



ÓBUDAI EGYETEM

Alba Regia Műszaki Kar
Geoinformatikai/Mérnöki Intézet

SZAKDOLGOZAT

**Ortofotók előállítása Mezőtúr részletének idősoros
légifelvételeiből**

**OE-AMK
2016**

Hallgató neve: Nagy Dávid
Hallgató törzskönyvi száma: T005157/FI21120/N



SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Nagy Dávid

Neptun kódja: [REDACTED]

Képzés: Földmérő és földrendező mérnök szak, geoinformatika szakirány, nappali tagozat

Intézet: Geoinformatikai Intézet

Szakedolgozat száma: 350/2016

A dolgozat címe: Ortofotók előállítása Mezőtúr részletének idősoros légifelvételeiből

A dolgozat címe angolul: Orthophotos of partial Mezőtúr produced from time series of aerial photos

Feladat:

1. Végezzen adatgyűjtést (történeti ismeretek, korábbi felmérések, fotók, vázlatok, térképek).
2. Szakirodalom és Internetes források alapján ismertesse az ortofotó előállításának lehetséges módszereit.
3. Készítse el az ortofotó előállításának technológiai folyamatát a rendelkezésre álló idősoros légi felvételek alapján.
4. Készítse el és hasonlítsa össze az ortofotókat.
5. Az elvégzett munkát műszaki leírásban összegezze

Beadandó munkarészek: Digitális felvételek, tájékozási és kiértékelési jegyzőkönyvek, ortofotók, összehasonlító vizsgálat, műszaki leírás.

Intézményi konzulens neve: Dr. Jancsó Tamás, egyetemi docens

Külső konzulens neve, munkahelye: -

A kiadott téma elévülési határideje: 2017. június 1.

A beadás határideje: 2016.12.15.

A záróvizsga tárgyai: komplex záróvizsga

Székesfehérvár, 2016.10.05.

Dr. Busics György
intézetigazgató



Dr. Györök György
dékán



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott szigorló hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem.

Egyéb jelentős segítséget nem vettem igénybe.

Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem, mint a feladatot kiíró intézmény saját céljaira térítés nélkül felhasználhatja.

Kelt: 2016.12.05.....

.....
hallgató aláírása

Tartalom

1. Bevezetés:	2
2. Adatgyűjtés.....	3
• Történeti áttekintés, ismeretek:.....	3
○ Általános helyzetkép a városról:	3
○ Történeti leírás:	3
• Meglévő korábbi fotók, vázlatok, térképek.....	6
• Feldolgozásra kiválasztott felvételek.....	6
3. Ortofotók előállításának módszerei	8
4. Technológiai folyamat	11
• Terepi előkészítés	11
• Képek tájékozása	20
○ Belső tájékozás:	21
○ Külső tájékozás:	21
• Ortofotók előállítása.....	23
• 1959-es Ortofotó	23
• 1979-es Ortofotó	37
• Ortofotók kiértékelése	43
5. Összefoglaló műszaki elemzés, értékelés	49
Irodalomjegyzék:	51
Mellékletek	52

1. Bevezetés:

Szakedolgozatom célja három, egy területről készült légifelvételekből előállított ortofotók összehasonlítása volt. A feladat során el kellett végezni a belső és külső tájékozást. Az összehasonlítás során vonalas elemeket vettem össze. (épületek, utak). Ezáltal megállapítom milyen és mekkora mértékű változások mentek végbe. A vizsgált terület Mezőtúr belterületének egy része, ami tartalmazza azokat a sűrűn lakott belvárosi területeket is ahol az elmúlt ötven évben nagymértékű változások mentek végbe. Az így elvégzett feladat két szempontból is fontos: amellyel hogy elkészítettem az ötvenes és hetvenes évekbeli légifelvételek segítségével az ortofotókat és közben bemutattam és meg tapasztaltam a folyamat mögött álló technológiai hátteret, megállapítottam, hogy milyen mértékű és kiterjedésű változások mentek végbe a városképben.

A szakdolgozathoz felhasznált múltbeli légifelvételeket ingyenesen le lehetett tölteni a fentrol.hu weboldalaról. Az említett oldalon a FÖMI légifilmtárában szereplő felvételek egy részének a digitalizált változata érhető el 1959-től kezdve, de ez az adatbázis folyamatosan bővül. Mezőtúrról két időpontban készült felvételeket lehetett elérni az oldalról: Az egyik felvételsorozat 1959. október 13.-án készült, a másik 1979. augusztus 30.-án. Mind a két felvételsorból 3-3 felvételt használtam fel az ortofotók előállítása során. Az 1979-es felvételekből: 0651, 0652, 0653, az 1959-es felvételekből 6827, 6829, 6830 képszámu felvételeket töltöttem le.

A választott felvételek közös területén lévő illesztőpontok kiválasztását a múltbeli és jelen állapotok összehasonlítására alapoztam. Olyan jól irányozható elemeket kerestem, melynek a helyzete az évek során nem változott. Később ezeket a kiválasztott pontokat Leica 1200-as GPS vevővel mértem meg hálózatos RTK módban. Az így kapott koordinátákat használtam fel a továbbiakban.

Azért választottam az alábbi témát és feladatot szakdolgozatom tárgyaként, mert közelebbről és részletesen is meg akartam ismerni a technológiában rejlő lehetőségeket, valamint a feldolgozott adatok segítségével Mezőtúr fejlődésének folyamatát is érzékeltetni tudtam. Mivel a környező városokban is hasonló ütemű fejlődés ment végbe, így a kapott eredményekből következtetni lehet a térségben végbement változások mértékére is.

2. Adatgyűjtés

- **Történeti áttekintés, ismeretek:**

- **Általános helyzetkép a városról:**

Mezőtúr városa Jász-Nagykun-Szolnok megyében, a Budapest-Lökösháza vasútvonal mentén fekszik, a Hortobágy-Berettyó csatorna partján. A város területe a Hortobágy-Berettyó főcsatorna és a Körösök közötti síkság déli területén helyezkedik el. Ez a terület a Nagysárrét mocsaras, ingoványos területétől kiindulva a Körösök kiterjedt árterületéig húzódik. Fekvése a környező területekhez hasonlóan alacsony. Mezőtúr és a térség éghajlata az országban a legszárazabb. „*Átlagos tengerszint feletti magassága 84-85m. A Szolnok-Mezőtúr vonal évi csapadékmennyisége évi átlagban 480-500 mm.*”[2] *Napsütéses óráinak évi összege 2000-2100 óra.* A folyószabályozásokat megelőző korokban a Körös és Berettyó évről évre megismétlődő áradásai, mocsaras és lápos területeket, vizenyős réteket alakítottak ki, ezeket a vízjárta területeket helyenként nyílt vizek szakítottak meg. Az időközönként vízzel fedett területek mértéke a környező folyóvizek szabályozása előtt meghaladta az összhatar 60 százalékát. Az áradások idején csak azok a területek voltak biztonságban a vízzel való elöntéstől, melyek a környező területeknél magasabban feküdtek. Mezőtúr városa is egy ilyen területen lett alapítva.[2]

- **Történeti leírás:**

Több történelmi bizonyíték is fennmaradt, arra vonatkozóan, hogy a honfoglaló magyar törzsek egy uralkodó rétege Túr (a mai Mezőtúr) határában telepedett le. Erre bizonyítékként szolgál a korszakból fennmaradt jelentős számú feltárt lovas sír és egyéb, a korszakból származó használati eszközök. „*I. nagy Lajos király 1378-ban mezővárosi rangra emelte a települést.*”[2] A középkorban főként állattenyésztéssel és szőlőtermesztéssel foglalkoztak a környező területeken, „*a szántóföldi gazdálkodás csak másodrendű szerepet töltött be*”[2]. Mivel a település fontos kereskedelmi útvonal mentén feküdt, ezért az itt megrendezett vásárok egyre jelentősebbek lettek. A fejlődő kereskedelemnek köszönhetően a helyi mesteremberek és kézművesek érdekvédelmük biztosításaként céhekbe tömörültek. A település és térsége tevékenyen részt vett az 1514. évi parasztháborúban. A török ellen megkezdett hadjárat egyik gyülekező helyéül Túr városát is meghírdették. Miután a parasztháborúvá alakult kereszties hadjárat elbukott, az azt követő megtorlások alatt a nemesi családok Mezőtúr városát vették elő, mint az egyik fő felbujtót. A város lakói közül 900-nál többen álltak be Dózsa hadseregébe. Az 1526-os Mohácsi csatavesztés következtében az ország három részre szakadt: magyar királyi, erdélyi, és török fennhatóságú területekre. Miután a törökök rövid ostromot követően 1552. Szeptember 4.-én elfoglalták Szolnokot a Körös-Berettyó vidéke török ellenőrzés alá került. Attól függetlenül, hogy a török hódoltság időszakában Túr szultáni birtok volt, az adót mindhárom hatalmi csoportosulásnak fizetnie kellett. Mezőtúr városa az elsők között volt, akik csatlakoztak a reformációhoz, a lakosság nagy része 1551-re már a kálvinista hitet vallotta. A kálvinizmus Mezőtúron, évszázadokon keresztül működő és virágzó iskolát alapított, ez az intézmény a debreceni kollégiumnak a részeként működött. Az iskolát a város református lakossága tartotta fent, a szegény sorsú családok gyermekeinek a tanulási lehetőségeit anyagiakkal is elősegítették.[2]

A császári hadsereg csapatai Szolnok várát 1685. október 19.-én foglalták vissza a török erőktől. Az ezt követő 1685 és 1695 között eltelt 10 évben, Mezőtúr és a környező térség a felszabadító császári hadsereg és a török csapatok fosztogatásának volt kitéve. Ezért a lakosság jelentős része elmenekült. A menekültek csak 1699-ben, Rákóczi Ferenc által kiadott visszatelepülési engedély után tértek vissza. Mezőtúr a Rákóczi féle szabadságharcban is részt vett. A rácok és labancok 1703-tól kezdődő folyamatos támadásai miatt a lakosságot ideiglenesen megint kitelepítették. Mezőtúr városa a XVIII. század parasztmozgalmaiban, a jobbágyságot érő terhek és adók aránytalanul nagy növekedése és a protestánsokat érő vallási egyenjogúság hiánya miatt teljes erővel részt vett. A parasztmozgalmak megbukása után a császári erők a térséget megtorlással büntették.[2]

A XVIII. század második felére a város népessége, gazdasága és kereskedelme a korábbi évekhez képest jelentősen fejlődött, de ezzel egy időben a város lakosságában egyre nagyobbak lettek a gazdasági különbségek, ez arra is visszavezethető hogy a városrészek különböző terheket viseltek. Az „alsórész”-nek nevezett terület (a város déli része) a földesúr urbárium alá helyezte. Ez az intézkedés mérhetetlen terhet jelentett az alsórészieknek. A város északi része („felsőrész”) amellet hogy az itteni terület termőföldjének minősége sokkal jobb volt, mint délebbre, a kivetett adók mértéke se volt olyan nagy.[2]

A 19. század első fele rettentően nagy megpróbáltatásokat hozott a város lakóinak a számára. Az 1810-es évekbeli pénzleértékelés nagyon rosszul érintette az elszegényedett jobbágyságot és a zselléreket (saját földet ne rendelkező bérmunkások). Tovább súlyosbította a helyzetet, hogy ebben az évtizedben több nagypusztítású árvíz sújtotta a területet. A természeti csapásokat csak tetőzte, hogy 1829-ben egy szélvihar alatt kitört tűzben a város jelentős része, a lángok martalékává vált. 1831-ben kolerajárvány tört ki, amiben több mint ezer ember meghalt. A március 15.-ei események hírére Mezőtúr város lakossága kitörő lelkesedéssel fogadta. A Tisza menti községek jelentős részének férfi lakossága a Mezőtúron székelő 3. zászlóaljhoz vonult be. Kiemelten fontos volt a térségben lakók számára hogy a mezőváros azon lakói is felszabadultak a földesúri uralom alól, akik még nem kötötték meg az örökváltási szerződést. 1849 július végén szállták meg az osztrákok a térséget. A forradalom leverése után, mint az egész országban így Mezőtúr és térségében is megtorlások következtek. A lakosságra kirótt adókat és terheket a korábbiakhoz képest többszörösére emelték meg. A település viszonylagos bezártsága akkor szűnt meg véglegesen, amikor 1858-ban elkészült a Budapest- Szolnok- Mezőtúr- Békéscsaba- Arad vasútvonal, valamint ebben az időszakban zajlottak a folyószabályzási munkálatok, ami kiemelten fontos volt a térség számára. 1850-től jellemzően nagymértékben megnövekedett a tanyák száma. Az állandóan tanyán élők száma 1900-ra elérte 9189 főt, a lakosság 36 %-át. Az egészségügyi ellátás fejlődése ebben az időszakban kedvezőtlenül haladt. Nagy volt a csecsemő és gyerekhalandóság.[2]

Az első világháborúban való részvételt először pozitívan fogadta a lakosság, de az idő haladtával, ahogy egyre nőttek a háborús kiadások és így a lakosságra helyezett terhek, valamint a besorozott katonák áldozatai (több mint ezer ember) az általános elégedetlenség egyre növekedett. A háború során a mezőgazdaságban kiesett foglalkoztatottakat orosz hadifoglyokkal próbálták meg pótolni. A világháború végét követően a térséget román csapatok szállták meg, a tanácsköztársaság sikertelen tiszántúli felszabadító hadjáratát

követően megnövelték a román csapatok számát a térségben. A román csapatok kivonulása után a városban megerősödtek a jobboldali politikai szervezetek. A gazdasági válság legkomolyabban a térségben élő idénymunkákat vállaló kubikusokat és munkanélkülieket érintette. A munkanélküliség csökkenését háborús készülődés hozta meg 1936-tól kezdődően. A 2. világháború alatt a német megszállás során a helyi hatóságok a zsidó lakosságot, mintegy 450 embert a korábbi téglagyár területén kialakított gettóba deportáltak. Június 16.-án szállították el őket a haláltáborokba. A szovjet csapatok 1944. október 22.-én érték el a várost.[2]

A városképen látható jelentős változások, építkezések és beruházások a hatvanas évektől kezdődve fejlődtek és növekedtek. Ezek a városfejlesztések a hetvenes években érték el a csúcst, majd a nyolcvanas években folyamatosan csökkentek. A város vasúton túl és a Hortobágy-Berettyó csatornán túleső területek fejlesztésére és beépítésére a hatvanas évektől volt tapasztalható nagymértékű növekedés. Ennek az évtizednek végén kezdődött el az a kezdeményezés is, hogy a meglévő üzemeket bővítsék, valamint egyes budapesti üzemeket Mezőtúrra telepítsenek. Ezek név szerint az akkori Dózsa cipőipari KTSZ, Fémfeldolgozó KTSZ, Ruházati KTSZ, VILLGÉP elektrotechnikai vállalat. Ezt az is elősegítette, hogy a város az iparfejlesztési alaphól támogatott terület volt, valamint az hogy az említett üzemeknek kijelölt ipari területek közművesítése már korábban elkészült. Az iparfejlesztési alap támogatása minden ipari beruházásra kitért és ebben az időszakban elért e az 50%-os támogatást. Ezek 1600 új munkahely megjelenését tették lehetővé. Ettől függetlenül a meglévő ipari üzemek nem lépték túl a kisüzemi kereteket és ezek a meglévő egységek többsége szétszórtan, korszerűtlenül helyezkedtek el ami a városképet is rontotta. 1972-től kezdve főiskolai szintű mezőgazdasági gépész üzemmérnök képzés indult be. Fontos lépés volt a település fejlődésében, a városi strand és sport komplexum megépülése a 80-as évek elején.[3]

Az utak állapota a 70-es és 80-as évekre ugyan a régebbi állapotokhoz képest jelentősen fejlődött, de még így is jelentős számú mellékút maradt meg földútnak, amit csak kétezres évekre tudtak burkolattal ellátni. A csatornázás is csak részleges volt és az is csak a város központibb részre terjedt ki. A csatornázás fejlesztése az útfejlesztésekkel egy időben történt.

- **Meglévő korábbi fotók, vázlatok, térképek**

A munkához szükséges felvételek FÖMI által üzemeltetett fentről.hu digitális adatbázisról tudtam ingyenesen elérni, melyeket tif formátumban lehetett letölteni. Ezekhez a felvételekhez tartozó adatokat nem lehetett közvetlenül elérni, viszont a fényképezés dátuma alapján és a használt kameratípus ismeretében (a keretadatokról leolvasható volt) a szükséges és nélkülözhetetlen kamera adatokat meg tudtam szerezni.

A legújabb állapotot bemutató felvételeket az illetékes szervektől (Földmérési és Távérzékelési Intézet) kértem el adatigénylés módján. Az adatigénylésben megadtam annak a tárgyat, valamint a kérdéses terület bal felső és jobb alsó sarkának a koordinátáit EOVS rendszerben:

„Digitális ortofotó részlet Merzőtúr belterületéről, felvételezés éve: 2015, felbontás: 0.4 m/px, TIF formátum: bal felső sarok: y=768400,x=187000; jobb alsó sarok: y=770700,x=185000”

- **Feldolgozásra kiválasztott felvételek**

Az 1959-es felvételeket az Élelmiszeripari Minisztérium megrendelésére készítették 1959. október 13.-án. Összesen 115 darab felvételt készítettek Cegléd, Kisújszállás, Mezőtúr és Túrkeve területéről. A munkámhoz 3 darab felvételt használtam fel, amelynek a képszámai: 6827, 6828, 6829. Megszereztem a légifényképekhez tartozó Légifénykép negatívanyag törzslapot, viszont ez sok adatot nem tartalmazott (1. számú melléklet). Ezek a felvételek Mezőtúr belterületének jelentős részét fedik le. A kamera neve alapján meg lehetett keresni a kamera kalibrációs jegyzőkönyvet (3. számú melléklet).

- Légifényképező kamera típusa: Wild RC5 (objektív toldat száma: 15 Ag 114)
- Ck= 152,48 mm
- Hrep= 1400 m
- Közelítő képméret: 1:9200
- Filmtípus: AGFA

Az 1979-es felvételeket a Földmérő és Talajvizsgáló vállalat megrendelésére készítették 1979. augusztus 30.-án. Összesen 65 darab felvételt készítettek melyek Mezőtúr területét is magába foglalták. A munkámhoz ebben az esetben is 3 darab felvételt használtam fel a meglévő felvételek közül, amelynek a képszámai: 0651, 0652, 0653. Ezek a felvételek is Mezőtúr belterületének jelentős részét lefedik, de valamivel kisebb területet mert a légi felvételek alacsonyabb magasságból készültek el. Ebben az esetben egy részletesebb Légifénykép negatívanyag törzslap állt a rendelkezésemre (2. számú melléklet), valamint a karon megvolt a kamerához tartozó kamera kalibrációs jegyzőkönyv (4. számú melléklet).

- Légifényképező kamera típusa: RC 8 (UAG objektív)
- Ck= 152,46 mm
- Hrep= 1000 m
- Közelítő képméret: 1:6600

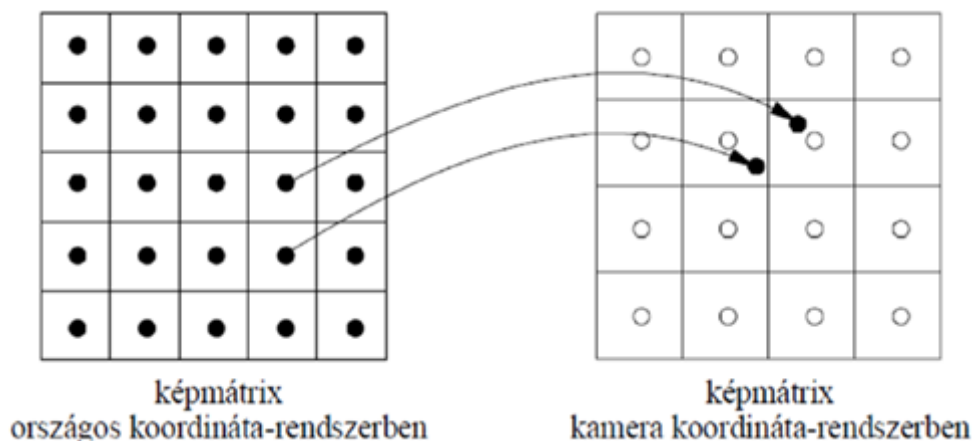
- Filmtípus: AGFA Gevaert

A felsorolt felvételek digitális formában álltak a rendelkezésemre. A felvételek nagypontosságú beszkennelését a FÖMI végezte el (a felvételek a FÖMI légifilmtárában találhatóak). Ez a projekt Európai Unió támogatásból valósult meg.

3. Ortofotók előállításának módszerei

A digitális ortofotó egy olyan különleges transzformátum, mely a centrális vetítéssel létrehozott légi felvételek ortogonális vetületbe történő áttanszformálását követően jön létre. A centrális és az ortogonális vetületek közötti nagymértékű eltérés akkor tapasztalható, ha a kiértékelendő területen nagy magasságkülönbségek vannak (Ez a probléma az én mérésemet szerencsére nem érintette, mert Mezőtúr területe egy teljesen sík alföldi terület). Az digitális ortofotó létrehozása alatt lényegében két eltérő torzulást, a perspektív és a magassági torzulást küszöböljük ki.[8]

A digitális ortofotók kialakításaikor abból az elméletből indulunk ki, hogy az országos koordináta-rendszer XY síkján létrehozhatunk egy képmátrixot a kamera-koordináta rendszerben adott képmátrixból. (Az előbb leírt esetben tárgykoordináta-rendszer helyett azért egy országos koordináta-rendszert említettünk meg, mert a digitális ortofotók előállítása a gyakorlatban, elsősorban a légi fotogrammetriában, s nem a közel-fotogrammetriában történik.) 1. ábra: A digitális ortofotók létrehozása első lépésében, a kívánt képmátrixnak az országos koordináta-rendszernek XY síkjában történő definícióval kezdődik. Ezt követően az itt előállított kép képelemeinek középpontjait a kamera koordináta-rendszerbe transzformáljuk.[11]



1. ábra. A képmátrix transzformálása az országos koordináta-rendszerből a kamera koordináta-rendszerbe

Ennek a transzformációnak fontos előfeltétele az, hogy az XY síkban lévő raszterpontok X koordinátái mind ismeretek legyenek. A Z koordinátákat általában digitális magassági modellekből határozzák meg és vezetik le oly módon, hogy a terepnek a jellemző vonalait is figyelembe veszik a folyamat során (mivel a terület, melyről az ortofotót készítettem sík, ezért egy átlagmagasságot adtam meg). Feltételezzük, hogy az előállítandó digitális ortofotó létrehozásához szükséges digitális kép belső (C_k : kameraállandó, ξ_0, η_0 : képfőpont koordinátái, amely igazított kamera esetében megegyezik a képközépponttal, ekkor az értéke 0) és külső tájékozási elemei (6 adat: X_0, Y_0, Z_0 : vetítési középpont koordinátái, κ, φ, ω : a képsík forgatási szögei) ismertek. Ekkor az eredeti képen kiszámíthatók a korábban már említett képmátrixnak, az XY síkon definiált pixeleinek a középpontjai. Ennek a folyamatnak a számításához a centrális vetítés egyenletét használhatjuk fel. A leképzés során figyelembe lehet

venni az objektív elrajzolását és a refrakciót is (viszont én ezt, a digitális ortofotók előállításánál nem alkalmaztam).[11]

A transzformációval, a kamera koordinátarendszerben kapott képi hely ismeretében kell azt a pixelt „kiválasztanunk”, melynek az intenzitásértékét a terepen meghatározott képmátrixnak az adott képeleméhez rendeljük. Az így megvalósított újramintavételezéssel két fontos kérdésre keressük a választ: azt hogy milyen intenzitásértékeket adjunk meg az újonnan létrejött pixelekből, valamint azt, hogy ezt hogyan számítsuk ki a régi pixelek alapján.[1]

- Legközelebbi szomszéd módszer:

Az újramintavételezés egyik legismertebb módszere a legközelebbi szomszéd szerinti hozzárendelés. Eszerint a transzformált pontokhoz az eredeti képen lévő legközelebbi pixelek szűrési fokozatát rendeljük hozzá. Ennek a módszernek az Előnye az eljárás viszonylagos gyorsasága, valamint az hogy az eredeti intenzitásértékek megmaradnak, hátránya, hogy ennél az eljárásnál a vonalas elemek megjelenítése az ortofotón lépcsős és töredezett lesz (alias effektus). [1]

- Bilineáris interpoláció:

Az újramintavételezési eljárások közül az egyik legsűrűbben alkalmazott megoldás a bilineáris interpolációt, mely munkaigényesebb módszer, mint a legközelebbi szomszéd módszere, viszont a vonalas elemek kevésbé töredeztettek, „simábbak” az ortofotón. Hátránya a homályosodás és az eredeti intenzitások módosulása. Az ortofotók előállításánál ezt a módszert alkalmaztam.[1]

A digitális ortofotó fontosabb előnyei, jellemzői:

- a képi megjelenítés tárgyilagos, a pillanatnyi állapotot rögzíti (környezet felmérése, földhasználat),
- nagy területről szolgáltat megbízható adatokat, rövid időn belül
- nagymennyiségű minőségi információt tartalmaz,
- az ortofotó képtartalma egyszerű kontrasztműveletekkel módosítható, átalakítható, a képminőség javítható, képrészletek jól illeszthetők (mozaikolás)
- a digitális ortofotók által tárolt adatok számítógéppel, digitális munkaállomással mérhetők, elemezhetők,
- a digitális ortofotó használata térbeli elemzést tesz lehetővé, az előbbi elemzések során a minőségi információkhoz koordinátákat rendel,
- nem terheli a generalizálás problémája,
- a felhasználó mindig az általa használni akart méretarányban szemlélheti és használhatja a képet (nincs információvesztés),
- térinformatikai rendszerek adatbázisának önálló rétegeként használható
- tartalmi feldolgozásuk a különböző digitális képfeldolgozó szoftverek osztályozási, alakfelismerési stb. funkcióit felhasználva elvégezhető.[1,11]

A digitális ortofotókat az imént részletezett előnyei és tulajdonságai miatt számos szakterületen belül hasznosítják. Például: topográfiai térképezés, kataszteri térképezés, környezetállapot felmérése, építészeti felmérések.

A digitális ortofotók előállításának folyamata:

- Projekt indítása, beállítása.
- Kép belső tájékozása.
- Illesztőpontok kijelölése, külső tájékozás.
- Digitális domborzatmodell elkészítése.
- Foto-transzformáció ortografikus vetületbe.
- Digitális ortofotó generálása.

4. Technológiai folyamat

- **Terepi előkészítés**

Illesztőpontmérés:

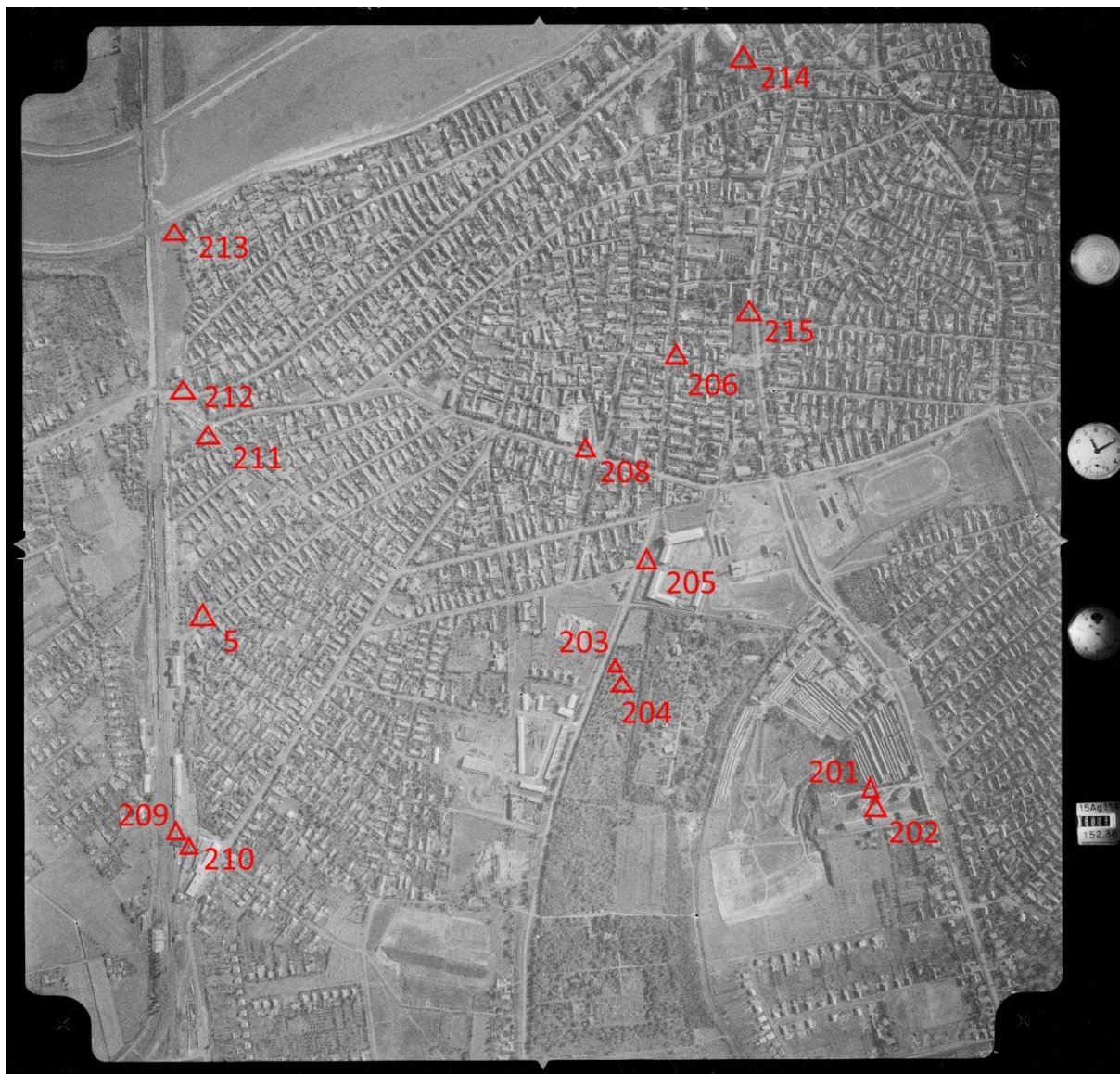
Az illesztőpontmérés során vízszintes és magassági illesztőpontokat szolgáltatunk légiháromszögelési és a fotogrammetriai kiértékelési folyamatokhoz és térképkészítési munkákhoz. Az illesztőpontmérés folyamata, ha légiháromszögelést a feldolgozás során nem végzünk, tisztán geodéziai pontmeghatározásnak felel meg. Az illesztőpontmérés végrehajtásához ismernünk kell a különböző fotogrammetriai kiértékelések illesztőpont igényeit és az alapján kell megválasztani a mért illesztőpontok számát és elhelyezkedését. Az elvégzendő térkiértékeléseknél az illesztőpontok a képpárok abszolút tájékozásához szükségesek. Ezt a műveletet közvetve, 7 koordináta adat (két vízszintes illesztőpont 4 adata és három magassági illesztőpont 3 adata) ismeretében hajthatjuk végre. Viszont azt is figyelembe kell venni, hogy az ellenőrzés és a lehetséges hibák kiküszöbölése miatt ez nem elegendő pontmennyiség. Tehát az esetleges hibás illesztőpontok, fotogrammetriai kiértékelések hibaforrásainak kiszűrésére, minden modell hasznos területére az alábbi illesztőpont igények az ajánlottak:[6]

- 4 db vízszintes illesztőpontot igényelnek, a modellsarkok közelében elhelyezve, valamint
- 5 db magassági illesztőpontot, amelyek, ha erre a lehetőség adott, a fent említett vízszintes illesztőpontokkal azonos pontok legyenek (ezek a pontok akkor egyben vízszintes és magassági pontok) a modell négy sarkában, illetve az ötödik pont a modell középső részére essen.

Meghatározási módszerek:

- geodéziai mérési módszerek (pontkapcsolások, GPS mérés),
- fotogrammetriai módszerek (a mai gyakorlatban használt analitikus légiháromszögelési eljárások: pl.: sorháromszögelés, tömbháromszögelés, sugárnyaláb módszer)[6]

A munkám során GPS méréssel határoztam meg a számomra szükséges illesztőpontokat (2. és 3. ábra).



2. ábra: 59-es felvételen megtalálható pontok



3. ábra: a 79-es felvételen megtalálható pontok

GPS-el megmért összes pont:

	Pontszám: 1
	felvételeken való elhelyezkedése: 0652, 0653
	Y=769766.835X=185637.251Z=85.075

	Pontszám: 2
	felvételeken való elhelyezkedése: 0651, 0652, 0653
	Y=770050.510 X=186554.146 Z=84.595

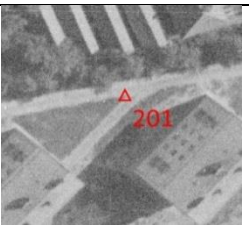
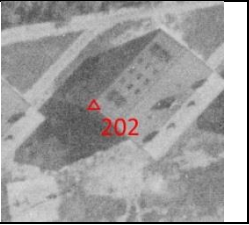
	Pontszám: 3
	felvételeken való elhelyezkedése: 0651, 0652, 0653
	Y=769496.642 X=186004.829 Z=84.315

	Pontszám: 4
	felvételeken való elhelyezkedése: 0651, 0652, 0653
	Y=769737.591 X=186312.829 Z=84.241

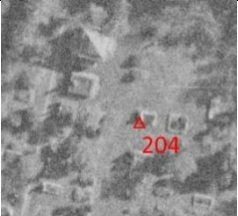
79-es felvételen:	59-es felvételen:	Pontszám: 5
		felvételeken való elhelyezkedése: 0651, 0652, 6827, 6828, 6829
		Y=769593.132 X=186534.480 Z=84.233

	Pontszám: 6
	felvételeken való elhelyezkedése: 0651, 0652
	Y=769580.282 X=186791.956 Z=84.643

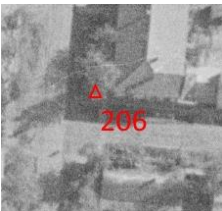
	Pontszám: 7
	felvételeken való elhelyezkedése: 0652, 0653
	Y=770111.110 X=185830.486 Z=85.776

	Pontszám: 8
	felvételeken való elhelyezkedése: 0652, 0653
	Y=770139.963 X=186260.900 Z=84.525
	Pontszám: 9
	felvételeken való elhelyezkedése: 0651, 0652
	Y=769327.333 X=186478.284 Z=83.993
	Pontszám: 10
	felvételeken való elhelyezkedése: 0651, 0652
	Y=768856.137 X=186102.616 Z=84.250
	Pontszám: 11
	felvételeken való elhelyezkedése: 0651, 0652
	Y=768875.166 X=186100.252 Z=84.421
	Pontszám: 201
	felvételeken való elhelyezkedése: 6827, 6828
	Y=768836.291 X=185506.775 Z=85.558
	Pontszám: 202
	felvételeken való elhelyezkedése: 6827, 6828
	Y=768821.943 X=185509.157 Z=85.506

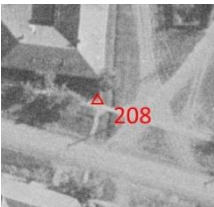
59-es felvételen:	79-es felvételen:	Pontszám: 203
		felvételeken való elhelyezkedése: 0651, 0652, 0653, 6827, 6828, 6829
		Y=769240.970 X=185865.653 Z=84.963

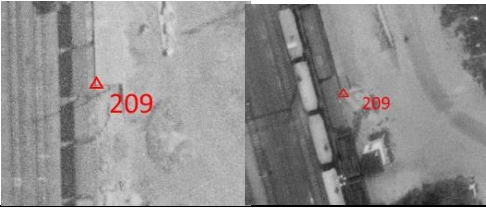
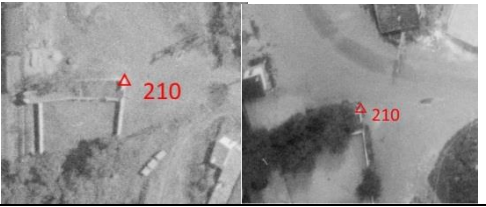
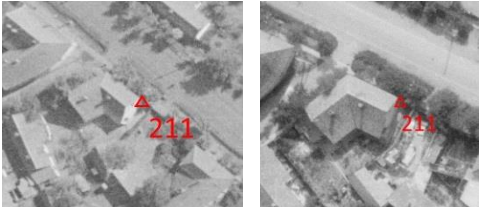
	Pontszám: 204
	felvételeken való elhelyezkedése: 6827, 6828, 6829
	Y=769232.758 X=185857.331 Z=84.709

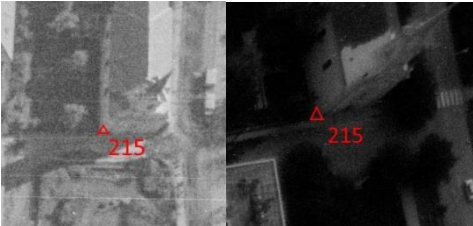
	Pontszám: 205
	felvételeken való elhelyezkedése: 6827, 6828, 6829
	Y=769387.990 X=185748.038 Z=85.143

59-es felvételen:	79-es felvételen:	Pontszám: 206
		felvételeken való elhelyezkedése: 0652, 0653, 6828, 6829
		Y=769730.730 X=185565.579 Z=85.347

	Pontszám: 207
	felvételeken való elhelyezkedése: 0652, 0653
	Y=769719.221 X=185570.898 Z=85.314

59-es felvételen:	79-es felvételen:	Pontszám: 208
		felvételeken való elhelyezkedése: 0652, 0653, 6827, 6828, 6829
		Y=769623.898 X=185775.524 Z=85.383

59-es felvételen: 79-es felvételen:		Pontszám: 209
		felvételeken való elhelyezkedése: 0651, 0652, 6827, 6828
		Y=769252.037 X=186750.583 Z=86.691
59-es felvételen: 79-es felvételen:		Pontszám: 210
		felvételeken való elhelyezkedése: 0651, 0652, 6827, 6828
		Y=769219.104 X=186739.243 Z=85.565
59-es felvételen: 79-es felvételen:		Pontszám: 211
		felvételeken való elhelyezkedése: 0651, 0652, 0653, 6827, 6828, 6829
		Y=769861.964 X=186409.880 Z=84.388
59-es felvételen: 79-es felvételen:		Pontszám: 212
		felvételeken való elhelyezkedése: 0652, 0653, 6827, 6828, 6829
		Y=770020.721 X=186454.223 Z=85.633
59-es felvételen: 79-es felvételen:		Pontszám: 213
		felvételeken való elhelyezkedése: 0652, 0653, 6828, 6829
		Y=770299.397 X=186349.783 Z=83.976
		Pontszám: 214
		felvételeken való elhelyezkedése: 6828, 6829
		Y=770217.670 X=185256.283 Z=85.543

59-es felvételen: 79-es felvételen:	Pontszám: 215
	felvételeken való elhelyezkedése: 0652, 0653, 6828, 6829
	Y=769770.028 X=185416.981 Z=85.270

Ezeknek a pontoknak a mérése két időpontban történt: 2016. április 27-28.-ig, valamint 2016. szeptember 27-28.-ig. Ennek fő oka az volt, hogy az első mérés során a rendelkezésre álló idő alatt csak olyan pontokat tudtam mérni, melyek a 79-es felvételeken jól meghatározhatóak voltak. Így a második mérés során az volt a lényeg, hogy olyan pontokat tudjak mérni a terepen, melyek a régebbi, 1959-es felvételeken szerepelnek és fel lehessen használni őket illesztőpontoknak.

Az első mérés során az időjárási körülményeknek köszönhetően nem lehetett a mérést az első nap befejezni. A második mérés során nem merültek fel külső, a mérést hátráló tényezők.

A méréseket Egy GPS vevővel végeztem, amit az iskolából lehetett kikérni. Ez a GPS egy Leica 1200 GNSS vevő volt. Ez a GPS a Leica 1200-as műszercsalád tagját képezi, kétfrekvenciás, GPS és Glonass műholdak jelének vételére is alkalmas geodéziai vevő. Vagy hálózatos RTK módban, vagy utófeldolgozással használható (ezt a módszert a mai gyakorlatban már nem sűrűn alkalmazzák), statikus és kinematikus mérések végezhetőek vele. A GNSS vevőhöz tartozó vezérlőegység menüje, valamint az adatszerkezete a TPS 1200-as mérőállomásokkal egyező.[4]

„A SmartRover fantázianevű műszer a tartórúdon lehelyezett önálló RTK-vevőt jelent, amely hálózatos RTK mérésére alkalmas. Ennek részei: kihúzható, 10 cm-ként beállítható tartórúd Wild- csúcs végződéssel, ATX1200 GG jelű GNSS vevő, egy akkuval, GHT56 jelű tartószerkezet+rögzítőcsavar, GSM modem+ SIM kártya+ GSM antenna+akku, RX1250Tc vezérlőegység (kontroller), ebbe helyezhető a CF-kártya, továbbá egy akku. A vevő és a kontroller között bluetooth kapcsolat van, a nyers mérési adatok a CF kártyán kerülnek tárolásra. A mért vektorok középpontja vízszintesen 5 mm+0.5 ppm, magasságilag 10mm+0.5 ppm. Ez vonatkozik a gyors statikus módszerre és a félkinematikus módszer megállásos helyeire egyaránt. A GPS mérés feldolgozása természetesen WGS 84 rendszerben történik, de ha a transzformációt automatikusan megoldó VITEL (Valós Idejű GNSS Helymeghatározásnál Használatos Terepi Transzformációs Eljárás) szoftvert telepítjük, akkor az eredmény EOV rendszerben és Balti magasságként is megjeleníthető”.[4]

A méréshez és a valós idejű szolgáltatáshoz szükséges belépési paramétereket (ntrip) a GNSSnet.hu-tól kaptam a szükséges időtartamra annak a feltételében, hogy azt csak szakdolgozati célokra használom, valamint hogy a kész szakdolgozatomat elküldöm számukra digitálisan.

A mérések előtt mérési konfigurációkat kellett megadni, amikben különböző mérési módokat lehetett beállítani: fkp, mac, vrs. későbbiekben a méréseket ezeknek a konfigurációk valamelyikével mértem. A pontok mérése során mindig oda figyeltem arra, hogy minden pont 3D CQ (kombinált vízszintes/magassági) pontossága 3 cm-nél ne legyen rosszabb ($3D\ CQ < 0.04$). Ellenőrzésképpen minden pontot legalább egyszer újramértem, vagy egy új konfigurációval, vagy ugyanabban a konfigurációban, de legalább negyed óra elteltével. Az első esetben az új konfiguráció választásával új kódlista töltődik be, valamint az inicializálás megszűnik, és azt követően újra inicializál a műszer, ennek köszönhetően nem ugyanabban a beállításban történik az újbóli mérés, ezért felhasználható ellenőrzésképpen. A második esetben a meghatározott idő elteltével a korábbi GPS műholdak továbbhaladásával és új műholdak megjelenésével (a műhold konstelláció megváltozásával) az újonnan megmért pont ugyanúgy felhasználható ellenőrzésképpen. Ilyen módon az 1-es és a 211-es pontot ellenőriztem. A méréseket pontonként viszonylag gyorsan meg tudtam mérni. Egyes esetekben olyan pontokat is meg tudtam mérni kellő pontossággal, ahol az égbolt egy része ki volt takarva (például fák vagy ház oldalak), de ezek több időt vettek igénybe, mint amikor nem volt semmilyen kitakarás. Voltak olyan pontok is, melyeket nem tudtam megmérni az akadályok miatt, ezek helyett másik pontot választottam vagy kihagytam őket.

A megmért illesztőpontok nagy számának a fő oka az volt, hogy a műszert csak rövid időtartamra lehetett kikérni. Másrészt azt is szem előtt tartottam, hogy abban az esetben, ha egyes pontok nem felelnek meg a követelményeknek (pontosság, jó meghatározhatóság), akkor is legyenek helyettük felhasználható pont. Miután a mérésekkel végeztem, a műszer cf kártyájáról átmásolt nyers mérési fájlból, a Leica Geo Office nevű szoftvert használva szöveges fájlba (txt formátum) exportáltam a mérési adatokat, a megfelelő beállítások mellett (5. számú melléklet).

VRS koncepció:

„A VRS (Virtual Reference Station) koncepciót Lambert Vanninger dolgozta ki 1997-ben, azt a Trimble cég megvásárolta, majd műszereibe beépítette. E koncepció szerint a mozgó vevőnek először el kell küldeni a központba a földrajzi helyzetének közelítő koordinátáit, ami kétirányú adatátvitelt feltételez a felhasználó és a központ között. A központ erre a helyre lokalizált mérési eredményeket vagy korrekciókat generál, majd ezeket a virtuális adatokat továbbítja a mozgó vevőnek.”[5]

A gyakorlatban központi szoftver a vevő környezetében (általában 5 km-en belül) lévő pontra generál fiktív, javított mérési adatokat, ezeket a referenciaméréseket a vevő hagyományos módon használja fel.[5]

FKP koncepció:

Ez a koncepció német eredetű (Flächen-Korrektur-Parameter), ugyanis a német geodéziai szolgálat alakította ki az ottani aktív hálózatban ennek a korrekciónak a szabványosítását. Az elv szerint a központi szoftver külön-külön határozza meg a korrekciós paramétereket minden egyes permanens állomáshoz. Ezeknek a korrekcióknak a modellezéseire egy felületet használnak egy-egy permanens állomás esetében. A gyakorlatban ezt a kiegyenlítő síkokkal oldják meg, mely hatékonynak bizonyult. Ezeknek a kiegyenlítő felületek dőlésének É-D-i és K-Ny-i irányú összetevője két paraméternek felel meg. Ennek az egyszerű lineáris modellnek

a működése és megbízhatósága a gyakorlatban hatékonynak bizonyult. Az FKP koncepció a gyakorlatban úgy működik, hogy a felhasználandó korrekciós paramétereket a központ határozza meg, de a korrekciók számítása a vevőnél történik, miután egy permanens állomás adatait is megkaptuk.[5]

MAC koncepció:

A MAC- koncepció a Leica cég által ajánlott mérési konfiguráció (Master Auxiliary Concept-MAC) célja az, hogy minden fontos információt (nyers mérési adatokat és korrekciókat) továbbítsa a vevőnek tömörített formában, elkülönítve abban a gyors és lassú változású korrekciókat.

„A MAC- koncepció szerint a hálózat klaszterekre és cellákra osztható. Hálózat alatt itt most azon permanens állomások összességét értik, amelyek méréseit a központi szoftver feldolgozza és továbbítja. A klaszter egymást átfedő részhálózatokat jelent, amelyet együttesen számítanak és amelyben a pontpárok közötti ciklustöbbsértelműségi-értékek azonosak.”[5] (A ciklus-többsértelműség a fázismérés kezdetének időpontjában a vivőhullám N egész számú periódusainak darabszámát jelenti, a ciklus-többsértelműség feloldása alatt az N értékének a meghatározását értjük.)

„Az egyes klaszterek átfedik egymást, azaz a szomszédos klasztereknek vannak közös pontjaik. A cella a klaszter azon részalmeza, amelyet egy-egy mozgó vevő felhasznál helymeghatározás során. A cellán belül kerül kijelölésre a főállomás és a segédállomások. A cellához tartozó állomások kijelölése attól függ, hogy a felhasználó és a központ között kétirányú vagy egyirányú-e a kapcsolat.”[5]

Kétirányú kapcsolat kialakításakor a mozgó vevő elküldi a saját földrajzi a pozícióját a központnak, ahol a központi szoftver kiválasztja a pozíció szerint kialakított cellához tartozó állomásokat és adja meg azok közül a főállomást. Egyirányú kapcsolat abban különbözik ettől a folyamattól, hogy a felhasználó előre definiált cellák közül választhat, amelyeket előzőleg a központi szoftvert működtető operátor automatikusan kijelölt. A cellák kiválasztásának a feltétele tehát az előre definiált cellák ismerete, illetve azt, hogy a felhasználó tudja, hogy a mérés pillanatában éppen melyik cellában tartózkodik.[5]

• Képek tájékozása

„A képek tájékozása alatt a térmodell előállítását értjük a tárgy koordinátarendszerben (ez általában a geodéziai koordinátarendszert jelenti). A térmodell előállításához kiindulásként egy sztereoképpárra van szükség. A tájékozást alkalmazhatjuk egy mérőképre, képpárra, képsorra vagy több képsorból álló tömbre is.”[7]

A képek tájékozásait két fő csoportba sorolhatjuk: a belső és a külső tájékozásokba. A „belső” jelző a belső tájékozásban arra utal, hogy a képet a felvevő berendezéshez, a kamerához képest tájékozzuk. „A „külső” jelző alatt pedig azt értjük, hogy a kép, illetve képpár helyzete egy külső (képsíkon kívüli) térbeli koordinátarendszerben ismert.”[7]

○ Belső tájékozás:

A belső tájékozáson a vetítési középpont centrális kollineációjának a helyreállítását értjük. „A sík projektív transzformációját centrális kollineációnak nevezzük, ha a megfelelő pontokat összekötő egyenesek egy ponton haladnak keresztül. Ezt a pontot a centrális kollineáció centrumának nevezzük.”[10] Az analitikus és digitális fotogrammetriában egyaránt, a centrális kollineációt biztosító elemeket (a kamera belső adatait: ezek a képfőpont koordinátái (ξ_0, η_0) és kameraállandó (C_k)) ismertnek vesszük, ezért a képek belső tájékozásának a feladata egy síkbeli transzformációs feladatra korlátozódik.

„A cél azon transzformációs állandók meghatározása, melyekkel a mért műszer koordinátákat (digitális képen pixel koordinátákat) át lehet számítani képkoordinátákká. Vagyis kapcsolatot kell teremteni a műszer (vagy a pixelekből álló kép) és a kép koordinátarendszer között. A transzformációs állandók kiszámításához az affin transzformáció geometriai szempontból jobban illeszkedik a feladathoz és így pontosabb eredményt ad, mint a Helmert transzformáció.”[7]

A belső tájékozás a következő lépésekből áll:

1. A kamera ismert belső adatainak megadása
2. A keretjelek mérése
3. Transzformációs paraméterek kiszámítása és eltárolása
4. A kapott középhibák elemzése

○ Külső tájékozás:

A képek külső tájékozása során azt a feladatot hajtjuk végre, hogy megadjuk a képsíknak és a vetítési centrumnak a helyzetét a tárgy-koordinátarendszerben (ebben az esetben geodéziai koordinátarendszer). Egy sztereoképpár külső tájékozását el tudjuk végezni két egymásra épülő tájékozás végrehajtásával.

Első lépésben, a relatív tájékozás elvégzésével előállítjuk a térmodellt egy térbeli modell-koordinátarendszerben, amely még egyelőre nem kapcsolódik az említett tárgy koordinátarendszerhez. Így kijelenthetjük, hogy a relatív tájékozás célja a térmodell előállítása. Ha ezt a tájékozás kihagynánk a folyamatból, akkor a képpároknak sztereoszkópikus szemlélése nem lenne lehetséges, mivel a összetartozó pontok vetítési sugarai abban az esetben nem lennének egy síkban.[7]

Az ezt követő abszolút tájékozás végrehajtásával a modellt áttranszformáljuk a tárgy (vagy másképpen geodéziai) koordinátarendszerbe, ez a folyamat két térbeli koordinátarendszer közötti transzformációt tartalmaz. A modell- és a tárgy koordinátarendszer (ez korábban említett geodéziai koordinátarendszer) között kell a transzformációs paramétereket meghatároznunk. Erre a célra egy 7 darab paraméterrel rendelkező térbeli hasonlósági transzformációt (térbeli Helmert transzformációt) használjuk, mint matematikai modellt:[7]

$$\begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{bmatrix} = m \cdot R_{\Phi\Omega K} \begin{bmatrix} X_M \\ Y_M \\ Z_M \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_{O_1} \\ Y_{O_1} \\ Z_{O_1} \end{bmatrix}$$

4. ábra A 7 paraméteres térbeli hasonlósági transzformáció alapképlete

Jelölések:

X_G, Y_G, Z_G : a P terepi pont geodéziai koordinátái.

m : méretarány tényező.

$R_{\Phi\Omega K}$: forgatási mátrix, melyet a Φ, Ω, K forgatási szögekből képzett irány koszinuszok alkotnak.

$X_{O_1}, Y_{O_1}, Z_{O_1}$: a bal képhez tartozó vetítési centrum geodéziai koordinátái.

X_M, Y_M, Z_M : a P terepi pont modell koordinátái.

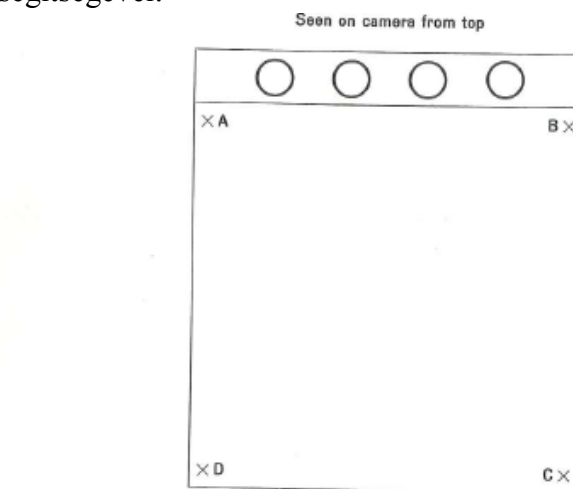
Az előbb leírt képletből származó transzformációs állandók ($m, \Phi, \Omega, K, X_{O_1}, Y_{O_1}, Z_{O_1}$) kiszámításához, olyan közös pontokra van szükségünk melynek geodéziai koordinátái ismertek. Ezeket a pontokat illesztőpontoknak nevezzük. Feladatunk e pontok sztereoszkópikus mérése a modellen. A számítás folyamata a mért pontok koordinátáinak a modell koordináta rendszerbe való átszámításával kezdjük. Az előbb leírt 7 darab transzformációs állandó kiszámítását kiegyenlítéssel oldjuk meg. A feladat megoldható 2 vízszintes és 3 magassági illesztőponttal is, viszont a gyakorlatban ennél a minimális feltételnél, több illesztőpontot kell bevonnunk a kiegyenlítésbe.[7]

- **Ortofotók előállítása**
- **1959-es Ortofotó**

A digitális Ortofotó előállítását egy fotogrammetriai munkaállomáson hajtottam végre, maguk a munkaállomások széleskörű felhasználási lehetőségeket szolgáltatnak a digitális fotogrammetria világában. Ezeknek a munkaállomásoknak nagyon erős és korszerű hardveres felépítéssel kell rendelkezniük, mivel a futtatott szoftverek és alkalmazások gyors és problémamentes működése ezt megköveteli.

A továbbiakban leírt feladatokat az ERDAS IMAGINE 2011- nevű szoftver LPS program moduljában végeztem. Ennek az alkalmazásnak a középpontjában a fotogrammetriai tájékozás és kiértékelés áll. Az ERDAS IMAGINE szoftvercsaládot egy hasonló, széleskörű térinformatikai alkalmazásokkal foglalkozó cég, a Hexagon forgalmazza.

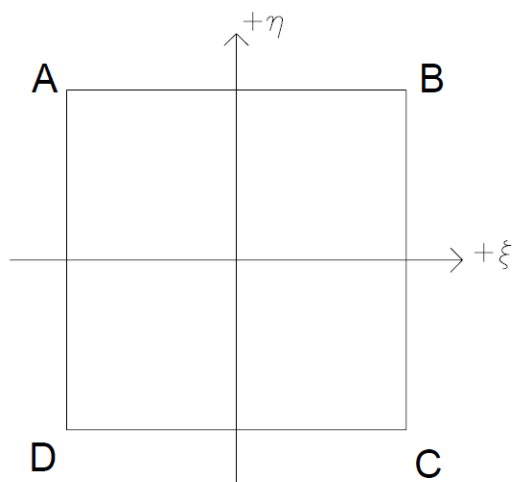
Először az 1959-es felvételekkel kezdtem az ortofotó előállítást. Mielőtt elkezdtem volna a folyamatot, egy új projektet kellett létrehoznom (create new). Itt a projekt nevét és a kamera belső adatait (képfőpont koordinátái (ebben az esetben egyezőnek vettük a képközéppont koordinátaival), kameraállandó), és a keretjelek koordinátáit kellett még megadni, amit előzetesen ki kellett számítani a kalibrációs jegyzőkönyvben felsorolt adatok (5. ábra)(3. számú melléklet) segítségével:



A	—	B	=	211.994
B	—	C	=	211.994
C	—	D	=	211.990
D	—	A	=	211.996
A	—	C	=	299.806
B	—	D	=	299.804

5. ábra Kalibrációs jegyzőkönyv, Wild Camera No. 15 Ag. 114

A keretjelek helyzetének kiszámításához a 6. ábrát alkalmaztam:



6. ábra Keretjelek helye a képkoordináta rendszerében

A keretjelek koordinátáit úgy kaptam meg, hogy a megfelelő oldalakat a képkoordináta tengelyek által megfelezttem. Mind a négy oldalt felhasználtam (1. és 2. táblázat):

1. táblázat: Keretjelek koordinátáinak kiszámítása:

	ξ	η
A	$-t_{AB}/2$	$t_{AD}/2$
B	$t_{AB}/2$	$t_{CB}/2$
C	$t_{DC}/2$	$-t_{CB}/2$
D	$-t_{DC}/2$	$-t_{AD}/2$

2. táblázat: Keretjelek koordinátái:

	ξ	η
A	-105,997	105,998
B	105,997	105,997
C	105,995	-105,997
D	-105,995	-105,998

Az A,B,C,D pontok sorban az 1,2,3,4-es keretjeleknek felelnek meg

A keretjelek koordinátáiból számított távolságokra keretjelek között:

$$AC = \sqrt{(Ax - Cx)^2 + (Ay - Cy)^2} = 299,804$$

$$BD = \sqrt{(Bx - Dx)^2 + (By - Dy)^2} = 299,804$$

A megadott távolságoktól (5. ábra) való kis eltérés abból adódik, hogy mint ahogy az látható is, a párhuzamos keretjelek közötti távolságok között kismértékű eltérések vannak.

A képeket a programba való behívás előtt az infraview nevű képnézegető programban megnyitottam külön-külön és az alábbi változtatásokat hajtottam végre: első lépésben a képet elforgattam 90 fokkal jobbra. Erre azért volt szükség, mert a programban a képek balról jobbra (a felvételezési iránynak megfelelően: nyugatról keletre) kell hogy álljanak, viszont a felvételek nem így lettek beszkenelve.

A képek az elforgatás után (sorban: 7., 8. és 9. ábra):



7. ábra: 6827-es képszámú felvétel



8. ábra: 6828-as képszámú felvétel



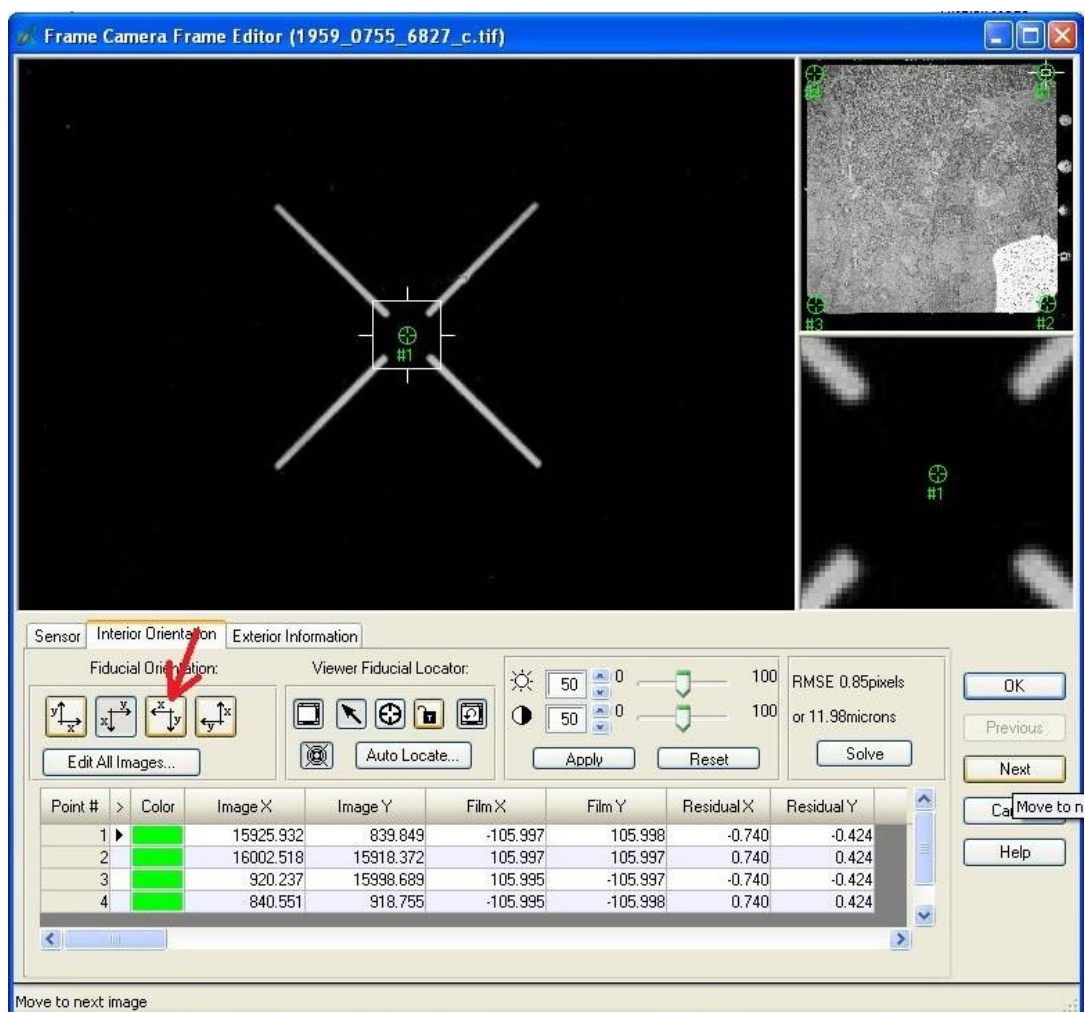
9. ábra: 6829-es képszámú felvétel

A képek elforgatása után, második lépésben a felvételeket ki kellett menteni TIFF formátumba, mivel a felvételek tömörített TIFF formátumban voltak megadva, melyeket az LPS program nem ismer fel.

Miután a változtatásokat elvégeztük, behívjuk az előbb megváltoztatott felvételeket (Images: add, egyszerre min a 3 tiff).

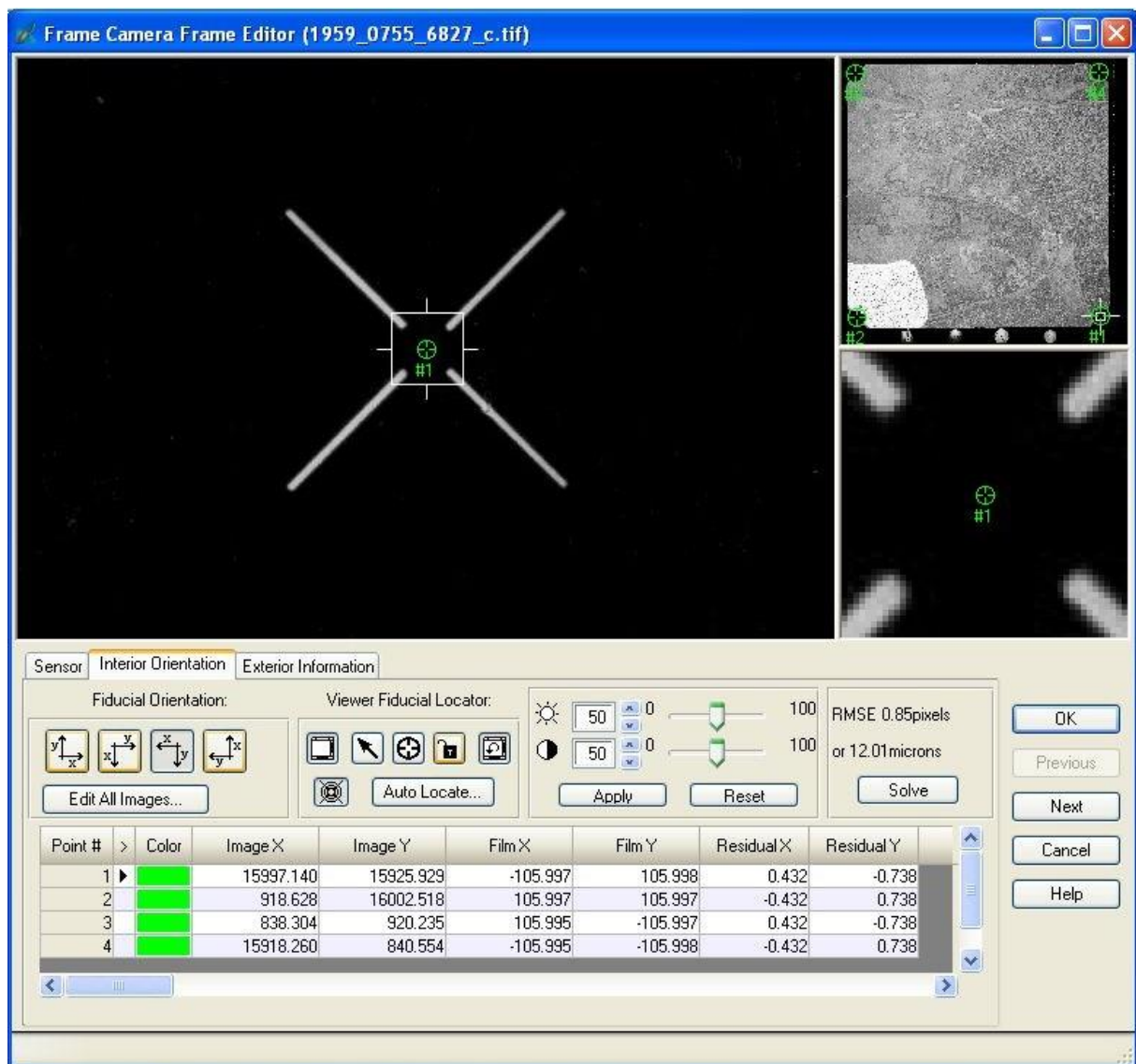
Ezt követően a feladatunk a képpiramisok építése: a behívott felvételeknél jobbra a Pyr. nevű fülnél belekattintunk az egyik ablakba és a „pyr: all images” opciót választva mind a 3 felvételre lefut a képpiramis építés. A képpiramisokat azért alkalmazzuk, mert így a nagymennyiségű képi adat mellett is rövid lehet a számítási idő a képek megjelenítésénél, valamint növelhetjük az automatizált képillesztés-eljárások megbízhatóságát. Miután a képpiramisok építésével végeztünk a „Pyr.” alatti ablakok zöld színre váltanak.

A következő lépés a keretjelek mérése (interior orientation: belső tájékozáson belül)



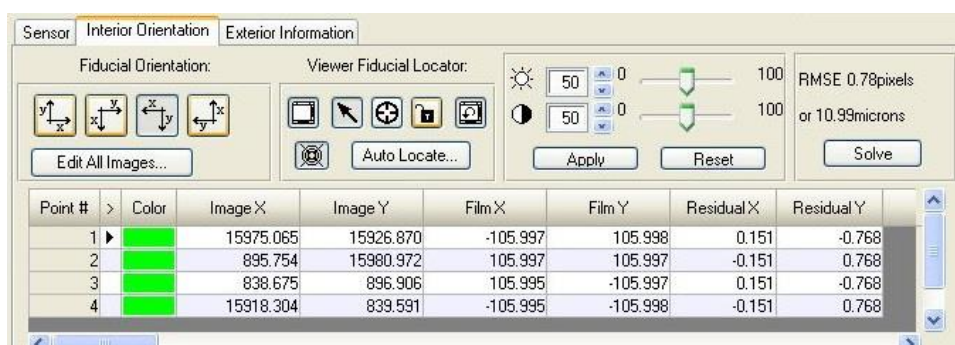
10. ábra Belső tájékozás munka ablaka

A 10.ábrán az elforgatás előtti felvétel van, mert az első próbálkozásnál még nem tudtam, hogy ezzel baj lesz. Ettől függetlenül a keretjelek ugyanazok voltak, ugyanazokat kellett mérni, csak természetesen a forgatást követően az 1-es pont a jobb alsó, a 2-es pont a bal alsó, a 3-as a bal felső, a 4-es a jobb felső sarokba került. Ehhez még a piros nyíllal jelölt koordinátarendszert kellett beállítani.

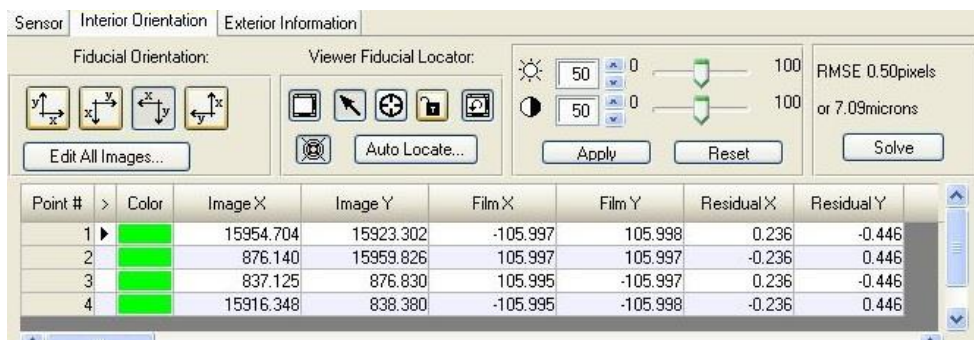


11. ábra: az első felvételen (6827) megmért keretjelek

Miután a korábban említett képelforgatásokat megcsináltam, már a megfelelő helyzetben tudtam behívni és használni felvételeket. A keretjeleket manuálisan mértem meg. (11., 12. és 13. ábra)

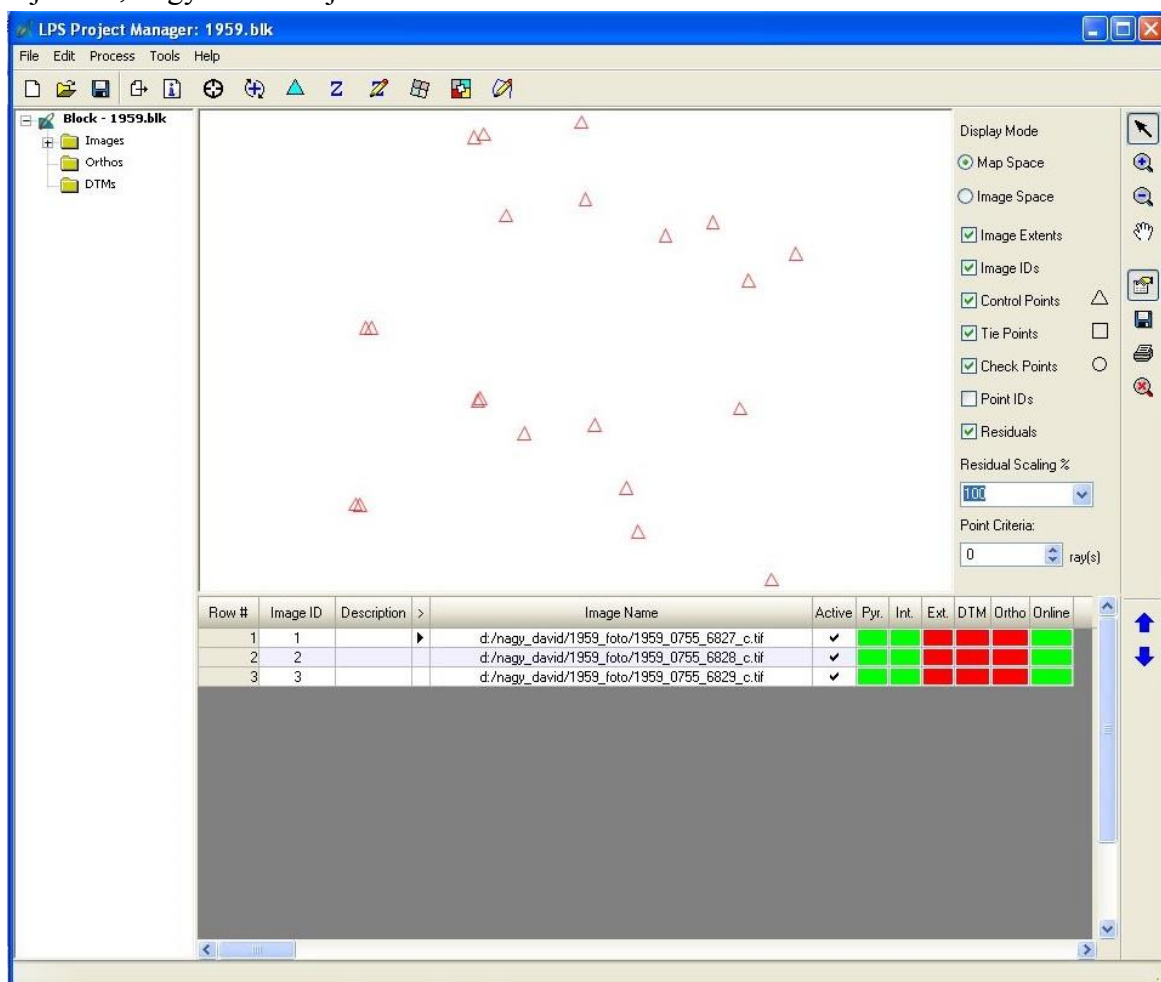


12. ábra: a 6828-as felvételen megmért keretjelek pontossága



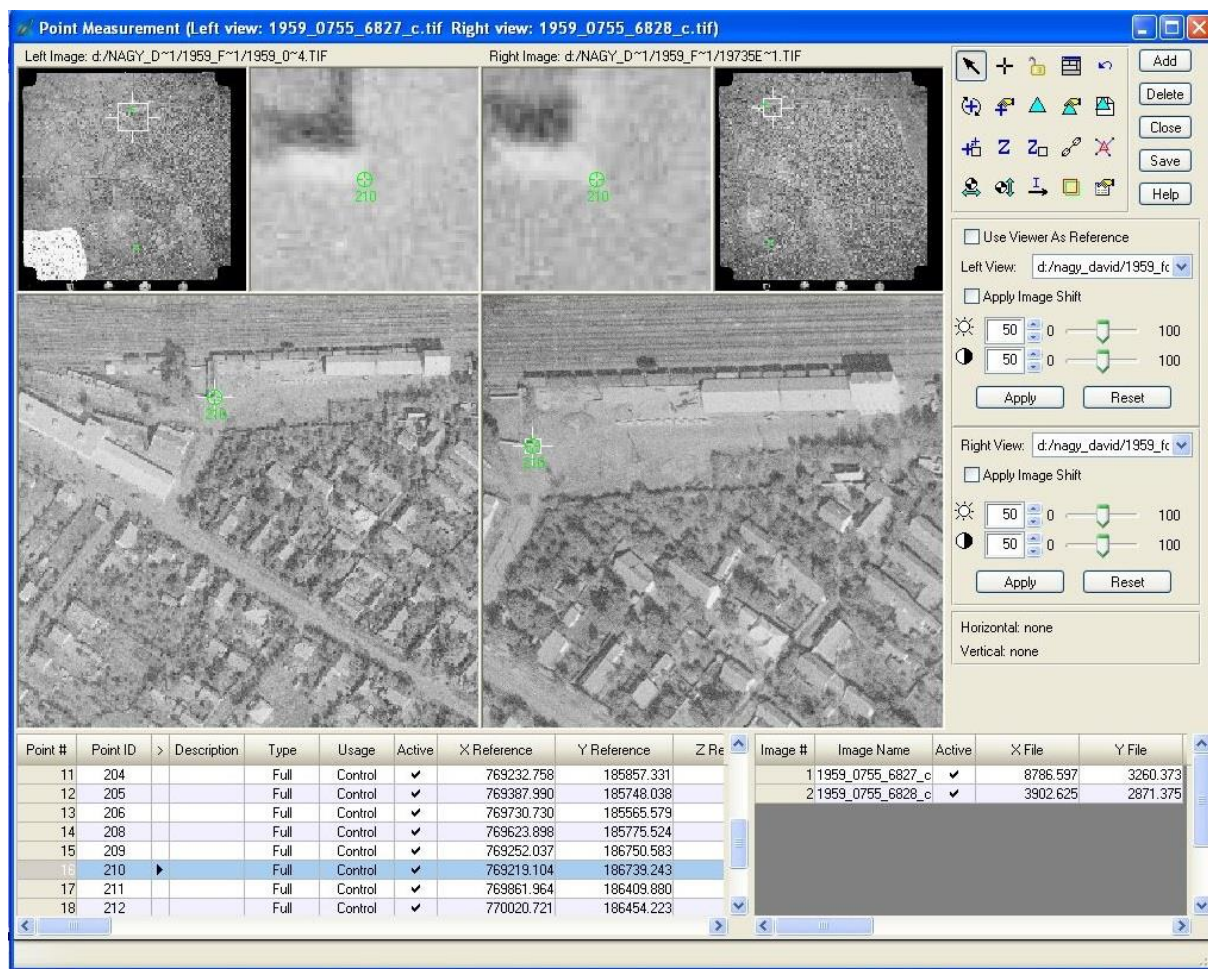
13. ábra: a 6829-es felvételen megmért keretjelek pontossága

A keretjeleket mind a 3 felvételen meghatároztam és miután mindegyik képen megfelelő pontossággal meg lettek jelölve, az 'ok' gombra kattintva megtörtént a belső tájékozás. Miután elvégeztük ezt, a 14. ábrán látszik, hogy az 'Int.' fül alatti ablakok is zöldre váltanak, azt jelölve, hogy a belső tájékozás elkészült.



14. ábra LPS projekt ablak

A belső tájékozást követően az illesztőpontok mérése következett. A fent látható képen a bal felső sarokban lévő 6. ikonra kattintva, a 'point measurement: classic point measurement' mérési opciót kiválasztva indíthattam el a mérést.



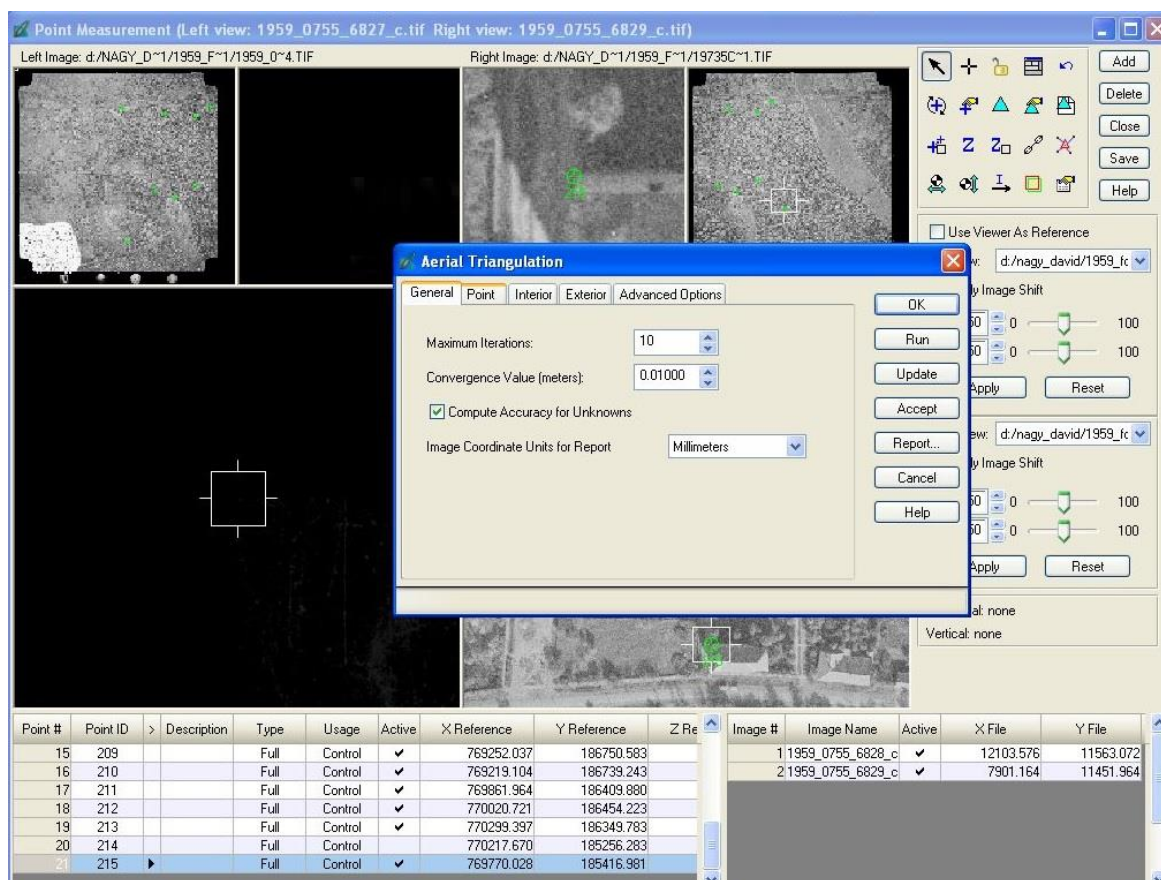
15. ábra Illesztőpontok mérése az LPS szoftverben

15. ábrán látható hogy a pontok mérésénél a jobb oldali két középső menürészben a bal és jobb oldali képeket lehet kijelölni. Ez automatikusan az első két képet választja ki sorrendben. A bal alsó sarokban az illesztőpontokat találjuk, a felhasználandó illesztőpontok koordinátáinak a listáját txt file-ban kell beolvasni. Mielőtt a mérési felületen megmérnénk a kérdéses pontot, ki kell azt jelölni ebben a listában és csak azután lehet elvégezni a mérést. A mérési felület három ablakból áll. Az egyik ablak a teljes képet átfedő átnézeti kép, a következő az átnézeti képen kijelölt ablak képe, amelynek a mérete a kijelölési ablak méretétől függ (lehet változtatni a méretét), a harmadik kép az előbbieknél megfelelően szintén egy kijelölési ablaknak megfelelő kép, amit a második képen lehet kijelölni és méretét változtatni. Ennek a kialakított módszernek a segítségével viszonylag gyorsan és könnyen meg lehet találni és meg lehet jelölni az illesztőpontokat. Egy pont mérését mind a bal és a jobb képen is el kellett végezni, a jobb felső sarokban található második ikonnal (célkereszt) mérhettem.

Miután a baloldali 6827 és a jobboldali 6828-as képen elhelyeztem a közös pontokat, a jobb képet átváltottam a 6829-es képre, ekkor a bal kép automatikusan a 6828-as képre váltott. A 6829-es felvételen is elvégeztem a közös illesztőpontok mérését.

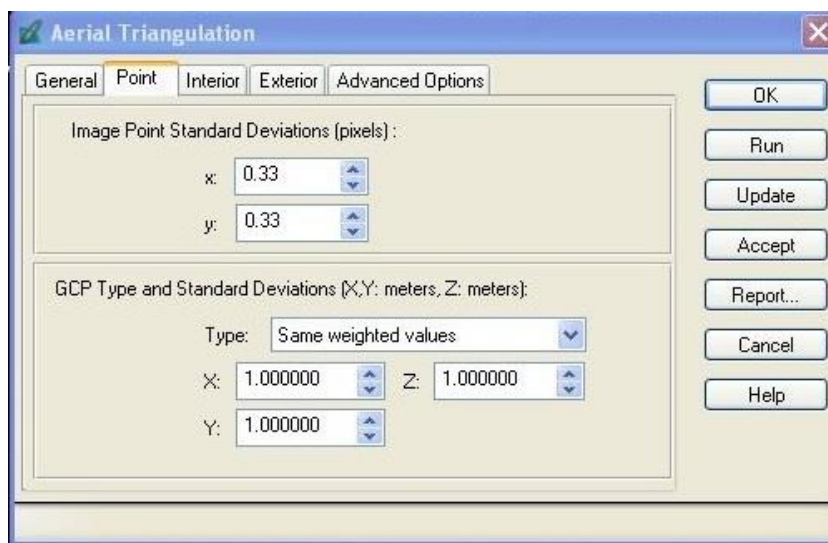
Az összes megmért illesztőpont: 5,202,203,205,208,210,212,215

Az illesztőpontok mérése után a balfelsősarokban lévő ikonok közül a 2. sor 3. háromszög alakú ikonjára kattintva az 'Aerial Triangulation' folyamatot kiválasztva és végrehajtva tudjuk a külső tájékozást befejezni (16. ábra) :



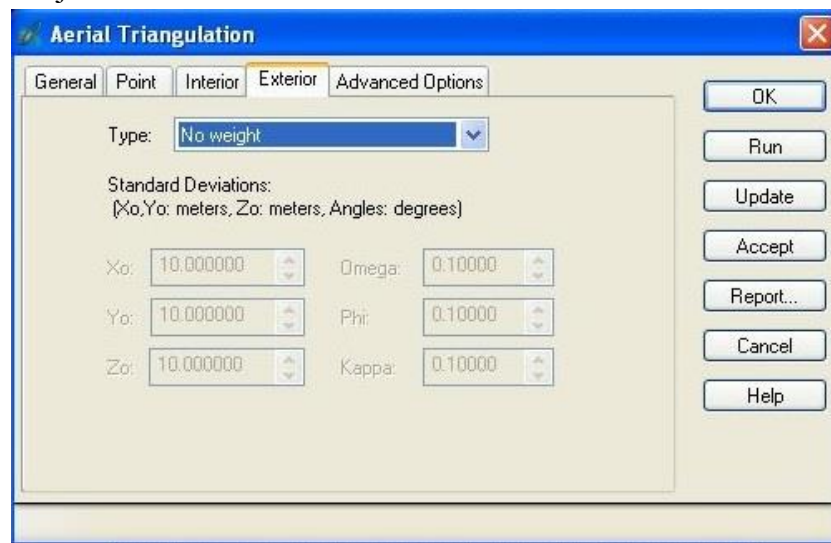
16. ábra Légiháromszögelés kezdeti paramétere

16. ábra szerint az első fülön csak az kellett külön beállítani, hogy report fájlban milyen egységben adja meg a pontok koordinátáit (milliméter).



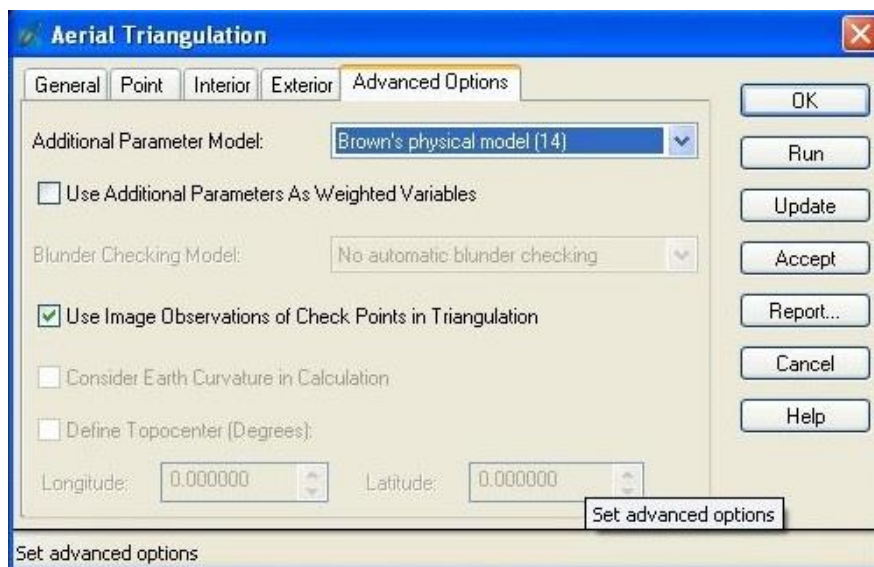
17. ábra Megbízhatósági mérőszámok beállítása a légiháromszögeléshez

17. ábrán a point menüfűlön többek között azt kellett beállítani, hogy az illesztőpontok koordinátái azonos súlyt kapjanak, valamint meg kellett adni a képkoordináta mérések várható középhibáját.



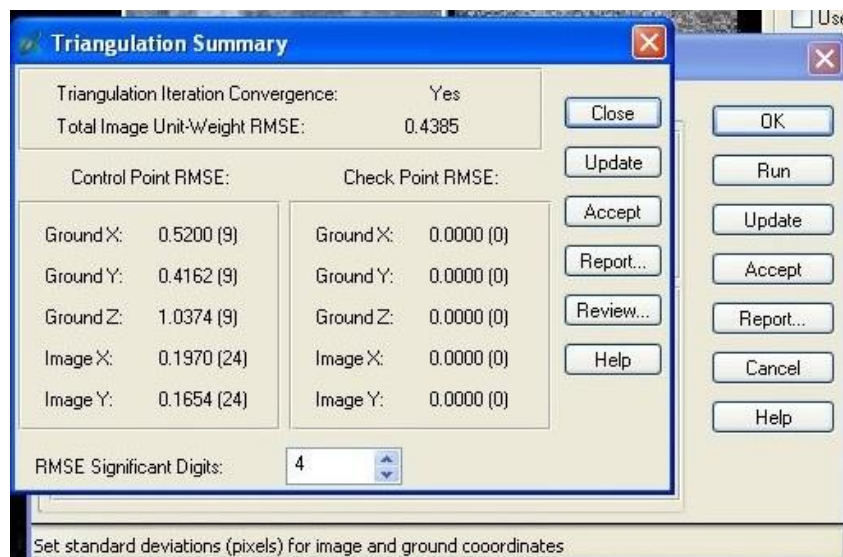
18. ábra Tájékozási elemek súlyainak beállítása

18. ábrán látható, az exterior fűlbe nem állítottam be súlyokat a tájékozási elemek kiszámításához



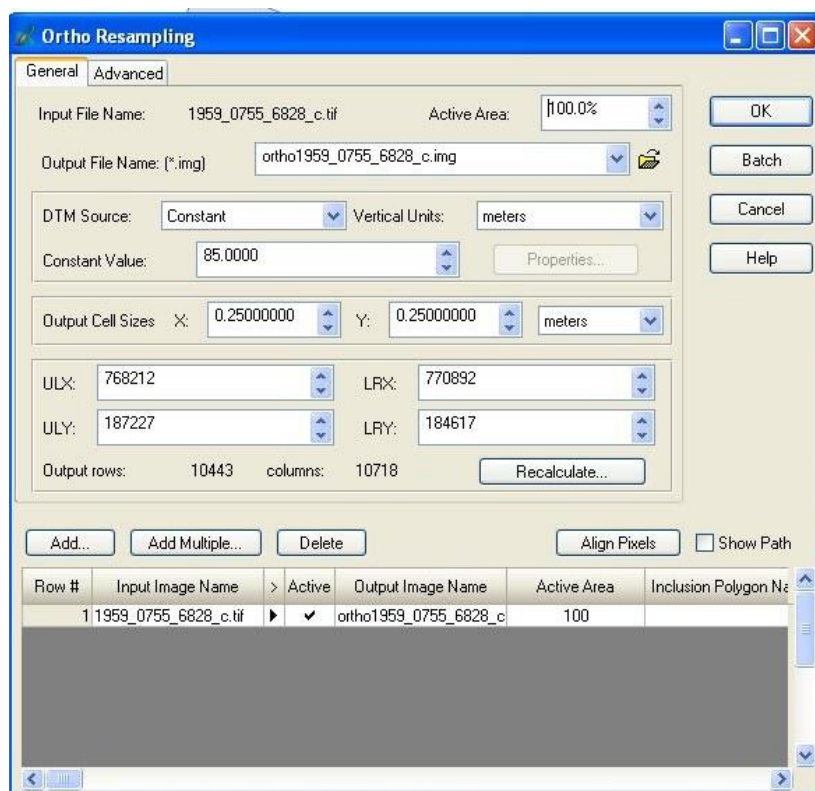
19. ábra Fejlett beállítási lehetőségek

19. ábrán az 'Advanced Options' fűl alatt első lépésben kiválasztottam a Brown féle fizikai modellt és alatta bekapcsoltam azt az opciót, hogy ezt a paraméter együttest használja fel a számításnál. A k paraméterek a radiális korrekciót, a p paraméterek a tangenciális korrekciót teszik lehetővé. Valamint azt is be kellett jelölni, hogy használja fel a megmért illesztőpontok értékeit.



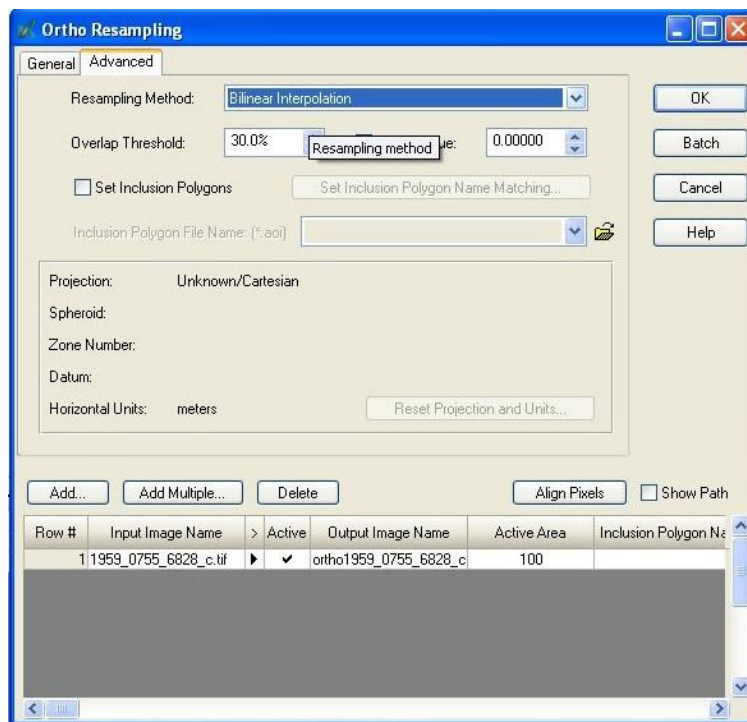
20. ábra Légháromszögelés eredménye

Miután elvégeztük a beállításokat, az ok-ra kattintva előugrik a számított háromszögelés összefoglalása (20. ábra), a report gombbal egy jegyzőkönyvet menthetünk ki a számításról (6. számú melléklet), az update gombbal a korábbi számítást írhatjuk felül, az Accept-al pedig elfogadjuk a számítást. A Brown féle fizikai modell használata a számítás során sokat javított az eredményen. A képek külső tájékozása ezzel elkészült.



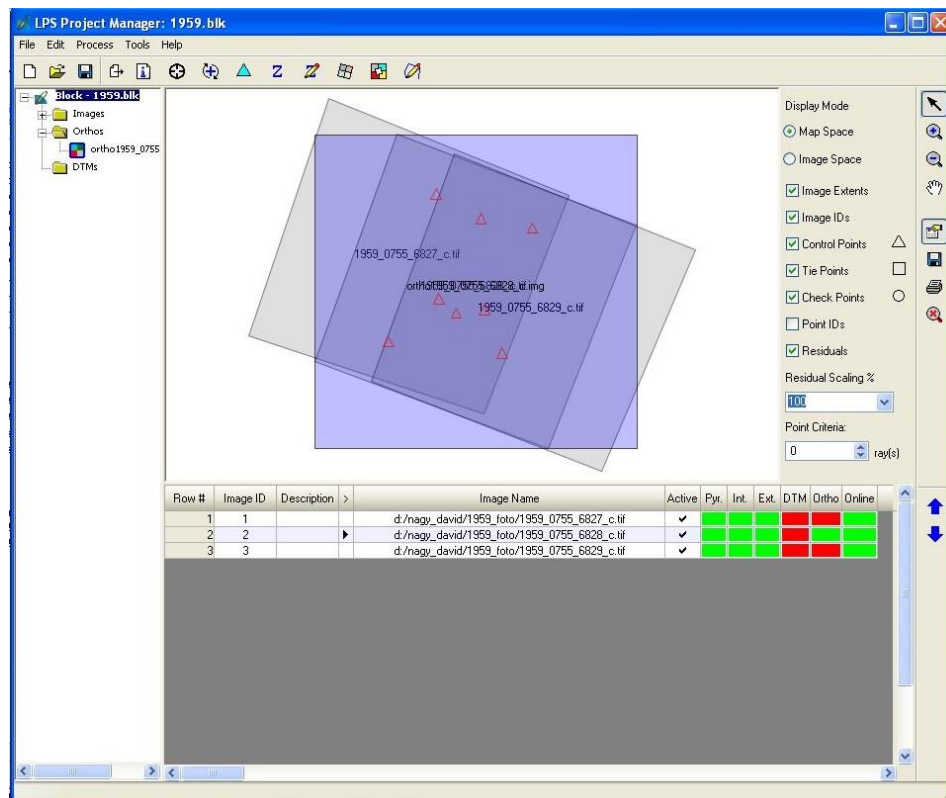
21. ábra Az Ortofotó előállításának paraméterezése

Az utolsó lépésben az ortofotó előállítása következett (21. ábra). Ez a 6828-as, vagyis a középső képből lett előállítva. Mivel a terület teljesen sík, így egy konstans értéket állítottam be: 85 métert, ami a település tengerszint feletti magassága. A pixel terepi méretét 25 cm-ben határoztam meg.



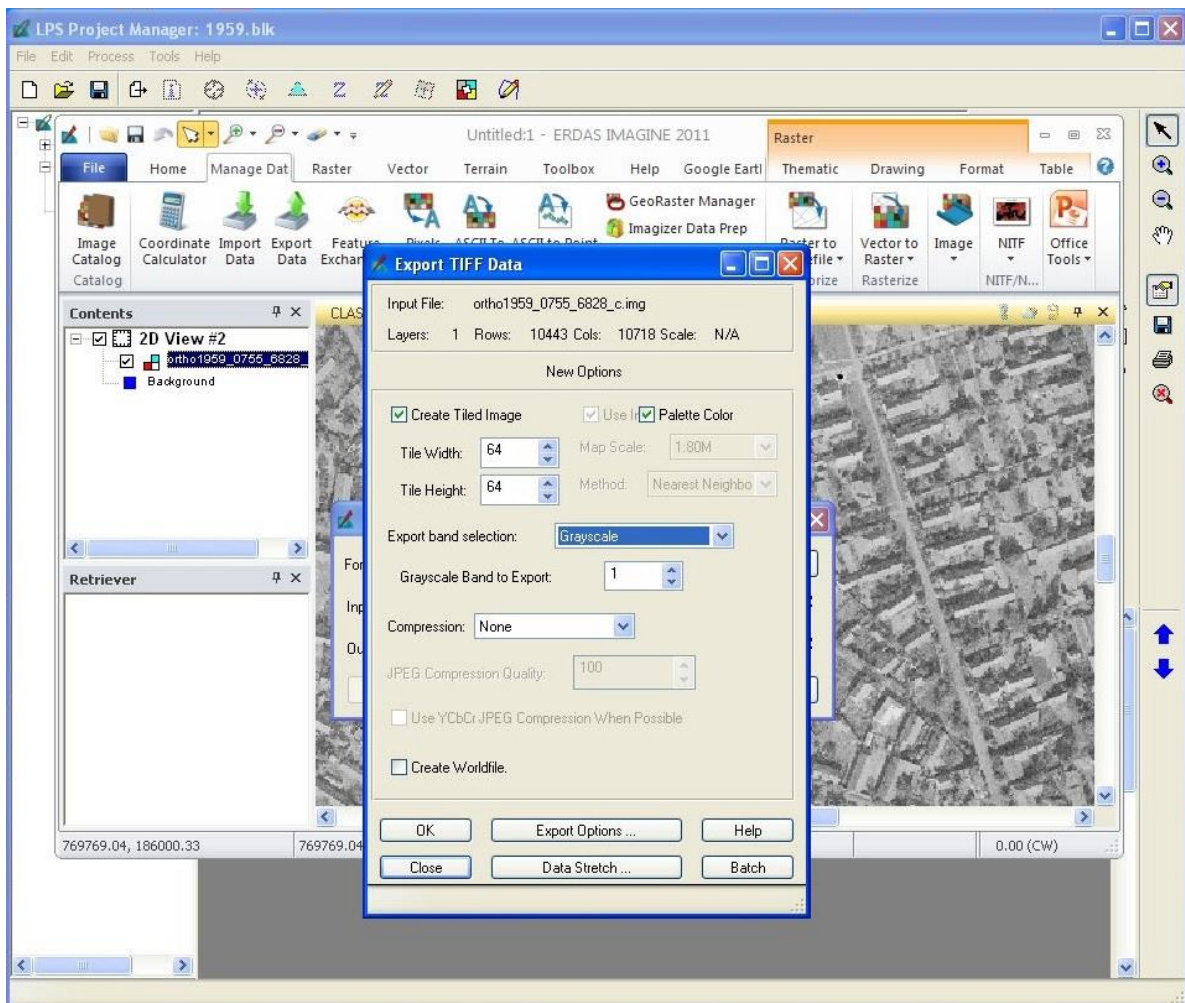
22. ábra Az újramintavételezés módszerének kiválasztása

A 22. ábrán újramintavételezési módszerként a bilineáris interpolációt választottam ki (ezt az újramintavételezési módszert a tájékozások résznél részletesebben is kifejtettem). Ezt követően már csak le kellett futtatni a számítást, ami elég hosszú időbe telt.



23. ábra: A kész Ortofotó

A 23. ábrán a nagy négyzet jelképezi az elkészült ortofotót, mely a középső felvétel területét foglalja magába.



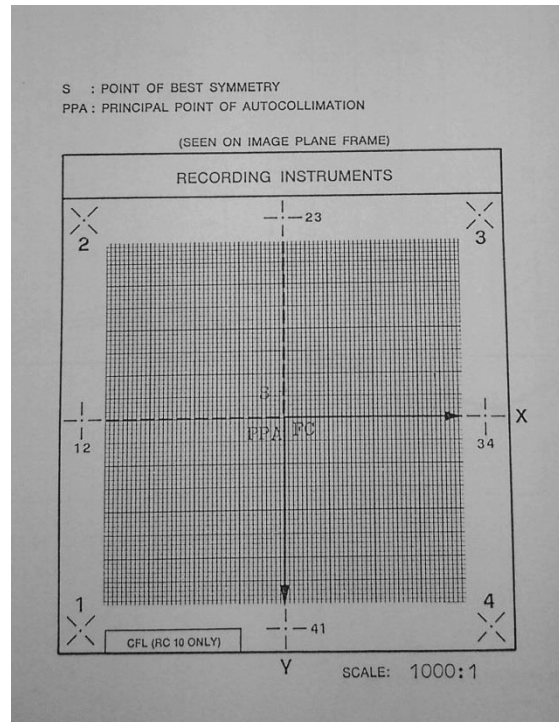
24. ábra Ortofotók átalakítása TIFF formátumúra

Miután elkészült a digitális ortofotó, az elkészült állományt geo tiff formátumban kellett exportálnunk (24. ábra), ekkor az ortofotóhoz egy kiegészítő állomány is készül, mely tartalmazza a kép bal felső pontjának koordinátáit és a pixelméretet.

- **1979-es Ortofotó**

Az 1979-es Ortofotó előállítása is ugyanazon a szoftveren történt, így a legtöbb beállítás és lépés ugyanaz volt, részletesebben azokra az adatokra és lépésekre fogok kitérni, amiben eltérések voltak.

Az 1959-es ortofotó előállítása itt is az adatok megadásával kezdődött a folyamat. A keretjelek és a képfőpont koordinátáit ebben az esetben ismertek voltak (a karon elérhető volt a kamera kalibrációs jegyzőkönyve (4. számú melléklet)). A 25. ábrán a keretjelek elhelyezkedése látszik, melynek a koordinátáit a 3. táblázatban írtam le:



25. ábra Wild RC8 mérőkamera kalibrációs jegyzőkönyvének részlete

3. táblázat: Keretjelek koordinátái:

	ξ	η
1	-106,001	105,999
2	-105,996	-105,994
3	106,002	-106,000
4	106,000	105,998

A következő lépésben a felvételeket kellett behívni, de előtte ugyanazt a folyamatot meg kellett csinálni az összes felvételen, mint a korábbi ortofotónál, és csak azután lehetett őket sorrendben behívni.

A felvételek forgatás után: (sorban: 26., 27. és 28. ábra)



26. ábra 0651-es képszámú felvétel

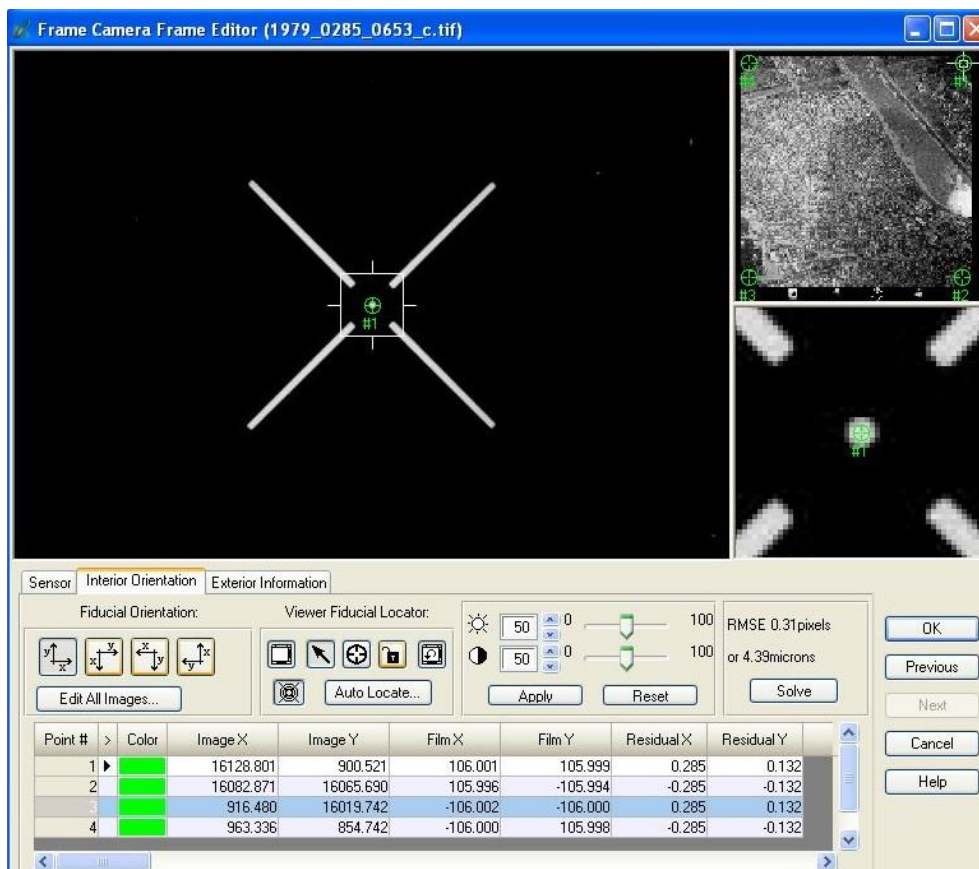


27. ábra 0652-es képszámú felvétel



28. ábra 0653-as képszámú felvétel

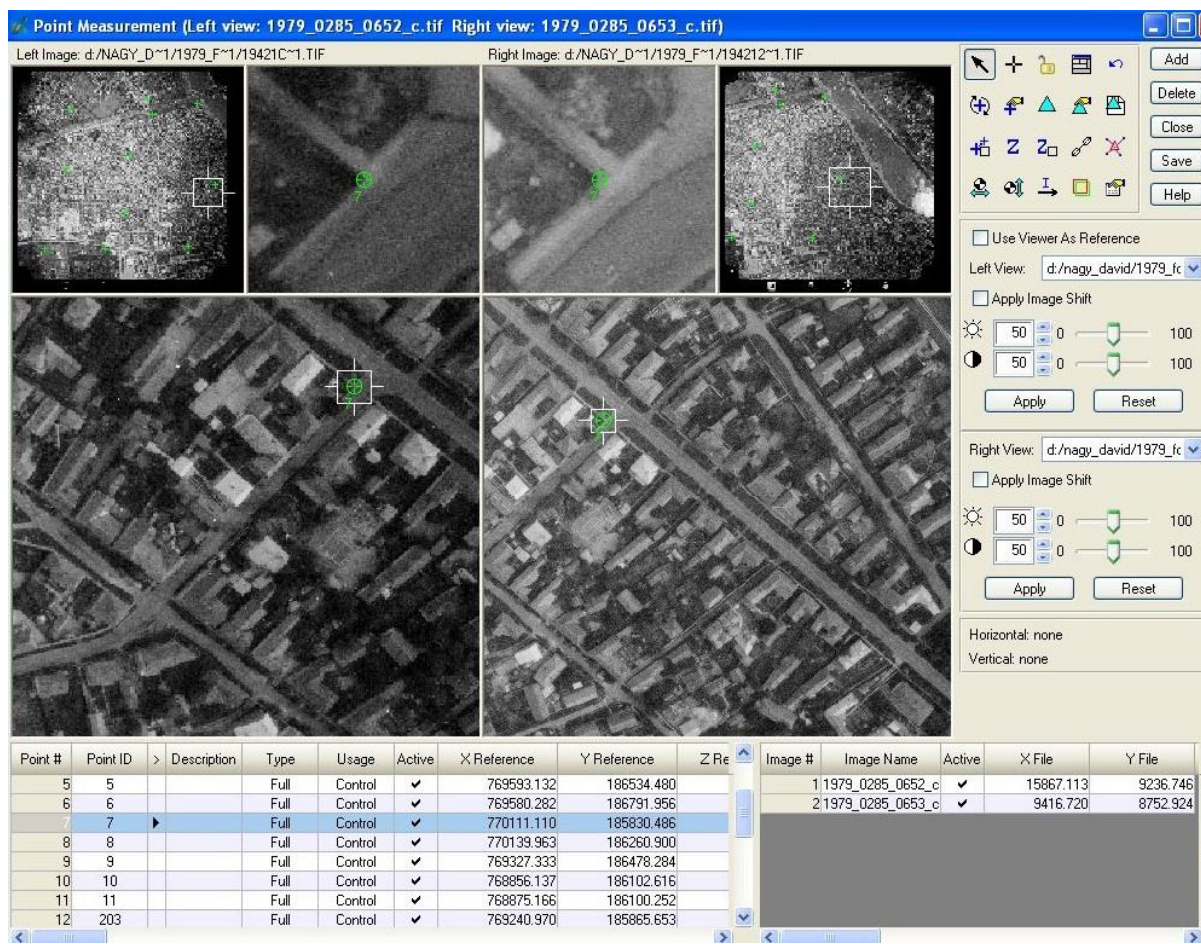
Miután a felvételeket behívtuk, a képpiramisok kiszámítását végeztük el a korábban leírt módon. A képpiramisok előállítását követően a belső tájékozás következett. Ez a folyamat is úgy működött, mint az előbbi ortofotónál, viszont a koordináta rendszer különbözött.



29. ábra: a 0653-as felvételen megmért keretjelek

Mivel az opciók között nem volt pontosan a kalibrációs jegyzőkönyvben megadottal megegyező koordinátarendszer, ezért a képen (29. ábra) látható kijelölt koordinátarendszert választva fel kellett cserélni a keretjelek x koordinátáinak az előjeleit. Mind a három felvételen megmértem a keretjeleket manuálisan.

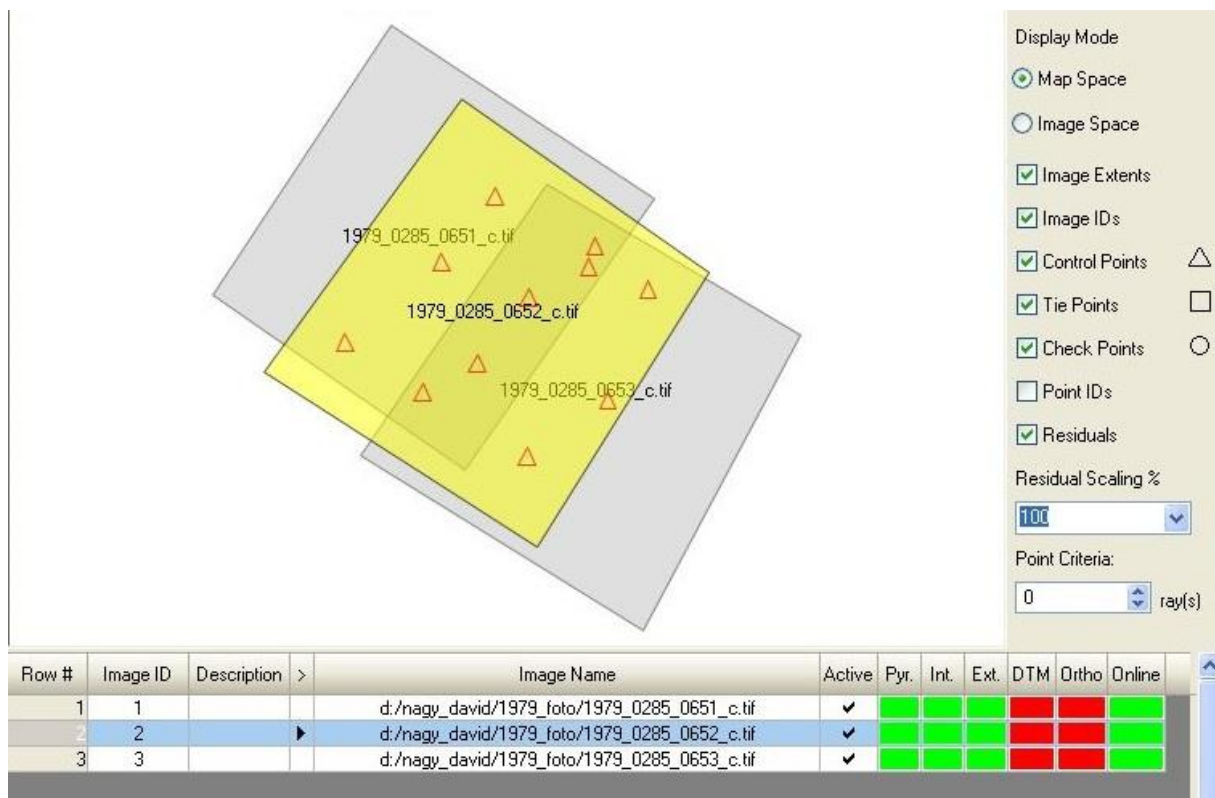
Ezt követően az illesztőpontok mérése következett a korábbiakban leírtaknak megfelelően. Mért illesztőpontok: 2,3,4,6,7,9,11,203,206,212,213.



30. ábra Illesztőpontok mérése az 1979-es felvételeken

A 30. ábrán bal oldalt a 0652-es, jobb oldalt a 0653-as felvétel látható az illesztőpontmérés folyamata közben.

Az illesztőpontok mérését követően az 'Aerial Triangulation' kiegyenlítést végrehajtottam (7. számú melléklet), minden beállítást megegyezik a korábbi ortofotónál beállítottakkal.



31. ábra LPS projekt ablak

A külső tájékozást követően az 'Ext.' fül alatt az ablakok zöldre váltanak (31. ábra). Ezt követően az ortofotó előállítás és kiexportálása megegyezik a korábbiakban leírtakkal és bemutatottakkal.

• Ortofotók kiértékelése

A szakdolgozatom utolsó lépéseként az előállított és a Fömi által rendelkezésre bocsátott ortofotók összehasonlítását végeztem el. Ezt az összehasonlítást az időben változott, létrehozott objektumok (pl. épületek, vonalas létesítmények) kiértékelésével tudtam szemléltetni. Ezt úgy tudtam elvégezni, hogy az ortofotókat behívtam az ITR nevű térképszerkesztő szoftverbe raszterekként és ezen megrajzolva az új épületeket, azokat pontosan tudtam ábrázolni. Változásként a kisebb objektumokat (pl. egyes lakóépületek) azon a területen jelöltem csak, ahol az 59-es, 79-es, és a 2015-ös ortofotó fedte egymást. Ez a terület az 59-es ortofotó majdnem egészében lefedi.

Az ortofotók összehasonlításához használt program, már az előbb is említett ITR (Interaktív térképszerkesztő rendszer) nevű szoftver volt. Ez egy mérnöki rajzok megszerkesztésére használatos szoftver, melyet CAD rendszernek is nevezünk. Ez a rövidítés a Computer Aided Design, a számítógéppel támogatott tervezésre utal. Ennek a szoftvernek a futtatásához nem szükséges olyan komoly hardveres felszereltség, mint a digitális ortofotók előállításánál használt munkaállomásokhoz, viszont a gyorsabb hardver és a nagyobb memória jelentősen meggyorsítja a munkát (ez számomra kiemelt fontosságú volt, mert a munkáim során raszter képeket használtam, ami nagy memóriát igényelt).[9]

Mivel az 1979-es légifelvételek kisebb magasságból lettek készítve, nagyobb a méretarányuk, így az azokból előállított ortofotónak is nagy a méretaránya, vagyis kisebb területet fed le ez az ortofotó mint az 1959-es légifelvételekből előállított ortofotó. Viszont a 2015-ös ortofotó által lefedett terület már eléri és meg is haladja az 1959-es ortofotó nagyságát, így olyan területeket is össze tudtam hasonlítani, amit az 1979-es ortofotó mérete miatt nem lehetett.

A kiértékelési munka legnagyobb része azon a területen volt, ahol az 1959 és az 1979-es és a 2015-ös ortofotók közötti összehasonlításokat végeztem. Az egyik fontos hasonlítási alapnak az újonnan épített épületeket vettem. Így azáltal, hogy az 1959-es ortofotóhoz képest a 79-es ortofotón található, valamint a 79-es ortofotóhoz képest a 2015-ös ortofotón található új épületeket vektorizáltam (megrajzoltam), össze tudtam azokat hasonlítani. Miután ezt elvégeztem, pontosan meg tudtam állapítani azt az összehasonlítást, ami arra derít fényt, hogy az 1959-től 1979-ig tartó 20 évben, vagy 1979-től 2015-ig tartó 36 éves időszakban épült a kérdéses területen több, valamint nagyobb összesített területű épület.

A két eltérő állapotot két különböző rétegben szerkesztettem, hogy azokat egymástól el tudjam különíteni, valamint azért, hogy általuk a területszámítást le tudjam futtatni.



32. ábra Elkészült ortofotók étfedései

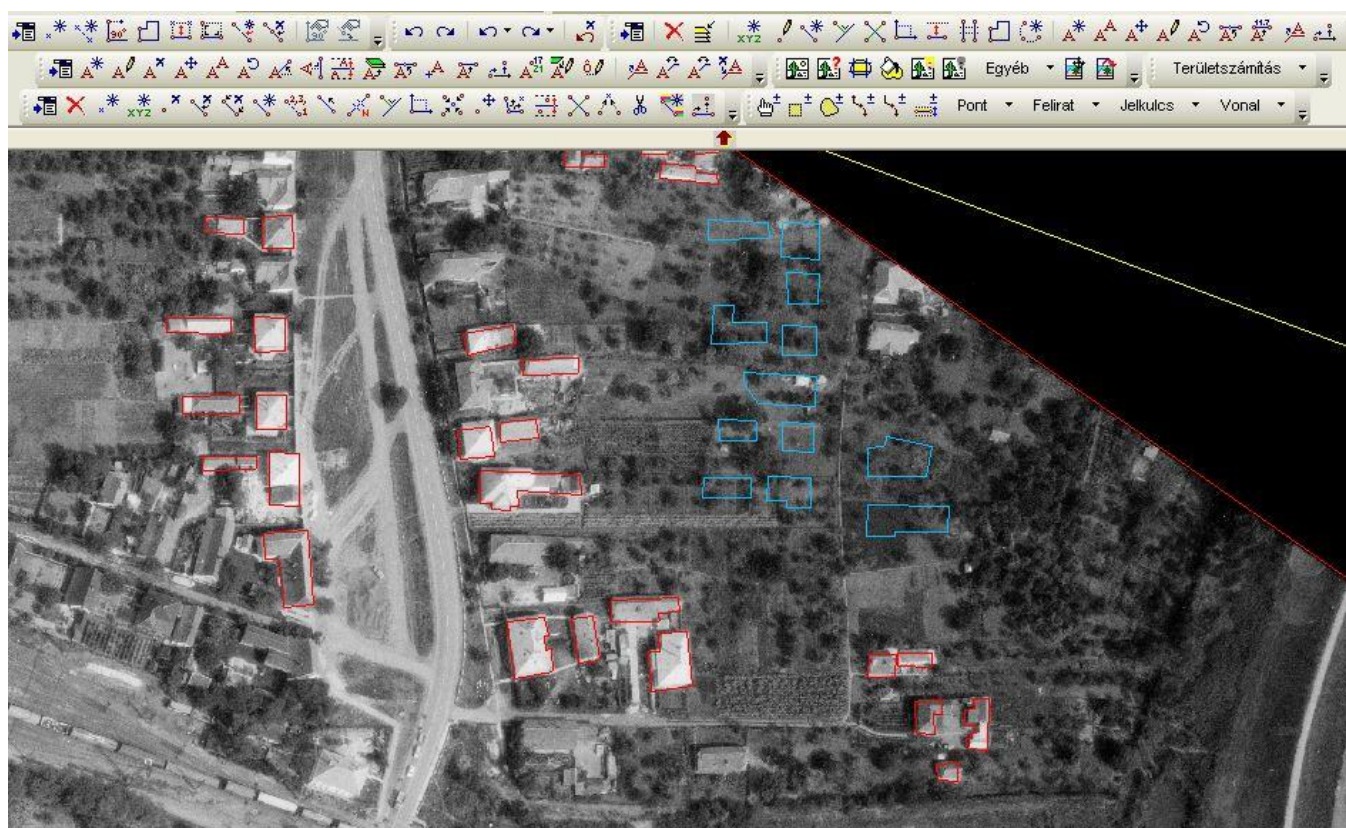
A 32. ábrán az összes ortofotó látszik behívott, megjelenített állapotban, az ortofotók által lefedett területek köré keretet rajzoltam, hogy meg lehessen azokat különböztetni. A piros keret az 1979-es, a sárga keret az 1959-es, a kék keret pedig a 2015-ös ortofotó által lefedett területet fogja közre. Mint azt látni is lehet, a 2015-ös ortofotó színes felvétel, míg a 2 korábbi ortofotó fekete-fehér. A fő összehasonlítás, mint azt korábban már írtam, a 3 ortofotó közös területén történt.

Az ortofotókat egy raszteres képként csak be kellett hívni a szoftverbe és már lehetett is használni őket, viszont a 2015-ös ortofotó esetében a behívás után még a képek georeferálása menüpontban meg kellett adni a kép bal felső pixelének középpontjának a koordinátáit, valamint a pixelméretet. Ez természetesen az összes ortofotó esetében ismert volt és meg volt adva egy szöveges fájlban, viszont míg az általam előállított ortofotók ezeket az adatokat digitálisan is tartalmazták, addig a 2015-ös ortofotónál a következőképpen kellett beállítani (33. ábra):

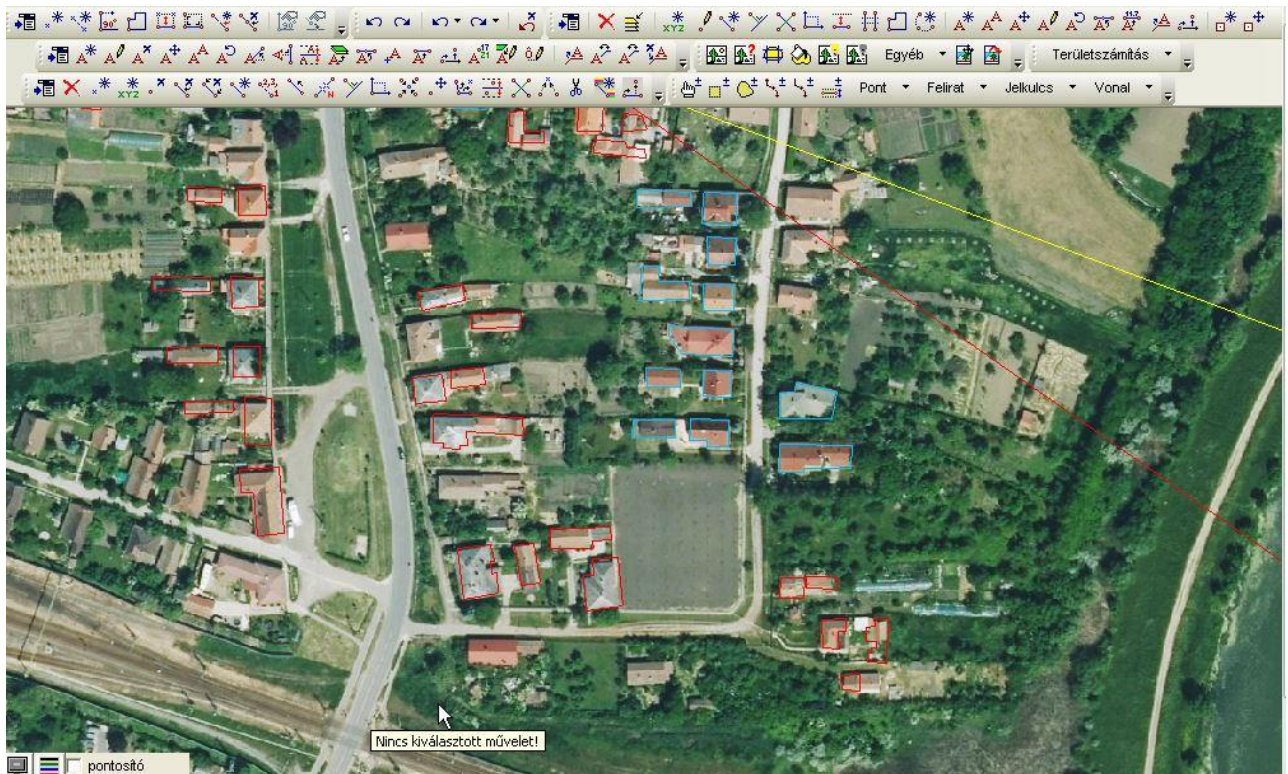


33. ábra: 2015-ös ortofotó georeferencia adatainak megadása

Első lépésben az 1979-es ortofotón az 1959-es ortofotóval összehasonlítva, megrajzoltam az új épületeket az említett területen. Ezeket egy piros színű rétegben (105-ös réteg) rajzoltam meg (34. ábra).



34. ábra Épületek megrajzolása az 1979-es ortofotón

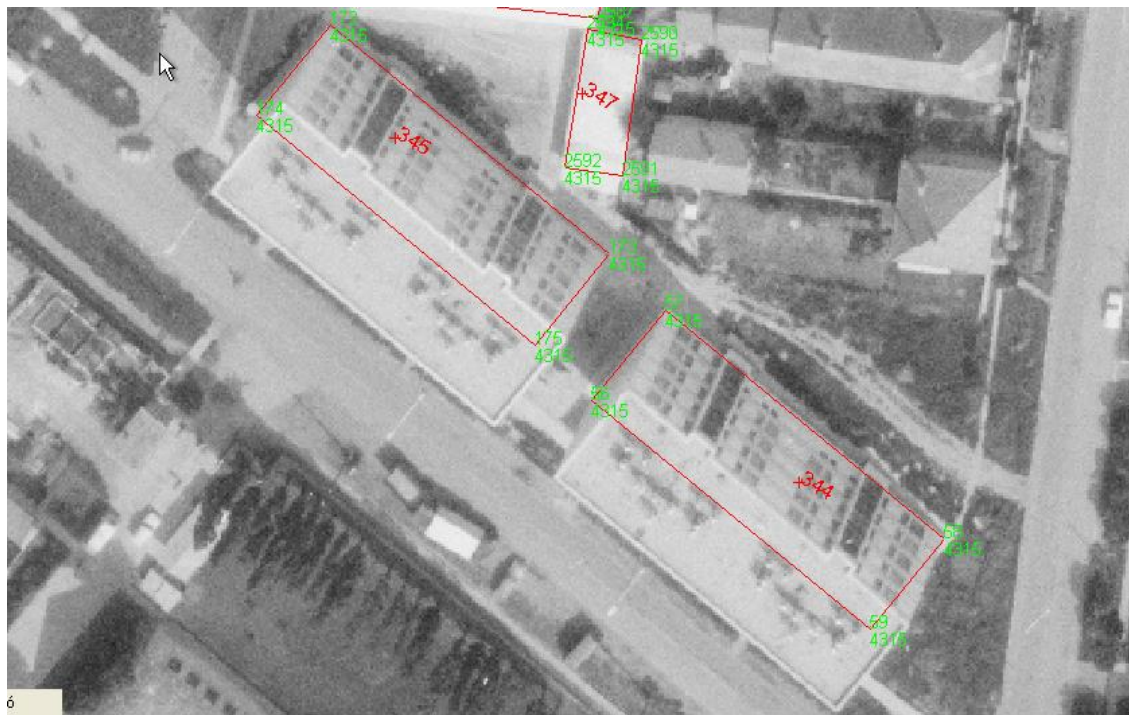


35. ábra Épületek megrajzolása a 2015-ös ortofotón

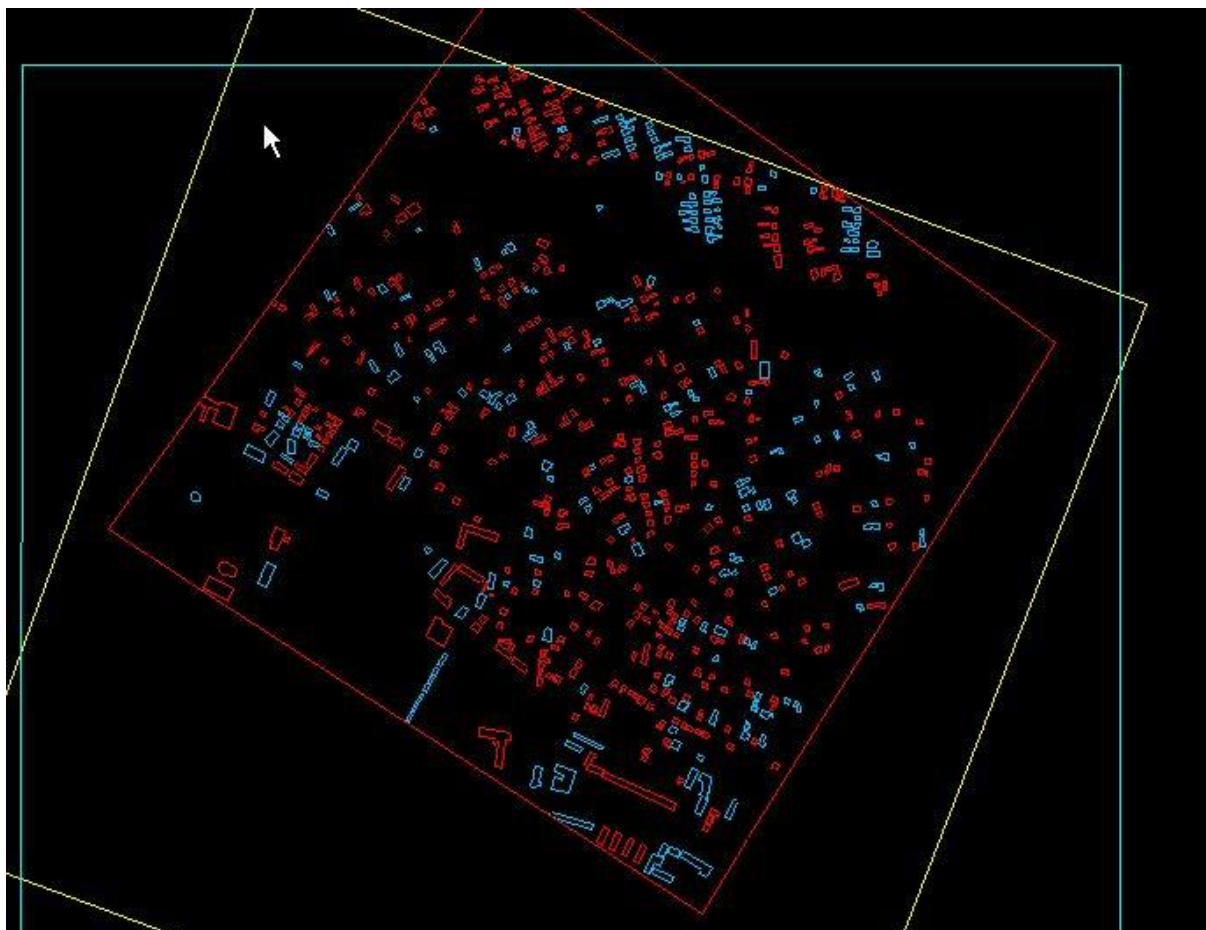
A 35. ábrán a 2015-ös ortofotó van megnyitva. Ezen a raszterképen az 1979-es állapothoz képest épült új épületeket rajzoltam meg egy kék színű rétegben (30-as réteg).

Miután mind a két rétegben megrajzoltam a változásokat, feliratokkal is elláttam a megrajzolt épületeket az adott rétegben, ezek nem helyrajzi számok voltak, hanem sorszámok, mivel ingatlannyilvántartási adatok nem álltak rendelkezésre. Így ezeket a feliratokat az adott épületek azonosítására használtam. Valamint az épületek között sem tettem különbséget (pl. lakóépület vagy gazdasági melléképület), mivel ehhez sem állt rendelkezésemre ingatlannyilvántartási adat. A használt rétegek az összehasonlításához szükséges (a korábban említett két időszakban keletkezett új épületek) megkülönböztetésekre szolgáltak.

Az épületek megrajzolása során odafigyeltem arra, hogy az épületek alaprajzát vektorizáljam, ezt főként a magasabb épületeknél volt kiemelten fontos, mert a felvételek készítésekor ezek a magasabb épületek nem mindig függőlegesen, hanem méretükből és a fényképezés irányától adódóan dőlten lettek leképezve. Ezt a 36. ábrán egy panelház esetében jól látszik, valamint az is hogy az épület alapját rajzoltam meg. Ez az előbb leírt hatás mind a három ortofotón jelentkezett valamint a kisebb magasságú földszintes épületeknél is tapasztalható volt, természetesen kisebb mértékben.



36. ábra az 1979-es ortofotón az alaprajz megrajzolása magasabb épületeknél



37. ábra Épületek összehasonlító térképe

A 37. ábrán a végleges állapotot lehet látni, ezen az összes 1959-1979 között (piros) és az 1979-2015 között (kék) épült új épület rajta van. Miután ezeket megszerkesztettem és feliratoztam, elvégeztem a területszámítást külön mind a két rétegre.

A kiszámított területekből kiderül, hogy az 1959-1979 között eltelt 20 évben több épületet építettek, mint az azt követő 35 évben. Szám szerint 491 épületet, melyeknek az összesített területe 77128 négyzetméter. Míg az 1979-től 2015-ig terjedő időszakban 219 új épület épült, összesített területük 46922 négyzetméter. Ezeknek a területszámításoknak a jegyzőkönyve, az ITR-es fájlal együtt megtalálhatók a digitális mellékletek között.

Az összehasonlítás eredménye nem teljesen lepett meg, mivel az 1970-es évekbe országosan is rendkívül komoly építőipari beruházások mentek végbe az azt megelőző időszakhoz képest. Ebben az időszakban épült a legtöbb panelház és a jellegzetes, azonos alaprajzú, úgynevezett 'kockaház'. Ehhez képest az ezt követő 79-2015 közötti időszakban, attól függetlenül, hogy majdnem kétszerannyi idő telt el, arányában sokkal kevesebb ház épült. Ez annak is köszönhető, hogy a nyolcvanas évektől kezdve folyamatosan csökkent az építőipar fejlődése.

5. Összefoglaló műszaki elemzés, értékelés

A Szakdolgozatom tárgya, a digitális ortofotók előállítása és az azt követő kiértékelésük (összehasonlítás) volt. Azért választottam ezt a témát, mert tanulmányaim során nagyon érdekelt a fotogrammetria, valamint a légifelvételek kiértékelése. A szakdolgozat készítése során a feladatléírásban szereplő feladatokat elvégeztem. Az Ortofotók előállítása mögötti technológiát és az azzal kapcsolatos lépéseket részletesen ismertettem, valamint a használt GPS technológiákat is bemutatam. Mialatt ezzel foglalkoztam, többet megtudtam a témát érintő technológiai fogalmakról.

A szakdolgozat felépítése több munkarészből állt. Első lépésben az adatgyűjtést hajtottam végre. Az adatgyűjtés során a város általános bemutatása és a történelmi háttér ismertetése mellett a munkához nélkülözhetetlen légifelvételek és ortofotók beszerzése volt a feladatom. Ez tartalmazta a digitalizált légifelvételeket, az ezekhez tartozó kalibrációs jegyzőkönyveket és a légifénykép negatív törzslapokat, valamint a Fömi-től igényelt 2015-ös digitális ortofotót.

Az ortofotók előállításához szükséges légifelvételek Mezőtúr belterületének egy részéről készültek két különböző időpontban: 1959-ben és 1979-ben. Ezek mellett egy 2015-ös digitális ortofotó állt rendelkezésemre szintén erről a területről. Ezeknek az adatoknak a beszerzéséről részletesen a második fejezetben írtam.

Az illesztőpont mérés során azokat a pontokat mértem meg Egy Leica 1200-as GPS vevővel, amelyek az 1979 és 1959-es felvételek külső tájékozásához szükségesek voltak. Ezért is volt nagyon fontos arra odafigyelnem, hogy csak olyan jól megkülönböztethető pontokat válasszak ki, mely az eltelt idő alatt nem változtak meg vagy tűntek el. Méréskor az elvégzendő feladatok illesztőpont igényét is figyelembe vettem

Miután megszereztem a kiválasztott légifelvételeket, az azokhoz tartozó összes szükséges adatot és a megmért illesztőpontok koordinátáit, nekiállhattam a digitális ortofotók előállításához. A folyamat lépéseit a negyedik bekezdésben az ortofotók előállításánál írtam le részletesen. Ezt az Erdas Imagine 2011 szoftver LPS program moduljában végeztem el. A kezdő beállítások után az első lépésben, elő kellett állítani a képpiramisokat, hogy a felvételek kezelése gyorsabb és könnyebb legyen. Ezt követően a belső tájékozást kellett elvégezni. Ekkor a keretjelek megmérése volt a feladatom melyek koordinátáit korábban megadtam. A két ortofotó előállítása szinte teljesen megegyezett, viszont az 1959-es ortofotónál a keretjeleket nekem kellett kiszámítani, míg az 1979-es ortofotónál ismertek voltak. Ezt követően a külső tájékozás keretén belül meg mértem az illesztőpontokat az összetartozó felvételeken, ezek a megmért pontok a külső tájékozás illesztőpontigényének megfelelően lettek kiválasztva. A mérést követően a légiháromszögelést lefuttattam a megfelelő beállításokkal és eredményül megkaptam a külső tájékozási elemeket. A domborzatmodell előállítása volt a következő folyamat, de mivel a város egy sík területen fekszik ezért egy átlagmagasságot adtam meg. Ezután előállítottam a digitális ortofotókat.

Az ortofotók kiértékelését az ITR nevű térképszerkesztő programban végeztem, ahol az elkészített és a meglévő ortofotókat raszterként be lehetett hívni. A kiértékelés alapjául egy

összehasonlítást választottam, amit a három ortofotó átfedési területén végeztem el. Ezen a területen azokat az új épületeket vektorizáltam, melyek 1959-79, valamint 1979 és 2015 között épültek. Ezeket két külön rétegben rajzoltam meg és így az általuk nyert adatokat meg tudtam különböztetni és megállapítottam, hogy az 1979-ig eltelt 20 évben több és nagyobb összterületű épületet építettek, mint az azt követő 35 évben. Azt is figyelembe véve, hogy az 1959-1979 között épült épületek nagy részét a hetvenes években építették, akkor ez a megállapítás még számottevőbb.

A végrehajtott feladatok során megtapasztalt nehézségek, legtöbb esetben abból az okból fakadtak, hogy a szükséges adatok közvetlenül nem mindig álltak rendelkezésre, azokat alapos keresési munkával lehetett csak megszerezni. A dolgozatom írása során, olyan ismeretekkel lettem gazdagabb a témával és az alkalmazott technológiával kapcsolatban, melyet a közeljövőben, valamint a jövőbeli munkáim során biztos, hogy tudok kamatoztatni. Legyen szó a digitális ortofotók és légifelvételek felhasználásában rejlő lehetőségekről vagy a GPS technológia felhasználási területeiről.

Irodalomjegyzék:

1. Balázsik Valéria: FOTOGRAMMETRIA, 8. Ortofotoszkópia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Székesfehérvár 2011
2. Bene András Gyula: Mezőtúr város története 996-1944, Mezőtúr 2000, ISBN 963-640-556-5
3. Bene András, Csipes Antal: Harmincöt év Mezőúr történetéből 1944-1980, Készült Békés megyei levéltár nyomdaüzemében, ISBN 963-03-3211-6
4. Dr. Ágfalvi Mihály, Bekk Tímea, Dr. Busics György, Farkas Róbert, Kiss Attila, Dr. Tarsoly Péter, Dr. Tóth Zoltán, Dr. Vincze László: Geodéziai mérési praktikum, Nyugat-magyarországi Egyetem, Székesfehérvár 2011
5. Dr. Busics György: Műholdas helymeghatározás, 5. RTK és más kinematikus technológiák, Nyugat-magyarországi Egyetem, Székesfehérvár 2010
6. Dr. Engler Péter: FOTOGRAMMETRIA, 14. Általános fotogrammetriai technológia, Nyugat-magyarországi Egyetem, Székesfehérvár 2011
7. Dr. Jancsó Tamás: FOTOGRAMMETRIA, 10. Tájékozások, Nyugat-magyarországi Egyetem, Székesfehérvár 2011
8. Dr. Jancsó Tamás: FOTOGRAMMETRIA, 12. Digitális fotogrammetria, Nyugat-magyarországi Egyetem, Székesfehérvár 2011
9. Dr. Szepes András: Informatika 13., Az interaktív térképkészítő rendszer (ITR), Nyugat-magyarországi Egyetem, Székesfehérvár 2010
10. Hoffmann Miklós, Papp Ildikó: Affin és projektív geometria, Hallgatói Információs Központ 2011
11. Karl Kraus: Fotogrammetria, Tertia Kiadó, Budapest 1998, ISBN 963-85129-9-7

Mellékletek

- 1, 1959-es Légifénykép negatív törzslap
- 2, 1979-es Légifénykép negatív törzslap
- 3, RC5-ös kamera kalibrációs jegyzőkönyve
- 4, RC8-as kamera kalibrációs jegyzőkönyve
- 5, GPS Mérési jegyzőkönyv
- 6, 1959-es Ortofotó légháromszögelési jegyzőkönyve
- 7, 1979-es Ortofotó légháromszögelési jegyzőkönyve

1. Számú melléklet

1959-es Légifénykép negatív törzslap

Terület: Cegléd, Kisujszállás, Feldolgozás módja:

Mezőtur, Turkeve.

Feldolgozó szerv neve:É.M.

A negatívanyag repülési, laboratóriumi és nyt. adatai					
A felszállás ideje: 1959. 10. 13.				755	6735-6787 től 115 db.
A légifényk. megkezd. ideje:				6791-6852 ig 30.00 m.	
A légifényk. befejezésének ideje:				Próba - m.	
A leszállás ideje:		Össz. rep. idő:		Alkalmazott negatívvhívó:	
Navigátor:		Repgép:		Hívási idő: perc C ^o hőm.	
Fotótechn.:		Haszn. km:		Szárítógép típ.: Hőm./rel. nedv.:	
Hősz:	m	Vmősz:	km/ó	Hívási módszer:	
Habs:	m	Vval:	km/ó	Megjegyzés: (Különleges kezelés)	
QFE:	t _H ==	Szél:			
Kamara típus:		W:	km/ó Szé:		
Negatívag. típ.:		Szé:	==		
Negatív érzékenység:		Em. szám:		Az anyagot a légifénykép raktár részére átvettem, a próbatelvételeket megsemmisítettem.	
Exp/blende:	/	Fénymérés:		190	
Sz/inszóró:		f:	l:		
A sorok sorrendje:			 eljárás		

Meteorológiai körülmények:

[illegible]

2. Számú melléklet

1979-es Légifénykép negatív törzslap

Légifényképnegatívanyag törzslap

Terület: **SZAJOL 9675.**

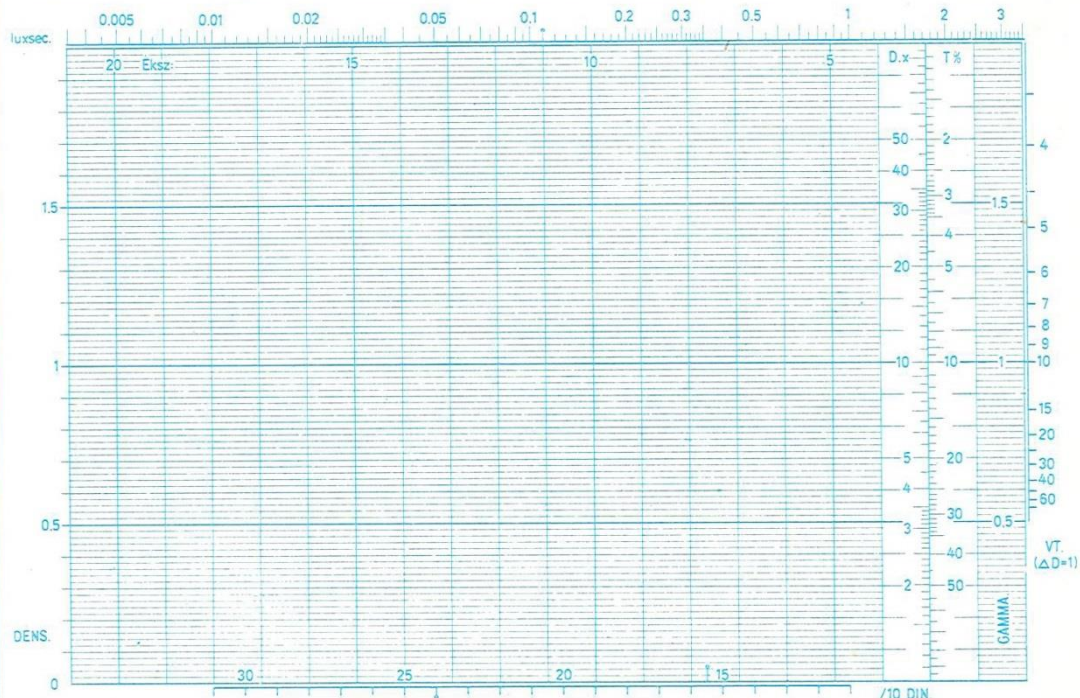
Feldolgozás módja:

Feldolgozó szerv neve:

FTV.

A negatívanyag repülési, laboratóriumi és nyt. adatai			
A felszállás ideje: 1979.08.30. 08.43^h	Ossz. rep. idő: 02.42^h	9285	0591 tól 65 db
A légifényk. megkezd. ideje: 09.35^h	0.15 ^h	0655	ig 16.51 m
A légifényk. befejezésének ideje: 09.50^h		Labormunka megk.: 1979.09.02.	Próba 3.30 m
A leszállás ideje: 11.25^h		Alkalmazott negatívfilm: DK-50	
Navigátor: Ivanicska szds.	Repgép: AN-2 B	Hívási idő: 10 perc 24	C° hőm.
Fotótechn.: Ingár tőm.	Haszn. km: 34,3	Száritógép típ.: Hőm./rel. nedv.: 25°C 80%	
Hmősz: 1000 m	Vmősz: 180 km/ó	Hívási módszer: gépi	
Habs: 1000 m	Vval: 180 km/ó	Megjegyzés: (Különleges kezelés)	
QFE: tn. =	Sze: +4 =	Gépelte: Bottka Lajosné	
Kamara típus: RC-8	W: km/ó Sze:	Az anyagot a légifénykép raktár részére átvettem.	
Negatívag. típ.: AGFA Gevaert		19. 79. október 08 án	
Negatív érzékenység: 24/10	Em. szám:	Szabó Jánosné	
Exp/blende 1/450 1:5,6	Fénymérés: ASAHY		
Színszűrő: AV 1,4	f: 152,46: 23x23		
A sorok sorrendje: 1. sor			

Időjárás és megvilágítási körülmények **Erősen páráos látás, dobálás, gyors gomolyképződés, határozott felhőárnyékok a területen. Repgépvez.: Paróczai-Selényi**



D ₀	D _{min}	D _{max}	△D	Fotográfiai minősítés:
0.15	0.33	1.41	1.08	<i>meg</i> <i>Szabó Jánosné</i> aláírás

3. Számú melléklet

RC5-ös kamera kalibrációs jegyzőkönyve

KARTOGRAFIAI VÁLLALAT
MŰSZAKI KÖNYVTÁRA
Ep. V. Ciszev u. 25



11.5.58 114 (113)

MUNKAPÉLDÁNY

Calibration Certificate

Wild Camera No. 15 Ag. 114
Lens No. 114

This calibration certificate replaces
previous certificate issued on 8.5.58

MUNKAPÉLDÁNY

111/2

**Lens Cone**

Type: RC5
 No.: 15 Ag. 114
 Size: 9" x 9"

Lens Calibration date: 13.2.64

Type: Aviogon
 No.: 114
 $f = 153 \text{ mm}$
 max. aperture: $f:5.6$

Resolving Power (Lines per millimetre)High contrast and max. aperture $f:5.6$

Film: Agfa Isopan IFF 13 Planfilm

Glass plate:

	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
rad.	53	53	52	51	49	43	51	49	29	9			
tang.	53	53	51	49	47	49	44	40	28	17			

rad.													
tang.													

Distortion in millimetres

The given distortion is the arithmetic mean between the four half-diagonals. Distortion positive away from centre. Goniometer measurements made without filter.

Calibrated focal length: 152.48 mm

Radius	20	40	60	80	100	120	140	148
Distortion	+0.006	+0.009	+0.006	0.000	-0.008	-0.009	+0.002	+0.014

The displacement of the principal point of autocollimation from the intersection of the diagonals is within 0.015mm.

Date of Dispatch: 10.3.64

WILD HEERBRUGG

111/3

LENS CONE

LENS

CALIBRATION DATE: 13.2.64

Type: RC5

No.: 15 Ag. 114

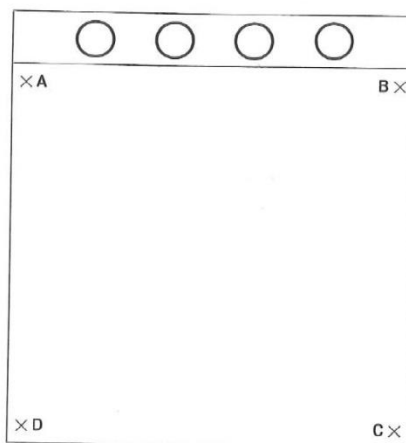
Size: 9" x 9"

Type: Aviogon

No.: 114

f = 153 mm

Seen on camera from top



A — B = 211.994

B — C = 211.994

C — D = 211.990

D — A = 211.996

A — C = 299.806

B — D = 299.804

WILD HEERBRUGG
Limited

4. Számú melléklet

RC8-as kamera kalibrációs jegyzőkönyve

CAMERA CALIBRATION

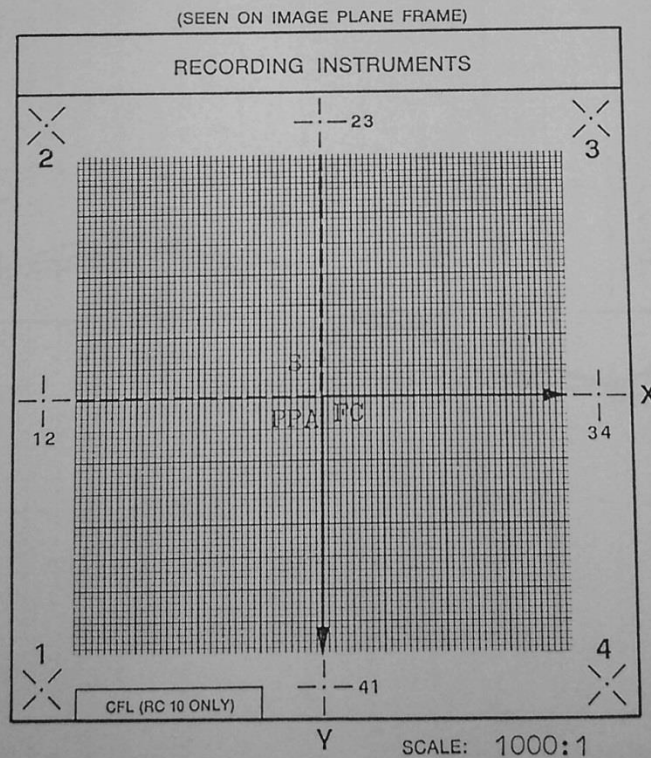
LENS : 15 UAG

NO.: 466

CALIBRATION DATE: 80/02/11

POINT	X MM	Y MM
FC	0.000	0.000
S	-.000	-.006
PPA	-.002	-.000
1	-106.001	105.999
2	-105.996	-105.994
3	106.002	-106.000
4	106.000	105.998

S : POINT OF BEST SYMMETRY
PPA : PRINCIPAL POINT OF AUTOCOLLIMATION



5. Számú melléklet

GPS mérési jegyzőkönyv

Pontszám+mérési konfiguráció	Y (EOV)	X (EOV)	h (Balti)	Szórás Y	Szórás X	Szórás h	Mérés időpontja
1FKP	769766.835	185637.251	85.075	0.012	0.015	0.025	04/27/2016 15:08:52
1FKP	769766.804	185637.254	85.055	0.007	0.013	0.022	04/27/2016 15:32:02
2FKP	770050.510	186554.146	84.595	0.008	0.013	0.021	04/27/2016 16:20:59
2MAC	770050.503	186554.169	84.618	0.007	0.011	0.020	04/27/2016 16:31:57
3FKP	769496.642	186004.829	84.315	0.005	0.010	0.012	04/28/2016 08:08:15
3MAC	769496.628	186004.847	84.315	0.006	0.012	0.015	04/28/2016 08:18:02
4FKP	769737.591	186312.829	84.241	0.007	0.008	0.018	04/28/2016 08:49:02
4VRS	769737.598	186312.843	84.250	0.005	0.007	0.015	04/28/2016 08:58:32
5FKP	769593.132	186534.480	84.233	0.005	0.007	0.019	04/28/2016 09:23:02
5MAC	769593.111	186534.479	84.235	0.007	0.009	0.026	04/28/2016 09:30:05
6MAC	769580.282	186791.956	84.643	0.010	0.014	0.024	04/28/2016 10:33:18
6VRS	769580.296	186791.962	84.642	0.005	0.010	0.015	04/28/2016 10:36:37
7FKP	770111.110	185830.486	85.776	0.006	0.010	0.016	04/28/2016 11:29:02
7VRS	770111.093	185830.497	85.786	0.004	0.007	0.011	04/28/2016 11:35:22
8FKP	770139.963	186260.900	84.525	0.004	0.006	0.017	04/28/2016 12:01:09
8MAC	770139.955	186260.892	84.527	0.005	0.006	0.020	04/28/2016 12:06:12
9FKP	769327.333	186478.284	83.993	0.006	0.008	0.020	04/28/2016 12:50:46
9MAC	769327.330	186478.280	84.001	0.006	0.008	0.020	04/28/2016 12:54:36
10FKP	768856.137	186102.616	84.250	0.007	0.010	0.018	04/28/2016 13:30:19
10VRS	768856.116	186102.612	84.251	0.006	0.008	0.013	04/28/2016 13:36:27
11FKP	768875.166	186100.252	84.421	0.006	0.008	0.013	04/28/2016 13:54:03
11VRS	768875.161	186100.248	84.436	0.005	0.007	0.010	04/28/2016 14:00:18
201FKP	768836.291	185506.775	85.558	0.007	0.010	0.025	09/27/2016 14:27:06
201MAC	768836.293	185506.745	85.543	0.008	0.011	0.034	09/27/2016 14:21:36
202FKP	768821.943	185509.157	85.506	0.004	0.010	0.016	09/27/2016 14:36:38
202MAC	768821.927	185509.162	85.480	0.004	0.010	0.014	09/27/2016 14:45:30
203FKP	769240.970	185865.653	84.963	0.007	0.008	0.014	09/27/2016 15:20:39
203MAC	769240.991	185865.624	84.946	0.008	0.011	0.018	09/27/2016 15:24:42
204FKP	769232.758	185857.331	84.709	0.008	0.011	0.017	09/27/2016 15:38:41
204MAC	769232.741	185857.346	84.734	0.010	0.012	0.020	09/27/2016 15:33:57
205FKP	769387.990	185748.038	85.143	0.010	0.012	0.023	09/27/2016 16:03:19
205MAC	769387.980	185748.054	85.171	0.009	0.010	0.020	09/27/2016 16:07:39
206FKP	769730.730	185565.579	85.347	0.010	0.014	0.026	09/27/2016 16:43:58
206MAC	769730.755	185565.561	85.383	0.007	0.012	0.018	09/27/2016 16:36:57
207FKP	769719.221	185570.898	85.314	0.013	0.014	0.029	09/27/2016 17:02:38
207MAC	769719.199	185570.897	85.287	0.013	0.015	0.029	09/27/2016 17:08:02
208FKP	769623.898	185775.524	85.383	0.009	0.011	0.022	09/27/2016 17:29:45
208MAC	769623.893	185775.527	85.362	0.008	0.010	0.018	09/27/2016 17:25:43
209FKP	769252.037	186750.583	86.691	0.007	0.011	0.018	09/27/2016 17:57:29
209MAC	769252.032	186750.589	86.663	0.007	0.010	0.016	09/27/2016 17:52:56
210FKP	769219.104	186739.243	85.565	0.005	0.009	0.013	09/27/2016 18:13:41
210MAC	769219.102	186739.261	85.569	0.007	0.013	0.019	09/27/2016 18:09:38
211FKP	769861.964	186409.880	84.388	0.006	0.007	0.028	09/28/2016 10:40:33

211FKP	769861.975	186409.853	84.420	0.008	0.009	0.034	09/28/2016 10:57:54
212FKP	770020.721	186454.223	85.633	0.010	0.010	0.023	09/28/2016 11:27:26
212MAC	770020.721	186454.225	85.634	0.010	0.011	0.025	09/28/2016 11:21:30
213FKP	770299.397	186349.783	83.976	0.005	0.006	0.012	09/28/2016 11:45:17
213MAC	770299.400	186349.800	83.957	0.006	0.007	0.015	09/28/2016 11:41:47
214FKP	770217.670	185256.283	85.543	0.017	0.023	0.014	09/28/2016 12:50:11
214MAC	770217.675	185256.279	85.557	0.013	0.019	0.014	09/28/2016 12:58:47
215FKP	769770.028	185416.981	85.270	0.006	0.010	0.024	09/28/2016 14:01:50
215MAC	769770.030	185417.003	85.246	0.006	0.010	0.021	09/28/2016 14:10:11

6. Számú melléklet

1959-es ortofotó légiháromszögelési jegyzőkönyve

The Triangulation Report With LPS

The output image x,y units: millimeters
 The output angle unit: degrees
 The output ground X, Y, Z units: meters

The Input Image Coordinates

image ID = 1

Point ID	x	y
202	-10.7910	79.4015
210	-5.5636	-72.5194
203	-43.2607	22.3901
212	-106.5810	-74.7198
208	-90.6643	17.2376
205	-64.9385	29.7846
5	-55.0163	-65.7831

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
117.7179	-0.014058	0.000074	-118.9808	0.000073	0.014054

image ID = 2

Point ID	x	y
202	56.9340	73.5553
210	63.0285	-78.0808
203	25.1788	16.6488
212	-36.2323	-79.6464
208	-20.7323	10.8914
205	4.1363	23.5737
5	13.7155	-71.0407
215	-51.8005	44.4853

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
117.7398	-0.014058	0.000053	-118.6336	0.000052	0.014053

image ID = 3

Point ID	x	y
5	72.7396	-70.9313
212	23.5172	-80.0896
203	83.8289	16.1456
205	62.9681	22.7418
208	38.2443	9.7144
215	7.0680	42.8816

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
117.7357	-0.014059	0.000036	-118.3432	0.000035	0.014054

THE OUTPUT OF SELF-CALIBRATING BUNDLE BLOCK ADJUSTMENT

the no. of iteration = 1 the standard error = 0.0042
the maximal correction of the object points = 1.03921

the no. of iteration = 2 the standard error = 0.0041
the maximal correction of the object points = 0.07065

the no. of iteration = 3 the standard error = 0.0041
the maximal correction of the object points = 0.01027

the no. of iteration = 4 the standard error = 0.0041
the maximal correction of the object points = 0.00058

The exterior orientation parameters

image ID	Xs	Ys	Zs	OMEGA	PHI	KAPPA
1	768998.7979	186114.5819	1382.2951	2.2884	1.6274	160.1419
2	769490.2798	185901.9666	1380.4429	0.9361	-0.0259	159.5122
3	769947.8795	185692.8991	1383.5438	1.7712	-0.4328	158.6605

The The accuracy of the exterior orientation parameters

image ID	mXs	mYs	mZs	mOMEGA	mPHI	mKAPPA
1	8.9227	6.8031	2.6735	0.2737	0.3950	0.1014
2	2.4511	5.2574	4.0110	0.2080	0.1017	0.0769
3	9.3995	5.0818	3.2294	0.2063	0.4058	0.0990

The interior orientation parameters of photos

image ID	f(mm)	xo(mm)	yo(mm)
1	152.4800	0.0000	0.0000
2	152.4800	0.0000	0.0000
3	152.4800	0.0000	0.0000

The values and accuracy of the additional parameters

No.	Ai	mAi	MaxX	MaxY
1	-2.1254E-003	3.2588E-003	-0.2265	-0.0000
2	3.0494E-004	1.5323E-003	0.0242	0.0000
3	-8.3478E-006	2.4116E-005	-0.0706	-0.0000
4	1.6733E-006	2.0107E-005	0.0105	0.0000
5	-1.2005E-007	1.4979E-007	-0.1083	-0.0000

	007			
6	2.3788E-007	5.4294E-007	0.1598	0.0000
7	3.5850E-009	1.8074E-009	0.2567	0.0000
8	2.2386E-005	9.7573E-006	0.0000	0.1894
	-4.9873E-			
9	007	8.5485E-006	-0.0000	-0.0057
10	4.5596E-009	6.3885E-008	0.0000	0.0041
	-2.0122E-			
11	007	2.3287E-007	-0.0000	-0.1352
	-1.7680E-			
12	010	8.8899E-010	-0.0000	-0.0127
13	3.4355E-011	9.3470E-012	0.2622	0.1954
	-1.9039E-			
14	007	3.5224E-007	-0.3584	-0.2670
Total	106.5810Mx	79.4015My	-0.0503	-0.0316

The residuals of the control points

Point ID	rX	rY	rZ
5	0.6582	0.8520	-1.0116
202	0.0628	-0.0209	-0.2209
203	-0.2603	0.0696	-0.0103
205	0.1435	0.2649	0.9122
208	-0.2535	-0.6790	-0.4044
210	-0.2374	-0.4411	0.3991
212	-0.2597	-0.2518	0.4536
215	0.1465	0.2064	-0.1175

aX	aY	aZ
0.0000	-0.0000	0.0000
mX	mY	mZ
0.3031	0.4420	0.5530
CE90	LE90	
0.8547	0.9716	

The difference of intersected and measured control points

Point ID	rX	rY	rZ
5	0.6592	0.8560	-1.0189
202	0.0616	-0.0224	-0.2246
203	-0.2605	0.0696	-0.0106
205	0.1438	0.2656	0.9167
208	-0.2534	-0.6796	-0.4065
210	-0.2373	-0.4482	0.4110
212	-0.2612	-0.2533	0.4568
215	0.1467	0.2061	-0.1188

aX	aY	aZ
-0.0001	-0.0008	0.0006

mX	mY	mZ
0.3036	0.4441	0.5574
CE90	LE90	
0.8576	0.9794	

The image residuals of intersected GCP

Point	Image	Vx	Vy
	5	1 -0.0001	-0.0032
	5	2 -0.0000	0.0027
	5	3 0.0001	0.0004

Point	Image	Vx	Vy
202		1 0.0000	0.0002
202		2 -0.0000	-0.0002

Point	Image	Vx	Vy
203		1 0.0002	0.0010
203		2 -0.0001	0.0020
203		3 -0.0000	-0.0029

Point	Image	Vx	Vy
205		1 -0.0005	-0.0027
205		2 0.0005	-0.0011
205		3 -0.0001	0.0038

Point	Image	Vx	Vy
208		1 0.0003	0.0019
208		2 -0.0004	-0.0012
208		3 0.0002	-0.0008

Point	Image	Vx	Vy
210		1 0.0001	0.0016
210		2 -0.0001	-0.0016

Point	Image	Vx	Vy
212		1 -0.0001	0.0012
212		2 0.0004	-0.0011
212		3 -0.0002	-0.0001

Point	Image	Vx	Vy
215		2 0.0000	0.0005
215		3 -0.0000	-0.0005

Mean error of 21 image points: ax=0.0000, ay=-0.0000

RMSE of 21 image points: mx=0.0002, my=0.0018

The coordinates of object points				
Point ID	X	Y	Z	Overlap
5	769593.7902	186535.3320	83.2214	3
202	768822.0058	185509.1361	85.2851	2
203	769240.7097	185865.7226	84.9527	3
205	769388.1335	185748.3029	86.0552	3
208	769623.6445	185774.8450	84.9786	3
210	769218.8666	186738.8019	85.9641	2
212	770020.4613	186453.9712	86.0866	3
215	769770.1745	185417.1874	85.1525	2

The total object points = 8

The accuracy of object points					
Point ID	mX	mY	mZ	mP	Overlap
5	0.5061	0.6137	0.6889	1.0523	3
202	0.8816	0.8843	0.8814	1.5284	2
203	0.6155	0.6349	0.6724	1.1109	3
205	0.4850	0.5002	0.5627	0.8955	3
208	0.5230	0.5756	0.5498	0.9525	3
210	0.8276	0.8436	0.8593	1.4612	2
212	0.8246	0.8435	0.8566	1.4578	3
215	0.8549	0.8550	0.8572	1.4821	2

amX	amY	amZ
0.6898	0.7188	0.7410

The residuals of image points			
Point	Image	Vx	Vy
5	1	-0.0004	-0.0031
	2	0.0000	0.0028
	3	0.0005	0.0005
202	1	-0.0001	0.0002
	2	0.0001	-0.0002
203	1	0.0002	0.0010
	2	-0.0001	0.0020
	3	-0.0000	-0.0029
205	1	-0.0003	-0.0027

205	2	0.0005	-0.0011
205	3	-0.0003	0.0038
Point	Image	Vx	Vy
208	1	0.0002	0.0018
208	2	-0.0004	-0.0012
208	3	0.0003	-0.0008
Point	Image	Vx	Vy
210	1	0.0004	0.0016
210	2	-0.0004	-0.0016
Point	Image	Vx	Vy
212	1	0.0000	0.0012
212	2	0.0003	-0.0012
212	3	-0.0004	-0.0001
Point	Image	Vx	Vy
215	2	0.0000	0.0005
215	3	0.0000	-0.0004

Total mean error of 21 image points: $a_x=0.0000$, $a_y=-0.0000$
Total RMSE of 21 image points: $m_x=0.0003$, $m_y=0.0018$

The image residuals of the control points

The image ID = 1

Point ID	Vx	Vy
5	-0.0004	-0.0031
202	-0.0001	0.0002
203	0.0002	0.0010
205	-0.0003	-0.0027
208	0.0002	0.0018
210	0.0004	0.0016
212	0.0000	0.0012

RMSE of 7 points: $m_x=0.0002$, $m_y=0.0019$

The image ID = 2

Point ID	Vx	Vy
5	0.0000	0.0028
202	0.0001	-0.0002
203	-0.0001	0.0020
205	0.0005	-0.0011
208	-0.0004	-0.0012

210	-0.0004	-0.0016
212	0.0003	-0.0012
215	0.0000	0.0005

RMSE of 8 points: $m_x=0.0003$, $m_y=0.0015$

The image ID = 3

Point ID	V_x	V_y
5	0.0005	0.0005
203	-0.0000	-0.0029
205	-0.0003	0.0038
208	0.0003	-0.0008
212	-0.0004	-0.0001
215	0.0000	-0.0004

RMSE of 6 points: $m_x=0.0003$, $m_y=0.0020$

Total number of all control image points = 21

Total $rmsex = 0.0003$, $rmsey = 0.0018$

7. Számú melléklet

1979-es ortofotó légiháromszögelési jegyzőkönyve

The Triangulation Report With LPS

The output image x, y units: millimeters
 The output angle unit: degrees
 The output ground X, Y, Z units: meters

The Input Image Coordinates

image ID = 1

Point ID	x	y
11	-12.2732	-101.5652
6	18.8070	55.6028
3	79.2476	-56.4271
2	101.2899	65.7458
4	82.6691	6.3156
212	106.6056	50.1438
9	13.7337	-8.8393
203	58.3816	-98.9950

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
-					-
119.4649	0.013978	0.000040	117.9054	0.000040	0.013979

image ID = 2

Point ID	x	y
11	-83.9597	-82.0782
6	-56.2604	70.7280
3	3.8925	-41.7484
2	28.9260	82.5681
4	8.3585	20.3977
212	34.0285	65.9928
9	-60.5378	5.4227
203	-17.0766	-81.5770
213	82.3127	78.1303
206	73.6875	-78.7751
7	102.7299	-10.5967

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
-					-
119.4333	0.013979	0.000039	117.9085	0.000038	0.013978

image ID = 3

Point ID	x	y
2	-58.9360	94.0644
212	-54.0611	76.6631
4	-80.4935	31.2534

3	-85.3962	-31.1630
203	-106.9120	-70.1527
213	-5.2945	85.9736
206	-16.8841	-69.7224
7	12.5059	-4.0536

Affine coefficients from file (pixels) to film (millimeters)

A0	A1	A2	B0	B1	B2
-	-	-	-	-	-
119.4984	0.013979	0.000043	117.9037	0.000043	0.013979

THE OUTPUT OF SELF-CALIBRATING BUNDLE BLOCK ADJUSTMENT

the no. of iteration =1 the standard error = 0.0103
the maximal correction of the object points = 0.89130

the no. of iteration =2 the standard error = 0.0103
the maximal correction of the object points = 0.06608

the no. of iteration =3 the standard error = 0.0103
the maximal correction of the object points = 0.00394

The exterior orientation parameters

image ID	Xs	Ys	Zs	OMEGA	PHI	KAPPA
1	769266.0201	186565.9023	1029.1252	0.3428	-1.3134	-34.2994
2	769666.3038	186258.4223	1033.7590	-1.2969	2.5537	-33.9786
3	770085.2614	185954.8914	1031.1318	-3.7649	1.6758	-31.3398

The accuracy of the exterior orientation parameters

image ID	mXs	mYs	mZs	mOMEGA	mPHI	mKAPPA
1	4.3444	6.2438	3.1333	0.3550	0.2254	0.1600
2	3.4405	5.2096	2.2198	0.2805	0.1773	0.1084
3	4.8261	6.1796	2.8174	0.3337	0.2708	0.1700

The interior orientation parameters of photos

image ID	f(mm)	xo(mm)	yo(mm)
1	152.4400	0.0000	-0.0060
2	152.4400	0.0000	-0.0060
3	152.4400	0.0000	-0.0060

The values and accuracy of the additional parameters

No.	Ai	mAi	MaxX	MaxY
	-6.0384E-			
1	005	2.6449E-003	-0.0064	-0.0000

		-1.3449E-		
2	004	2.4917E-003	-0.0137	-0.0000
		-1.7954E-		
3	006	3.1468E-005	-0.0194	-0.0000
		-8.2859E-		
4	007	2.8062E-005	-0.0085	-0.0000
		-2.8066E-		
5	008	1.4978E-007	-0.0324	-0.0000
		-1.3159E-		
6	007	1.9151E-007	-0.1447	-0.0000
7	2.5662E-010	4.9757E-010	0.0301	0.0000
8	3.2142E-007	1.3597E-005	0.0000	0.0035
		-3.2783E-		
9	006	1.3045E-005	-0.0000	-0.0373
		-7.1254E-		
10	008	5.0989E-008	-0.0000	-0.0822
11	5.3738E-008	1.6611E-007	0.0000	0.0591
12	4.2681E-010	2.6318E-010	0.0000	0.0500
13	2.1375E-011	5.7452E-012	0.2671	0.2545
		-1.6765E-		
14	008	1.6271E-007	-0.0387	-0.0369
Total	106.6056Mx	101.5652My	0.0333	0.2107

The residuals of the control points

Point ID	rX	rY	rZ
2	-0.2482	-0.1459	-0.3444
3	0.1103	-0.0540	-0.2752
4	0.0514	-0.1290	-0.1641
6	0.3307	0.2400	0.7813
7	-0.2108	0.0873	0.8781
9	-0.1377	-0.0461	-0.2051
11	-0.1341	0.1558	-0.3430
203	0.1026	-0.2246	0.6713
206	0.2137	0.1553	-0.4526
212	0.0430	-0.0603	-0.2557
213	-0.1209	0.0216	-0.2906
aX	aY	aZ	
0.0000	-0.0000	0.0000	
mX	mY	mZ	
0.1758	0.1385	0.4831	
CE90	LE90		
0.3537	0.8328		

The difference of intersected and measured control points

Point ID	rX	rY	rZ
2	-0.2481	-0.1458	-0.3446

3	0.1103	-0.0541	-0.2756
4	0.0515	-0.1291	-0.1643
6	0.3304	0.2386	0.7851
7	-0.2122	0.0888	0.8833
9	-0.1379	-0.0460	-0.2064
11	-0.1355	0.1551	-0.3453
203	0.1030	-0.2243	0.6722
206	0.2136	0.1543	-0.4545
212	0.0431	-0.0602	-0.2560
213	-0.1204	0.0219	-0.2918

aX	aY	aZ
-0.0002	-0.0001	0.0002
mX	mY	mZ
0.1760	0.1382	0.4852
CE90	LE90	
0.3535	0.8363	

The image residuals of intersected GCP

Point	Image	Vx	Vy
	2	1 -0.0011	0.0017
	2	2 0.0019	-0.0096
	2	3 -0.0004	0.0078

Point	Image	Vx	Vy
	3	1 0.0004	0.0141
	3	2 0.0005	0.0075
	3	3 -0.0019	-0.0221

Point	Image	Vx	Vy
	4	1 -0.0006	-0.0086
	4	2 0.0000	-0.0164
	4	3 0.0018	0.0244

Point	Image	Vx	Vy
	6	1 0.0001	0.0025
	6	2 -0.0001	-0.0024

Point	Image	Vx	Vy
	7	2 -0.0001	-0.0020
	7	3 0.0002	0.0021

Point	Image	Vx	Vy
	9	1 -0.0002	-0.0030
	9	2 0.0002	0.0030

Point	Image	Vx	Vy
11		1 0.0001	0.0026
11		2 -0.0002	-0.0029

Point	Image	Vx	Vy
203		1 -0.0002	-0.0087
203		2 -0.0000	0.0018
203		3 0.0007	0.0077

Point	Image	Vx	Vy
206		2 -0.0000	-0.0011
206		3 0.0001	0.0011

Point	Image	Vx	Vy
212		1 0.0014	-0.0006
212		2 -0.0019	0.0264
212		3 -0.0009	-0.0250

Point	Image	Vx	Vy
213		2 -0.0001	-0.0042
213		3 0.0004	0.0041

Mean error of 27 image points: ax=0.0000, ay=-0.0000

RMSE of 27 image points: mx=0.0009, my=0.0112

The coordinates of object points

Point ID	X	Y	Z	Overlap
2	770050.2618	186554.0001	84.2506	3
3	769496.7523	186004.7750	84.0398	3
4	769737.6424	186312.7000	84.0769	3
6	769580.6127	186792.1960	85.4243	2
7	770110.8992	185830.5733	86.6541	2
9	769327.1953	186478.2379	83.7879	2
11	768875.0319	186100.4078	84.0780	2
203	769241.0726	185865.4284	85.6343	3
206	769730.9437	185565.7343	84.8944	2
212	770020.7640	186454.1627	85.3773	3
213	770299.2761	186349.8046	83.6854	2

The total object points = 11

The accuracy of object points

Point ID	mX	mY	mZ	mP	Overlap
2	1.2563	1.2219	1.1874	2.1169	3
3	0.9915	0.9431	1.2289	1.8392	3
4	0.9829	0.9337	1.2189	1.8231	3

6	1.5877	1.6471	1.6573	2.8250	2
7	1.5089	1.6056	1.5729	2.7072	2
9	1.3713	1.2991	1.2815	2.2826	2
11	1.8652	1.7527	1.8815	3.1766	2
203	1.2854	1.2403	1.3464	2.2369	3
206	1.6352	1.8049	1.6904	2.9646	2
212	1.0034	0.9972	1.0221	1.7453	3
213	1.5634	1.5160	1.6429	2.7279	2

amX	amY	amZ
1.3683	1.3601	1.4300

The residuals of image points

Point	Image	Vx	Vy
	2	1 -0.0010	0.0017
	2	2 0.0019	-0.0096
	2	3 -0.0004	0.0078

Point	Image	Vx	Vy
	3	1 0.0005	0.0141
	3	2 0.0005	0.0075
	3	3 -0.0020	-0.0221

Point	Image	Vx	Vy
	4	1 -0.0006	-0.0086
	4	2 -0.0000	-0.0164
	4	3 0.0018	0.0244

Point	Image	Vx	Vy
	6	1 -0.0000	0.0025
	6	2 0.0000	-0.0024

Point	Image	Vx	Vy
	7	2 -0.0003	-0.0020
	7	3 0.0004	0.0021

Point	Image	Vx	Vy
	9	1 -0.0001	-0.0030
	9	2 0.0001	0.0030

Point	Image	Vx	Vy
	11	1 0.0002	0.0026
	11	2 -0.0003	-0.0029

Point	Image	Vx	Vy
-------	-------	----	----

203	1	-0.0003	-0.0087
203	2	-0.0000	0.0018
203	3	0.0008	0.0077

Point	Image	Vx	Vy
206	2	0.0000	-0.0011
206	3	-0.0000	0.0011

Point	Image	Vx	Vy
212	1	0.0014	-0.0006
212	2	-0.0019	0.0264
212	3	-0.0009	-0.0250

Point	Image	Vx	Vy
213	2	-0.0000	-0.0042
213	3	0.0003	0.0041

Total mean error of 27 image points: ax=0.0000, ay=-0.0000

Total RMSE of 27 image points: mx=0.0009, my=0.0112

The image residuals of the control points

The image ID = 1

Point	ID	Vx	Vy
	2	-0.0010	0.0017
	3	0.0005	0.0141
	4	-0.0006	-0.0086
	6	-0.0000	0.0025
	9	-0.0001	-0.0030
	11	0.0002	0.0026
	203	-0.0003	-0.0087
	212	0.0014	-0.0006

RMSE of 8 points: mx=0.0007, my=0.0068

The image ID = 2

Point	ID	Vx	Vy
	2	0.0019	-0.0096
	3	0.0005	0.0075
	4	-0.0000	-0.0164
	6	0.0000	-0.0024
	7	-0.0003	-0.0020
	9	0.0001	0.0030
	11	-0.0003	-0.0029
	203	-0.0000	0.0018

206	0.0000	-0.0011
212	-0.0019	0.0264
213	-0.0000	-0.0042

RMSE of 11 points: $mx=0.0008$, $my=0.0103$

The image ID = 3

Point	ID	V _x	V _y
2	-0.0004	0.0078	
3	-0.0020	-0.0221	
4	0.0018	0.0244	
7	0.0004	0.0021	
203	0.0008	0.0077	
206	-0.0000	0.0011	
212	-0.0009	-0.0250	
213	0.0003	0.0041	

RMSE of 8 points: $mx=0.0011$, $my=0.0152$

Total number of all control image points = 27

Total $rmsex = 0.0009$, $rmsey = 0.0112$