixellel eltolódhatnak.

A bilineáris interpoláció alkalmazásakor négy szomszédos pixel felhasználásával határozzuk meg a transzformált pixelhez tartozó szűrkeségi fokot. Ez a módszer több számítást von maga után, a kontraszt csökken, de nem torzulnak a képelemek, mint a legközelebbi szomszéd interpolációnál. A harmadik módszer a harmadfokú polinomok alkalmazása, amikor a transzformált pixelhez tartozó szűrkeségi fokot 16 szomszédos pixel felhasználásával határozzuk meg. [Balázsik, 2011.]

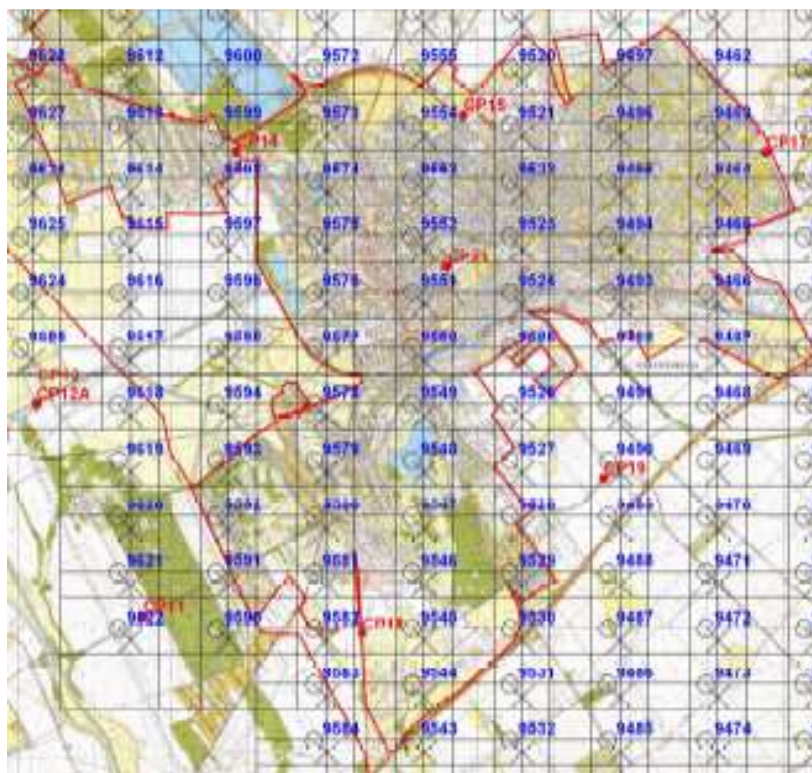
Az elkészült ortofotókat elvben EOTR szelvény alapján készítjük el, de a légifényképeket egy vágóvonal mentén össze kell vágni, mert valójában nem illeszkednek az EOTR 1:10000-es szelvényhálózatára. A vonal mentén összeillesztett képek kontrasztossága eltérő, ezért színiegyenlítést kell végezni, de ezt a program automatikusan elvégzi a kivágott képek határán. Ezt a folyamatot nevezzük mozaikolásnak. A mozaikolást egy vágóvonal mentén végezzük el, amelynél fontos figyelembe venni a vonal vezetésének szabályait. A vágóvonalat vonalas létesítménymentén célszerű vezetni, hogy ne látszódjon az illesztés, illetve keresztező vonalas létesítmény esetén azt merőlegesen metszük át, valamint a szántóföldeken keresztüli vonalvezetést fontos elkerülni.

3 Az ortofotó elkészítéséhez felhasznált sztereofelvételek

A felhasználandó légifényképek Székesfehérvár város területéről készültek. A felvételeket a Telecopter Kft. készítette el Wild RC 30 típusú mérőkamerával.

A felvételek elkészítését 2011.08.15-én délelőtt 9:48-11:17 között végezték el. A légifényképek 1:8000-es méretarányúak, amelyet a relatív repülési magasság (1224m) és a kameraállandó ($C_k = 153.00$ mm) hányadosaként határozhatjuk meg. Összesen 14 sorban, észak-dél repülési irányban, 248 darab kép készült, ebből a belterületet lefedő képek száma 28. A képek között 60%, a sorok között pedig 30% az átfedés. Földi meghatározási módszerrel 25 illesztőpont mérésére került sor, melyeket a repülés előtt megjelöltek. A Székesfehérvár belterületét lefedő képek száma 28. [Jancsó, 2012.a]

Az általam felhasznált képek sorszámai 9523-9524, 9551-9552 és 9575-9576, ezeken a képeken látható a Vasútállomás, a történelmi Belváros és a Viziváros rész. [1. sz. melléklet]



3-1. ábra: A Székesfehérvár belterületét lefedő képek elhelyezkedése

A kamera kalibrációs jegyzőkönyvében megtalálhatóak a mérőkamera és a képanyag elkészítéséhez szükséges film adatai.

A kamera kalibrációs jegyzőkönyvből származó fontos információ a kameraállandó és az objektív radiális elrajzolásának mértéke a félátlók irányában.

Apertur (rés, nyílás)	4.0
Filter on goniometer (érezelt fénytartomány)	VIS (400-700nm)
Calibrated Focal Length (kameraállandó)	153.00 mm

3-2. táblázat: Kalibrált fókusz távolság a kalibrációs jegyzőkönyv alapján

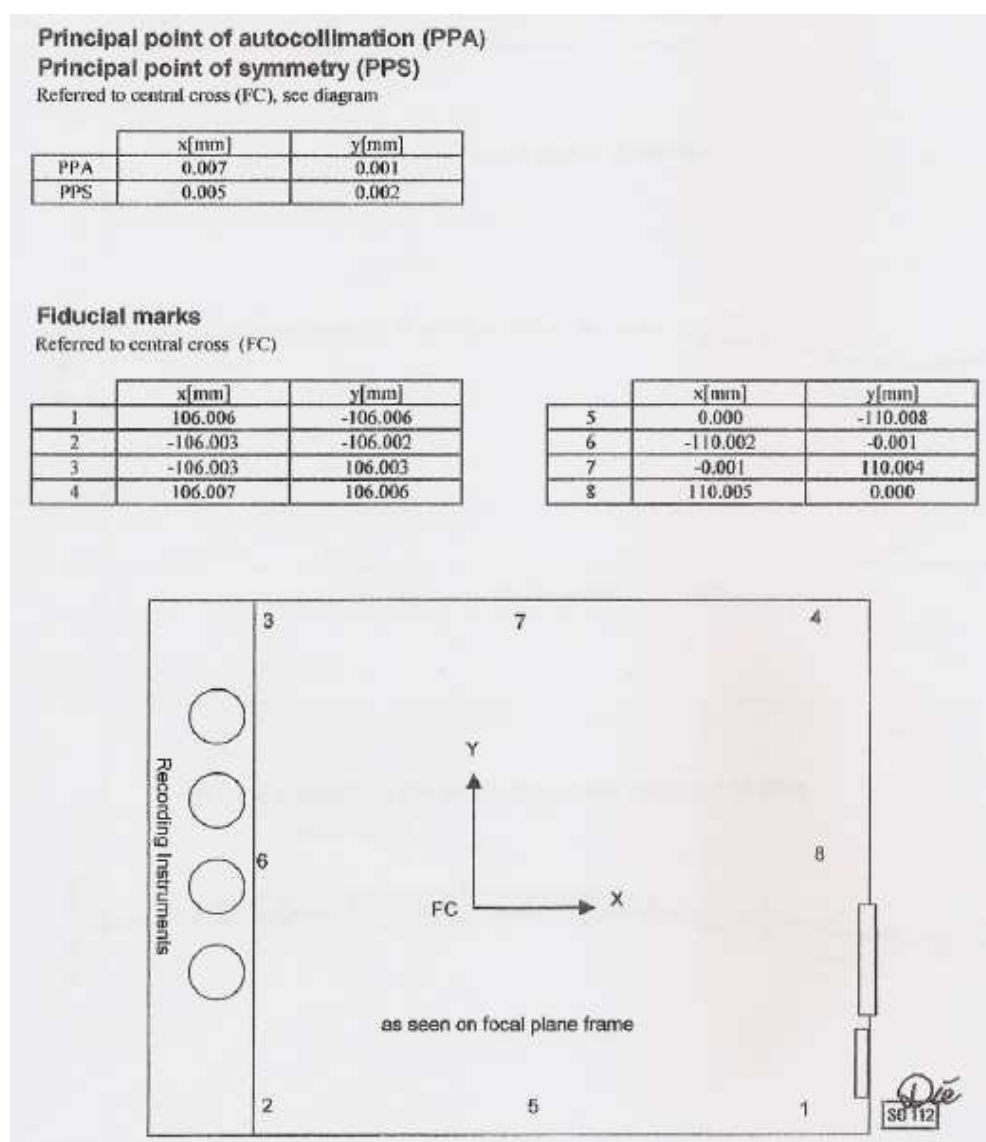
Az objektív elrajzolása abból adódik, hogy a fősugár a lencsén áthaladva megtörik, ezáltal a pontból induló fősugár és az optikai tengely által közbe zárt szög, valamint a leképződött képpont felőli fősugár optikai tengellyel bezárt szöge nem egyezik meg. Kalibráláskor az elrajzolás mértékét a kép középpontjától 10mm-ként határozták meg, majd kiszámították az egyes távolságokhoz tartozó, négy irányban meghatározott középhiba értékeket.

A leképezés élességét befolyásolja az objektív felbontóképessége, amely az objektív által előállítható legkisebb képi részlet nagyságát mutatja meg, ami még elkülöníthető. Ezt vonalpár/mm értékben adják meg, mely függ a kép készítésekor felhasznált film tulajdonságaitól is. A 3-3. táblázatban látható, hogy a felbontóképesség a képközéppontban 131 vonalpár/mm, amely csökken a kép szélei felé.

Angle: [deg]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Radial:	131	131	65	51	44	53	72	96	90	59
Tangential:	131	116	72	61	58	68	70	79	55	33

3-3. táblázat: Az objektív felbontóképessége a kalibrációs jegyzőkönyv alapján

A jegyzőkönyvben megtalálhatóak a belső adatok, mint a képközéppont és a keretjelek egymáshoz viszonyított helyzete és koordinátái egy szemléltető ábrával. A koordinátákat milliméter pontossággal, ezred mm élességgel adják meg. A keretjelek méréséhez szükséges azok elhelyezkedését tudni, ugyanis a mérés előtt a keretjelek tájolását meg kell adni a sorrend érdekében. Ezeket az adatokat importálni kell a szoftverbe, hogy belső tájékozást el tudjuk végezni. [2. sz. melléklet]



3-4. ábra: A kamera belső tájékozási adatai

4 A légiháromszögelés végrehajtása

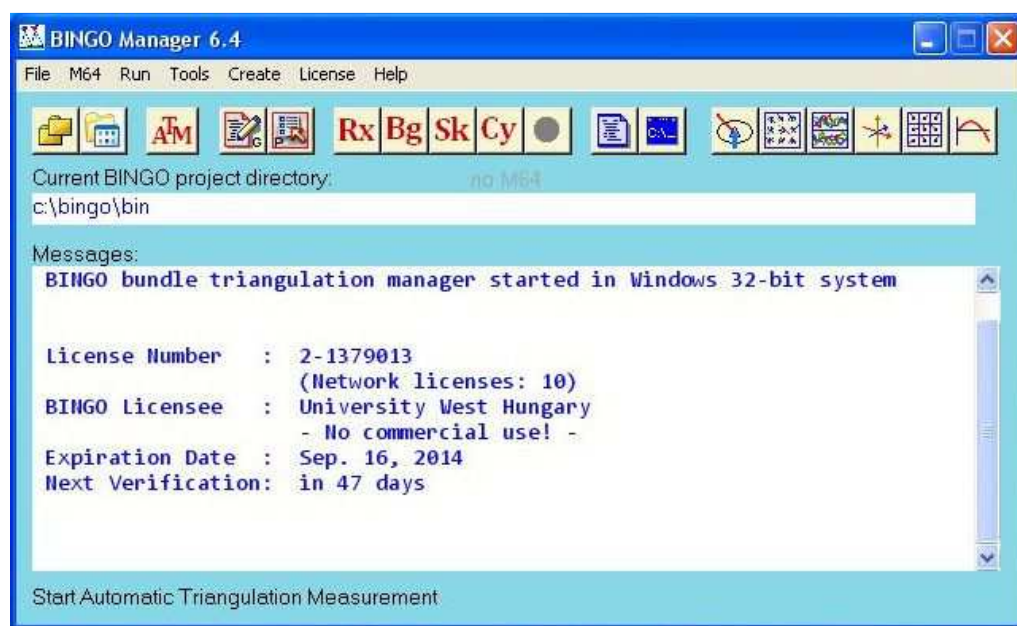
A TÁMOP 4.2.1. B projekt keretein belül egy GPS mérési kampányban 28 illesztőpont EOVS rendszerben való meghatározására került sor. Az illesztőpontok kiválasztásánál fontos, hogy a pont egyértelműen azonosítható legyen, mind a felvételen, mind a terepen egyaránt, valamint az előre megjelölt pontok fennmaradását a repülés végéig biztosítani kell. [Jancsó, 2012.a]

A szükséges illesztőpontok 3D-s koordinátái, valamint a róluk készült fényképek kellő információt adnak a külső tájékozási elemek meghatározásához.

A külső tájékozási elemeket a légiháromszögelés eredményeként kapjuk. Ennek célja nemcsak a külső tájékozási elemek meghatározása, hanem a modellek abszolút tájékozási elemeinek számítása, és a fotogrammetriai pontsűrítés is. [Jancsó, 2011]

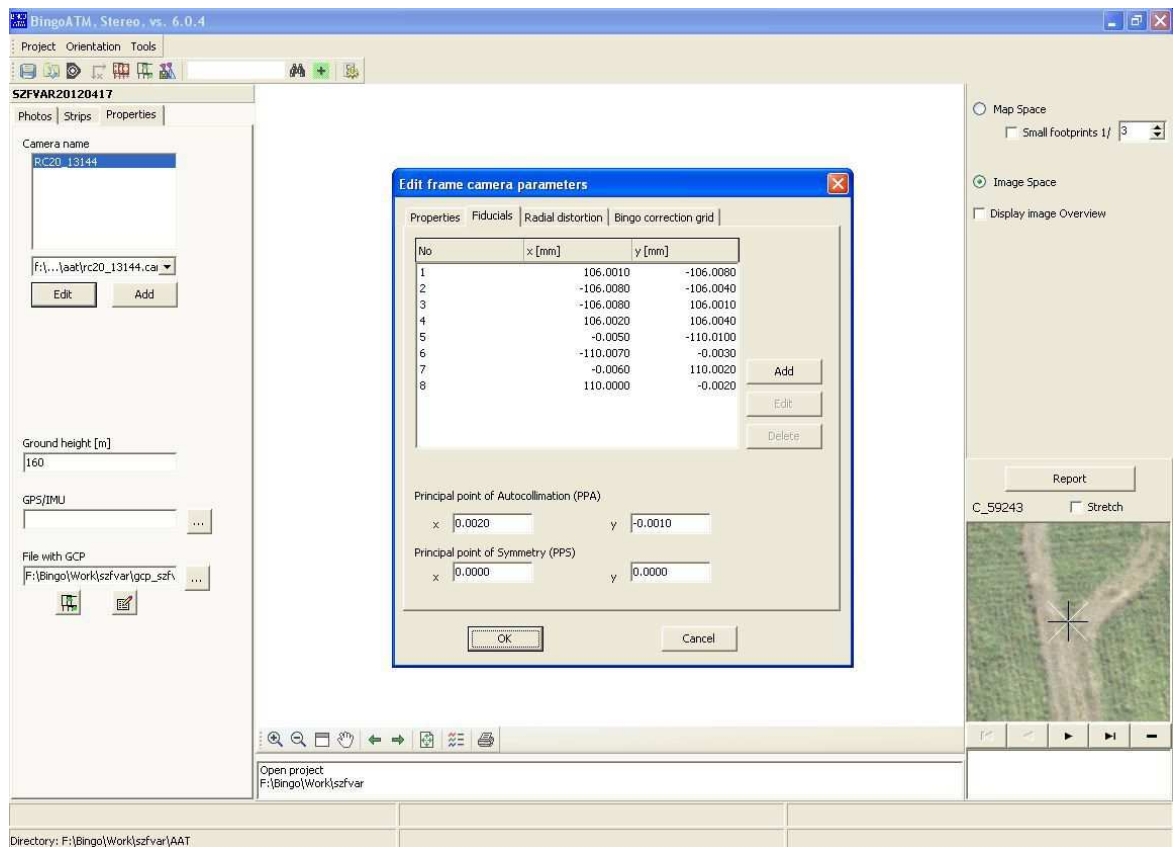
A légiháromszögelést egy korábbi projekt keretében a BINGO 6.2 szoftverrel már elvégezték, amely adatokat így felhasználhattam a feladat megoldásához.

A BINGO szoftver feldolgozási és mérési programokból áll. A program elindítását követően megjelenik a főablak, ahol megadhatjuk a munkakönyvtár elérési útvonalát.



4-1. ábra: A BINGO szoftver főmenüje

A főmenüből először az automatikus pontmérés funkciót (ATM – Aerial Triangulation Measure) választjuk. Ebben az ablakban a művelet végrehajtásához meg kell adni a kamera, és az illesztőpontok adatait, a terep magasságát, illetve megadhatóak az inerciális navigációs rendszer által rögzített adatok is. A kamera tulajdonságokban megadjuk a kameraállandót, a keretjелеk koordinátáit, esetlegesen a kamera elrajzolási paramétereit. A kamera belső adatait, úgy kell megadni, hogy a főpontra vonatkozó keretjel koordinátákat át kell transzformálni, ugyanis a szoftver a szimmetria középpontra értelmezi a képkordináta- rendszert. [Jancsó, 2012.b]



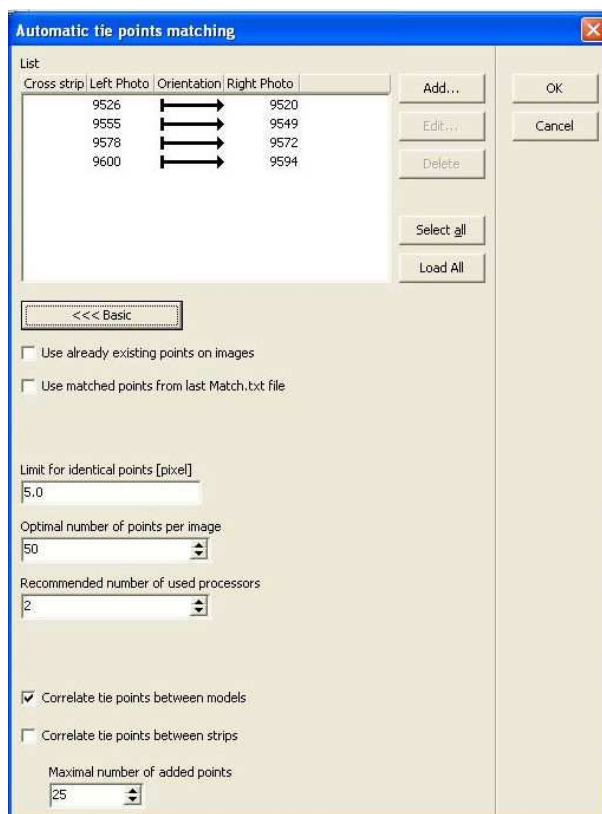
4-3. ábra: Transzformált keretjel koordináták

Importáljuk az illesztőpontok koordinátáit az 4-3. táblázat alapján, de az adatállomány nem tartalmazza a pont jellegét és a képszámát, amelyen megtalálható. A program a koordinátákat kelet- nyugatként (E- N) határozza meg, amely megfelel az x y koordinátáknak.

Pontszám	Pont jelleg	Y	X	m	Képszám
CP14	Burkolatváltás sarok	599861,272	206912,320	108,82	9599
CP15	Burkolatváltás sarok	602829,786	207392,725	124,94	9554
CP21	Felfestések metszése	602612,223	205412,199	111,34	9551
CP22	aknafedlap közepe	602531,26	203509,15	160,72	9594

4-3. táblázat: A felhasznált illesztőpontok adatai [3. sz. melléklet]

Az adatok megadása után felépítjük a képsorokat a Project/ Edit Images menüpontban, ahol megadjuk a sorok irányát. Ezután belső tájékozást kell végezni. A keretjelek mérése automatikusan történik, amelynél megadható, hogy képenként, az összes képen egyszerre vagy soronként mérje a keretjeleket. Az illesztőpontok mérése egyesével történik, a kapcsolópontoké pedig automatikusan, ezeket soronként történő mérésre állították be (4-4. ábra).



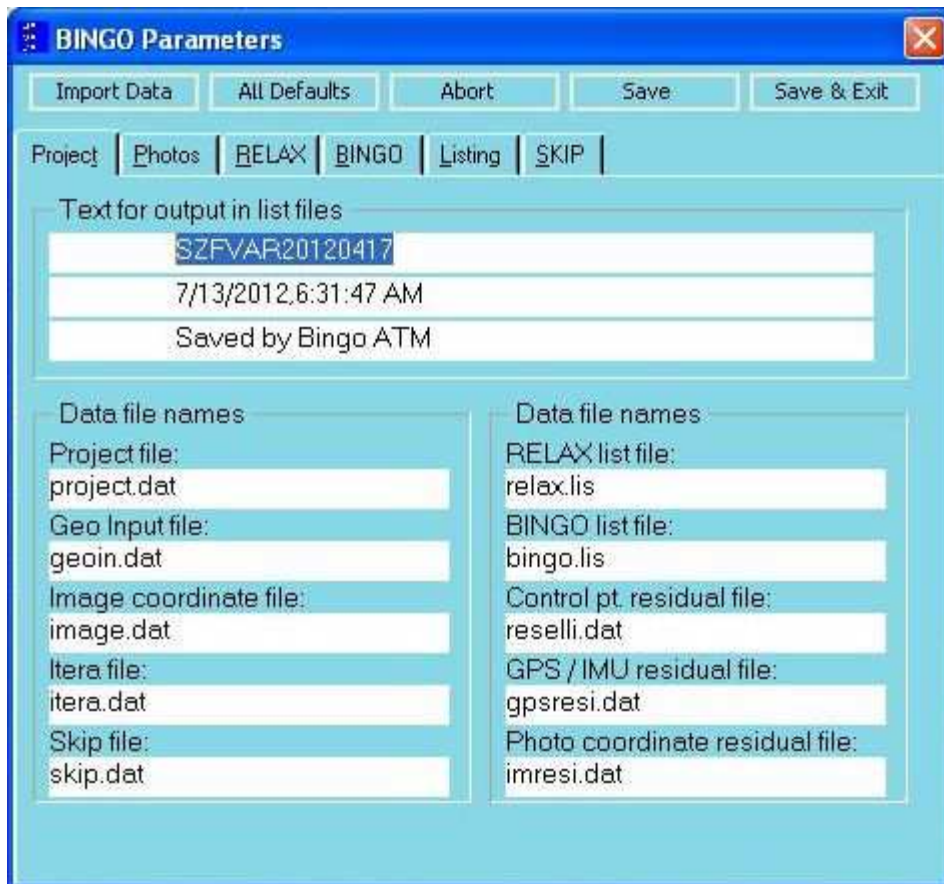
4-4. ábra: A kapcsolópontok mérésének beállításai

A további beállításokat a Tools/ Options menüben tesszük meg, ahol kiválasztjuk, hogy a kapcsolópontok helyzetét terület vagy objektum alapon határozza meg a szoftver. Az objektum alapú keresést választva, paraméterként megadjuk azt is, hogy a kapcsolópontoknak a képek átfedő területein kell elhelyezkedniük. Megadjuk a szekció, vagy keresési terület méretét pixelben, valamint a keresésből kihagyandó terület mértékét százalékban kifejezve. A kapcsolópontok színe jelzi azok elhelyezkedését vagyis, hogy hány szoros a képek közötti átfedés. Végül elmentjük az eredményeket (Orientation/ Aerial Triangulation/ Save all), valamint bezárjuk az ATM menüt.



4-5. ábra: A kapcsolópontok elhelyezkedése a tömbben [Jancsó, 2012.b]

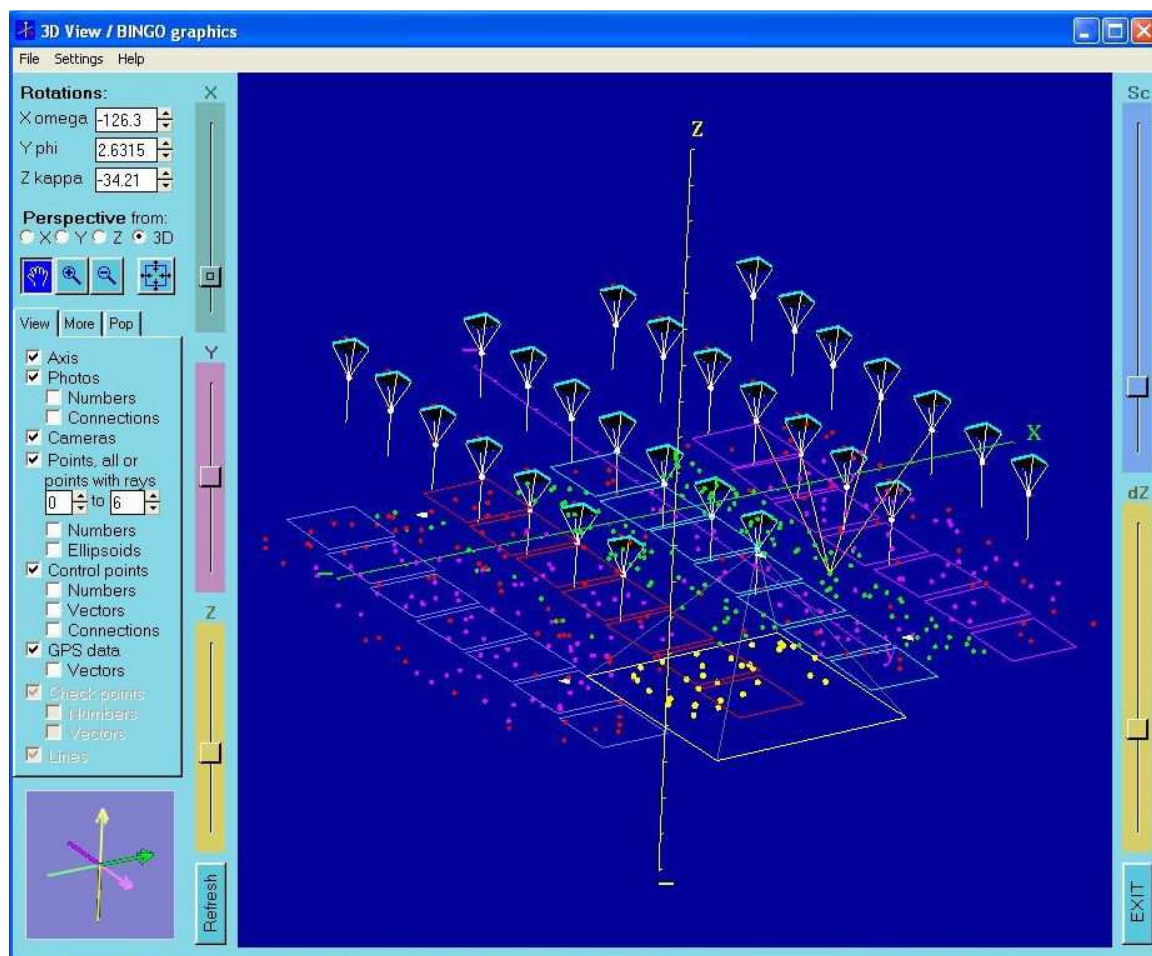
Ezt követően megnyitjuk a BINGO Manager/ BINGO Parameters menüt. A megjelenő párbeszédablakban látjuk az eredményfájl adatait és állományait. A geoin.dat fájl tartalmazza az illesztőpontok koordinátáit, az image.dat a képkoordinátákat, az itera.dat pedig az eredményeket. [4. sz. melléklet] A további beállítások a szoftver fő moduljaira vonatkoznak.



4-6. ábra: Légiháromszögelési paraméterek és fájlok

A RELAX modul határozza meg az előzetes tájékozási elemeket és az ismeretlen pontok előzetes koordinátáit. A BINGO modul elvégzi a számítások kiegyenlítését, itt a megadott iterációk maximális száma három. A SKIP ellenőrzi az eredményeket és a hibás vagy kihagyandó értékek javítását kínálja fel. A BINGO és a SKIP egymást váltva addig fut, míg kielégítő eredménnyel zárulhat a légiháromszögelés. Az itera.dat állományban kerülnek mentésre a kiegyenlített eredmények, amelyben a pontok geodéziai koordinátái és a maradék hibák is megtekinthetők. [Jancsó, 2012.b]

A szoftver ezután megmutatja a négyzetes középhibát és azokat a helyeket, amelyek geometriai értelemben gyengébbek. Megtekinthetők az eredmények grafikusan is hibavektorokkal, illetve a térbeli blokkot szemlélésével. A hibavektorok megmutatják a hiba nagyságát és irányát, valamint a hibahatárt átlépő vektorokat piros színnel kiemeli. Az 5-6. ábra térben ábrázolja a blokkot és megmutatja az egyes kapcsolópontokra menő vetítősugarakat is.



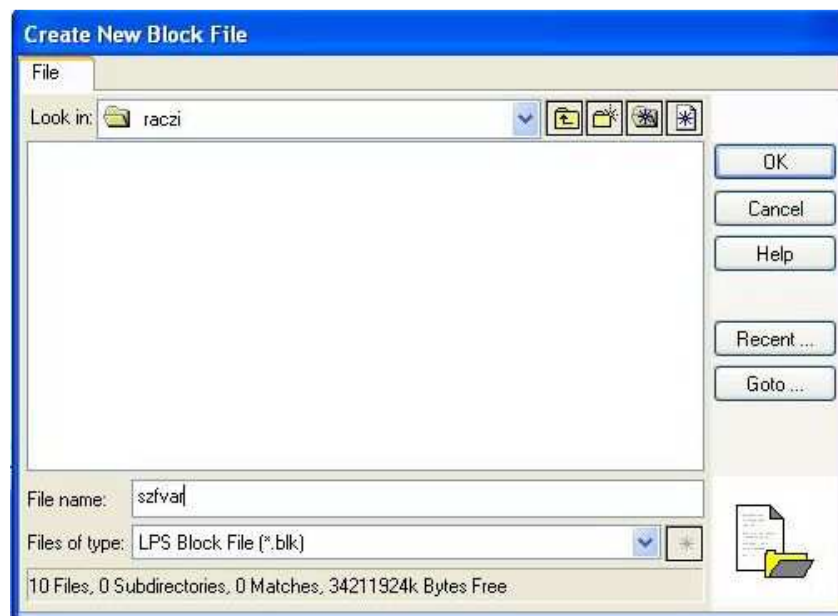
4-7. ábra: A blokk szemlélése térben

5 A feladat végrehajtása digitális fotogrammetriai munkaállomáson

A szoftver megnyitása az LPS 2011 ikon alkalmazásával lehetséges. Ilyenkor két ablak jelenik meg a képernyőn, amelyek közül az egyik az ERDAS IMAGINE 2011, a másik pedig az LPS Project Manager.

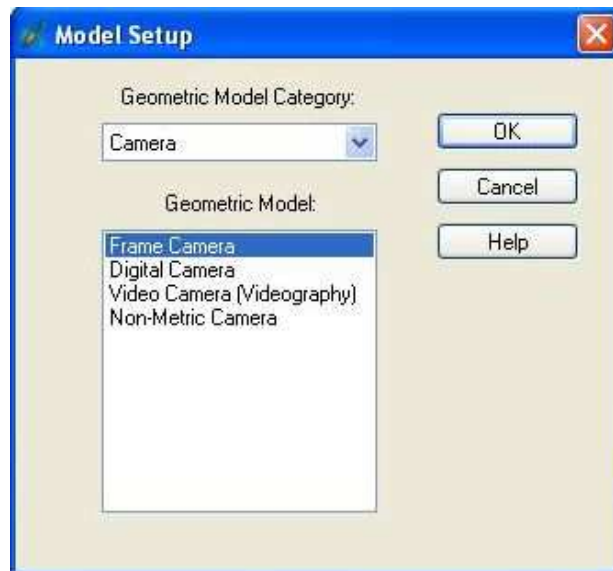
Az LPS Project Managerben egy új projekt keretében létrehozunk egy blokk fájlt, amely tartalmazza azokat az információkat, amelyeket a blokkhoz kell hozzáadni. Például a képek helyét, a kamera adatait és az illesztőpont méréseket. Ezt a blokk fájlt egy olyan könyvtárban kell elhelyeznünk, amihez írásjoggal rendelkezünk.

A blokk fájl létrehozásakor megjelenő ablakban kiválasztjuk az elérési útvonalat, megadjuk a fájl nevét, jelen esetben ez Székesfehérvár (röviden: szfvar), valamint a blokk típusát, majd az OK nyomógommbal át lépünk a következő párbeszédablakra



5-1. ábra: Blokk fájl létrehozása

A következőként megjelenő párbeszédablak a Modell Setup, ahol a geometriai modellt definiáljuk. A geometriai modell kategóriáját, vagyis a kamerát a legördülő menüben választjuk ki, majd a megjelenő listából a Frame Camera (hagyományos kamera) modellt választjuk. Az OK gombra kattintva pedig rögzítjük a beállítást.



5-2. ábra: A geometriai modell definiálása

A vetületi rendszert, a vonatkoztatási rendszert és a mértékegységet a blokk paramétereiként állítjuk be, illetve a kamera kalibrációs adatait, valamint a légiháromszögelésből származó külső tájékozási elemeket beimportáljuk a szoftverbe. [5. sz. melléklet] A külső tájékozási elemek importálásakor meg kell adni a forgatási szögek sorrendjét, mértékegységét, és az átlagos tengerszint feletti magasságot.

A kamera tulajdonságaiban a kalibrációs jegyzőkönyv alapján megadjuk a kamera nevét, a kameraállandót, a főpont és a keretjelek koordinátáit, valamint az objektív elrajzolási értékeit.

A blokkhoz hozzáadjuk a felhasználandó képeket, ezek baloldalon az Images mappában jelennek meg, illetve az alsó párbeszédablakban az Active oszlop is jelzi a betöltött képeket (5-3. ábra). A blokk képeihez piramis rétegeket hozunk létre a képek egyszerűbb megjelenítéséhez. Ehhez az egér

jobbgombjával a réteget jelző piros téglalapra kattintunk és elindítjuk a piramis rétegek kiszámítása (Compute Pyramid Layers) menüpontot. Kiválasztjuk az összes még képpiramis nélküli képeket, elindítjuk a számítást és az ezután elkészült rétegek oszlopa rendre zöldre változik.

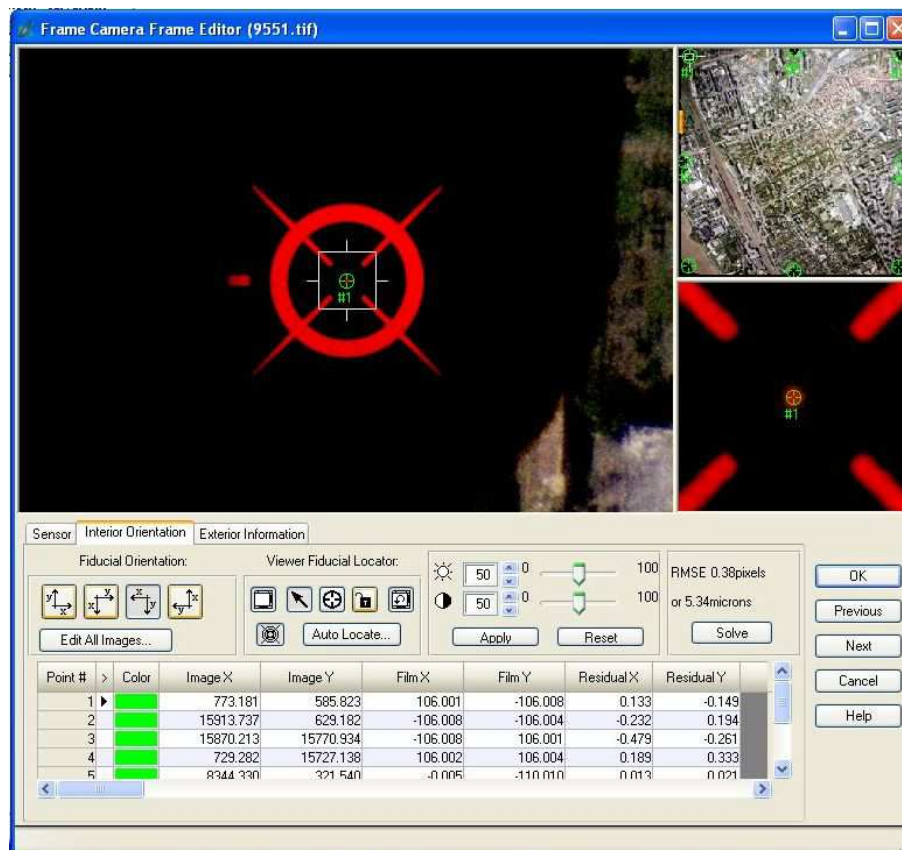
Row #	Image ID	Description	>	Image Name	Active	Pyr.	Int.	Ext.	DTM	Ortho	Online
1	1		▶	d:/raczi/9523.tif	✓	■	■	■	■	■	■
2	2			d:/raczi/9524.tif	✓	■	■	■	■	■	■
3	3			d:/raczi/9551.tif	✓	■	■	■	■	■	■
4	4			d:/raczi/9552.tif	✓	■	■	■	■	■	■
5	5			d:/raczi/9575.tif	✓	■	■	■	■	■	■
6	6			d:/raczi/9576.tif	✓	■	■	■	■	■	■

5-4. ábra: A képek állapot táblája

5.1 A képpárok teljes tájékozása

A képek keretjeleinek mérését végezzük el a belső tájékozási folyamatban. A belső tájékozás első lépését, elvégeztük a blokk paramétereinek definiálásakor, ugyanis ott már megadtuk a kameraállandót, a képméretet és a főpont koordinátákat.

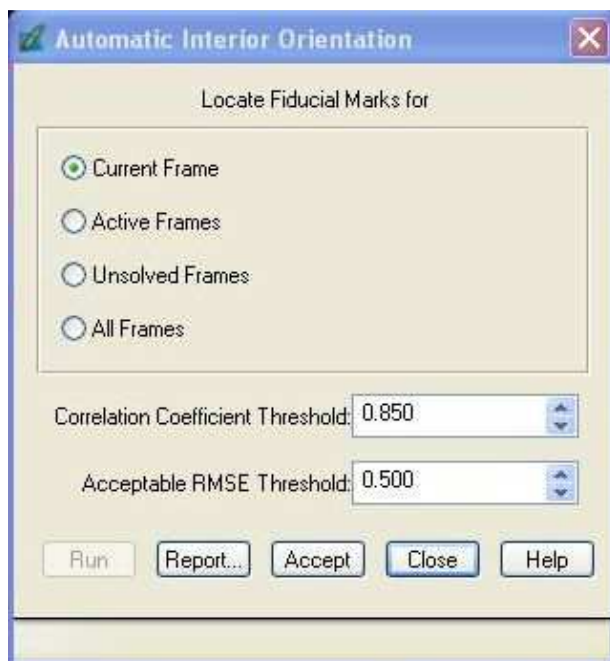
A belső tájékozás menüt ugyanúgy indítjuk el, mint a piramis rétegek készítésénél. A párbeszédablakban látható az első keretjel, mellette az egész fotó és a keretjel részletnézete, amely megkönnyíti a mérés végrehajtását, illetve a mérési panel vagy képeditor is itt helyezkedik el. (5.1.-1. ábra)



5.1-1. ábra: Belső tájékozás manuális méréssel

A keretjelek mérését sorban kell megtenni, ezért meg kell győződnünk arról, hogy a kiválasztott és a kép koordináta-rendszere ugyanabba az irányba mutat. A kurzort a keretjelre igazítjuk, majd a mérés gomb megnyomásával mérjük azt. A menü adattáblájában a keretjel x és y koordinátája megjelenik, és a program a következő keretjelhez ugrik. A mérések befejeztével láthatjuk a négyzetes középhiba értékét pixel és mikron mértékegységben. Ezután a Next gombbal továbblépünk a következő képre.

A folyamat elvégezhető automatikus keretjel méréssel (Auto Locate) is, ilyenkor az első keretjelet megmérjük, a továbbiakat pedig beállítástól függően az adott képen (Current Frame), aktív képen (Active Frame), összes képen (All Frame) vagy a még hátralévő képen (Unsolved Frame) a szoftver végzi el a mérést. A beállításokban megadjuk azt is, hogy a négyzetes középhiba mely értéket nem haladhatja meg, valamint a korrelációs együttható küszöbértékét is. (5.1.-2. ábra)



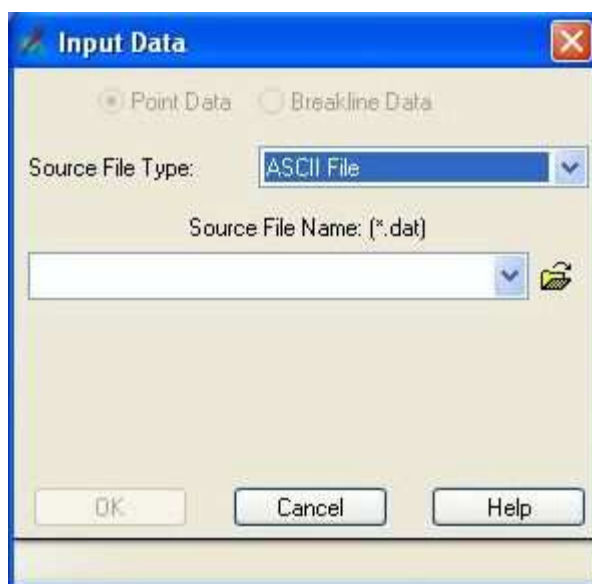
5.1-2. ábra: Automatikus keretjel mérés beállításai

A külső tájékozás végrehatásához, amennyiben nem importáltuk a szoftverbe az eredményeket, a mérési panelen át lépünk a külső tájékozás (Exterior Orientation) fülre. Itt beírjuk a kezdő értékeket az érték (Values) sorban, valamint a legördülő menüben az értékek státuszát véglegesnek kell megválasztani, az Ok nyomógommbal pedig jóváhagyni a folyamatot.

5.2 Digitális domborzatmodellek előállítása

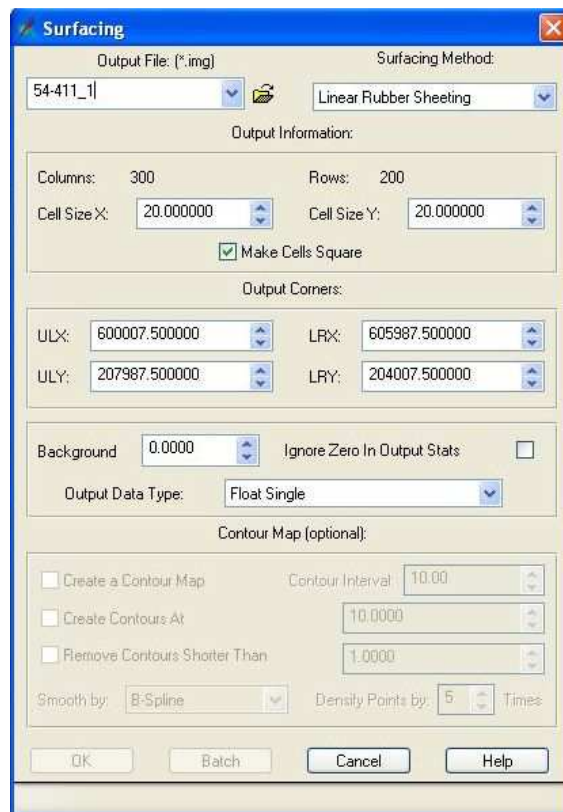
A domborzatmodell a föld felszínére vonatkozó magassági adatokat tartalmazza. A készítendő ortofotók területét lefedő topográfiai térképszelvény az 54-411, amelynek méretaránya 1:10000. A topográfiai térkép szintvonaláiból levezetett domborzatmodell ábrázolását a 6. sz. melléklet tartalmazza.

Az ERDAS IMAGINE 2011 ablakában folytatjuk a munkát, a Terrain/ Terrain Preparation/ Surfacing Tools menüben. A megjelenő párbeszéd ablak a 3D Surfacing, itt importáljuk a File/ Read menüben a kiinduló adatokat, vagyis az 54-411.dat állományt. (5.2-1. ábra)



5.2-1. ábra: A domborzatmodell adatainak importálása

Miután megjelentek a Surface ablakban a szelvény térbeli koordinátái, majd megnyitjuk a Surface/ Surfacing menüpontot. A megjelenő párbeszédablakban megadjuk az eredmény fájl nevét, a rács (angolul Grid) méretét X és Y irányban, amely 20x20 méter, illetve itt adjuk meg a bal felső és jobb alsó sarokpontok koordinátáit. (5.2.-1. ábra)



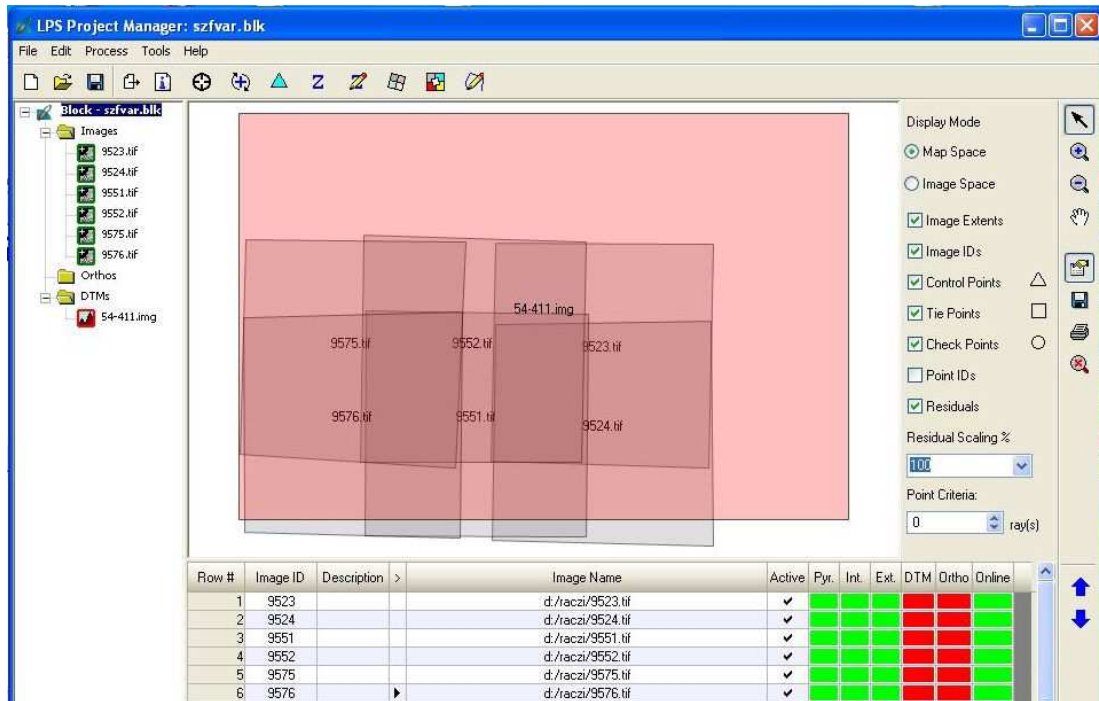
5.2-2. ábra: A DTM meghatározó paraméterei

A létrehozott img kiterjesztésű fájlt, mint eredményt ezután megjelenítjük raszter képként az ERDAS főablakában.



5.2-3. ábra: A DTM megjelenítése

Az eredményként kapott digitális domborzatmodellt az LPS Project Managerben is megjelenítjük, a DTMs mappához való hozzáadással. Ezután megtekinthetjük az 5.2-4. ábrán, hogy milyen arányban fedi le a képeket a DTM.

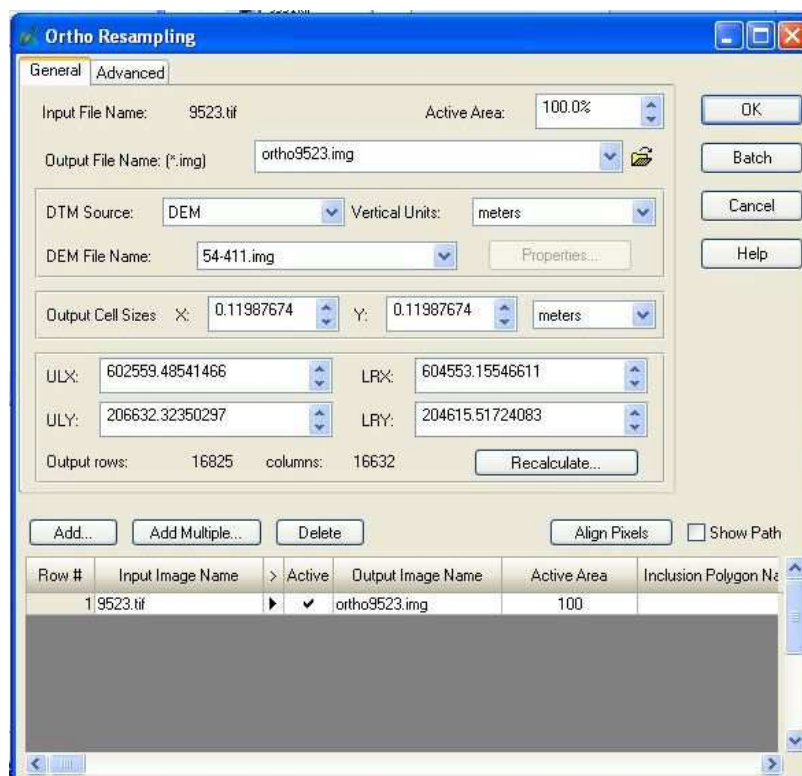


5.2-5. ábra: A képeket lefedő DTM megjelenítése LPS-ben

5.3 Az ortofotók és az ortofotó mozaik elkészítése

A már rendelkezésre álló DTM-t felhasználjuk az ortofotók előállításához. A képek pixeleit át kell alakítani úgy, hogy az eredeti képek pixeleinél nagyobbak legyenek. Ez az ortotranszformáció művelete, ami azt jelenti, hogy egy transzformációs blokkba vonjuk össze az ortofotó pixelterében lévő pixeleket, így elég transzformálni a blokk sarokpontjait, mert ezután a köztes pontok interpolációval meghatározhatók. [Jancsó, 2004.]

A szoftver ezt a műveletet a DTM fényképhez illesztésével egy időben hajtja végre. A folyamat beállításait az Ortho Resampling menüben az 5.3.-1. ábrának megfelelően hajtjuk végre.



5.3.-1. ábra: Az ortofotók előállításához szükséges paraméterek

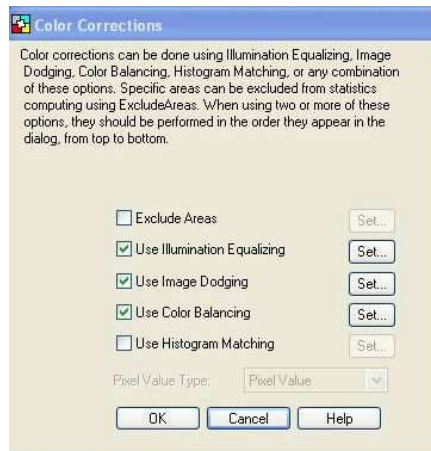
Az első általános beállítások (General) fül alatt meg kell adnunk a kimeneti fájl nevét, elérési útvonalát, a DTM-t és mértékegységét, illetve a bal felső és jobb alsó sarokpont koordinátáit. A következő fülre kattintva beállíthatjuk az újramintavételezéshez alkalmazandó transzformációt, mely esetünkben a bilineáris transzformáció, amely a transzformált pixel elem szürkességi fokozatát négy szomszédos pixel értékéből határozza meg.

A beállítások jóváhagyásával elindul a számítási folyamat, amely egy ortofotó készítésénél kb. 25 percet vesz igénybe. Az ortofotókat elkészíthetjük egyesével vagy egyszerre is, a képek hozzáadása (Add) nyomógombbal.

Mivel a kiválasztott székesfehérvári városrészekről nem csak egy ortofotót állítottunk elő, ezért mozaikolni kell azokat. A képeket kijelöljük és egyszerre alakítjuk át mozikká, amelyet a Process/ Mosaic menüből indíthatunk el és a megjelenő Mosaic Pro ablakban folytatjuk a munkát.

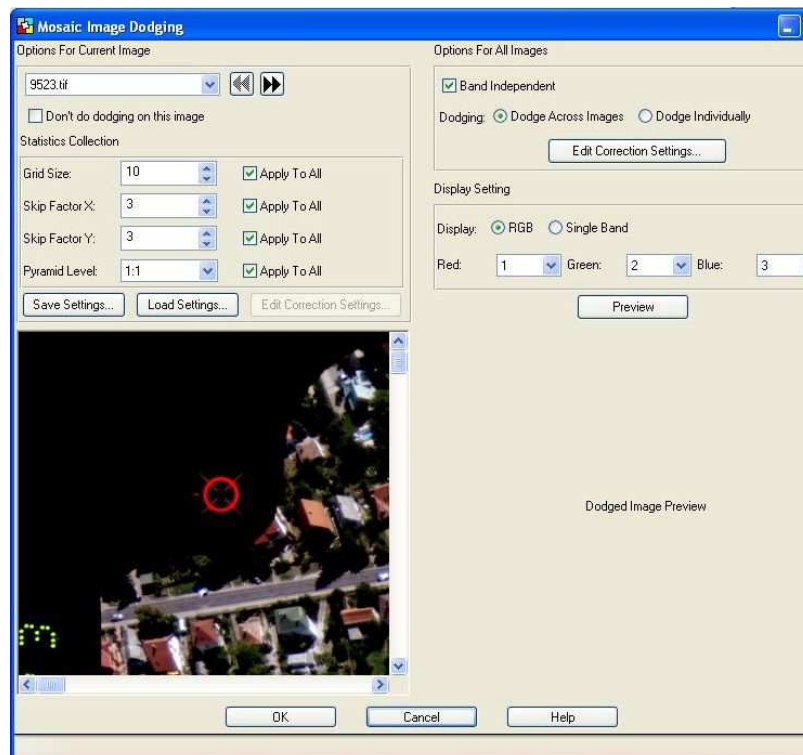
A kontrasztkiegyenlítési művelet szükségessége abból adódik, hogy az összeillesztett képek kontrasztja eltérő. Ezért elsőként a képek kontrasztkiegyenlítési beállításait végezzük el. A műveletet az Edit/ Color

Correction menüben teszünk meg. A beállításokat az 5.3.-2. ábrának megfelelően hajtjuk végre.



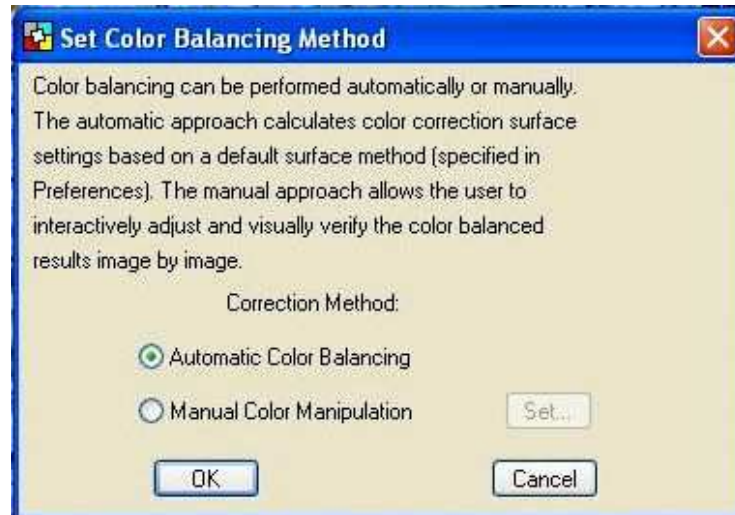
5.3.-2. ábra: Kontrasztkiegyenlítési beállítások

A bevillanások kiegyenlítése (Use Illumination Equalizing) műveletben, megadhatjuk a kiegyenlítés mértékét egy képre vagy az összesre vonatkozóan. A radiometriai anomáliák helyreállítása (Use Image Dodging) művelet a piramis rétegeket felhasználva statisztikát számol a rács mérete alapján, elvégzi a javítást és módosítja minden harmadik pixel értékét a megadottak szerint. Itt is megadható, hogy adott képre, vagy az összes képre vonatkozik a folyamat.



5.3.-3. ábra: A radiometriai anomáliák helyreállításának beállításai

A színiegyenlítés (Use Color Balancing) elvégzése végrehajtható automatikus és manuális módon is. Az automatikus kiegyenlítés színekorrekció számításával végzi el a kiegyenlítést. (5.3.-4. ábra)



5.3.-4. ábra: A színiegyenlítési beállítás

A kontrasztkiegyenlítés után az átlapolási műveletet kell végrehajtani. A folyamatot az Edit/ Set Overlap Function menüből indítjuk el, ahol öt lehetőséget kínál fel a program a művelet elvégzésére. Az 5.3.-5. ábra alapján az első átfedés alapú műveletet választottuk a folyamat végrehajtásához.



5.3.-6. ábra: Átlapolási művelet kiválasztása

Az első lehetőség az átfedés (Overlay) művelet, amely a képek átfedését tekintve a felső vagy fedő képet veszi alapul. A következő az átlag (Average) művelet, amely a pixelekre számított átlagot veszi figyelembe az átlapoláskor. A súlyozott átlagolás (Feather) művelet, az átfedő területeken végzi el a súlyozott átlagok számítását az átlapolás során.

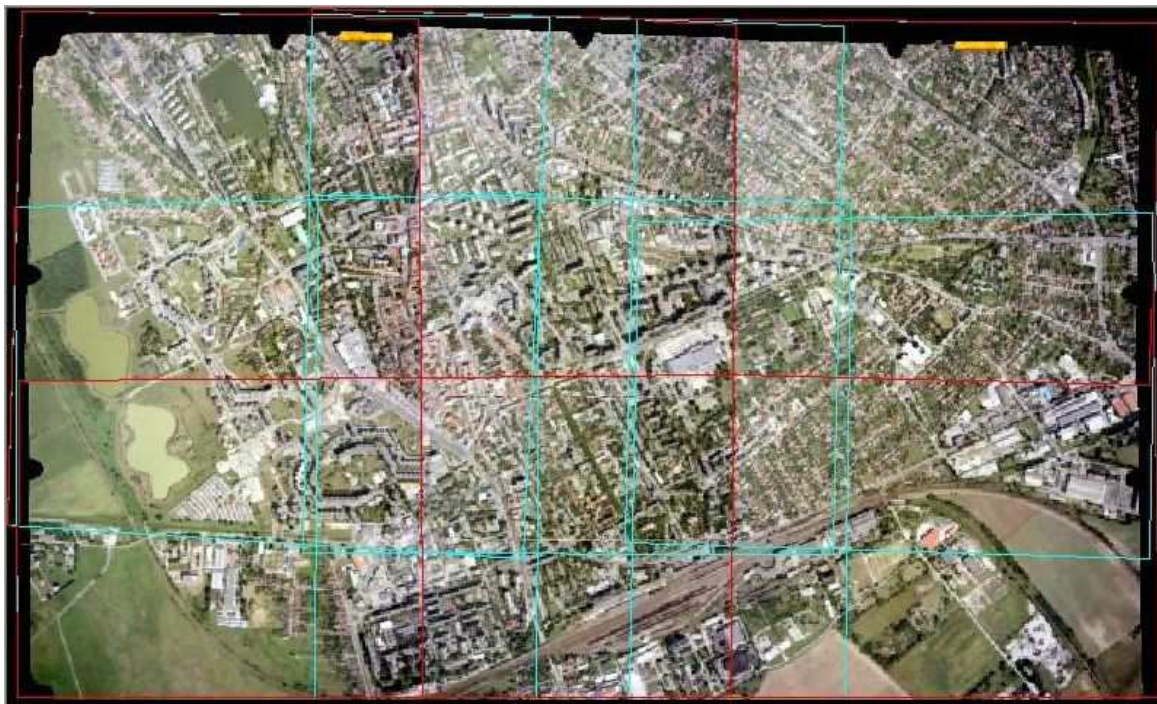
Az átlapolás elvégzése után meghatározzuk a vágóvonal vezetésének módját, amelyet a szoftver automatikusan előállít. A négy lehetőség áttekintése után az első súlyozott vágóvonal vezetést alkalmazzuk. (5.3.-6. ábra)



5.3.-6. ábra: Vágóvonal típusának kiválasztása

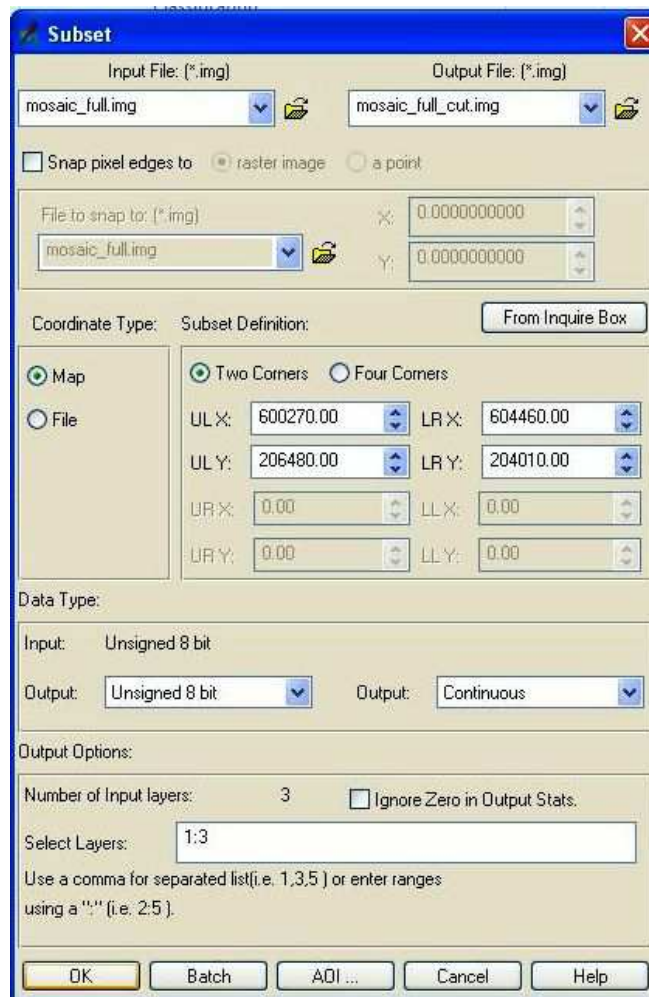
A vágóvonal típusának kiválasztását a Seamline Generation Options menüben tesszük meg. A súlyozott vágóvonal (Weighted Seamline) vezetés szegmensenként történik, figyelembe veszi a vonal kilengésének maximális értékét (200 pixel), valamint a súly meghatározásához alapul veszi a pixel hasonlóságot, a vonal irányt és az átlagos hibát. A következő lehetőség a nadír menti (Most Nadir Seamline) vonalvezetés, amely az átfedő területek élével párhuzamosan, a nadír pontokon keresztül vezeti a vágóvonalat. A geometriai alapú (Geometry-based Seamline) megfelel az átfedő területeket, majd ezen a felezővonalon vezeti a vonalat. Az utolsó lehetőség az átfedés alapú (Overlay-based Seamline), amely az átfedő területen a felső képet veszi alapul a vágóvonal vezetéséhez.

A kiválasztott vágóvonal típust jóváhagyjuk a párbeszédablakban, majd elindítjuk a mozaikolási folyamatot a Process/ Run Mosaic parancs kiadásával, majd elmentjük a kész képet, amely az 5.3.-7. ábrán is látható. [8. sz. melléklet]



5.3.-7. ábra: Az előállított ortofotó mozaik

Miután elkészült a mozaik az ERDAS IMAGINE 2011 főablakában megjelenítjük a képet, majd a Raster/ Subset & Chip / Create Subset menüben levágjuk a kép széleit. A megjelenő párbeszédablakban beállítjuk a vágási paramétereket az 5.3.-8. ábra alapján.



5.3.-8. ábra: Vágási beállítások megadása

A beállításokban megadjuk kiinduló adatként a megjelenített mozaikot, valamint az eredmény kép nevét és a mentés helyének elérési útvonalát. A következő panelen pedig megadjuk a levágandó terület két sarokpontjának koordinátáit, és elindítjuk a folyamatot.

Az eredmények LPS Project Managerben megtekinthetők az 5.3.-9. ábrán, amelyen az eredeti képek szürke színűek, a DTM rózsaszín, a mozaikok pedig a lila árnyalataival láthatóak.

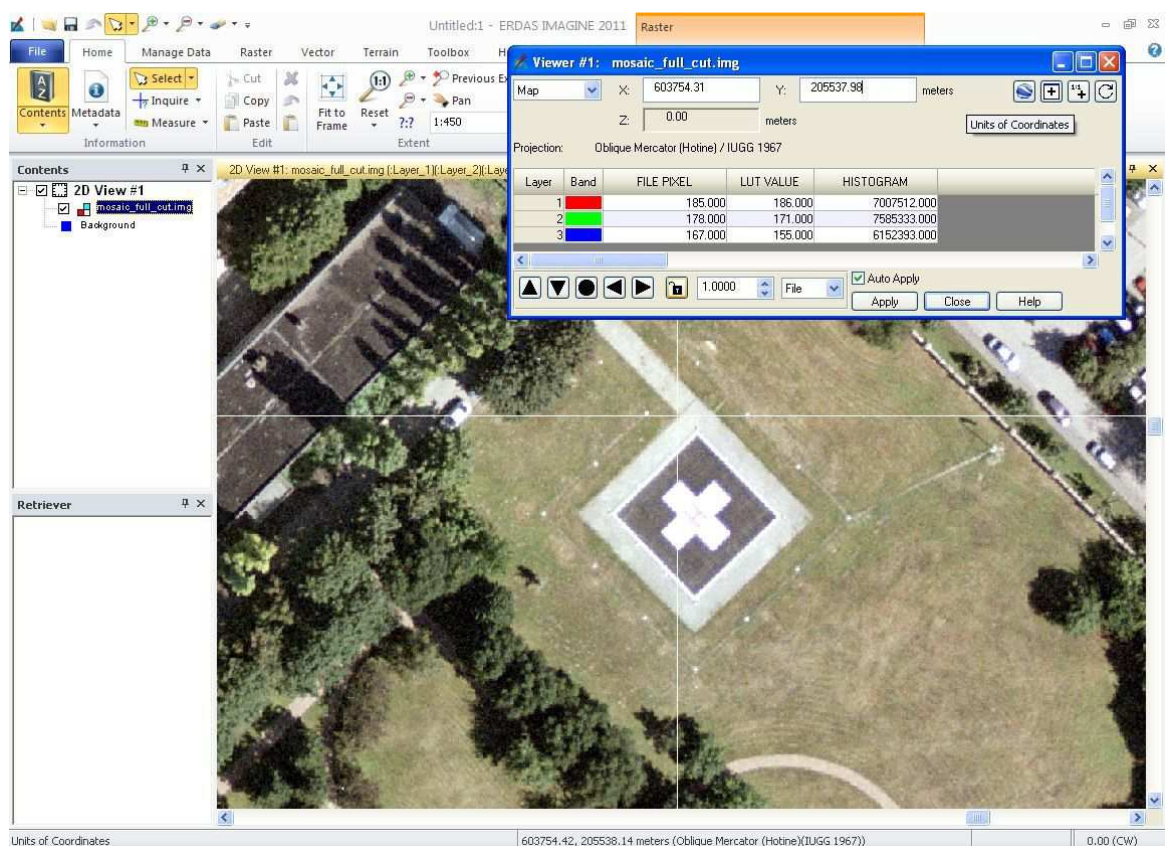


5.3.-9. ábra: Eredmények szemléltetése az LPS-ben

6 Az ortofotó pontossági vizsgálata

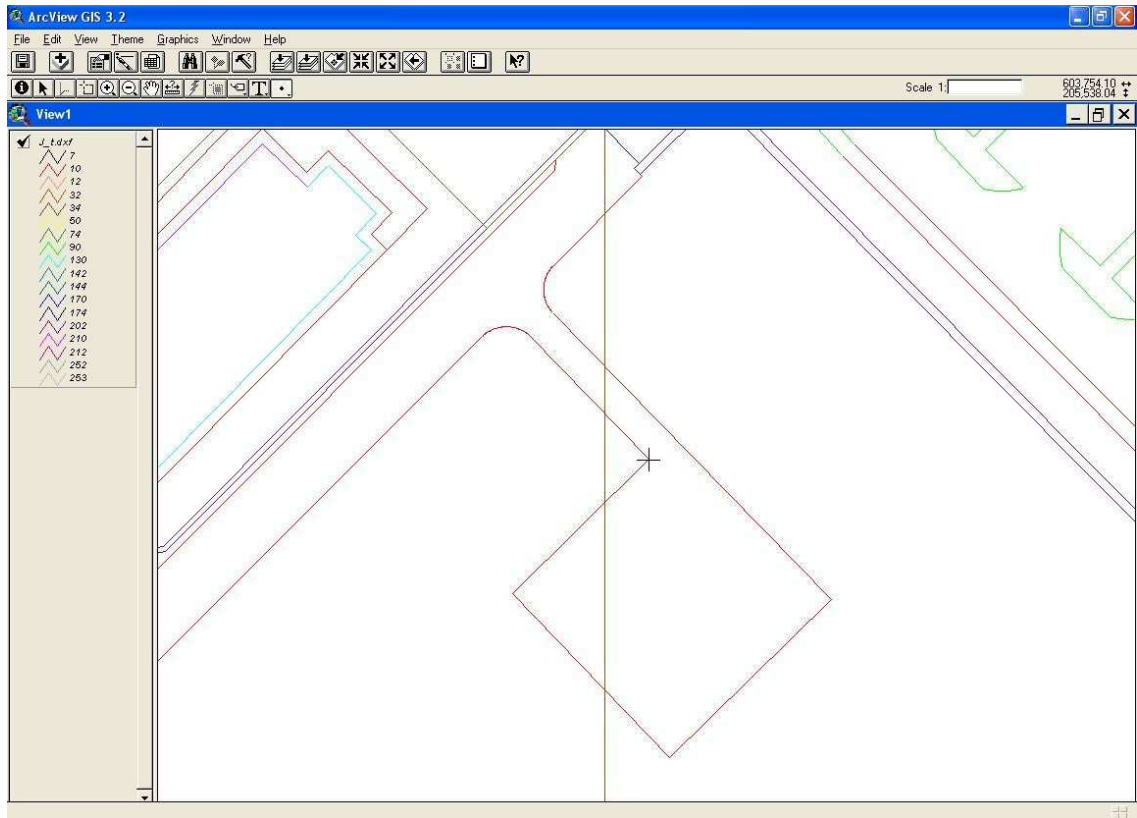
A vizsgálat célja az elkészült 10 cm-es felbontású ortofotó, digitális földmérési alaptérképpel való összevetése, az eredmények dokumentálása és elemzése.

Az ortofotón való mérést az ERDAS IMAGINE-ben, az alaptérképen való mérést pedig az ArcView GIS-ben végeztem el. A feladat elvégzése során olyan pontokat kellett kiválasztanom a képen, amelyek egyértelműen azonosíthatók az alaptérképen is pl. épületek sarokpontjai, vagy járdaszigetek sarokpontjai. A pontok sűrűségét úgy kellett elosztani az ortofotón, hogy ha felosztjuk az általa lefedett területet négy sorra és öt oszlopra, akkor az így kialakult cellákba jusson legalább egy mért pont. A mérés elvégzéséhez az Inquire funkciót alkalmaztam a pontos irányzás elvégzésének érdekében, majd a megjelenő Viewer ablakból a mért pont koordinátáit feljegyeztem Excel táblázatban. (6.-1. ábra)



6.-1. ábra: Pontok mérése az ortofotón

Miután az ortofotón mért koordinátákat feljegyeztem, megkerestem a kép-térkép azonos pontját a digitális alaptérképen. (6.-2. ábra) Itt szintén elvégeztem a mérést, a kurzor pontra igazításával, majd az ablak jobb felső sarkában lévő koordinátákat bevittem Excelbe.



6.-2. ábra: A digitális alaptérképi pont irányzása ArcView-ban

Az Excel táblázatban egymás mellett helyeztem el az ortofotóról és a térképről származó koordinátákat, majd egy új oszlopban képeztem az X és Y koordináta különbségeket.

$$DX = X(ortofotó) - X(alaptérkép)$$

$$DY = Y(ortofotó) - Y(alaptérkép)$$

6.-3. képlet: Különbségek képzése

A következő oszlopokban képeztem a koordináta különbségek négyzetét, amelyet az oszlop végén Sum függvénnyel összeadtam.

Az ortofotó pontosságának meghatározását négyzetes középhiba számítással határoztam meg külön X és Y irányban. A számítási képletben a különbségek négyzetösszegét elosztottam a mért pontok számával, majd négyzetgyököt vontam az eredményből.

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum DX^2}{n}}$$
$$\Delta Y = \sqrt{\frac{\sum DY^2}{n}}$$

6.-4. képlet: Négyzetes középhiba számítása

A mérési és számítási eredmények megtekinthetők a 7. számú mellékletben.

7 Összefoglalás

A szakdolgozati munkám során a kiírásban meghatározott feladatokat elvégeztem. Megismerkedtem a digitális ortofotóhoz kapcsolódó fogalmakkal, az elméleti előállításának munkafolyamatával a második fejezetben leírtaknak megfelelően.

A kiválasztott légifelvételek Székesfehérvár belterületéről készültek, amelyek megtekinthetők az 1. sz. mellékletben. Az felvételek készítésével kapcsolatban a kamera kalibrációs jegyzőkönyve és a negatívanyag repülési és nyilvántartási adatainak segítségével ismertettem a felvételek háttér információit. [2. sz. melléklet]

A felhasznált légiháromszögelési adatokat és a kiértékeléshez szükséges illesztőpontok leírásait a 3. és 4. sz. mellékletben csatolom a munkámhoz. A légiháromszögelés eredményeit egy korábbi projektben már elkészültek, ezért a számítási folyamatot ismertettem a 4. fejezetben az alkalmazott BINGO szoftverrel. Az eredményként létrejött külső tájékozási elemeket az 5. sz. melléklet tartalmazza.

Az elméleti tudásom gyakorlati alkalmazása érdekében a Leica LPS munkaállomáson elvégeztem a képpárok belső tájékozását, illetve a légiháromszögelésből származó külső tájékozási elemeket importáltam a külső tájékozás (Exterior Orientation) elvégzéséhez. [5.1. alfejezet]

A munkaállomáson végrehatott folyamatok közé tartozik a DTM előállítása és illesztése a tájékozott képekhez, amely eredményeként létrehoztuk az ortofotókat, majd az ortofotó mozaikot. Az elkészült ortofotó mozaik a 8. sz. mellékletben megtekinthető.

Az ortofotó mozaikról levágtuk a fekete keretet és a keretjeleket két sarokpont koordinátáinak megadása alapján, majd pontosságának meghatározását digitális alaptérképpel való összehasonlítással nyertük.

Az összehasonlítás elvégzését, amelyben a megjelenítéstől, a mérendő pontok kiválasztásán keresztül, a mérési és számítási folyamatot a 6. fejezetben dokumentáltam. Majd az eredményeket tartalmazó Excel táblázatot a 7. sz. mellékletben csatoltam a szakdolgozatomhoz.

8 Mellékletek jegyzéke

- | | |
|---------------------|--|
| 1. számú melléklet: | Az eredeti légifelvételek |
| 2. számú melléklet: | Kamera kalibrációs jegyzőkönyv |
| 3. számú melléklet: | Illesztőpontok leírásai |
| 4. számú melléklet: | Légiháromszögelési eredmények |
| 5. számú melléklet: | Külső tájékozási elemek |
| 6. számú melléklet: | A digitális domborzatmodell ábrázolása |
| 7. számú melléklet: | Pontossági vizsgálat eredménye |
| 8. számú melléklet: | Az elkészült ortofotó mozaik |

9 Irodalomjegyzék

1. Albert Levente, Bidló András, Jancsó Tamás, Gribovszki Zoltán (szerk.)
Egyéb szerzőség: Kámán Orsolya (sajtó alá rend.); Városok öko-
környezetének komplex vizsgálata a nyugat dunántúli régióban, Sopron:
Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 2012. 261 p., (ISBN:978-963-334-
084-4) [a]
2. Balázsik V. – Dr. Jancsó T. – Dr. Engler P. (2011): Fotogrammetria,
Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár
3. Dr. Jancsó Tamás (2004): Digitális ortofotó előállítása és alkalmazási
lehetőségei a geokörnyezetben, Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár
4. Dr. Jancsó T. – Dr. Mélykúti G. (2012): Légháromszögelés BINGO
programmal Székesfehérvár belterületén, Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar, Székesfehérvár [b]
5. Karl Kraus (1998): Fotogrammetria, Tertia kiadó, Budapest
6. LPS Felhasználói Kézikönyv