

Távérzékelés (EG527-ABBAB)

3. gyakorlat: Egyszerű mérések és számolások digitális légifényképeken

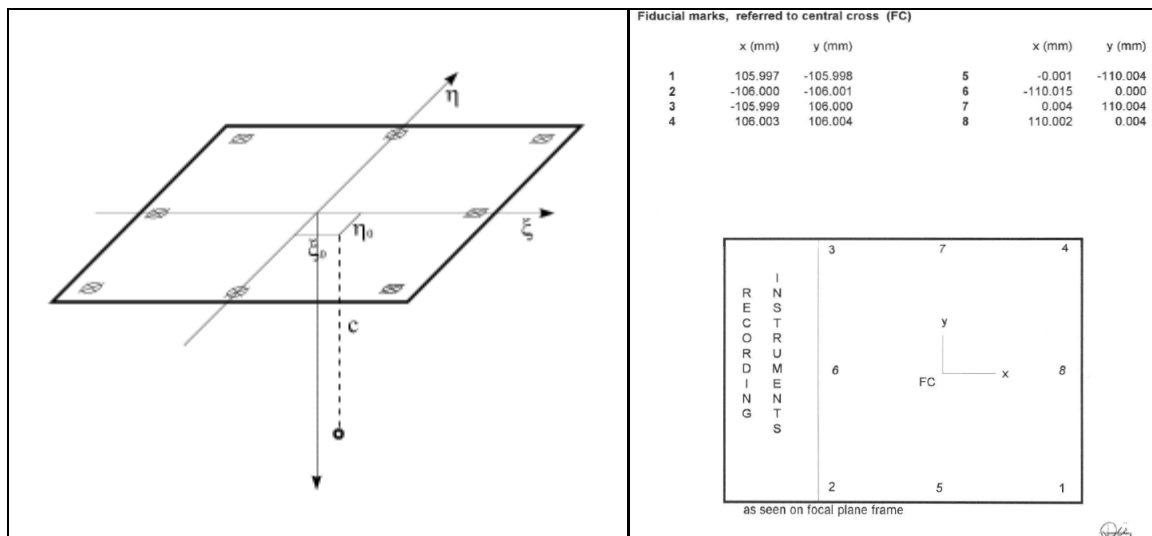
A gyakorlat célja, hogy a hallgatók megértsék a centrális vetítés alapvető törvényszerűségeit, valamint hogy megismerkedjenek a légifényképeken és légifénykép-párokon végezhető egyszerű mérésekkel.

A gyakorlaton beszkenelt analóg mérőkamerás légifényképek – ún. másodlagos digitális felvételek – kerülnek bemutatásra, de fontos kiemelni, hogy a méréseket a kontaktmásolatokon is egy egyszerű mérőeszköz segítségével (vonalzó, mikrométer) megvalósíthatnánk.

A gyakorlat során a digitális képeken a méréseket a DigiTerra Map program segítségével végezzük el.

Felbontás

Célszerű elsőként a szkennelés felbontását meghatározni, amelynek segítségével a pixelkoordinátarendszertől át tudunk térni a képi koordinátarendszerbe. A mérőképek esetében a képi koordinátarendszert a következő ábrán látható módon definiáljuk (1. ábra).



1. ábra: Mérőkamerák belső tájékozása, valamint a keretjelek képi koordinátái a kalibrációs jegyzőkönyvben

A képi koordinátarendszert mérőképek esetében a keretjelek határozzák meg. A keretjelek koordinátái az adott kameratípusra jellemző értékek, pontos meghatározásuk a kamerakalibráció során történik meg, értékük a kalibrációs jegyzőkönyvben lelhető fel (1. ábra). A hazánkban leggyakrabban alkalmazott WILD RC20/30 kamerák esetében a sarokkeretjelek névleges koordinátája 106 mm, a középsőké 110 mm.

A digitális fotogrammetriai szoftverekben az áttérés a pixelkoordinátákból a képi koordinátarendszerbe szintén a keretjelek segítségével történik, ezek segítségével határozzuk meg pl. a következő transzformáció együtthatóit:

$$\begin{aligned} \xi &= a_0 + a_1 \cdot x_{pixel} + a_2 \cdot y_{pixel} \\ \eta &= b_0 + b_1 \cdot x_{pixel} + b_2 \cdot y_{pixel} \end{aligned} \tag{1}$$

Az egyenletben szereplő forgatási mátrix elemei (a_1, a_2, b_1, b_2) határozzák meg a pixelméretet. Amennyiben feltételezzük, hogy a szkennelés felbontása x és y irányban megegyezik, akkor a pixelméretet két, ismert koordinátájú keretjel távolságából számolhatjuk. A felbontás legegyszerűbb kifejezési módja a pixelméret, azaz hogy egy pixel mekkora méretű.

$$res'(mm/pixel) = \frac{d'(mm)}{d'_p(pixel)} \quad (2)$$

ahol: d' : képi távolság mm-ben
 d'_p : digitális képi távolság pixelben

Mivel a szkennerek esetében az x- és y-irányú felbontás kis mértékben eltérhet egymástól, ezért célszerű két átlós keretjelt felhasználni a felbontás kiszámolásához.

A számítástechnikai eszközöknél gyakran alkalmazzák a dpi (dot per inch) mértékegységet is, amelyet hasonlóan lehet kiszámolni, de a fotogrammetriában inkább a metrikus mértékegységeket használjuk!

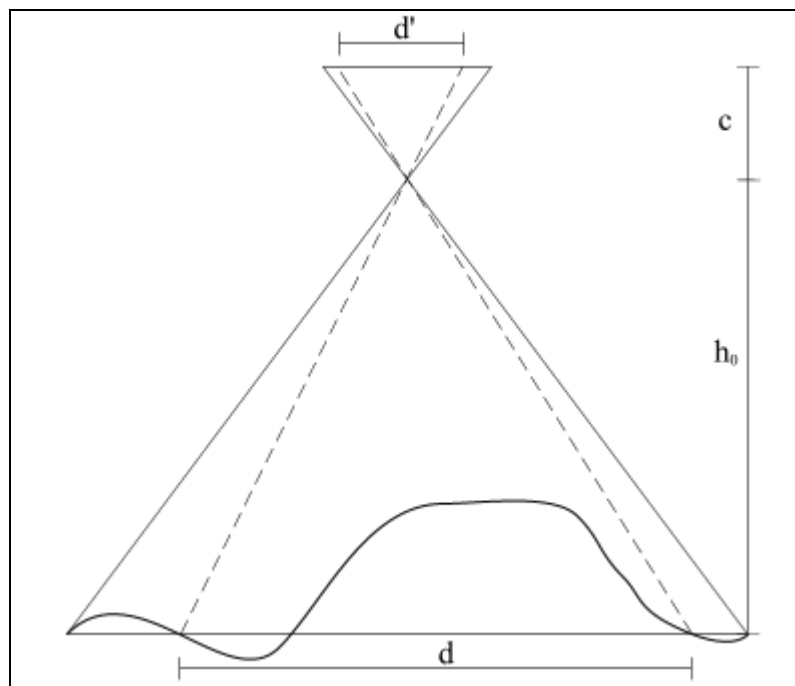
$$res'(dpi) = \frac{d'_p(pixel)}{d'(inch)} = \frac{25,4mm}{res'(mm/pixel)} \quad (3)$$

Ezzel a felbontással bármely távolságot, amelyet a digitális képen pixelben mértünk le, átszámolhatjuk képi távolságra, mintha azt a kontaktmásolaton mértük volna le.

$$d'(mm) = d'_p(pixel) \cdot res'(mm/pixel) \quad (4)$$

Méretarány

A légifényképeknek nagyon fontos mérőszáma a méretaránya. Bár általános esetben – különösen hegyvidéki terepen – csak átlagos méretarányt tudunk meghatározni, mégis egy nagyon fontos mutató. A méretarányt meghatározhatjuk a térképeknél használatos módszerrel, a képi és a terepi hossz arányaként, valamint a kameraállandó és a repülési magasság arányaként is (2. ábra).



2. ábra: A légifényképek méretaránya

$$M_k = \frac{d'}{d} = \frac{c}{h_0} = \frac{1}{a_k} \quad (5)$$

A feladat során célszerű két olyan pont közötti távolságot megmérni, amely a kép két, egymástól távoli helyén található. A terepi távolság megméréséhez használhatunk bármilyen térképet, de célszerű a Google Earth használata. A gyakorlatban könnyebb a méretarányszámmal (a_k) számolni, de ekkor is figyeljünk a mértékegységekre!

$$a_k = \frac{d}{d'} \quad (6)$$

A képi távolság helyére a pixeltávolságot $d'(mm) = d'_p (pixel) \cdot res'(mm/pixel)$ (4) egyenlet behelyettesítve kapjuk:

$$a_k = \frac{d}{d'} = \frac{d}{d'_p \cdot res'} \quad (7)$$

Amennyiben sikerült meghatároznunk a méretarányszámot, akkor kiszámolhatjuk a repülési magasságot is:

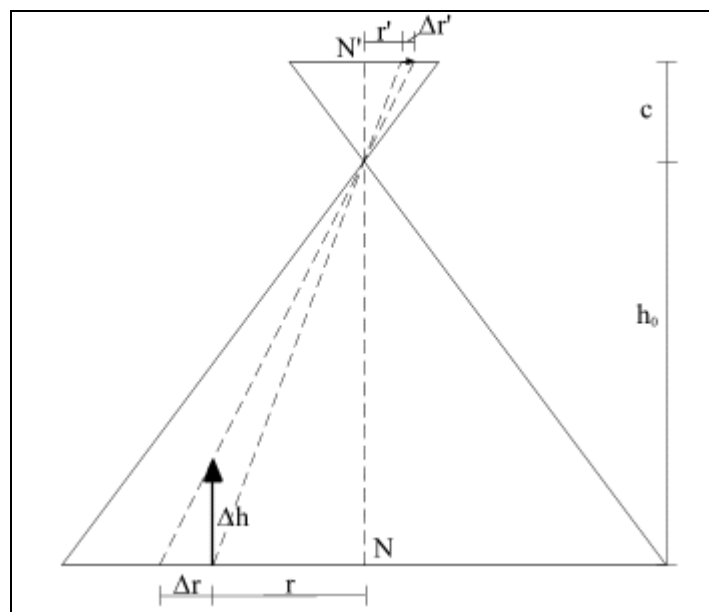
$$h_0 = c \cdot a_k \quad (8)$$

Igen fontos paraméter a digitális képanyag terepi felbontása, amelyet a következő, igen egyszerű módon számolhatunk ki:

$$res(m/pixel) = \frac{res'(mm/pixel)}{1000} \cdot a_k \quad (9)$$

Magasságmérés

A magasságmérést végezhetünk 1 kép alapján is, a légifényképek ún. magassági torzítása alapján. Ez igazából a magasságkülönbségből adódó torzítás, amely azt határozza meg, hogy egy, a viszonyítási síknál magasabban fekvő objektum mennyivel toódik el a képen. Azaz egy – legalábbis feltételezeten – függőleges objektum a képi nadírponttól kifelé dől, és ennek mértékéből a magassága meghatározható (lásd 3. ábra).



3. ábra: Magasságmeghatározás egy kép alapján

Az ábrán három hasonló háromszöget látunk, amelyekre felírható a következő:

$$\frac{\Delta h}{\Delta r} = \frac{h_0}{r + \Delta r} = \frac{c}{r' + \Delta r'} \quad (10)$$

Ebből kifejezhető a magasság:

$$\Delta h = \frac{\Delta r \cdot c}{r' + \Delta r'} \quad (11)$$

Viszont mivel

$$\frac{\Delta r}{\Delta r'} = \frac{h_0}{c} \quad (12)$$

Így végül:

$$\Delta h = h_0 \cdot \frac{\Delta r'}{r' + \Delta r'} \quad (13)$$

ahol: Δh : magasságkülönbség (m)

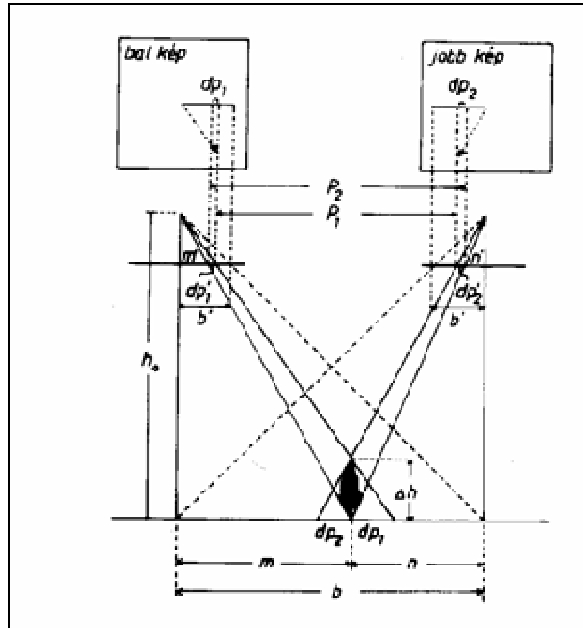
h_0 : repülési magasság (m)

$\Delta r'$: a dőlés mértéke a képen (mm (vagy pixel))

r' : az objektum tövének a képi távolsága az N' nadírponttól (mm (vagy pixel))

Tehát ahhoz, hogy egy képből meghatározzuk egy objektum magasságát, arra van szükség, hogy 1) az objektumunk függőleges legyen, 2) az objektumunk ne pont a nadírpontban álljon. Ezen feltételek teljesülése esetén a magasságot a dőlés mértékének képi lemérésével ($\Delta r'$), valamint az objektum tövének a képi nadírponttól (N') való képi távolság lemérésével (r') a fenti képlet alapján kiszámolhatjuk. Amennyiben a digitális képeken végezzük a méréseket, akkor a tört számlálójában és nevezőjében használhatjuk közvetlenül a pixeltávolságokat is.

Amennyiben az objektumunk nem függőleges, vagy legalábbis nem tudunk a tövére mérni, akkor egy másik képet hívunk segítségül. A két kép alapján történő magasságmérés elvi alapját a következő ábrán (4. ábra) bemutatott ún. normál sztereogrammon érthetjük meg a legjobban. Ez a kétképes kiértékelés alapesete, amikor a felvételi irány pontosan függőleges, valamint a repülési magasság a két kép esetében egyenlő.



4. ábra: A normál sztereogramm

A levezetés alapja az előző levezetéshez analóg módon a hasonló háromszögek, amelyeket mindkét képre felírhatunk, és utána összevonhatunk. A levezetés eredménye, amely szintén hasonló az előbb levezetett képlethez:

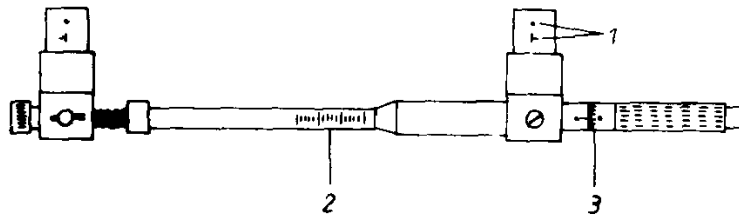
$$\Delta h = h_0 \cdot \frac{\Delta p}{b' + \Delta p} \quad (14)$$

ahol: Δh : magasságkülönbség (m)
 h_0 : repülési magasság (m)
 Δp : bázis irányú parallaxis (mm (vagy pixel))
 b' : képi bázis (mm (vagy pixel))

A repülési magasságot az előbb határoztuk meg. A képi bázis (b') meghatározása a következő módon történhet. Meghatározzuk mindkét képen a keretjelek átlós összekötésének metszéspontját, azaz a képközepet. Megnézzük, hogy az adott képközép a másik képen hová esik, és utána megmérjük a 2 pont távolságát. Ezt mindkét képen megtehetjük, és a kettő átlagát vehetjük. Amennyiben a szkennelési felbontás megegyezik, akkor a pixelekből mm-be az átlagolás után is áttérhetünk.

$$b' = \frac{b'_1 + b'_2}{2} \quad (15)$$

Analóg felvételek esetén a parallaxist (Δp) általában tükrös sztereoszkóp alatt az ún. sztereomikrométer (5. ábra) segítségével mérjük.



1 - mérőjelek, 2 - milliméterskála
 3 - beosztásos mikrométercsavar
 (parallaxiscsavar)

5. ábra: A sztereomikrométer

Ebben az esetben – mivel a képeket a sztereoszkópikus szemléléshez már tájékoztuk – itt közvetlen a bázis irányú távolságokat mérjük, és ezek eltéréséből számítjuk a parallaxist:

$$\Delta p = p_2 - p_1 \quad (16)$$

ahol: Δp : bázis irányú parallaxis
 p_2 : A „tövek” távolsága
 p_1 : A „csúcsok” távolsága

A digitális képek esetében mindkét képen megmérjük a „tő” és a „csúcs” bázisirányú távolságát, és azt a kettőt adjuk össze:

$$\Delta p = dp_1 + dp_2 \quad (17)$$

A gyakorlaton, valamint a feladatban alkalmazott képpárok esetében a bázis \pm megegyezik valamelyik koordinátatengellyel (pl. K-NY-i irányú repülés esetén az x-tengellyel, É-D-i irányú repülés esetén az y-tengellyel), így a parallaxisokat meghatározhatjuk a „tő” és a „csúcs” adott koordináta eltéréseivel is.