

A. Többképes digitális sztereofotogrammetria

A digitális sztereofotogrammetriához az alábbiakra van szükség:

1. digitális képek (ez lehet másodlagos digitális fénykép, ahol az analóg fényképet beszkeneljük, vagy elsődleges digitális kép, ahol digitális érzékelő állította elő a képet) területátfedéssel
2. Megfelelő fotogrammetriai program (esetünkben a DigiTerra Map)
3. Megfelelő hardver (A program futtatásához alkalmas hardver nagy tárolókapacitással, memóriával és gyors processzorral – egy kép több száz MB is lehet)

A digitális sztereofotogrammetriát a következő területeken alkalmazhatjuk:

1. Térbeli mérések a képpárok alapján
2. Ortofotó előállítás
3. Automatikus felületmodell előállítás

Ahhoz, hogy a fenti alkalmazások lehetővé váljanak, ahhoz a felvételeket **tájékozn**i kell. A tájékozás lépései az alábbiak:

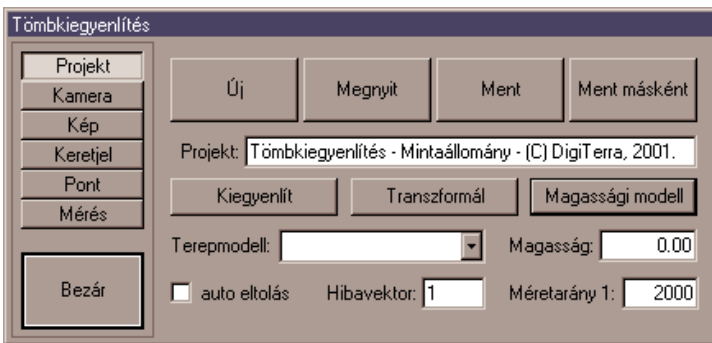
1. Pixelkoordináta -> képi koordináta
2. Belső tájékozás (segítségével a képfőpont és a képsík egymáshoz való viszonyát határozzuk meg)
3. Külső tájékozás (ennek során illesztőpontok segítségével határozzuk meg az alábbi paramétereket: C_x , C_y , C_z a perspektív középpont koordinátái, valamint φ , ω , κ a három merőleges tengely körüli forgatási szögek)

A tájékozás megszokott felosztása (belső/külső) a digitális fotogrammetriában még kiegészül egy olyan transzformációval, amely során a pixelkoordinátákról térünk át a képi koordinátarendszerre.

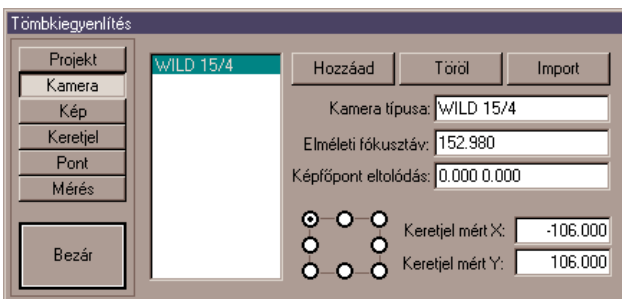
A tájékozást hatékonyabban és pontosabban lehet megvalósítani a sugárnyaláb-kiegyenlítéssel, vagy tömbkiegyenlítéssel, ahol megfelelő számú kapcsolópont segítségével meghatározható a képek közötti perspektív kapcsolat. Így kevesebb számú illesztőponttal is (szélső esetben akár 3 illesztőpont elegendő az egész tömbre) nagyobb pontossággal megvalósítható a tájékozás. Ennek gyakorlati megvalósítása a DigiTerra Map program Tömbkiegyenlítés moduljában az alábbiak szerint történik:

A.1.1. Tájékozás tömbkiegyenlítéssel

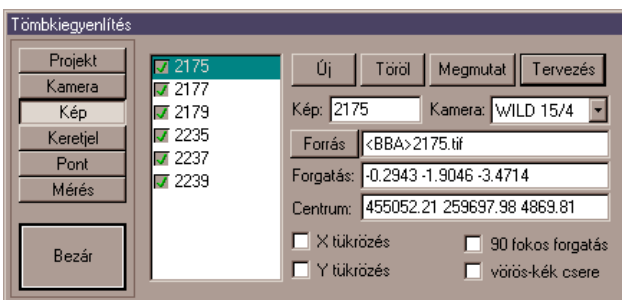
Amennyiben több felvételt akarunk tájékozni és a tájékozást az átfedő részekben elhelyezett kötőpontokkal akarjuk pontosítani, úgy a **Raszter/Tömbkiegyenlítés** menüponttal indítható panelre lesz szükségünk. A panel kezelése hat részre osztható, az egyes részek között a panel bal oldalán lévő nyomógombokkal tudunk váltani.



Első lépésben nevezzük meg a munkát a **Projekt** beviteli mezőben és mentjük el egy BBA kiterjesztésű szövegfájlba. Később elegendő lesz csak a **Ment** nyomógombra kattintani. Az elmentett projektet a **Megnyit** nyomógombbal tudjuk visszatölteni. Amennyiben megnyitottuk a referencia térképet, akkor megadhatjuk a terepmodell forrását. Ha nincs terepmodell (*például sík terület*), akkor adjuk meg a tájékozáshoz szükséges átlagos magasságot.



Második lépés a projektben használt kamerák felsorolása és beállítása. A **Hozzáad** nyomógombbal adjunk a listához egy új kamerát. Töltsük ki a **Típus**, **Elméleti fókusz táv** mezőket. Amennyiben rendelkezünk kalibrációs jegyzőkönyvvel, töltsük ki a **Képfőpont eltolódás** és a nyolc **Keretjel mért** koordinátáit.

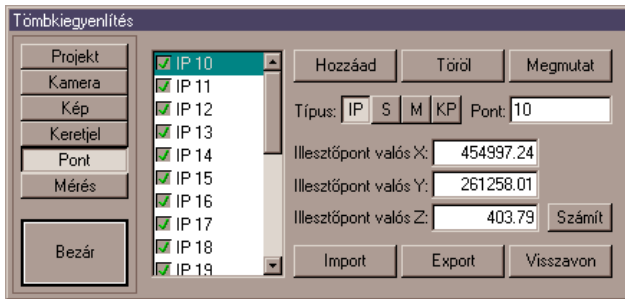


Harmadik lépés a projektben résztvevő felvételek betöltése. A **Hozzáad** nyomógomb segítségével kijelölhetjük a raszteres adatforrásokat, amelyeket a

Forrás gomb segítségével bármikor módosíthatunk. Hozzáadás után a kép megjelenik a listában. A kiválasztott képet átnevezhetjük a **Kép** mezőben és kamerát rendelhetünk hozzá a **Kamera** legördülő listából. A kiválasztott képet a **Megmutat** nyomógombbal vagy a listában történő dupla kattintással tudjuk megjeleníteni egy új térképnézetben. A panelen található kapcsolók a kép megjelenítését vezérlik. A panelen található **Forgatás** és **Centrum** mezőkből kiolvashatók a kiválasztott felvétel tájékozási paraméterei. Ezek szükség esetén (*speciális tájékozási paraméterek*) módosíthatók. Fontos megjegyezni, hogy a kiegyenlítésben csak az aktív képek vesznek részt. A listában a kép neve előtt található ikon vezérli a kép aktív/inaktív állapotát. A **Tervezés** gombbal a Tervezés panelt lehet megnyitni. A panel a felvételi sorok, képek térbeli helyzetét és az illesztőpontok helyzetét mutatja a tájékozás és a tömbkiegyenlítés elvégzése után. A vázlatos képen ellenőrizhető a tömbkiegyenlítés eredménye, ami alapján az esetleges hibák kiszűrhetők. A nem megfelelően elhelyezkedő geometriai elemeket a tervező panelen eltolhatjuk és el is forgathatjuk az egér vonatásával.



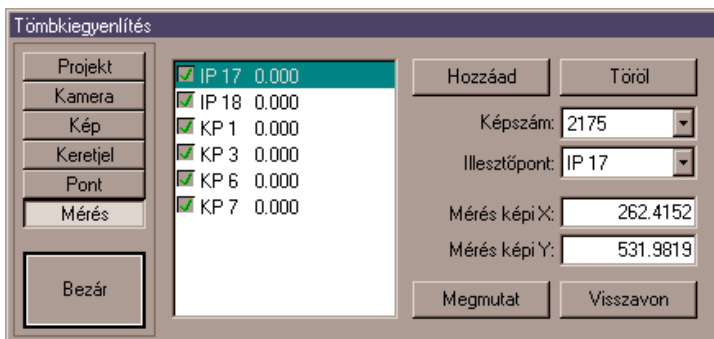
Negyedik lépés a képek belső tájékozása. Az előző lépésben megnyitott képen először teljes nagyításban helyezzük el közelítőleg a keretjeleket a listában található sorrendben. A **listában** kiválasztott keretjel pozícióját bal klikkel tudjuk megjelölni a térképnézetben. A távoli elhelyezés után nagyítsunk rá az aktív keretjelre és jelöljük meg a pontos pozíciót. A listában váltsunk át a következő pontosítandó keretjelre és kattintsunk a **Megmutat** nyomógombra vagy egyszerűen dupla klikkel kattintsunk a keretjel sorára. Pontosítsunk minden aktív keretjelet. A tájékozás hibája automatikusan megjelenik a keretjel neve után képi (*pixel*) egységben. Lehetőség van az utolsó módosítás visszavonására a **Visszavon** nyomógombbal. A belső tájékozást minden egyes képen el kell végeznünk. A **Kép** legördülő listában kiválasztható a projekt bármelyik felvétele és a **Megmutat** nyomógombra megjeleníthető. Fontos megjegyezni, hogy a belső tájékozásban csak az aktív keretjelek vesznek részt. A listában a keretjel neve előtt található ikon vezérli a keretjel aktív/inaktív állapotát.



Ötödik lépés az illesztőpontok megadása. A **Hozzáad** nyomógombbal új illesztőpontokat adhatunk a listához. A rendezett listában a kiválasztott illesztőpont nevét a **Pont** mezőben valós koordinátáit az **X,Y,Z** mezőkben tudjuk szerkeszteni. Az illesztőpont síkbeli pozícióját a referencia térképeket tartalmazó térképnézet is megjelölhetjük bal klickkel. Új illesztőpont létrehozásához tartssuk lenyomva a CTRL billentyűt kattintás közben. Amennyiben a **Projekt** panelen megadtuk a terepmodell forrását, úgy a megjelölés után a program átveszi az illesztőpont magasságát a terepmodellről. A magasságot később is kiszámíthatjuk a **Számít** nyomógombbal. Az kiválasztott illesztőpontot a **Megmentat** nyomógombbal vagy a listában történő dupla kattintással tudjuk megjeleníteni a térképnézetben. Lehetőség van az utolsó módosítás visszavonására a **Visszavon** nyomógombbal. Fontos megjegyezni, hogy a kiegyenlítésben csak az aktív pontok vesznek részt. A listában a pont neve előtt található ikon vezérli a pont aktív/inaktív állapotát. Az illesztőpontok szövegfájlból betölthetők az **Import**, és szövegfájlba kiírhatók az **Export** nyomógomb segítségével.

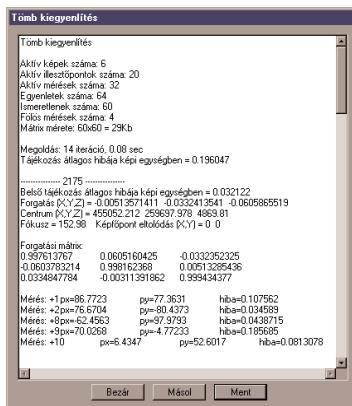
Az illesztőpontok különböző típusúak lehetnek, attól függően, hogy mely koordinátáit tekintjük ismertnek:

- illesztőpont: minden koordinátáját ismertnek tekintjük (*alappont, GPS pont*)
- síkbeli pont: csak a síkbeli (x, y) koordináták ismertek, a magasság nem (*digitalizált pont*)
- magassági pont: a magasság ismert, a pont síkbeli pozíciója viszont nem (*tetőpont*)
- kötőpont: a pont valamennyi koordinátája ismeretlen (*tereppont a képek átfedő részein*)



Hatodik lépés a mérések megadása az egyes képeken. A **Képszám** legördülő listában ki kell választanunk azt a képet, amelyen a mérést végezni akarjuk. Az **Illesztőpont legördülő** listában ki kell választanunk azt a pontot, amelyre mérni kívánunk. Illesztőpontra történő méréshez nyissuk meg a referencia térképet és a felvételt, amelyen mérni akarunk. Kötőpont elhelyezés esetén két átfedő felvételt nyissunk meg és rendezzük őket egymás mellé. Ezután elvégezhetjük a mérést: a képet tartalmazó térképnézetben bal klikkel megjelölhetjük a pont képi pozícióját. A mérés a listában is megjelenik. Új kötőpont létrehozásához tartuk lenyomva a CTRL billentyűt kattintás közben. A mérés képi koordinátái manuálisan is szerkeszthetők az **X,Y** mezőkben. A kiválasztott mérést a **Megmutat** nyomógombbal vagy a listában történő dupla kattintással tudjuk felkeresni a térképnézetben. Lehetőség van az utolsó módosítás visszavonására a **Visszavon** nyomógombbal. Fontos megjegyezni, hogy a kiegyenlítésben csak az aktív mérések vesznek részt. A listában a mérés neve előtt található ikon vezérli a mérés aktív/inaktív állapotát. Sikeres kiegyenlítés esetén a mérés neve után a hiba nagysága is kiíródik képi egységben.

Az utolsó lépés a kiegyenlítés, amelyet a **Projekt** panel **Kiegyenlít** nyomógombjával indíthatunk.



A program egy üzenetablakba írja a kiegyenlítés eredményeit. Az eredmények tartalmazzák a kiegyenlítés iterációs lépéseit, a képek tájékozási elemeit, a mérések hibáit, az illesztőpontok stb. koordinátáit.

Az eredmények megvizsgálhatók, elmenthetők és a vágólapon keresztül átvihetők más programba is.

Sikertelen kiegyenlítés esetén a következő a teendő:

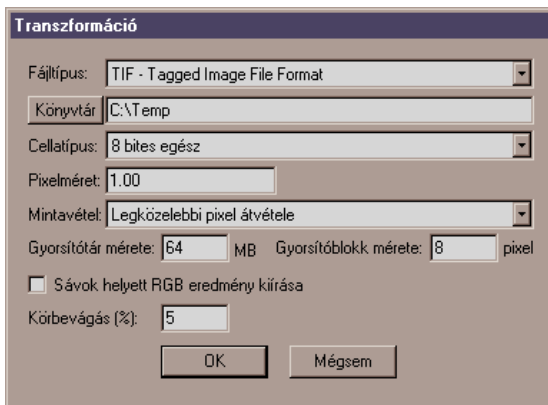
- ellenőrizzük minden képre a belső tájékozást, a hiba 1 pixel alatt legyen
- vizsgáljuk meg a kötőpontokat, nyissuk meg a két képet és ellenőrizzük, hogy megfelelő pozíciót jelöltünk meg, leginkább a kötőpontok vihetik el az iteratív kiegyenlítést
- ellenőrizzük az illesztőpontokat, képenként legalább 3 pontot adjunk meg opcionálisan a képenként megadott forgatási szögek és centrum koordináták segíthetnek. A ellenőrzéshez a felvételi sorok, képek térbeli helyzetét és az illesztőpontokat megjelenítő **Tervező** panel vizuális segítségét nyújt.

A.I.2. Mérés képpárok alapján

Amennyiben sikeresen kiegyenlítettünk a tömböt, azaz az összes kép tájékozási paraméterét meghatároztuk, akkor lehetőségünk van a részletmérésre. Ez panel legalsó gombjának megnyomásával indítható. Célszerű a kiválasztott két képet egymás mellé rendezni. A mérés elvéről a „Stereo.doc” file-ban található részletek. Mérhetünk pontokat és vonalakat, amelyeket mindkét képen megirányozva megkapjuk a 3D-s koordinátáit. A mérés eredményeit *.txt vagy *.dxf file-ba menthetjük.

A.I.3. Felvételtömb transzformálása

Tömbkiegyenlítéssel sikeresen tájékozott felvételek csoportosan transzformálhatók. A transzformálás a **Raszter/Tömbkiegyenlítés** menüponttal előhívható **Projekt** panelről indítható a **Transzformál** nyomógombbal.



A csoportos transzformáció előtt néhány, az eredmény minden egyes felvételére vonatkozó paramétert kell beállítanunk. Állítsuk be a kimeneti **Fájl típusát** és

válasszunk a lehetséges **Cellatípusokból**. Színes és szürkeárnyaltos felvételek esetében a cellatípus többnyire 8 bites egész. A **Pixelméretet** megadása megfontolandó, mert rossz esetben hatalmas, kezelhetetlen adatállományokat kaphatunk. Célszerű előbb a végeredmény pixelméreténél tízszer nagyobb mérettel ellenőrizni a transzformációt. Az előző fejezet végén a mintavételi eljárásról, gyorsítótárról és gyorsítóblokkokról írtak itt is érvényesek. A körbevágás százalékos értékének megadásával a légifotó fekete széleit hagyhatjuk el, megakadályozva ezzel a színtartomány „elcsúszását”. A program az eredmény fájlokat a panelen megadott könyvtárba helyezi a név után *_orto* végződéssel. Az eredmény képek egy új térképnézethez könnyen hozzáadhatók, ha a Windows fájlmenyítő paneljébe a **orto.** szűrőt írjuk.

A.1.4. Automatikus felületmodell kinyerés

Tömbkiegyenlítéssel sikeresen tájékozott felvételek átfedő területéről kinyerhető a felületmodell. A kinyerés a **Raszter/Tömbkiegyenlítés** menüponttal előhívható **Projekt** panelről indítható a **Magassági modell** nyomógombbal.

A felületmodell kinyerés a tájékozott aktív felvételek átfedő részein történik. A felületmodell a *(házak, fák tetején húzódó)* borított felszint fogja visszaadni. A kinyerés a sztereoszkópián és a digitális képek korreláció vizsgálatán alapul.

A felületmodell kinyeréséhez meg kell adnunk az eredmény fájl nevét, cellatípusát, a felületmodell vízszintes befoglaló méreteit és felbontását. Az eljárás hatékony működéséhez közelítőleg meg kell adnunk a felületmodell magassági kiterjedését. Kíráás előtt ellenőrizzük a raszter méretét!

	Minimum	Maximum	Pixelméret
Vízszintes méret:	462300.00	465700.00	10.0000
Függőleges méret:	256500.00	263100.00	10.0000

A cellatípus megadásánál vegyük figyelembe, hogy az egész értékek csak méteres pontosságot tesznek lehetővé, viszont számos fájl típus nem támogatja a valós cellaértékeket. Tapasztalat alapján egy 1 méteres terepi felbontású légifelvételből 5-10 méteres felbontású modellt célszerű előállítani, amely az 1 méteres felbontású ortofotó készítéséhez elegendő. Megfelelő korreláció esetén (*belterület, gazdag textúra*) a légifelvétel és a felületmodell felbontása megegyezhet.

Általános körülmények között a speciális beállításokat nem kell módosítani. Az eljárás a modell kinyeréséhez hierarchikus blokkokra bontja az eredmény területet. A blokkok méreteit szabályozza a **Minimális és Maximális blokkméret** mező. A blokkon belül a program minden egyes pixel magasságát a **Magassági lépésköz** mezőben megadott lépésben változtatja. A korreláció vizsgálat az ortofotó térben pixelenként történik. A vizsgálat a **Korrelációs ablak mérete** nagyságú képrészleteket hasonlít össze. A program csak a **Korreláció vágás** fölötti egyezéseket veszi figyelembe. A módszer kizárja az ez alatti, gyenge korrelációjú területeket és magasságukat a megbízható tartományokból interpolálja. Minden egyes hierarchikus blokk előállítás után történik egy hierarchikus simítás, melynek erősségét a **Szűrési szintek száma** mező definiálja.

A tájékozott képekről a program átveheti a legközelebbi pixelt vagy a négy szomszédos pixel súlyozott értékét. Ezt a **Bilineáris mintavétel** opcióval kérhetjük. A **Szürkeárnyaltos kép** opció az összehasonlítható színes képeket szürkeárnyaltosra redukálja. Az **Ortofotó átlagolás** opció az átfedő területek pixelértékeit átlagolja.

A módszer sajátossága, hogy a felületmodell előállításával egyidőben a globális ortofotó és a korrelációs kép is elkészül, melyeket az utolsó két opcióval kiírathatunk. A fájlok nevei a következők lesznek: globalorto.bil és correlation.bil.


A.I.5. Manuális mozaikolás

A képenként elkészített digitális ortofotók összeállítása ortofotó térképpé a következő lépésekből áll: vágó vonalak elkészítése, vágó régiók elkészítése, mozaik összeállítása, színegyensúly beállítása.

Zárjuk le a forrás- és referencia térképnézeteket és nyissuk meg az **Eredmény térképnézetet**. Az új nézethez adjuk hozzá az elkészített ortofotó raszteres állományokat.

Első lépés egy új vonalas térkép létrehozása a **Térkép/Térkép létrehozása** menüpont segítségével. A térképet adjuk hozzá az eredmény térképnézethez. A bekapcsolt vonalas térképnézeten rajzoljuk meg a vágóvonalakat a következő ikonnal:



Rajzolás. *Bal klikk*: töréspont lerakása, *jobb klikk*: záró töréspont megjelölése. A záró töréspont megadása után a program az új rajzelemet azonnal elmenti. A töréspont egy téma már meglévő rajzeleméhez igazítható, ha az  igazítás ikon bekapcsolt. Vonalas témán történő rajzolás

előtt be kell állítani a **Tolerancia a szerkesztéshez** (*Térképnézet beállítási párbeszédpanel*) változó értékét a vonaltopológia megkívánt kialakításához. Ügyeljünk rá, hogy a vágóvonalak zárt alakzatokat alkossanak. Ebben segítségünkre lehet a **Rácshoz igazítás** (*Térképnézet beállítási párbeszédpanel*) és a **Végponthibák** kijelzése (*Vektoros téma jellemzői párbeszédpanel*).

Második lépés a vágóterületek létrehozása a vágóvonalak zárt alakzatai alapján. Ez a **Térkép/Területek építése** menüpontjával történik. Az új térképet adjuk hozzá az eredmény térképnézethez majd osztályozzuk le a rajzelemek sorszáma alapján. Ezek az osztályok szolgálnak majd a raszteres források megjelenítési régióiként. Az osztályozás lépései:

- jobb klikk a tematika nevéen: megjelenik a **Vektoros téma jellemzői** párbeszédpanel.
- klikk az **Osztályoz** nyomógombon, a *Sorszám* adatmezőn, majd OK.
- klikk az **Egyedi** nyomógombon és az osztályok előálltak, majd OK.

Harmadik lépés az egyes ortofotók hozzárendelése a régiókhoz. Ennek lépései:

- jobb klikk a tematika nevéen: megjelenik a **Raszteres téma jellemzői** párbeszédpanel.
- **Régiótérkép** listában kiválasztani a második lépésben használt tematika nevéet
- **Osztály** listában kiválasztani azt az osztályt, amelyen belül a rasztert meg akarjuk jeleníteni.

A színegyensúly beállítása a harmadik lépéshez hasonlóan történik. A lépések a következők:

- jobb klikk a tematika nevéen: megjelenik a **Raszteres téma jellemzői** párbeszédpanel.
- a középső listában a SHIFT lenyomása mellett válasszuk ki az összes raszteres adatforrást.
- kattintsunk az alsó **Színkiegyenlítés** kapcsolóra, majd OK. Szükség esetén manuálisan is állíthatók a tartományok.

Lehetőség van átfedő régiók és képek közötti fokozatos átmenetek készítésére is.

A.I.6. Automatikus mozaikolás

Tömbkiegyenlítéssel tájékozott és transzformált felvételek csoportosan is mozaikolhatók. A mozaikolás előtt egy üres térképnézethez adjuk hozzá a mozaikolni kívánt felvételeket. Ezután a **Raszter/Mozaikolás** menüponttal a felvételek összedolgozhatók.

Nézet rasztereinek mozaikolása

Összedolgozás:

Kép kivágás:

Vágás átfedéssel:

Intenzitás kiegyenlítés

Hisztogram egyeztetés:

OK Mégse

Az összedolgozás eredménye egy raszter téma lesz, mely folyamatonként fogja tartalmazni az egyes raszterek színcsatornáit. (Például hat színes felvétel mozaikolása $3 \times 6 = 18$ csatornát eredményez.) Az egyes légifelvételek vízszintesen és függőlegesen vághatók a **Kép kivágás** mezőben megadott értékkel. Ez a vágás lehetőséget biztosít a felvétel fekete szegélyének levágására. Az egyes átfedő felvételek között szintén definiálható vízszintesen és függőlegesen vágás a **Vágás átfedéssel** mezőben. Amennyiben itt nulla értéket adunk meg, akkor a felvételek csak érintkeznek, de nem lesz átfedés. **Intenzitás kiegyenlítés** kapcsoló bekapcsolja a képsávonként 5×5 -os blokkban történő intenzitás módosítást, mellyel a légifelvételek világos-sötét tónusai kiegyenlíthetők. A felvételenként azonos tónus a **Hisztogram egyeztetés** művelettel végezhető. Referencia hisztogramnak bármelyik kép és a végeredmény is megadható.