



Krauter Erika

Az ortofotoszkópia műszerei



A követelménymodul megnevezése:
Fotogrammetria feladatai

A követelménymodul száma: 2241-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-007-50



AZ ORTOFOTOSZKÓPIA MŰSZEREI

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

A különféle fotogrammetriai módszerek egyik leggyakoribb terméke napjainkban az úgynevezett ortofotó vagy ortofotótérkép, amely az informatika rohamos fejlődésének eredményeként egyre inkább része mindennapi életünknek. Ortofotókkal találkozhat bármilyen műszaki területen dolgozó szakember, mivel ezek az ortofotók gyakran jelennek meg a különféle földrajzi információs rendszerek (GIS) háttéréként. Magánszemélyként is találkozhatunk vele különféle Internetre épülő szolgáltatások vagy érdekessegek kapcsán (pl. Google Térkép alkalmazása: <http://maps.google.com/>).

Ezért mostanság egy műszaki beállítottságú ember számára kívánatos és érdekes lehet az a szaktudás, ami az ortofotó készítésére vonatkozik. Milyen műszerek, eszközök és számítógépes programok segítségével készül ma egy ortofotó? Milyen fontosabb részegységekből állnak ezek a műszerek? Milyen feltételek mellett használhatjuk őket?

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

AZ ORTOFOTOSZKÓPIA MŰSZEREI

Az egyképes kiértékelés, az ortofotoszkópia műszerei a következők lehetnek, ha az átalakítandó felvétel **hagyományos fotografiai eljárással készült fénykép**:

1. Képátalakító műszerek (perspektív képátalakítás): csak sík tárgyak dőlt felvételeinek átalakításához használhatók. Használatuk alkalmával az eredeti képet egy átfényképező berendezéssel ismét lefényképezzük. Az átfényképezett kép az eredeti kép centrális vetítésével áll elő, és mégis rendelkezik az ortofotó geometriai tulajdonságaival
2. Ortoprojektorok (differenciális képátalakítás): nemcsak sík tárgyak dőlt felvételeinek átalakításához alkalmazhatók, hanem domborzatos terepről készült, általános torzulású képek átalakításához is. Az eredeti képet olyan kis részekre bontjuk, amelyen belül a magasságkülönbségből eredő torzulás már elhanyagolható, majd ezeket a képrészeket folyamatos vezérlés mellett transzformáljuk (átalakítjuk) és fotografiai úton rögzítjük. Magát az eljárást differenciális képátalakításnak nevezzük.

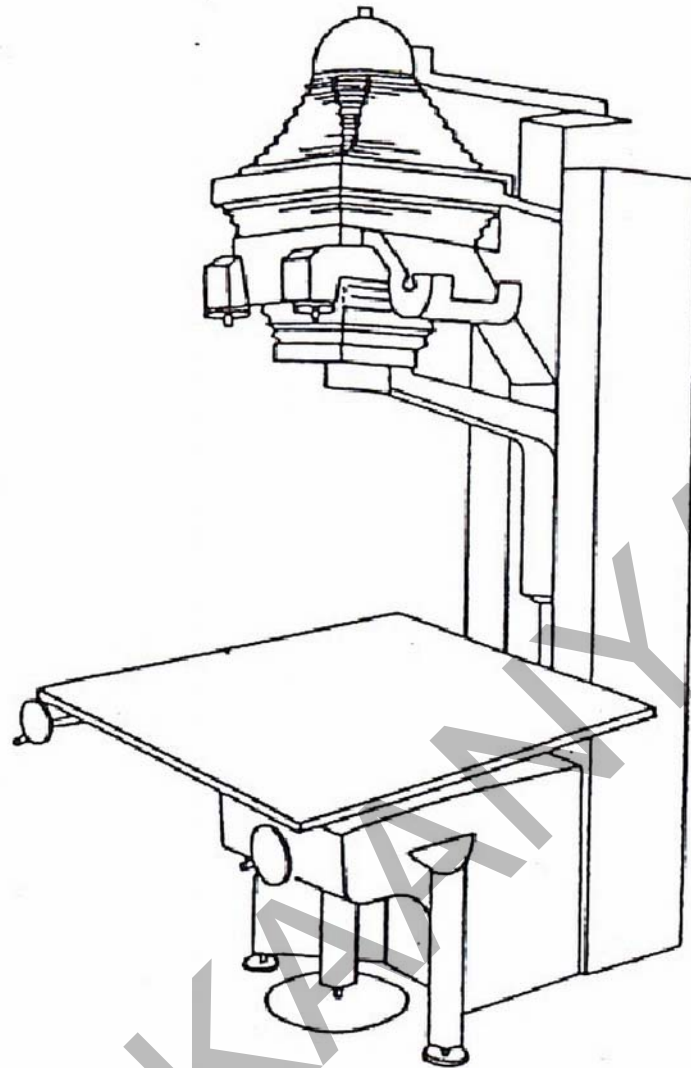
3. Digitális fotogrammetriai munkaállomások (digitális ortoprojekció): Ha a feldolgozandó kép nem hagyományos fotografiai formában áll rendelkezésünkre, hanem **digitális** formátumban, akkor az átalakított **kép**, az ortofotó is digitális formában készül (digitális ortofotó).

A PERSPEKTÍV KÉPÁTALAKÍTÁS MŰSZEREI

A képátalakítók két csoportját különböztetjük meg aszerint, hogy az átalakított képet fizikailag is létrehozzák-e vagy sem. Azokat a műszereket, amelyekkel egy tárgyasztalon felfogható és fotografiai úton rögzíthető, fizikailag is megvalósított képet állítunk elő, **valós vetítésű képátalakítók**nak nevezzük. A műszerek egy kisebb csoportja a vetítést csak képzetesen valósítja meg, az átalakított képet nem hozzák létre, az csak a szemlélő tudatában jelentkezik úgy, hogy a képet és a tárgysík rendszert egyszerre szemléljük. Ezeket a műszereket **képzetes vetítésű képátalakítók**nak nevezzük.

1. Valós vetítésű képátalakítók

Az általános feladatra tervezett képátalakító műszerek a valós vetítésű műszerek közé tartoznak. A képátalakító műszerek elvi felépítését az 1. sz. ábra mutatja:



1. ábra. Képatalakító műszer

Felülről lefelé haladva a **főbb szerkezeti elemek** a következők:

- **Megvilágító berendezés**, melynek feladata, hogy a képtartóba helyezett negatívot egyenletesen, nagy fényerővel világítsa át.
- **Képtartó**, ami a film befogadására szolgáló kazettát foglalja magába. Ez biztosítja a filmek síkba fektetését. A kazetta illesztőjeleket (keretjeleket) tartalmazhat, hogy a képet szükség esetén központosan lehessen behelyezni. Ez nem minden műszernél követelmény.
- **Vetítő objektív**, amely a megvilágított negatívot vetíti a tárgysíkra. A vetítő objektív fókusztávolsága állandó, a blendenyílás változtatható. Zárszerkezettel a korábbi képatalakító műszerek nem rendelkeznek.
- **Tárgysík**, vagy a **műszer asztallapja** a kivetített kép felfogására szolgál. A tárgysík néhány műsvertípusnál csak egy tengely körül dönthető, de inkább jellemző a kétirányú döntési lehetőség.

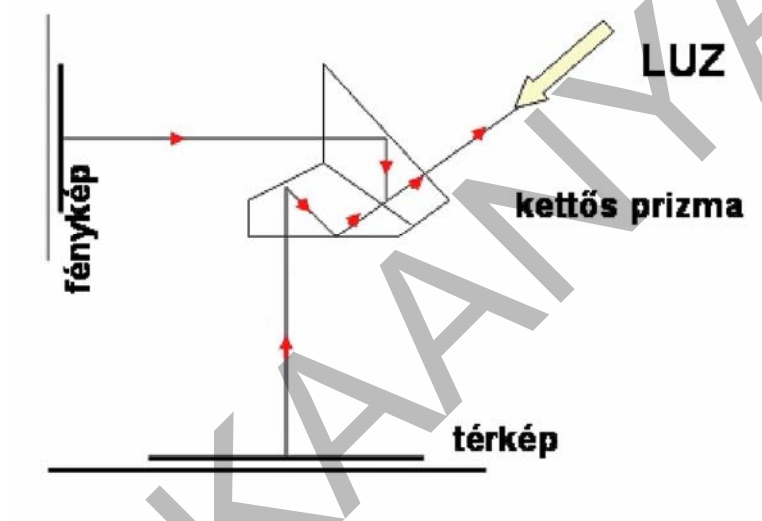
- **Automatikák, vagy vezérlőművek** a képátalakító műszerek automatikus berendezései, amelyek a képátalakítás munkáját könnyítik meg azzal, hogy részben az éles leképezés optikai feltételeit elégítik ki, részben az ún. képtolást teszik automatikussá. Háromféle automatikát különböztetünk meg:
 - az **inverzor az optika alapegyenletének automatikus kielégítésére szolgál** oly módon, hogy bármely tetszőlegesen beállított tárgytávolsághoz automatikusan állítja az optika alapegyenlete szerint kívánt képtávolságot. Annak függvényében, hogy az optika alapegyenletének melyik alakját oldják meg (pl. Newton-féle alak, a felezőpontra vonatkozó alak, fősugár szerinti alak) többféle inverzor létezik: Newton-féle derékszögű inverzor, ollós inverzor, hiperbola inverzor, szalag inverzor.
 - a **metszésvonal vezérlőmű az éles leképezés másik feltételét, a Scheimpflug feltételt teljesíti automatikusan** úgy, hogy a tárgyasztal döntése függvényében vagy a képsíkot, vagy az objektív egyesített fősíkját dönti olyan mértékben, hogy a három sík egy egyenesben messe egymást. Mivel itt három sík kell, hogy egy egyenesben messe egymást, a metszésvonal vezérlőmű csak akkor tudja ellátni feladatát, ha a három sík közül egy mozdulatlan. Ez a mozdulatlan sík mindig merőleges a műszer Z_M tengelyére. Ezért megkülönböztetünk képsíkra merőleges és a fősíkra merőleges optikai tengely szerinti felépítésű műszereket. Egy döntési tengelyű műszereknél a döntési tengelyre merőleges irányban, két döntési tengelyű műszereknél ez két síkban történik. Ismertebb típusai: a Carpantier-féle, a szervomotoros és a húros metszésvonal vezérlőmű.
 - a **főpont-vezérlőmű feladata annak a geometria követelménynek az automatikus teljesítése, miszerint a horizontpont és a főpont távolsága egy állandó értéke**, nevezetesen $H'H=c_k \cdot ctg v$. A feltétel teljesítése érdekében, a képátalakítás során a képet e^k (e^{kx} és e^{ky}) értékekkel el kell tolni. A képet az asztallap nulla dőlésénél központosan kell behelyezni a képtartóba. Az elektromos főpont-vezérlőmű a mérőfénykép főpontját az asztallap dőlésének függvényében a döntés tengelyére merőleges irányban eltolja e^{kx} és e^{ky} értékekkel.

Olyan képátalakító műszereket, amelyek mind a geometriai, mind az optikai feltételeket maradéktalanul kielégítik, elsősorban a Leica (Heerbrugg) és a Zeiss (Oberkochen és Jena) műszergyárak készítik. A **Leica gyár Wild E4** képátalakító műszere a Scheimpflug- és a távolságfeltételt automatikus vezérléssel elégíti ki. A **Zeiss** művek **SEG 6** és **Rectimat C** képátalakítói ezen kívül még automatikus eltűnésipont-vezérléssel is rendelkeznek, ezért ezeknél csak a vetítési távolságot és a két asztaldőlést kell beállítani. Ezekhez a műszerekhez tartozik egy kiegészítő berendezés, amely lehetővé teszi a képátalakítást beállítási adatokkal akkor is, ha előzetesen a felvétel külső tájékozási adatait nem ismertük. Az **SEG 6C** műszer, amelynek előállításában az olasz Durst gyár is részt vett, különösen színes felvételek átalakítására alkalmas. A **Rectimat CM** műszer segítségével több fekete-fehér felvételtől kevert színes képet, úgynevezett multispektrális képet lehet előállítani.

A Magyarországon leggyakrabban alkalmazott és ismert képátalakító műszerek: SEG-I, SEG-IV, Wild E-4, Orion III/S, Rectimat C. Ezeken felül az SEG-V és az SEG-6 műszerek voltak a legismertebbek és a legnagyobb automatizáltsági fokkal rendelkező műszerek. A legkorszerűbb műszerek színes képek átalakítására és rögzítésére is alkalmasak voltak, miután rendelkeztek színes nagyításhoz szükséges színszűrőkkel és fényforrással.

2. Képzetes vetítésű képátalakítók

A Zeiss LUZ légifényképátrajzoló képzetes vetítésű képátalakító műszer. A vetítést nem valósítja meg, hanem az objektív helyén egy félig áteresztő prizma van, amelybe belenézve egyszerre látjuk a mérőképet és az asztallapra helyezett térképet (2. ábra).



2. ábra. Légifényképátrajzoló

A műszer mozgatási lehetőségeit (a képsík döntését, a térkép eltolását és elforgatását, a képtávolság és a vetítési távolság állítását, és a megvilágítási viszonyokat) addig kell változtatni, amíg a fénykép vonalait a térkép vonalaival fedésben nem látjuk, és azután azokat a fényképi vonalakat, amelyek a térképen nem szerepelnek, a térképre átrajzoljuk. Természetesen a pontossága nem éri el a valós vetítésű képátalakító műszerekét, de a fotóinterpretációban nagyon jól lehet használni térkép kiegészítésre.

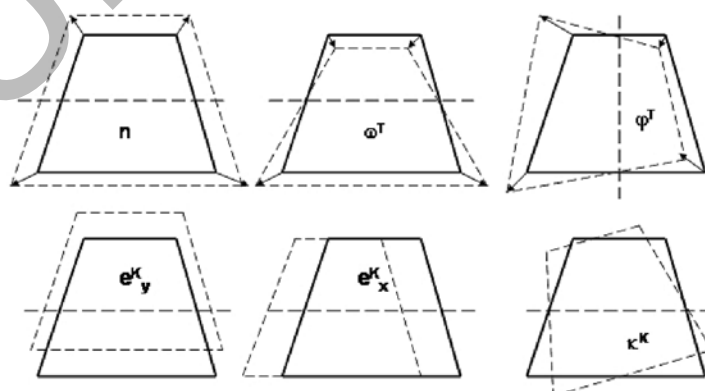
3. A képátalakítás végrehajtása

Többnyire nem ismerjük megfelelő pontossággal a mérőfénykép külső adatait, emiatt a **képátalakítást illesztőpontok segítségével végezzük**, vagyis empirikus úton keressük meg a kollineár helyzetet. Mint geometriából ismert, a kollineár helyzetet vagy 8 adattal, vagy négy elempárral rögzíthetjük. Ebből adódik, hogy a képátalakításhoz 4 illesztőpontra van szükség. **Követelmény, hogy a négy pont a kép négy sarka közelében helyezkedjen el.** Az illesztőpontokkal történő képátalakításnál a négy illesztőpontot a kívánt méretarányban felszerkesztjük egy alaplapra. A képátalakító műszerben addig változtatjuk a mérőfénykép, a vetítési centrum és az alaplap egymáshoz viszonyított helyzetét, amíg a kollineár helyzetet meg nem találjuk. A kollineár helyzet akkor áll elő, ha a kivetített négy pont az alaplapon lévő négy ponttal fedésbe kerül.

A képátalakító műszereknek ahhoz, hogy a képátalakítást illesztőpontok segítségével el tudjuk végezni, **8 mozgási lehetőséget** kell biztosítani. Ezek a két döntési tengelyű műszereknél a következők: **nagyítás (n)**, **az alaplap x és y irányú eltolása (e^T_x, e^T_y)**, **az alaplap elforgatása a tárgyasztalon (κ^T)**, **a tárgyasztal x és y tengely körüli döntése (ω^T, φ^T)**, **a képsík x és y irányú eltolása (e^K_x, e^K_y)**. Az egy döntési tengelyű műszereknél a változás csupán annyi, hogy a φ^T döntés helyett a képsíkot forgatjuk el κ^K szöggel.

A mozgatási elemek közül az alaplap elforgatása és kétirányú eltolása nem változtatja a kivetített kép méretét és alakját, emiatt kimondhatjuk, hogy az illesztőpontokkal történő képátalakítást 5 független állítással el tudjuk végezni. Ezt támasztja alá az a geometriai törvényszerűség, hogy két egymásnak megfelelő négyszög fedésbe hozható, ha a két sík viszonylagos helyzetét öt egymástól független módon változtatni tudjuk. Márpedig a négy illesztőpont két egymásnak megfelelő négyszöget alkot a képsíkon és az alaplapon.

A képátalakításhoz célszerű a független beállítási elemek mozgásának a kivetített képre gyakorolt hatását ismerni. Ha a valós vetítésű képátalakító műszer képtartójába egy négyzetet helyezünk el, akkor annak alakváltozását a hatásábrák (3. ábra) mutatják be.



3. ábra. Hatásábrák

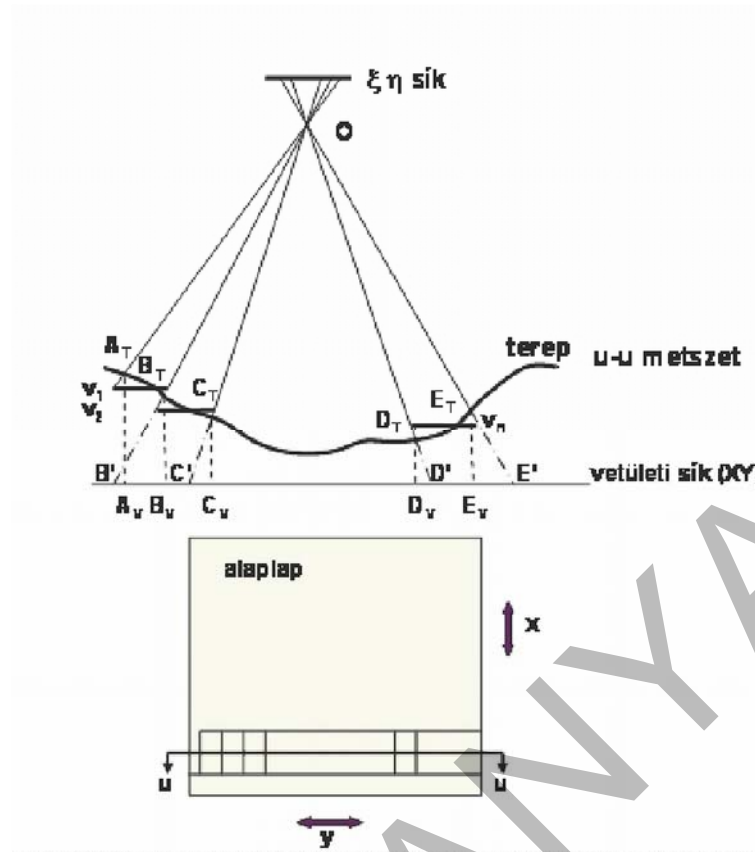
Ha olyan képátalakító műszerrel végezzük el a képátalakítást, ami rendelkezik főpont vezérlőművel, a képsík eltolásait a műszer automatikusan elvégzi. Ebből adódóan az ilyen képátalakításnál elegendő három illesztőpont.

A képátalakítás gyakorlati végrehajtásának lépései:

1. **A képátalakítás előkészítéseként** a térképezés méretarányában az illesztőpontokat a koordinátájuk alapján felszerkesztjük egy alaplagra, és azt elhelyezzük a műszer tárgyasztalán. A képanyagon is megjelöljük az illesztőpontokat egy finom tűszúrással, majd betesszük a műszer képtartójába.
2. **A képátalakítása végrehajtása**, a rendelkezésre álló képátalakító műszer adottságait figyelembe véve. Itt a két döntési tengelyű, öt szabadságfokú képátalakítóval történő képátalakítás folyamatát foglaljuk össze:
 - a felső két illesztőpontot fedésbe hozzuk nagyítással, az alaplap elforgatásával és kétirányú eltolásával. Ezeket a mozgásokat a képátalakítás során minden további lépés után el kell végezni, mert azok hatására ez a beállítás elmozdul.
 - az alsó két felszerkesztett és kivetített pont távolságát az asztallap ω^T döntésével egyenlő hosszúvá, majd az asztallap φ^T döntésével a már egyenlő hosszú két egyenest párhuzamossá tesszük.
 - a kép kétirányú eltolásával (e^{Kx} , e^{Ky}) az alsó két pont kivetített képét fedésbe hozzuk a felszerkesztett ponthellyel.
3. A már perspektív torzulástól mentes, adott méretarányú és optikailag éles képet **fotográfiai úton történő rögzítése** következik filmre, vagy fotópapírra.

A DIFFERENCIÁLIS KÉPÁTALAKÍTÁS MŰSZEREI

Ha a kép területén a magasságkülönbség nem túl nagy, a képátalakítást elvégezhetjük az illesztőpontok helyzeti korrekciójával. Nagyobb magasságkülönbségek esetén, vagy szabdalt terepnél a terepet magassági zónákra (övekre) oszthatjuk, amelyeken belül a magassági torzulás már elhanyagolható, és a képátalakítást elvégezhetjük övenként. A perspektív képátalakítás azonban 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 rés csak mozaikszerűen engedi meg a megvilágítást, és mindig biztosítjuk, hogy a rés által nyitva hagyott területrész 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 rés mozgatásával szinkronban a modell felületén haladva folyamatosan változtatjuk a kivetítés távolságát úgy, hogy a Z irányú mozgást átvisszük a projektorba. Ez a differenciális képátalakítás módszere.



4. ábra. A differenciális képátalakítás elve

1. A differenciális képátalakítás alapelve

Rendelkezésünkre áll egy fénykép, amely általános terepről készült, vagyis nemcsak perspektív, hanem magassági torzulással is terhelt. Ezen a felvételen a deformációk egy torzult rácsháló ξ és η sarokponti koordinátákkal adottak. Célunk az, hogy egy olyan új felvételt kapjunk, amelyen ez a rácsháló derékszögű, vagyis az a feladatunk, hogy egy tetszőleges négyszög fotográfiai tartalmát egy négyzetbe vigyük át. Ha a rácsvonalak mentén lineáris összefüggést alkalmazunk, akkor egy rácsnégyszög fotográfiai átalakítását matematikailag egy bilineáris transzformáció nyolc paraméterével (a_{ik}) írhatjuk le.

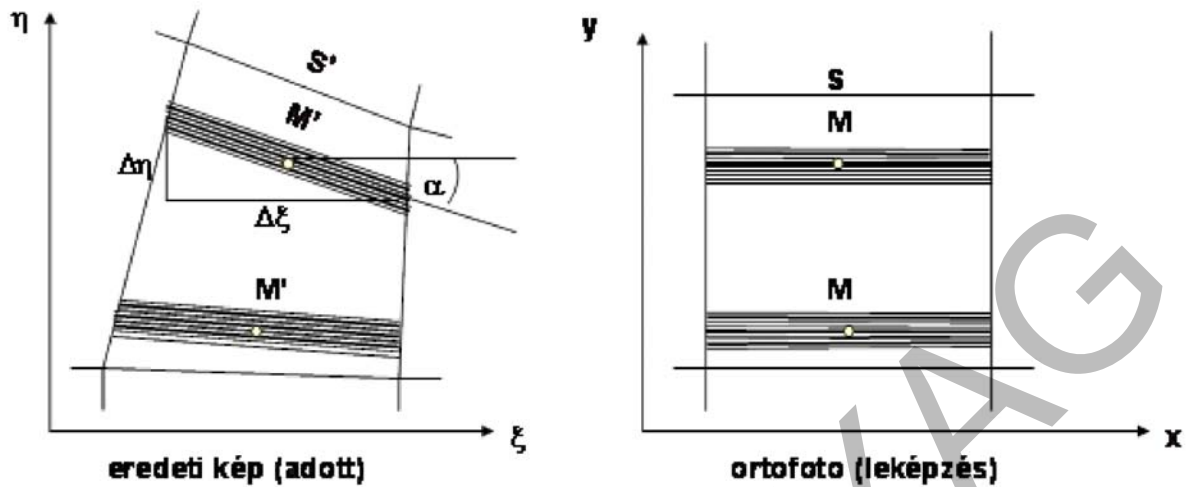
Kiegészítésként a bilineáris transzformáció képletei:

$$\xi = a_{01} + a_{11}X + a_{21}Y + a_{31}XY \quad \text{és} \quad \eta = a_{02} + a_{12}X + a_{22}Y + a_{32}XY$$

2. A differenciális képátalakítás műszertechnikai megoldása

A bilineáris transzformáción alapuló átalakítás műszeres megoldása többféleképpen is elképzelhető. Most csak a **digitális vezérlésű optikai képátvitel** elnevezésű megoldásra fogunk koncentrálni, mely alapján a **Wild OR1 Avioplan** és a **Zeiss Z2 Orthocomp** rendszerek működnek.

Az xy síkban (mely az ortofotó síkja) egy nagyon keskeny, a négyzetrács méretével megegyező hosszúságú rést (S) vezetünk y irányban.



5. ábra. Vonalelemekkel történő differenciális képátalakítás

E folyamatos mozgás közben vetítjük át a $\xi\eta$ sík megfelelő vonalelemét az xy síkra. A mérőkép vonalelemét eközben az alábbiak szerint kell vezérelni:

1. két eltolás, amely a vonalelem mindenkorai középpontjára vonatkozik ($M' \rightarrow M$),
2. forgatás α szöggel,
3. méretarány-változtatás ($S' \rightarrow S$).

A vezérlő adatok egy rácselem sarokpontjainak $\xi\eta$ és xy koordinátáiból számíthatók. Az éppen feldolgozás alatt álló vonalelem $\xi\eta$ és xy koordinátái segítségével a következő vezérlő adatok számíthatók:

1. vonalközéppont: ξ_M és η_M koordináták számítása a baloldali és a jobb oldali hosszszelvényen egymásnak megfelelő pontok koordinátáinak közepelésével,
2. b , forgatási szög: $\alpha = \arctg(\Delta\eta/\Delta\xi)$,
3. c , méretarányszorzó:

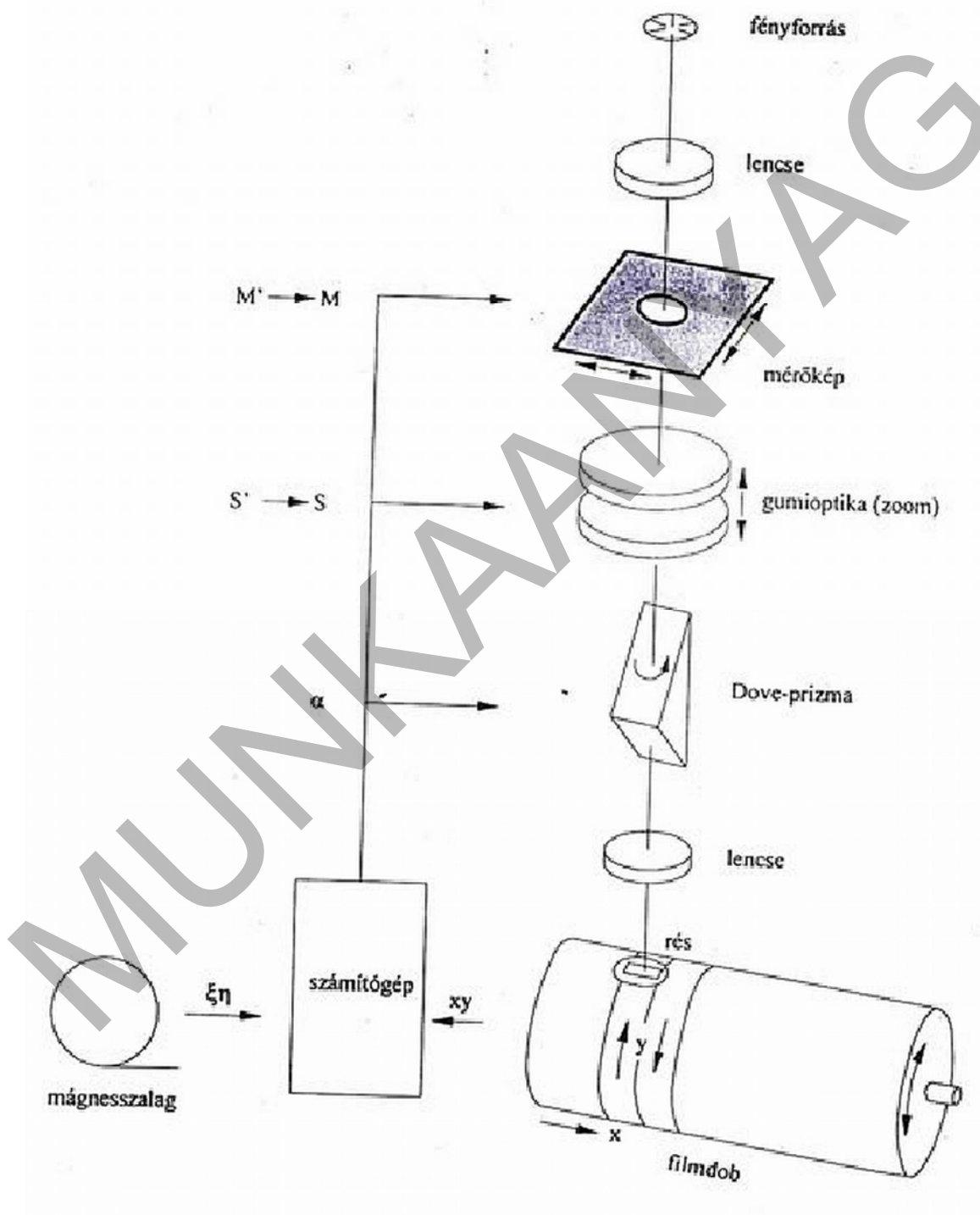
Ha egy rácsnégyszöggel végeztünk, a következő rácselemet ugyanígy dolgozzuk fel. Ha a sor végére értünk, következik a szomszédos sor rácselemeinek hasonló feldolgozása.

Az OR1 Avioplan műszerben egy folyamatvezérlő számítógép mágnesszalagról olvassa be a torzult rácsháló sarokpontjainak $\xi\eta$ koordinátáit, és járulékos információkból kiszámítja az azoknak megfelelő xy koordinátákat. A számítógép az xy koordináták segítségével egy mozdulatlan helyzetű rés alatt forgat (y irányban), és eltol (x irányban) egy dobot, amelyre a fényérzékeny anyagot, pl. filmet felhelyezünk. Az elmozdulás növekménye (inkrementuma) y irányban nagyon kicsi, pl. 0,1 mm. Ennek az elmozdulásnak az ütemében számítja és vezérli a beállítást:

- az α szöveget, amellyel egy Dove-prizmát forgat,

- a méretarányozót, amellyel egy gumioptika gyújtótávolságát változtatja
- a két eltolás értéket, amellyel a mérőképet hordozó képtartót egy keretszánon eltolja.

E folyamat közben a fényforrás egy állandó lencserendszer segítségével a mérőkép egy részletét a filmdobra vetíti, amelyen a résen keresztül a kivetített vonalelem leképződik. Ez az optikai képátvitellel történő képátalakítás, amit a 6. ábra szemléltet.



6. ábra. Optikai képátvitellel történő képátalakítás

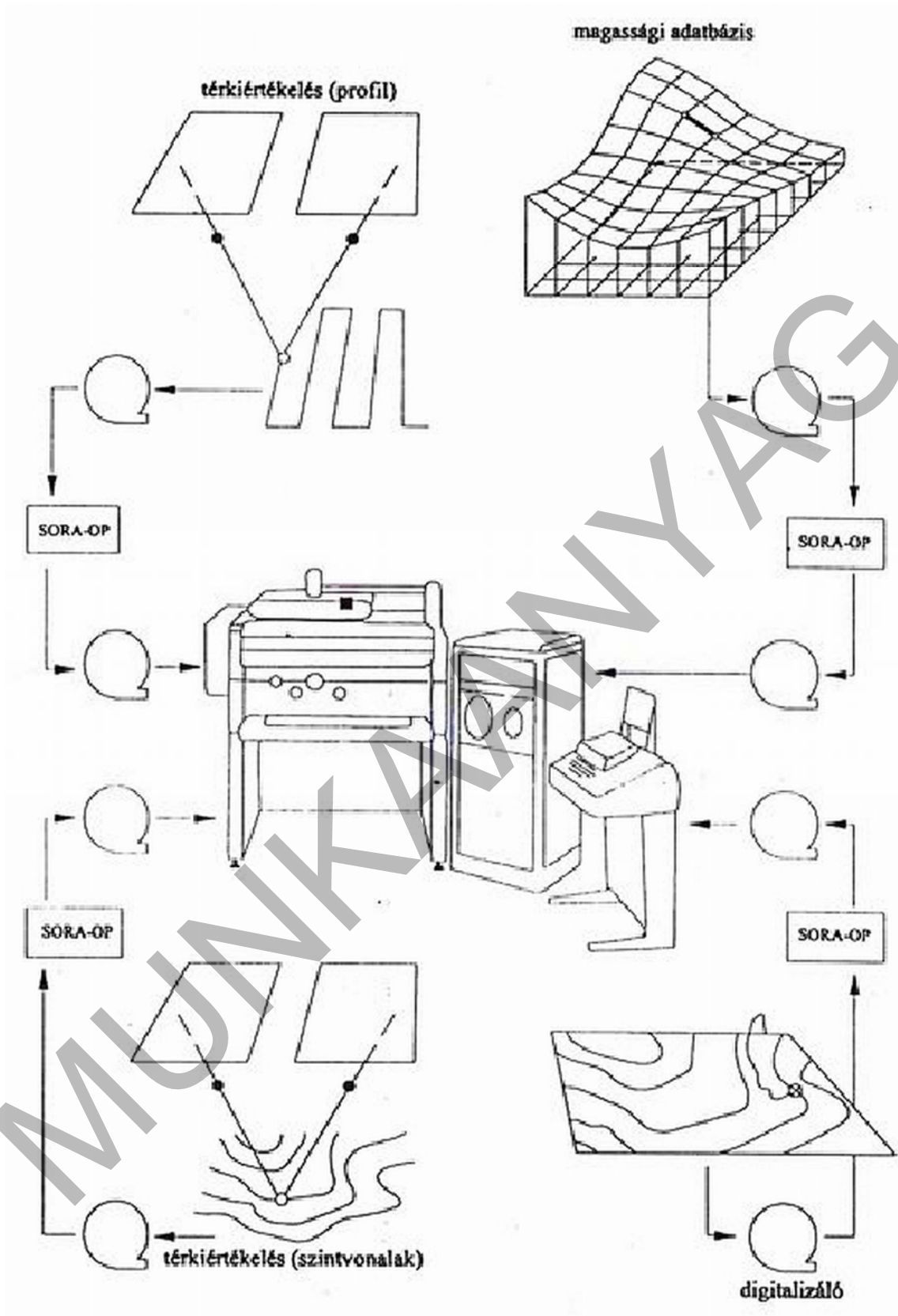
A gyakorlati felhasználás szempontjából érdekes lehet, hogy az OR1 Avioplanban a rés mérete változtatható. A vonalelemek forgatási tartománya $\mp 94^\circ$. A zoom-optika méretarányoszó-változási tartománya 0,26–15. A rés maximális sebessége az ortofotó y irányában 30mm/sec. A maximális ortofotó formátuma 90 x 75 cm².

Ugyanilyen elven működik a Zeiss művek Z2 Orthocomp analitikus ortoprojektora. A folyamatvezérlő számítógépe azonban lényegesen nagyobb teljesítményű, mint az OR1 Avioplané. Sok számítási műveletet a Wild rendszernél külső számítógép, a Zeiss rendszernél maga az átalakító műszer számítógépe old meg.

3. Az adatnyerés változatai

Az ortofotó előállításához szükséges magassági adatok (az xy négyzetrács sarokpontjainak Z koordinátái) többféle mérésből származhatnak.

MUNKKANYAG



7. ábra. Az adatnyerés változatai a Wild OR1 Avio plan esetén

A 7. ábra azt mutatja be, hogy ezek az adatok származhatnak terepi mérésből, térkiértékelésből (profilok vagy szintvonalak kiértékelésből) vagy meglévő térképek magassági tartalmának digitalizálásból. Annak a programnak a neve, amelyik a különböző módon digitalizált és egy adathordozón tárolt pontokból a torzult $\xi\eta$ rácsot kiszámítja **SORA-OP** (Software für die Offline Rektifizierung mit dem Avioplan – OrthoPhoto).

Analitikus térkiértékelő műszereken általában létezik egy olyan kiértékelési mód, amikor a mérőjelet X és Y irányban egy **négyzetrács** pontjaiba meanderszerűen lehet vezérelni.

A kiértékelőnek eközben az a feladata, hogy a mérőjelet a terep felszínén tartsa. (Ez előtt a térmodell abszolút tájékozását el kell végezni.) A Z koordináták rögzítéséről az analitikus kiértékelő műszer automatikusan gondoskodik. **Az adatrögzítés állandó út- vagy időintervallum szerint, vagy kötelező megállás után hajtható végre.** Ha állandó időintervallummal dolgozunk, akkor a profil mentén a pontsűrűség a terep formájától függ, az adatnyerés után a profilok mentén a Z koordinátákat egymástól állandó távolságra interpolálni kell. Ez a távolság általában a profilok távolságával megegyező távolság. Erdős és sűrűn beépített területen – különösen nagy méretarányban – igen nehéz a mérőjelet a profil mentén a terepen végigvezetni. A kiértékelőnek ilyenkor jobb, ha jól belátható helyeken **egyes pontokat** mér. Ez a módszer a nagyon sík területen is célszerű lehet, ahol a terepfelszín meghatározásához csak néhány, nagyon jól kiválasztott pontra van szükség. Az XY négyzetrács sarokpontjainak Z koordinátáit ezekben az esetekben is interpolációval számítjuk. Az adatnyerés minden változatánál figyelembe kell venni, hogy **a két szomszédos rács távolságánál kisebb geomorfológiai elemeket** (pl. rézsúk az utak és a vasutak mentén) **nem szabad kimérni.** A differenciális képátalakításhoz használt rácselví közelítés ugyanis ezeket a részleteket nem tudja kezelni, és ha nem hagyjuk figyelmen kívül őket, akkor az egyenes terepélek mentén hullámok jelentkezhetnek.

DIGITÁLIS FOTOGRAMMETRIAI MUNKAÁLLOMÁSOK

1. Hardver felépítés

Digitális fotogrammetriai munkaállomás tulajdonképpen bármilyen digitális számítógépből lehet, ha olyan szoftvereket telepítünk rá, amelyek fotogrammetriai feladatokat is meg tudnak oldani digitális képek alapján. Vannak azonban kimondottan fotogrammetriai igények kielégítésére létrehozott munkaállomások is. Ezek rendszerint egy nagyteljesítményű számítógép köré épülnek, melyre jellemző a 12,5 vagy nagyobb MIPS (Million Instruction pro Second: millió utasítás másodpercenként) processzorteljesítmény. Az alapvető perifériákon kívül tartalmaznak **speciális hardverelemeket** is:

- A képek méretével összevethető központi memória (128 Mbyte)
- 1 Gbyte háttértároló, de inkább két háttértároló.
- Nagyfelbontású, színes monitor (21" – 27"), esetleg egy második monitor
- Rugalmas képtároló egység (frame buffer) valós idejű képmozgatási lehetőséggel (real time roaming, pl. 10 000 x 10 000 pixel),
- 8 bites, de inkább 24 bites képmélység [8 bit mindegyik elsődleges szín (vörös, zöld, kék) számára],

- Sztereo kép megjelenítésére alkalmas grafikus kártya,
- 3D mozgást lehetővé tevő beviteli eszköz (3D-egér)

A **digitális képek** méretei jelenleg meghaladják a központi memória kapacitását. Ezért a képeket rendszerint tömörítve tárolják, továbbá a képek csak egy bizonyos részletét töltik be a háttértárolóról. A képek tömörített tárolását, előhívását néha a grafikus kártyák hardveres úton is képesek elvégezni. Ugyancsak a grafikus kártyák feladata a sztereo kép előállítása, mely egyrészt a bal és jobb kép másodpercenkénti 30–120 alkalommal történő váltogatását jelenti a képernyőn, másrészt egy folyadék-kristályos szemüveg vezérlését. A folyadékkristályok egyszer a bal, egyszer a jobb szemet takarják el, szinkronban a megjelenő jobb, illetve bal képpel. Előfordulnak polarizációs megoldások is, de ezeknél a szemüvegen kívül a monitor is különleges, és csak szürkeárnyalatos képet ad.

Természetesen a sztereo látvány nem elengedhetetlen része a kiértékelésnek. Ahogyan fent már megjegyeztük, egy egyszerű személyi számítógépen (PC) is kivitelezhető a digitális fotogrammetria.

Amennyiben a kiértékelésre szánt képanyag csak analóg formátumban létezik, mert a fényképeket hagyományos úton, fotográfiai eljárással készítették, akkor a digitális képek előállításához szükséges a **képek szkennelése**. A szkenneléshez használhatók különböző méretű síkágyas irodai szkennerek vagy professzionális, csak erre a célra kifejlesztett fotogrammetriai szkennerek. Ez utóbbi berendezések ára rendkívül magas, ezért sokszor előfordul, hogy a költségek alacsonyan tartása céljából a saját szkennert beszerzése elmarad, és a szkennelést más cégektől rendelik meg. Ha a pontossági követelmények nem kívánják meg a professzionális fotogrammetriai szkennert használatát, és irodai szkennert kerül használatra a képek szkennelésékor, annak szabályos hibáit meg kell határozni, vagyis a kalibrálását meg kell oldani. Ez tulajdonképpen azt jelenti, hogy a szkennerral egy szabatos mérőrácsot beszkennelünk. A rácspontok koordinátái egy laboratóriumi mérésből ismertek, ezért a beszkennelt, és torzult rácsháló pontokat megmérve egy transzformációs modellel a szkennerre jellemző kalibrációs értékeket meghatározzuk. A kiszámolt szabályos hibák segítségével pedig a beszkennelt fotók pixelkoordinátáit megjavítjuk.

A **digitális képfeldolgozás** számára egyedi számítógéprendszereket alakítottak ki. Egyre gyakrabban kínálnak kiegészítő kártyákat, melyek gyors processzorokat tartalmaznak, és meghatározott feladatot látnak el. Néhány ilyen rendszer a jövőben a digitális fotogrammetria számára is tartalmaz majd szoftvereket.

A **térinformatikai rendszerek** (GIS) számára szintén önálló számítógéprendszereket alakítanak ki. A térinformatikai rendszerek kapcsolata a digitális fotogrammetriával egyre intenzívebb.

Ha például egy digitális ortofotót egy térinformatikai rendszerbe háttérinformációként beviszünk, akkor ezen a munkahelyen a digitális fotogrammetria számos feladatát is megoldhatjuk.

Néhány gyártó **önálló digitális fotogrammetriai munkahelyet** is kínál. Jellemző ezekre a digitális képpárok 3D (sztereo) szemlélésének lehetősége.

2. Szoftver elemek

A kiértékelő rendszerek másik fontos komponense a szoftver. A program feladata a felhasználói felület biztosítása, a képmegjelenítési-, tájékozási- és a különböző mérési feladatok megoldása, a mérések rögzítése.

A szoftverek között igen nagy különbségek lehetnek. A digitális képek teljes körű fotogrammetriai feldolgozására valók az úgynevezett **"Softcopy Photogrammetry"** programok, míg vannak olyan programok, amik a fotogrammetriának csak egyes részterületeit fedik le, vagy pontosság tekintetében elmaradnak a nagy pontosságú fotogrammetriai kiértékelésektől. Ezek az ún. **"Desktop Photogrammetry"** programok.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Rajzolja le a 6. és a 7. ábrát emlékezetből.



2. Látogasson el a következő honlapokra az Interneten, gyűjtsön adatokat az ezeken az oldalakon ismertetett fotogrammetriai programokról. Figyelje meg, milyen profilra ajánlják őket (földi, légi, űrfelvétel feldolgozása), milyen modulokból épülnek fel, milyen pontosságra képesek stb.
 - <http://www.erdas.com/tabid/84/currentid/1071/default.aspx>
 - http://www.tommyjordan.com/DMS_Specs.htm
 - <http://www.photodeler.com>

3. Látogasson el diáktársaival tanára szervezésében és irányítása mellett egy olyan céghez, ahol foglalkoznak ortofotók készítésével, és rendelkezésre állnak az ehhez szükséges eszközök, műszerek. 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 légifelvelelekből térképészeti célra készítenek az ortofotó termékeket?
 - Perspektív vagy differenciális képátalakítással foglalkoznak a cégnél? Esetleg mindkettővel?
 - Hagyományos vagy digitális ortofotók készítését végzik?
 - Milyen képzettségű szakemberek készítenek az ortofotó termékeket? Milyen gyakorlattal rendelkeznek?
 - Milyen a felszereltség, milyen erőforrásokkal rendelkezik a cég? Régebbi típusú vagy új műszereik vannak, esetleg rendelkeznek számítógépes munkaállomásokkal?
 - 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!

A képátalakításnál a légifénykép és a terep közötti projektív kapcsolatot állítjuk vissza.

IGAZ HAMIS

A képátalakításhoz 4db illesztőpont szükséges a szelvényesarkok közelében.

IGAZ HAMIS

Az illesztőpontok segítségével elvégzett képátalakítás egy egzakt folyamat.

IGAZ HAMIS

A transzformálás lépései műszertípusonként nem változnak.

IGAZ HAMIS

A LUZ berendezés egy valós vetítésű képátalakító.

IGAZ HAMIS

A Wild OR-1 Avioplan egy olyan differenciális képátalakító berendezés, amelyben a rés vonal alakú.

IGAZ HAMIS

Az SEG-V berendezés egy képzetes vetítésű képátalakító.

IGAZ HAMIS

A vonalalakú képátalakító műszerek szíve egy folyamatvezérlő digitális számítógép.

IGAZ HAMIS

2. feladat

Sorolja fel a valós vetítésű képátalakítók fő részeit!

3. feladat

Egészítse ki a következő hiányos mondatokat a megfelelő fogalmakkal, szakkifejezésekkel!

Az inverzor az _____ automatikus kielégítésére szolgál oly módon, hogy bármely tetszőlegesen beállított tárgytávolsághoz automatikusan beállítja a megfelelő képtávolságot.

A metszévonal vezérlőmű az éles leképzés másik feltételét, a Scheimpflug feltételt teljesíti automatikusan úgy, hogy a tárgyasztal döntése függvényében vagy a képsíkot, vagy az objektív egyesített fősíkját dönti olyan mértékben, hogy a három sík _____ messe egymást.

Digitális fotogrammetriai munkaállomások egy _____ köré épülnek.

A digitális képek _____ fotogrammetriai feldolgozására valók az úgynevezett "Softcopy Photogrammetry" programok.

Vannak olyan programok, amik a fotogrammetriának csak _____ fedik le, vagy pontosság tekintetében elmaradnak a nagypontosságú fotogrammetriai kiértékelésektől. Ezek az ún. "Desktop Photogrammetry" programok.

4. feladat

Írja le a differenciális képátalakítás alapelvét!

<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

MEGOLDÁSOK

1. feladat

A képátalakításnál a légifénykép és a terep közötti projektív kapcsolatot állítjuk vissza.

IGAZ HAMIS

A képátalakításhoz 4db illesztőpont szükséges a szelvényesarkok közelében.

IGAZ HAMIS

Az illesztőpontok segítségével elvégzett képátalakítás egy egzakt folyamat.

IGAZ HAMIS

A transzformálás lépései műsbertípusonként nem változnak.

IGAZ HAMIS

A LUZ berendezés egy valós vetítésű képátalakító.

IGAZ HAMIS

A Wild OR-1 Avioplan egy olyan differenciális képátalakító berendezés, amelyben a rés vonal alakú.

IGAZ HAMIS

Az SEG-V berendezés egy képzetes vetítésű képátalakító.

IGAZ HAMIS

A vonalalakú képátalakító műszerek szíve egy folyamatvezérlő digitális számítógép.

IGAZ HAMIS

2. feladat

- Megvilágító berendezés
- Képtartó
- Vetítő objektív
- Asztallap
- Automatikák vagy vezérlőművek
 - Inverzor
 - Metszészvonal-vezérlőmű
 - Főpont-vezérlőmű

3. feladat

Az inverzor az **optika alapegyenletének** automatikus kielégítésére szolgál oly módon, hogy bármely tetszőlegesen beállított tárgytávolsághoz automatikusan beállítja a megfelelő képtávolságot.

A metszésvonal vezérlőmű az éles leképzés másik feltételét, a Scheimpflug feltételt teljesíti automatikusan úgy, hogy a tárgyasztal döntése függvényében vagy a képsíkot, vagy az objektív egyesített főtíkját dönti olyan mértékben, hogy a három sík **egy egyenesben** messe egymást.

Digitális fotogrammetriai munkaállomások egy **nagyteljesítményű számítógép** köré épülnek.

A digitális képek **teljes körű** fotogrammetriai feldolgozására valók az úgynevezett "Softcopy Photogrammetry" programok.

Vannak olyan programok, amik a fotogrammetriának csak **egyes részterületeit** fedik le, vagy pontosság tekintetében elmaradnak a nagy pontosságú fotogrammetriai kiértékelésektől. Ezek az ún. "Desktop Photogrammetry" programok

4. feladat

A differenciális képátalakítási eljárásnál a képet olyan kis részekre bontjuk, amelyen belül a magasságkülönbségből eredő torzulás már elhanyagolható, majd ezeket a képrészeket folyamatos vezérlés mellett transzformáljuk (alakítjuk át) és fotografiai úton rögzítjük.

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

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

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

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

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

MUNKANYAG

A(z) 2241-06 modul 007-es 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:

14 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