



Krauter Erika

Az ortofotoszkópia technológiája

**NSZFI**
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:
Fotogrammetria feladatai

A követelménymodul száma: 2241-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-005-50

AZ ORTOFOTOSZKÓPIA TECHNOLÓGIÁJA

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

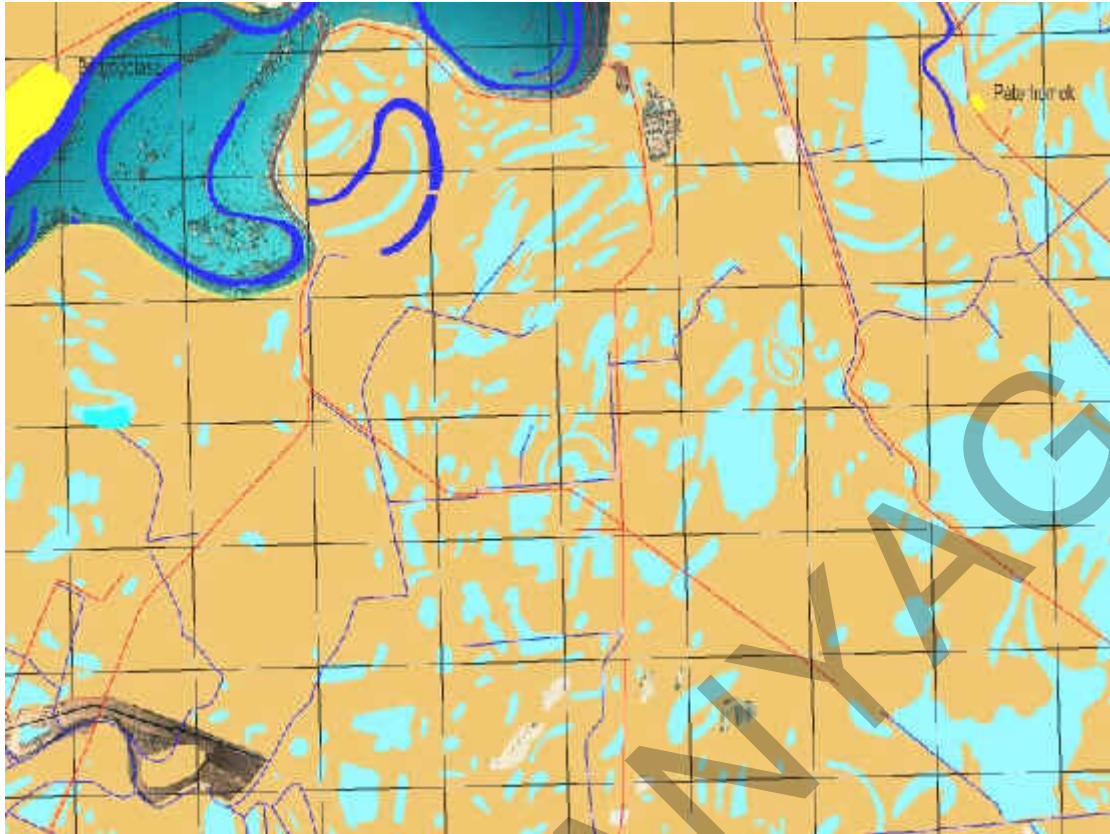
Ön egy geodéziával és fotogrammetriával is foglalkozó Mérnöki Iroda alkalmazottja. Cégét megbízzák azzal, hogy készítsen fototérképet $M = 1 : 10\,000$ méretarányban Sárrétudvari község határában levő, belvízzel elöntött területek megállapítására. A fototérképet az $M = 1 : 30\,000$ méretarányban készített légifényképekből kell előállítani. A légifényképezés RC20 kamarával ($c_k = 152.70\text{mm}$) 23×23 cm-es filmre történt. Térképszelvényenként 4db vízszintes és magassági koordinátával is rendelkező illesztőpont van a fototérkép sarkai közelében.

Mivel Sárrétudvari község egy viszonylag sík területen fekszik, 10–15 m-nél nagyobb magasságkülönbség nem fordul elő, ezért a fototérképet elő lehet állítani az illesztőpontok korrekciójával. Az Ön feladata, hogy a fototérkép transzformálásához az illesztőpontok korrekcióját a transzformálási alapsíkra vonatkozóan kiszámítsa, és a korrigált helyüket a transzformálási alaplapra felszerkessze.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

FOTOTÉRKÉP DEFINÍCIÓJA

Az eredeti definíció szerint fototérképnek nevezzük azt az átalakított (méretarányhelyes, torzulásmentes) képet, amelyre már fel van szerkesztve a szelvénykeret, az órkereszt-hálózat és az illesztőpontok. Az eredeti negatívról képátalakító berendezésen készül, illesztőpontok vagy illesztési adatok alapján.



1. ábra. Fototérkép részlet¹

FOTÓTÉRKÉP KÉSZÍTÉSÉNEK MÓDSZEREI

A hagyományos, analóg fototérkép készítésének alább felsorolt módozatai közül mindig azt alkalmazzuk, amelyik a terep adottságainak a legjobban megfelel:

- Perspektív képátalakítás. Akkor alkalmazzuk, ha a lefényképezett terület sík, vagy síknak tekinthető.
- Képátalakítás az illesztőpontok helyzeti korrekciójával. Akkor alkalmazzuk, ha a kép területén a magasságkülönbség nem túl nagy. Ilyenkor az illesztőpontokat a magassági torzulás előre kiszámított értékeivel helyesbítve szerkesztjük fel a transzformálási alaplagra. A transzformálási alapsík tervezésekor a terep domborzatán kívül figyelembe kell venni a terület jellegét is.

¹ Forrás: <http://www.otk.hu/cd19xx/1999/szek2/licskobela.htm> (2010.07.14.)

- Réstranszformálás vagy differenciális képátalakítás: A perspektív képátalakítás már nem ad megfelelő eredményt dombos területen, vagy ha mélységében tagolt a felszín. Ilyenkor a képet kis elemi, differenciális felületekre bontjuk és az ortofotót, a felületelemek transzformált képeiből állítjuk elő. Abban az esetben, ha a fényérzékeny alaplapon egy meghatározott nagyságú rész csak mozaikszerűen engedi meg a megvilágítást, és mindig biztosítjuk, hogy a rész által nyitva hagyott területrés középmagasságára állítjuk be a vetítési távolságot, azaz a vonatkozási síkot, akkor nemcsak a látszati torzulást, hanem a magasságkülönbségből eredő torzulásokat is a lehető legkisebbre szorítjuk. Ez úgy érhető el, hogy az átalakítandó területre vonatkozó magassági modellt előállítjuk, és a rész mozgásával szinkronban a modell felületén haladva folyamatosan változtatjuk a kivetítés távolságát úgy, hogy a Z irányú mozgást átvisszük a projektorba. Ez a differenciális képátalakítás módszere.

A FOTÓTÉRKÉP KÉSZÍTÉSÉNEK HAGYOMÁNYOS TECHNOLÓGIÁJA

Általános szabály, hogy a síkfotogrammetria minden olyan esetben alkalmazható, amikor egy szelvény területén a legnagyobb relatív magasságkülönbség nem haladja meg a készítendő térkép méretarányszámának 1/500-ad részét.

A munkafolyamat a következő lépésekből áll:

1. **Előkészítő munka**: Adatgyűjtésből, fotogrammetriai előkészítésből, alappontok és illesztőpontok tervezéséből és jelöléséből áll.
 - Az adatgyűjtés során a területre eső összes számunkra lényeges adatot (pl. alappontok, térképek, korábbi légifényképek stb.) összegyűjtjük.
 - A fotogrammetriai előkészítés során elkészítjük a tervezési és kitűzési vázlatot, ami a síkrajzi és magassági adatokon kívül tartalmazza a felmérendő terület határvonalát, az alappontokat, a szelvényhálózatot stb. Ez alapján készítjük el a repülési tervet. Itt arra kell figyelni, hogy a légifényképsorok illetve azok egyes képei optimálisan fedjék le a szelvényeket, vagyis lehetőség szerint **egy szelvény egy fényképből előállítható legyen**. Ehhez a térképszelvény tengelyén készített, megfelelő méretarányú, kb. 80%-os átfedésű légifényképek szükségesek. A repülési terv két részből áll, a technikai tervből és a repülési vázlatból. A technikai terv a légifényképező repülés számszerű adatait, előírásait, kamarajellemzőket, képméretarányt, a sorok közötti és soron belüli átfedést, repülési magasságot, filmre vonatkozó igényt stb. tartalmazza. A repülési vázlat a technikai terv adatai alapján készül. Ez a repülési sorokat, az első és utolsó expozíciós helyet és néhány jól azonosítható síkrajzi elemet foglal magába.
 - Az alappontok és illesztőpontok tervezése során a pontok számát és helyét határozzuk meg. A pontokat bejelöljük a tervezési és kitűzési vázlatra. A síkfotogrammetriai feldolgozás fontos követelménye, hogy az **illesztőpontok a képsarkok közelében helyezkedjenek el**. Sokszor helyezünk el vakjelöléseket ezeken a helyeken, amiknek a koordinátáit később határozzuk meg. A pontokat lehetőleg úgy helyezzük el, hogy akár több kép transzformálásához is fel lehessen használni őket.

- A jelölés során a pontokat (a vakjelöléseket is) a légifényképezés előtt lejelöljük. E munka során a pont köré központi jelet, kontrasztfokozót és figyelemfelhívó jelet helyezünk el. A jelek méretét a légifénykép méretarányának függvényében határozzuk meg. A jelölt pontokról jelölési vázlat készül.
2. **Légifényképező repülés és fotogrammetriai feldolgozás:** A repülési terv alapján végrehajtják a légifényképezést, a filmről kontaktokat készítenek. Ezeken kiválasztjuk a ténylegesen felhasználható illesztőpontokat. Nagyméretarányú felméréshez csak előre jelölt pont használható. Az illesztőpontok koordinátáit fotogrammetriai pontsűrítési eljárásokkal vagy terepi mérésekkel határozhatjuk meg. Az illesztőpontok alapján elvégezzük a transzformálást, elkészítjük a fotótérképet.
 3. **Terepi minősítés:** célja a térképezendő részletek pontszerű azonosítása a terepen, illetve a fényképen nem azonosítható részletek bemérése a fényképi vagy egyéb pontok használatával. **Különös gonddal kell minősíteni a terepsíkből kiemelkedő tereptárgyakat** (pl. épületek), ezek magasságkülönbségből eredő torzulását ugyanis térképezéskor figyelembe kell venni.
 4. **Irodai feldolgozás:** magában foglalja a munkarészek vizsgálatát és a térképezést.

Összefoglalásként válasz a felvetett esetre

Tudjuk, hogy $M = 1 : 10\,000$ méretarányú fototérkép esetén a terep legnagyobb relatív magasságkülönbsége nem lehet nagyobb szelvényenként, mint $10\,000 / 500 = 20\text{m}$.

Egy mintaszelvényen fogjuk elvégezni a kívánt számításokat. Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel, hogy a térképlapra az illesztőpontok a vízszintes koordinátáik alapján már fel vannak szerkesztve. A korrigált ponthelyek megszerkesztéséhez a magassági torzulás értékeit kell kiszámítanunk minden egyes illesztőpontra vonatkoztatva, az alábbi adatok alapján:

Pontszám	Z magasság [m]	p nadírponttól mért távolság [mm]
1.	85,20	120
2.	87,15	109
3.	95,08	115
4.	93,72	122

Először megtervezzük a transzformálási alapsík helyzetét. Mivel mezőgazdasági táblák vízzel borítottságának megadása a feladat, nagyobb összefüggő beépített területtel nem kell számolnunk. Ezért a transzformálási alapsík az illesztőpontok magasságának számtani közepe lesz.

$$Z_{\text{alapsík}} = (85,20 + 87,15 + 95,08 + 93,72) / 4 = 90,29\text{m}$$

A magassági torzulás (radiális képtorzulás) alapképlete:

$$\Delta p = \Delta Z * \left(\frac{p}{c_k * m} \right)$$

2. ábra

Ahol:

- Δp : radiális képtorzulás értéke
- p : a pont távolsága a képen a nadírponttól
- c : kamara állandó
- ΔZ : a terep magasságkülönbsége a vonatkozási síkhoz képest
- m : fotótérkép méretarányyszáma

A nadírpont helyét nem ismerjük, de kielégítő eredményt kapunk, ha a képközépponttal közelítjük.

Pontszám	$\Delta Z = Z - Z_{\text{alapsík}} \text{ [m]}$	$\Delta p \text{ [mm]}$
1.	-5,09	-0,40
2.	-3,14	-0,22
3.	+4,79	+0,36
4.	+3,43	+0,27

A korrekció iránya ellentétes a torzulás irányával. A transzformálási alapsíknál alacsonyabban fekvő 1. és 2. illesztőpont helyét a képközéppont felé, a magasabban fekvő 3. és 4. pont helyét pedig a képközépponttól kifelé kell a radiális egyenesen megszerkeszteni.

A korrekciós helyek felszerkesztése után a **kép transzformálása** következik. Ez egy **empirikus folyamat**, amikor is a transzformátor típusának megfelelő állítási lehetőségekkel a negatívon kiszúrt illesztőpontok kivetített képeit fedésbe hozzuk a transzformálási alaplapra felszerkesztett korrigált illesztőpont-helyekkel. A transzformálás után a már perspektív torzulástól mentes, adott méretarányú és optikailag éles kivetített képet fotográfiai úton rögzítjük.

A fotogrammetria hatalmas fejlődésen ment keresztül az elmúlt években. A szakemberek új, főleg számítástechnikára épülő felvevőrendszereket, kiértékelő műszereket és feldolgozó eljárásokat fejlesztettek ki. A fejlődés eredményeként régi fogalmak feleslegessé váltak, újak kerültek a helyükbe. Az analóg eljárásokat nagyrészt felváltották az analitikus és digitális eljárások. Emiatt a fentiekben ismertetett fotótérkép készítési eljárásokat (illesztőpont korrekció és övenkénti transzformáció alapján) ma már a gyakorlatban nem használják. Ugyanakkor az analóg eljárások során szerzett ismeretek, tapasztalatok nélkülözhetetlenek és érvényesek a mai korszerű technológiákban is.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Végezzen kutatómunkát az Interneten, esetleg az Arany Oldalak között vagy a könyvtárban. Keressen olyan magyarországi cégeket, amelyek fototérkép készítésével foglalkoznak. Tanulmányozza át szervezeti felépítésüket, műszerezettségüket és főbb referenciamunkáikat.
2. Keressen olyan Internetes oldalakat, amelyeknek témája a fototérkép felhasználhatósága. Kutasson olyan publikációk után, amelyek a fenti témában jelentek meg a neten.
3. Látogasson el diáktársaival tanára szervezésében és irányítása mellett egy olyan céghez, ahol foglalkoznak fototérképek készítésével, és rendelkezésre állnak az ehhez szükséges eszközök, műszerek. Figyelje meg az ott folyó munkát, készítsen jegyzeteket a látottakról, beszélgessen az alkalmazottakkal, ha lehetőség adódik rá, barátkozzon a képtranszformátorokkal, majd válaszoljon a következő kérdésekre:
 - Milyen képzettségű szakemberek készítik a fototérképeket? Milyen gyakorlattal rendelkeznek?
 - Milyen a felszereltség, milyen erőforrásokkal rendelkezik a cég? Régebbi típusú vagy új műszerek?
 - Kik a főbb megrendelőik? Milyen célokra hasznosítani az elkészített fotó termékeket?

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Húzza alá az állítások tartalmának megfelelően, hogy IGAZ vagy HAMIS állításokról van-e szó!

A fotótérkép az eredeti negatívról képátalakítóban készül. IGAZ HAMIS

A transzformálási alapsík mindig az illesztőpontok magasságának számtani középértéke, a terület jellegét nem kell figyelembe venni. IGAZ HAMIS

Domb- vagy hegyvidéken csak differenciális képátalakítással készíthetünk megfelelő megbízhatóságú ortofotótérképet. IGAZ HAMIS

A fotótérkép nem tartalmazza a szelvénykeretet, az örkereszt-hálózatot és az illesztőpontokat. IGAZ HAMIS

A differenciális képátalakítás során nem egyszerre vetítjük az egész képterületet a fényérzékeny anyagra, hanem annak csak egy kis részét, miközben a vetítési síkot a képelem magasságba állítjuk. IGAZ HAMIS

2. feladat

Írja le a differenciális képátalakítás alapelvét!

3. feladat

Fotótérkép készítéséhez számítsa ki az alábbi illesztőpontok korrekcióját egy vízszintes transzformálási alapsíkra, ha $c_k = 150\text{mm}$ és a készítendő fotótérkép méretaránya $M = 1:1000$. A kiszámított értékeket ábrázolja egy vázlatrajzon!

Pontszám	Z magasság [m]	p nadírponttól mért távolság [mm]
1.	111,5	96
2.	115,0	120

3.	114,0	104
4.	119,5	109



MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat

A fotótérkép az eredeti negatívról képátalakítóban készül. IGAZ HAMIS

A transzformálási alapsík mindig az illesztőpontok magasságának számtani középértéke, a terület jellegét nem kell figyelembe venni. IGAZ HAMIS

Domb- vagy hegyvidéken csak differenciális képátalakítással készíthetünk megfelelő megbízhatóságú ortofotótérképet. IGAZ HAMIS

A fotótérkép nem tartalmazza a szelvénykeretet, az örkereszt-hálózatot és az illesztőpontokat. IGAZ HAMIS

A differenciális képátalakítás során nem egyszerre vetítjük az egész képterületet a fényérzékeny anyagra, hanem annak csak egy kis részét, miközben a vetítési síkot a képelem magasságba állítjuk. IGAZ HAMIS

2. feladat

Differenciális képátalakítás elve: Az eredeti képet olyan kis részekre bontjuk, amelyeken belül a magasságkülönbségből eredő torzulás már elhanyagolható, majd ezeket a képrészeket folyamatos vezérlés mellett transzformáljuk úgy, hogy a vetítési sík magasságát mindig a képrészlet közepes magasságába emeljük. Az így átalakított képrészleteket fotografiai úton rögzítjük.

3. feladat

Először megtervezzük a transzformálási alapsík helyzetét. Mivel a feladat szövege nem tér ki különleges körülményre (nincs a képen beépített terület, ipartelep stb.) ezért a transzformálási alapsík az illesztőpontok magasságának számtani közepe lesz.

$$Z_{\text{alapsík}} = (111,5 + 115,0 + 114,0 + 119,5) / 4 = 115,0\text{m}$$

A magassági torzulás (radiális képtorzulás) alapképlete:

$$\Delta p = \Delta Z * \left(\frac{p}{c_k * m} \right)$$

3. ábra

Ahol:

- Δp : radiális képtorzulás értéke
- p : a pont távolsága a képen a nadírponttól
- c : kamara állandó
- ΔZ : a terep magasságkülönbsége a vonatkozási síkhoz képest
- m : fotótérkép méretarány száma

A nadírpont helyét nem ismerjük, de kielégítő eredményt kapunk, ha a képközépponttal közelítjük.

Pontszám	$\Delta Z = Z - Z_{\text{alapsík}} \text{ [m]}$	$\Delta p \text{ [mm]}$
1.	-3,5	-2,24
2.	0	0
3.	-1	-0,69
4.	+4,5	+3,27

A korrekció iránya ellentétes a torzulás irányával. A transzformálási alapsíknál alacsonyabban fekvő 1. illesztőpont helyét a képközéppont felé, a magasabban fekvő 4. pont helyét pedig a képközépponttól kifelé kell a radiális egyenesen megszerkeszteni.

ORTOFOTÓ MOZAIK KÉSZÍTÉSE DIGITÁLIS TECHNOLÓGIÁVAL

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy geodéziával és fotogrammetriával is foglalkozó Mérnöki Iroda alkalmazottja. Cégét megbízzák azzal, hogy készítsen digitális ortofoto-mozaikot Tamási város és környéke területéről $M = 1: 1\ 000$ méretarányban. Az ortofoto mozaikra a város Önkormányzatának van szüksége, ez alapján kívánják ellenőrizni a különféle építkezések megvalósulását, illetve felderíteni az illegális építkezéseket. A mozaikot a jobb kezelhetőség érdekében a szelvényhálózat mentén darabolni is kell.

A repülési tervet a légifényképezést végző szerv az L.1 utasításnak és DAT.1 szabályzatnak megfelelően elkészítette, ez alapján a repülést elvégezte, és a légifelvételek dokumentációját rendelkezésre bocsátotta. A légifényképek méretaránya $M = 1: 4\ 000$. A feladat megoldásához rendelkezésre állnak még a fényképek 20 mikronnal beszkenelt raszteres állományai, a légifényképezés DGPS képközéppontjai és a légifényképező (RC20) kamara kalibrációs jegyzőkönyve.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

DIGITÁLIS ORTOFOTÓK ELŐÁLLÍTÁSA

A digitális ortofotók előállításakor abból az elképzelésből indulunk ki, hogy az országos koordináta-rendszer XY síkján előállítható egy képmátrix a kamera koordinátarendszerében adott képmátrixból. A digitális ortofotók előállítása a kívánt képmátrixnak az országos koordináta-rendszer XY síkján történő definíciójával kezdődik. Ezek után az itt létrehozott kép képelemeinek középpontjait a kamera koordináta-rendszerébe transzformáljuk. **A vetítés számításal, analitikusan történik, amelynek végrehajtásához ismernünk kell a kép belső és külső tájékozási adatait és a terep domborzati viszonyait meghatározó digitális felületmodellt.** Vagyis a transzformáció feltétele az XY síkban található raszterpontok Z koordinátáinak ismerete. A Z koordinátákat általában digitális magassági modellekből vezetik le úgy, hogy a terep jellemző vonalait is figyelembe veszik. Szigorúan véve minden egyes pixelhez XYZ terepi koordinátákkal kellene rendelkezünk, de ez gyakorlatilag megvalósíthatatlan. Ehelyett diszkrét pontok halmazával közelítjük a terepet, ahol a szükséges közbülső pontokat interpolációval számítjuk ki.

Az ortofotó előállításához a centrális vetítés alapegyenleteit használjuk fel. Ezek teremtik meg a kapcsolatot a képpont (pixel) képkoordinátái és a neki megfelelő tereppont geodéziai koordinátái (vetületi ponthely) között.

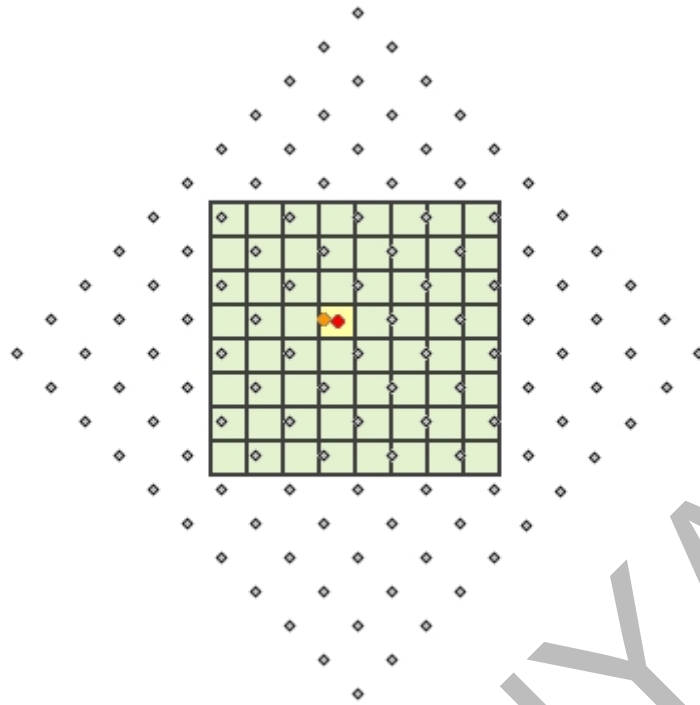
Első lépésben az ortofotó pixel-koordináta-rendszerét definiáljuk a térképezési vetület XY síkjában, kiválasztva egy ΔX , ΔY rácssűrűséget. Vagyis a digitális ortofotó minden pixeléhez hozzárendelünk egy X, Y síkkoordináta-párt, a Digitális Domborzat Modell (DDM) alapján pedig interpolációval számítjuk az adott X, Y koordinátához tartozó Z magasságot is. Ezután az így definiált pixeleket egyenlet segítségével áttaszformáljuk a kamera koordináta-rendszerében megadott eredeti képmátrixba. A transzformáció további feltétele, hogy a kép belső és külső tájékozási elemek ismertek legyenek. A belső tájékozási elemek a kamera kalibrációs jegyzőkönyvéből ismertek, a külső tájékozási elemek pedig az illesztőpontok felhasználásával kettős képkapcsolással vagy sugárnyaláb-kiegyenlítéssel számíthatók. A leképezés során figyelembe lehet venni az objektív elrajzolását, földgömbületet és a refrakciót is.

MINTAVÉTELEZÉSI ELJÁRÁS

A mintavételezési eljárás során rendeljük hozzá az eredeti kép intenzitás értékeit vagy szűrkeségi fokait a transzformált képelem középpontjaihoz. Vagyis az ortofotó pixeleit ekkor töltjük fel értékekkel. A mintavételezési eljárások a következők:

1. Legközelebbi szomszéd (nearest neighbour) interpoláció

Ez a hozzárendelés legismertebb módja. Az eljárás során a transzformált ponthoz az eredeti képen található legközelebbi pixelnek az intenzitás értékét rendeljük hozzá (2. ábra).



4. ábra. Legközelebbi szomszéd interpoláció²

A módszer előnye, hogy viszonylag kicsi a számítási idő szükséglete, és a legkönnyebben kiszámolható.

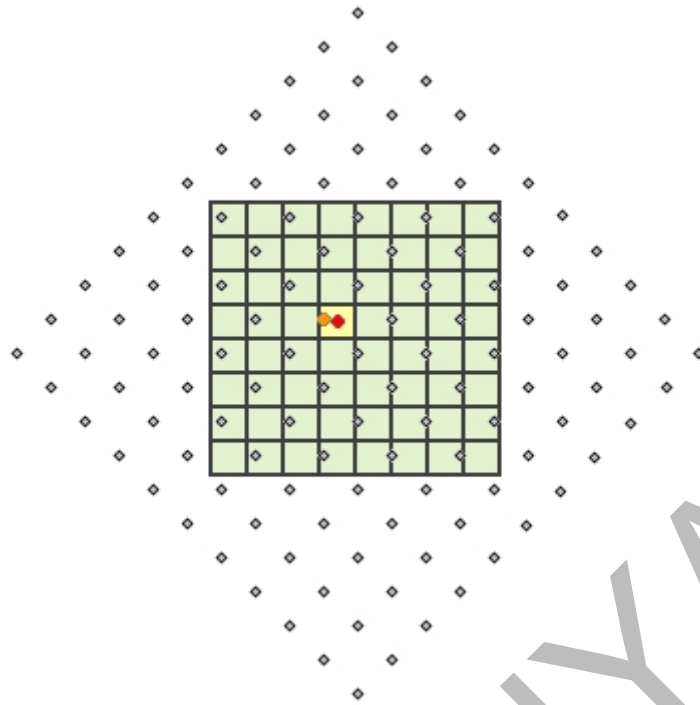
A módszer hátránya viszont, hogy kedvezőtlen esetben a képelem egy fél pixel mérettel is eltoltt helyzetű lehet. Ennek következtében a vonalak a digitális ortofotón maximálisan egy pixel értékű relatív eltolódást szenvedhetnek. Ez vonalas létesítményeknél látványosan jelentkezhet. Az áttorzítással során a kiinduló kép pixeljei közül lesznek olyanok, melyekre nem esik torzított pont, vagyis ezek a pixeljelek elvesznek és nem fognak megjelenni az ortofotón. Más adatok viszont megduplázódhatnak.

Megoldás: Azért, hogy a kiinduló kép egyetlen eleme se vesszen el, a digitális ortofotón a pixeljelek számának jelentősen meg kell haladnia az eredeti kép képelemeinek a számát. Sík területen elegendő, ha a pixeljelek száma 25%-kal nagyobb, de jelentősebb magasságkülönbségek esetén viszont szükséges lehet a pixeljelek megkésztetése is.

2. Bilineáris transzformáció (bilinear interpolation)

A bilineáris interpoláció végrehajtásánál a torzított pixel intenzitás értéke a visszatorzított koordinátához legközelebb eső négy kiindulási pixelértékből számítható ki. Ebben az esetben az XY síkról torzított képelem intenzitás értékét vagy szűrkeségi fokát a négy szomszédos érték alapján bilineáris transzformációval határozzák meg (3. ábra).

² Forrás: <http://webhelp.esri.com/arcgisdestop/9.2>



5. ábra. Bilineáris transzformáció³

A módszer előnye: a vonalas alakzatok helyét nem torzítja, térbeli hatásában pontosabb, mint a legközelebbi szomszéd módszer.

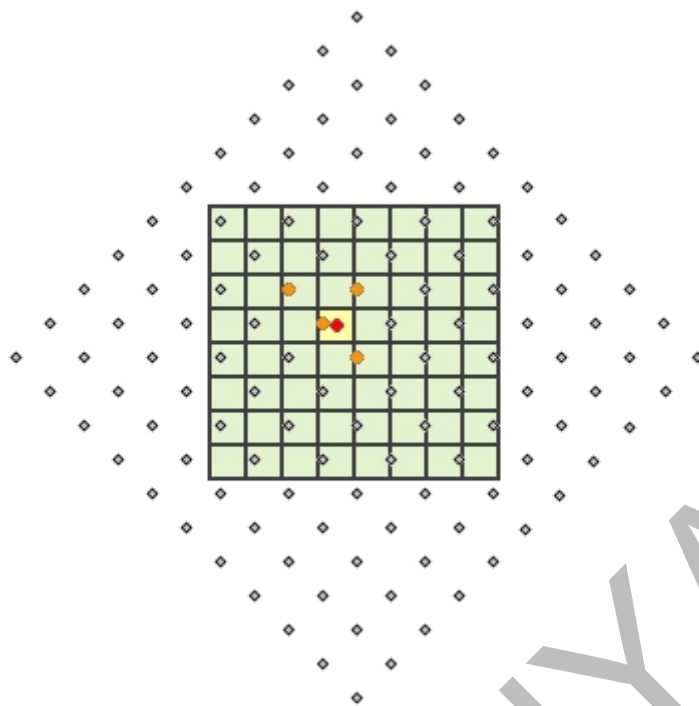
A módszer hátránya: idő- és munkaigényesebb, mint a legközelebbi szomszéd módszer. Az eredeti képkontraszt gyengül a transzformáció során. Ha ezt ki akarjuk küszöbölni, akkor magasabb rendű interpolációt kell alkalmaznunk, pl. köbös konvolúciót.

3. Harmadfokú polinomok (cubic convolution)

A harmadfokú polinomok módszer hasonló a bilineáris interpolációs módszerhez, az eltérés csak annyi, hogy:

- 16 pixelt 4x4-es elrendezésben használ a kimeneti (output) intenzitás érték meghatározásához, és
- harmadfokú polinomot illeszt a visszatranszformált pont 4x4-es környezetére.

³ Forrás: <http://webhelp.esri.com/arcgisdestop/9.2>



6. ábra. Kőbös konvolúció⁴

A módszer előnye: a kimeneti pixel értékek és szórásuk közelebb van az eredeti pixelek értékéhez és szórásához, mint a másik két módszernél.

A módszer hátránya: a leginkább számításigényes módszer a három közül, ezért a leglassabb is. Az értékek módosulhatnak.

Összefoglalásként válasz a felvetett esetre

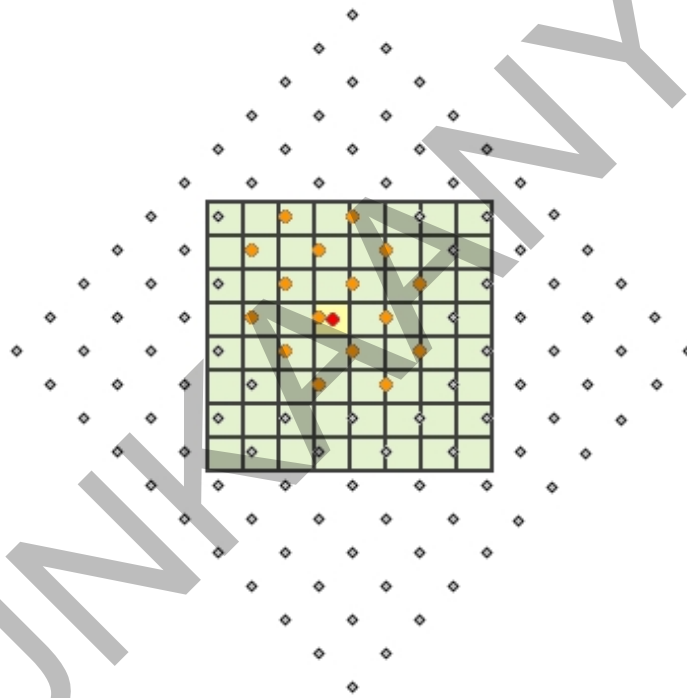
A digitális ortofotó készítésének általános technológiáját a felvetett példán keresztül tekintjük át. A feladat elkészítéséhez a Leica Photogrammetry Suite v9.1 és az ErdasImagine OrthoBASE programot használjuk. Természetesen más gyártók is forgalmaznak hasonló modulokkal rendelkező programcsomagokat, ezekkel a feladat hasonlóan oldható meg.

⁴ Forrás: <http://webhelp.esri.com/arcgisdestop/9.2>

TECHNOLÓGIAI LÉPÉSEK

1. Előkészítés

1. **A blokkfájl létrehozása.** Ez tulajdonképpen egy bináris fájl, amiben megtalálható minden olyan információ, amit egy fényképekből álló blokkhoz hozzá kell rendelni pl. a képek helye, kamerainformációk, keretjel-mérések, illesztőpont-mérések stb. Blokkfájl-t a feldolgozandó anyagnak megfelelően létrehozhatunk egyetlen képhez, egy képsorhoz, vagy akár egy teljes tömbhöz. Ahogy a munkával haladunk előre, egyre több minden tárolódik ebben a fájlban. **A blokkfájl létrehozásakor megadjuk a geometriai modellt,** amiben fel akarjuk dolgozni a képeket pl. mérőkamara, vetületi rendszer, vonatkozási rendszer, mértékegységek, forgatási szögek és irányok, repülési magasság stb. Ezeket az adatokat később nem lehet megváltoztatni, ezért igen gondosan kell megválasztani a paramétereiket.



7. ábra. Az LPS program Project Manager ablaka a blokkfájllal

2. **A képek becsatolása a blokkfájlba.** Minden képet, amit fel szeretnénk dolgozni, be kell illeszteni a blokkba. A képeket egyenként és csoportosan is hozzáadhatjuk a blokkhoz. A beillesztett képekhez ezután **létrehozzuk a piramisrétegeket.** Ezek a piramisrétegek segítik a képekkel végezhető műveleteket pl. a megjelenítést.
3. **A kameramodell definiálása.** Itt adjuk meg a kamera nevét, fókusz távolságát, Főpontjának koordinátáit, és a keretjellek koordinátáit. A szükséges adatok a kamera kalibrálási jegyzőkönyvében található meg. Itt állíthatjuk be, ha szeretnénk az objektív radiális elrajzolását figyelembe venni.

2. A képek belső tájékozása

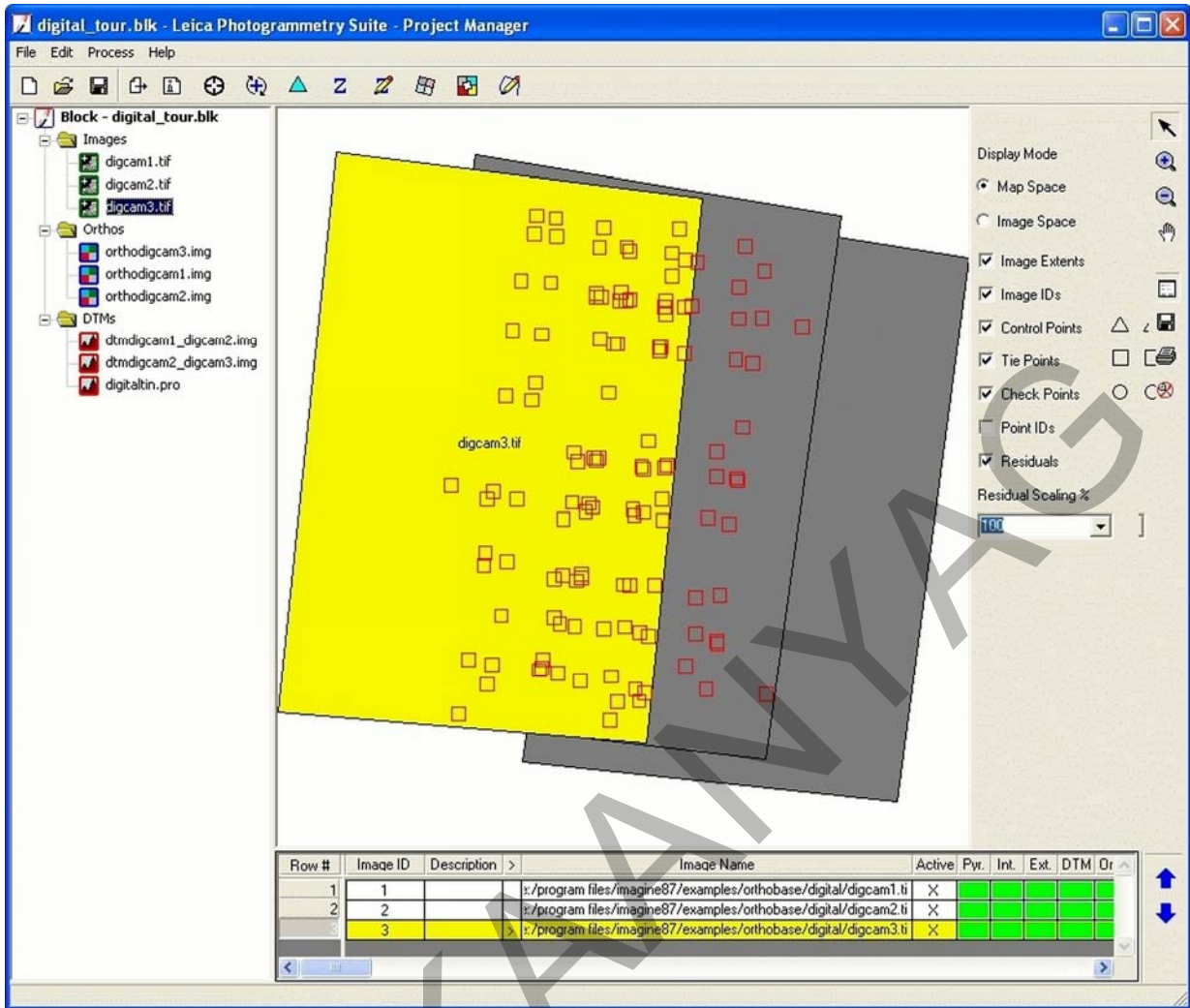
Képenként az összes keretjelet megmérjük, majd minden képre elvégezzük a belső tájékozás megoldását. A belső tájékozás célja, hogy a pixelkoordinátákból képkoordinátákat állítsunk elő. A belső tájékozásnál figyelni kell a maradék hibákra (RootMeanSquare), amiknek az értéke 0,33 pixel alatt kell, hogy legyen. Amelyik képnél ez nem sikerült, a keretjelek újramérésével javíthatjuk az értéket. A belső tájékozás elvégzésével a blokkfájl Int oszlopa zöldre vált, ezzel jelezve, hogy ez a munkafolyamat kész.

3. A képek külső tájékozása

1. A légiháromszögelés szükségletének megfelelően, a blokk alakját figyelembe véve utólagosan a fényképekről **kiválasztjuk az illesztőpontokat.** Az illesztőpontokat a képek átfedési részén úgy választjuk ki, hogy lehetőleg minél több képen látszódjanak, vagyis minél kevesebb pontot kelljen mérnünk. A terepen is jól azonosítható, kontrasztosan leképződött pontokat válasszunk. A következő terepi elemek nagyon jól használhatók illesztőpontként:

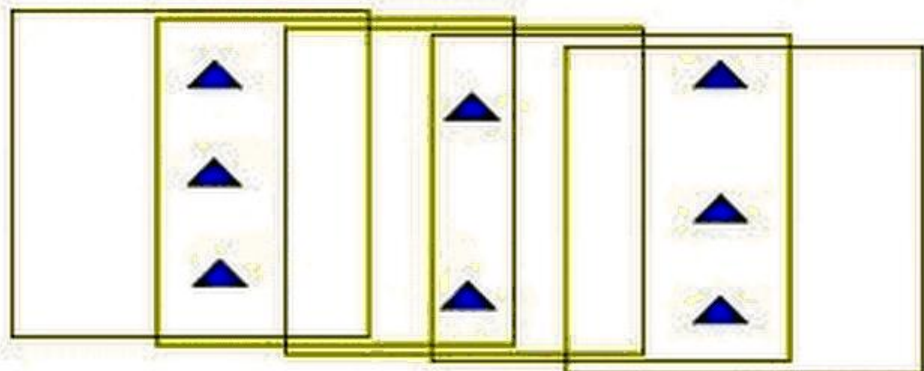
- burkolatfestések,
- betonozott területek sarokpontjai,
- közmű elemek (pl. aknafedlapok sarokpontjai) stb.

Ezeket a kiválasztás után földi eljárással pl. GPS méréssel, esetleg mérőállomással meghatározzuk. Lehetőség szerint minél több 3D koordinátás illesztőpontunk legyen. Az illesztőpontokon kívül **ellenőrző pontokat is célszerű kiválasztani és meghatározni.** Ezeket a pontokat nem vonjuk be a légiháromszögelésbe, és így ezek független ellenőrzést adhatnak arra vonatkozóan, hogy milyen pontosan sikerült a számításokat végrehajtani. A szükséges illesztőpontok száma a blokk méretétől függ. További követelmény, hogy a pontok egyenletesen oszoljanak el a feldolgozandó területen, azt teljesen fedjék le. Ha egyetlen képet akarunk feldolgozni, akkor 3db térbeli illesztőpontra van szükség. A pontok nem eshetnek egy egyenesre. Képsor feldolgozásakor két illesztőpont ismerete javasolt minden harmadik képen (6. ábra).



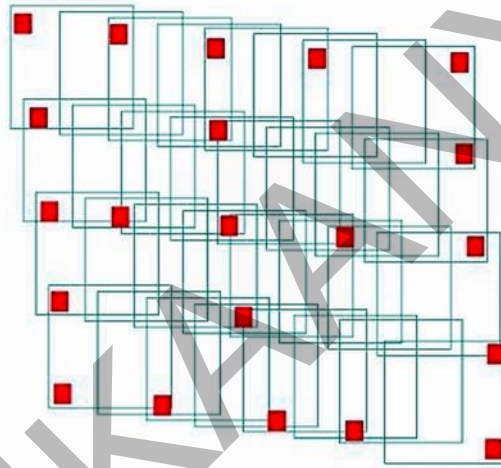
8. ábra. Repülési sor illesztőpontoszükséglete

Az ortorektifikálás pontosságának javítása érdekében a sor szélein előnyös három-három illesztőpontot meghatározni. Tömb feldolgozásánál értelemszerűen alkalmazandók a soroknál elmondottak. Ha több illesztőpontot határozunk meg, mint amennyi feltétlenül szükséges, a képek geometriáját merevítjük (7. ábra).



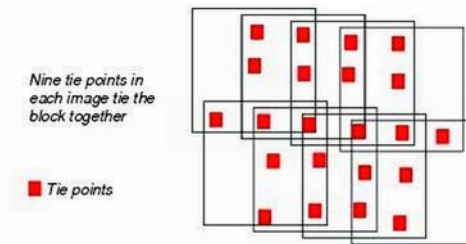
9. ábra. Tömb illesztőpont szükséglete

2. A kiválasztott illesztőpontok (control point) és ellenőrző pontok (check point) koordinátáit be kell vinnünk a blokkfájlba, és a leképződött ponthelyeket az összes képen fel kell keresnünk és meg kell mérnünk. Az illesztőpontok és ellenőrző pontok EOY koordinátáit a blokkfájlba beimportálhatjuk pl. egy excel fájlból. A pontok képi felkeresését pedig megkönnyíti, hogy a program pontmérés dialógusablakában (8. ábra) több nézet is mutatja ugyanazt a képrészletet, csak különböző nagyításban. Így a kisebb méretarányú képen a vonalak és struktúrák jól látszanak, segítenek a tájékozódásban, a nagyobb méretarányú ablakban pedig kellő pontossággal végezhetjük el a mérést. Két általunk választott képet szemlélhetünk a dialógusablakban ugyanabban az időben. A pontok mérését az Automatikus vezetés (Automatic Drive) funkció segíti. Ha ez a funkció aktív, akkor ugyanannak a pontnak a második (és sokadik) képen való helyzetét a program az első képen való azonosítás után megbecsüli, és így a mérőkurzor helyzetét általában már csak pontosítani szükséges.



10. ábra. Az LPS program Pontmérés párbeszédablaka

3. Az egyes képek külső tájékozási adatainak meghatározásához **megadhatunk kezdeti (initial) értékeket**. Itt lehet figyelembe venni, ha a repülés során DGPS mérés volt a vetítési középpontokra.
4. Ezután következik a **kapcsolópont mérés**. Kapcsolópontoknak nevezzük azokat a pontokat, amelyeknek nincsenek terepi koordinátái, de maguk a pontok jól felismerhetően látszanak a képek közötti átfedési területen két vagy több képen. A kapcsolópontok akkor ideálisak, ha jó kontraszttal rendelkeznek két irányban is, mint pl. az útburkolati jelek sarka, betonozott területek sarokpontja stb. Kívánatos, hogy a kapcsolópontok egyenletesen oszoljanak el a blokk (tömb) területén. Ideális, ha egy-egy képen 9 db ilyen pont van, mert ez elegendő ahhoz, hogy szorosan kapcsolja egymáshoz a blokk képeit (9. ábra).

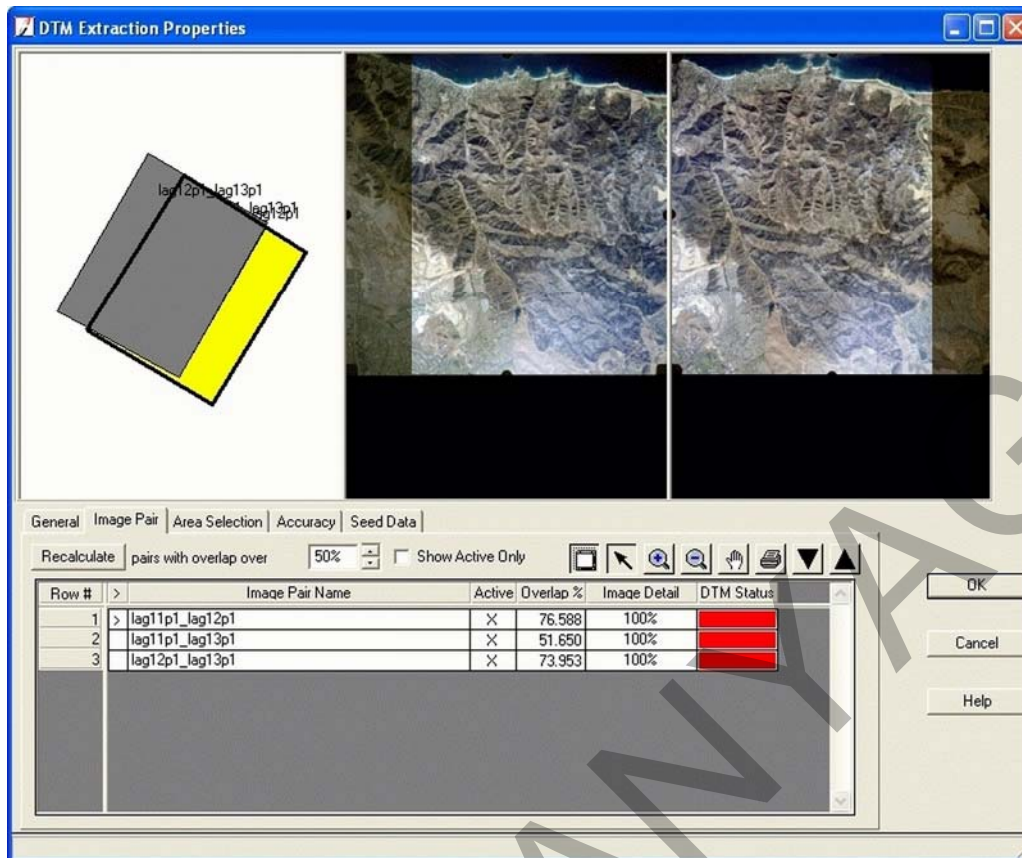


12. ábra. Részlet a légiháromszögelés riport fájlból

7. Ezt textfájlként el lehet menteni, és a későbbiekben fel lehet használni. Pl. csatolni lehet a projekt dokumentációjához. **A légiháromszögelés eredményeit mindig gondosan át kell tanulmányozni.** A legfontosabb mutató, ami a légiháromszögelés jóságára utal, az utolsó iteráció középhibája (standard error). Ez a súlyegység középhibája, és az adott iterációs lépés teljes minőségét mutatja. Ezen kívül figyelni kell a külső tájékozási elemeket (exterior orientation parameters), az illesztőpontok és ellenőrzőpontok maradék ellentmondásait (residual of the controlpoints és residual of the check points), és a képpontok ellentmondásait (residual of image points). Ha az eredmények megfelelőek, akkor a légiháromszögelést elfogadjuk. A külső tájékozás elfogadásával a blokkfájl Ext oszlopa zöldre vált, ezzel jelezve, hogy ez a munkafolyamat kész.

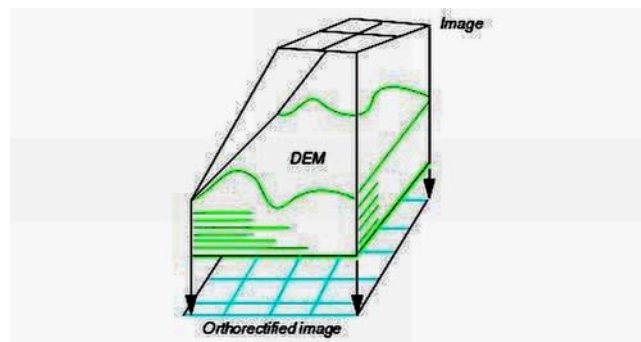
4. Az ortofotó elkészítése

1. Ezután **beszerezzük vagy előállítjuk** az ortofoto készítéséhez felhasználandó **Digitális Domborzat Modellt**. Ezt beszerezhetjük a **FÖMI**-től (Földmérési és Távérzékelési Intézet). Itt rendelkezésre állnak az $M = 1:10\ 000$ méretarányú digitális topográfiai alaptérképek adatbázisából levezetett digitális domborzatmodellek állományai 5m-es felbontásban vagy az $M = 1:100\ 000$ méretarányú digitális topográfiai alaptérképek adatbázisából levezetett digitális domborzatmodellek állományai 100m-es felbontásban. Ha azonban szeretnénk **saját domborzat modellel** dolgozni, akkor ezt már a repülés tervezésénél figyelembe kell venni. Ennek megfelelően a képek 60%-os átfedéssel, a sorok pedig 20–30%-os átfedéssel készülnek. Ekkor a program DTM Extraction (DTM Kinyerés) moduljának segítségével (11. ábra) a képpárok közös területe által lefedett részről kinyerhető egy saját domborzat modell, amit felhasználhatunk az ortofotó készítéséhez.



13. ábra. Az LPS program DTM generáló ablaka

- Az így kinyert domborzatot **alapos vizsgálat**nak kell alávetni, hogy kiugró hiba ne legyen benne. A kinyert domborzat pontjairól riportfájl készíthető, amiben pontossági osztályba is sorolja a program a kinyert pontok magasságát 1 és 5 között. Az 1: tökéletes, az 5: gyanús. A domborzat modell grafikusán is megjeleníthető, vizsgálható és javítható. A generált DTM pontosságának kimutatásához fel lehet használni az illesztőpontokat, kapcsolópontokat.
- A következő lépés, hogy a blokkban szereplő képekből **előállítjuk az ortofotókat**. Itt a domborzat modell magasságainak felhasználásával a beállított mintavételezési eljárásnak megfelelően a program létrehozza minden képhez az ortorektifikált változatot (12. ábra).



14. ábra. Az ortorektifikálás sematikus rajza

4. Az ortofotók illeszkedésének helyességéről meggyőződhetünk az **Áttűnés (Swipe) eszköz** használatával. Ilyenkor a szomszédos képek egyikét átlátszóvá tesszük, és a másik képen a közös képterület felett lassan megjelenítjük. Ha minden kép elkészült, a blokkfájl Ortho oszlopa zöldre vált.
5. Az ortofotók ellenőrzése után elkészítjük a **mozaikot**, ha a teljes területről egy ortorektifikált képet szeretnénk. A mozaik készítésénél a megfelelő **vágóélek kijelölése** a legnehezebb és leginkább időigényes feladat. A vágás nagy gyakorlatot és körültekintést igényel, különben a mozaik nem lesz kielégítő. A vágóélek készítésénél figyelembe kell venni néhány **fontos szabályt**:

- Vonalas objektumoknál (utak, vasutak, csatornák) lehetőleg a tengelyvonalban vagy azzal párhuzamosan vezessük
- Árnyékban, erdősávban szépen lehet vágni
- Objektumot (pl. ház, autó, villanyoszlop, csővezeték stb.) átvágni tilos
- Túl szűk utcákban vágóvonalat vezetni nem célszerű
- Előfordul, hogy a terepmodell nem mindenhol jó (pl. hidak, felüljárók stb.) Ezeket a helyeket kerülni kell
- Duplázódás, eltűnés ne forduljon elő
- Erdőben, réten, mezőgazdasági táblákban természetellenes az egyenes vonal. Ilyet ne alkalmazzunk.

A mozaikolásnál a legtöbb szoftver lehetőséget biztosít **képjavítási technikák alkalmazására** pl. színkiegyenlítés, területek kizárása a képstatistikákból (pl. becsillanó vízfelület, katonai objektum stb.). A vágóélek mentén lehet simítószűrőt vagy összemosást is alkalmazni. Ez utóbbiakat a megrendelővel egyeztetni kell, nem mindenhol van engedélyezve a használatuk.

A tömbök mozaikolásánál először a sorokat mozaikoljuk egybe, majd utána az egyes sorokat fűzzük össze egy egységes tömbbé.

Néhány gyártónak külön mozaikoló programja is van a kínálatában. Ilyen pl. a Leica Mosaic Pro szoftvere. Itt általában még több funkció áll rendelkezésre, mint az alapszoftverek mozaikolás moduljában. Ezek már igazi profiknak valók.

A legtöbb szoftverben a szelvényháló mentén a mozaikot darabolni is lehet.

5. Vizsgálat

Az utolsó munkafázis a leadás előtt az ortofotó pontossági vizsgálata.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Keressen az Internetes oldalak között olyanokat, amelyek a digitális ortofotó készítésével és felhasználásával foglalkoznak.

2. Keressen digitális ortofotó készítésére alkalmas egyszerű szoftvereket, és ha van ingyenes próbaverzió letöltésére lehetőség, tölts le a szoftvert. Nézze át a dokumentációt és próbálja ki a programot mintaállományokon vagy a saját készítésű fényképein. Legegyszerűbb egy sík homlokzatú épületről a homlokzattal párhuzamosan készült kép ortorektifikációja.
3. Látogasson el diáktársaival tanára szervezésében és irányítása mellett egy olyan céghez, ahol foglalkoznak digitális ortofotók készítésével, és rendelkezésre állnak az ehhez szükséges számítógépek és szoftverek. Figyelje meg az ott folyó munkát, készítsen jegyzeteket a látottakról, beszélgessen az alkalmazottakkal, majd válaszoljon a következő kérdésekre:
 - Milyen típusú ortofotókat készítenek a cégnél? Földi képekből, építészeti, régészeti vagy egyéb alkalmazásokhoz készülnek ortofotók, vagy légifelvételekből térképészeti célra készítik az ortofotó termékeket?
 - Perspektív vagy differenciális képátalakítással foglalkoznak a cégnél? Esetleg mindkettővel?
 - Milyen képzettségű szakemberek készítik az ortofotó termékeket? Milyen gyakorlattal rendelkeznek?
 - Milyen a felszereltség, milyen erőforrásokkal rendelkezik a cég?
 - Kik a főbb megrendelők? Milyen célra kívánják hasznosítani az elkészített ortofotó termékeket?

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Húzza alá az állítások tartalmának megfelelően, hogy IGAZ vagy HAMIS állításokról van-e szó!

Az ortofotó előállításához a centrális vetítés alapegyenleteit használjuk fel.

IGAZ HAMIS

A mintavételezési eljárás során rendeljük hozzá az eredeti kép intenzitás értékeit vagy szűrkeségi fokait a transzformált képelem középpontjaihoz.

IGAZ HAMIS

A bilineáris transzformáció hátránya, hogy a vonalas alakzatok helyét eltorzítja.

IGAZ HAMIS

A belső tájékozáshoz minden képen az összes keretjelet meg kell mérni.

IGAZ HAMIS

A kapcsolópontok automatikus mérése ma még megoldhatatlan feladat.

IGAZ HAMIS

Az ortofotó mozaik készítésének legkönnyebb része a vágóvonalak kijelölése.

IGAZ HAMIS

2. feladat

Sorolja fel a leggyakoribb mintavételezési eljárásokat!

3. feladat

Sorolja fel a digitális ortofotó készítésének főbb technológiai lépéseit!

MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Az ortofotó előállításához a centrális vetítés alapegyenleteit használjuk fel.

IGAZ HAMIS

A mintavételezési eljárás során rendeljük hozzá az eredeti kép intenzitás értékeit vagy szürkeségi fokait a transzformált képelem középpontjaihoz.

IGAZ HAMIS

A bilineáris transzformáció hátránya, hogy a vonalas alakzatok helyét eltorzítja.

IGAZ HAMIS

A belső tájékozáshoz minden képen az összes keretjelet meg kell mérni.

IGAZ HAMIS

A kapcsolópontok automatikus mérése ma még megoldhatatlan feladat.

IGAZ HAMIS

Az ortofotó mozaik készítésének legkönnyebb része a vágóvonalak kijelölése.

IGAZ HAMIS

2. feladat

Legközelebbi szomszéd interpoláció, Bilineáris transzformáció, Harmadfokú polinomok

3. feladat

1. Előkészítés
2. Belső tájékozás
3. Külső tájékozás
4. Ortofotó elkészítése – Mozaik elkészítése
5. Vizsgálat

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Karl Kraus: Fotogrammetria, Tertia Kiadó, Budapest, 1988.

Dr. Engler Péter: Fotogrammetria II. FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2007.

Dr. Busics György – Dr. Engler Péter – Guszlev Antal – Dr. Jancsó Tamás: Digitális adatgyűjtési technológiák FVM Vidékfejlesztési, Képzési és Szaktanácsadási Intézet, Budapest, 2009.

Czímber Kornél: Geoinformatika, Elektronikus jegyzet, 2001. <http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/fotogrammetria/GeoInfo/geoinfo4.htm> (2010.05.28.)

Dr. Mucsi László: Képfeldolgozás jegyzet, SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 2008.

Dr. Mélykúti Gábor: Fotogrammetria, BMEEOFTAG12 segédlet a BME Építőmérnöki Kar hallgatói részére, 2007.

Leica Photogrammetry Suite v9.1 onlinehelp, 2006.

ERDAS IMAGINE OrthoBASE program v8.6 kézikönyv, 2003.

A(z) 2241-06 modul 005-ös szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 581 01 0100 51 02	Fotogrammetriai kiértékelő
54 581 01 0010 54 01	Földmérő és térinformatikai technikus
54 581 01 0010 54 02	Térképésztechnikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:

18 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet

1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:

Nagy László főigazgató