

Krauter Erika

A földi fotogrammetriai  
technológia



A követelménymodul megnevezése:  
**Fotogrammetria feladatai**

A követelménymodul száma: 2241-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-004-50



## A FÖLDI FOTOGRAMMETRIAI TECHNOLÓGIA

### ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön egy földméréssel és fotogrammetriával is foglalkozó Mérnöki Iroda műszaki dolgozója. Cége megbízást kap, hogy készítse el egy 18 m széles és 12 m magas, közel sík homlokzatú épület utcafronti homlokzatának rajzát  $M=1:50$  méretarányban. A felméréshez földi fotogrammetriai módszert választanak. Önnek az a feladata, hogy a cég saját Zeiss gyártmányú UMK 10/1318 univerzális mérőkamaráját felhasználva készítse a fényképezéshez.

Az épület és környékének helyszíni bejárásakor arra a megállapításra jut, hogy az épület frekventált helyen van, sem a gyalogos, sem a közúti forgalom nem teszi lehetővé a nyugodt felvételkészítést. Kedvezőnek találja viszont, hogy a felméréndő épülettel szemben levő házon 8 m magasságban egy hosszú, végigfutó erkély van, amelyről megoldhatónak tűnik a felvétel vagy a felvételek készítése. Az erkély mintegy 20m-es vízszintes távolságra van a fényképezendő épülettől.

A fényképezési terv készítési folyamata során a következő kérdésekre kell választ kapnunk:

- Hány felvételt kell készítenünk?
- Szükséges-e tervezni a sztereo fényképezést, vagy elegendő a síkfotogrammetriai megoldás?
- Milyen bázishosszat, bázisviszonyt válasszunk, ha térfotogrammetriai célú felvételeket kell készíteni?
- Álló vagy fekvő képformátumot kell használnunk?
- Mekkora lesz a kép méretaránya?
- Hányszorosára kell nagyítani a felvételeket ahhoz, hogyha  $M = 1:50$  méretarányú nagyításokat kívánunk előállítani?

### SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

#### A FÖLDI FOTOGRAMMETRIA

A földi álláspontokról mérési, kiértékelési célra tervezett mérőképek, fényképek készítésével és feldolgozásával foglalkozó tudományágat földi fotogrammetriának nevezzük.



Ott használható, ahol a felméréndő, területre, tárgyra, felületre a szabad rálátás biztosított. Térképészeti alkalmazása ma már korlátozott, inkább azokon a szakterületeken alkalmazzuk, ahol nemcsak a metrikus adatok feldolgozása fontos, hanem a fénykép nyújtotta információ-többlet is.

### A FÖLDI FOTOGRAMMETRIA SAJÁTOSSÁGAI

- a vizsgált tárgyat, létesítményt a méréskor nem kell megközelíteni (ezért a földi fotogrammetria is a távérzékelés egy fajtája),
- a terepi mérés időszükséglete rövid,
- a rövid megvilágítási (exponálási) idő miatt gyors folyamatok mérésére is alkalmas,
- a mérőképek sok információt (mennyiségi és minőségi) tartalmaznak,
- a kiértékelés gyors és jól automatizálható.

### A FÖLDI FOTOGRAMMETRIA ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

A földi fotogrammetriát leginkább a műszaki és a tudományos kutatások területén alkalmazhatjuk. Korábban alkalmazták terepfelmérésre is, elsősorban hegyvidéki területeken, de nehézsége miatt ma már háttérbe szorult.

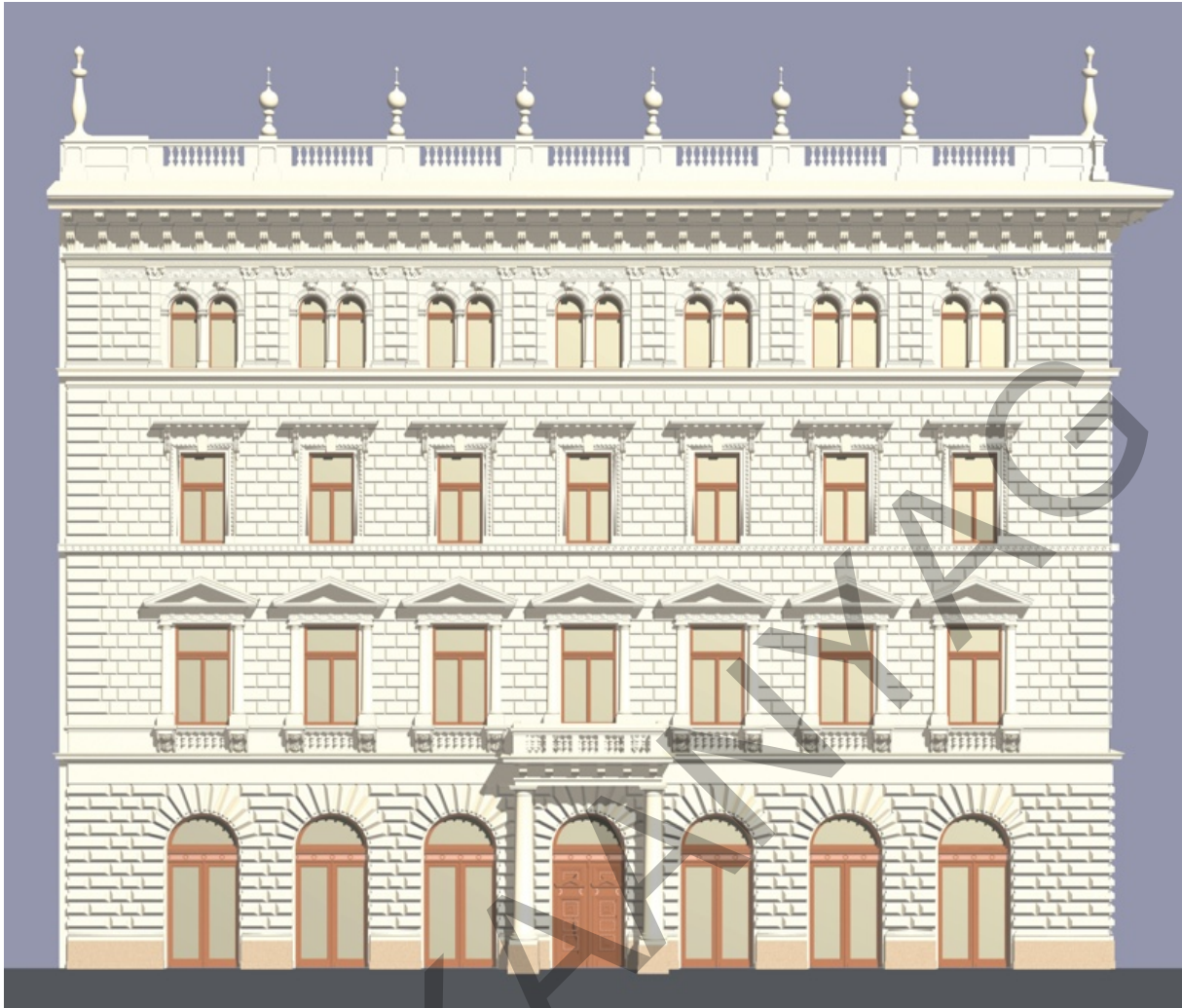
Az egyik legnagyobb alkalmazási területe a **mérnökgeodéziával kapcsolatos feladatok** köre. Mérnökgeodézián belül jól használható mozgásvizsgálatokra, deformáció mérésekre, állapot felmérésekre és egyéb más vizsgálatokra. A **mozgásvizsgálatok** lényege, hogy egy alaphelyzethez képest meghatározzuk, hogy a vizsgált tárgy milyen mértékben és irányban mozdult el. Az elmozdulások mértéke és jellege alapján előre jelezhetjük a várható következményeket. Mozgásvizsgálatokat, **deformáció méréseket** végezhetünk az építőiparban (pl. karcsú magas, vagy nagytömegű épületek mozgásai), a közlekedésben (pl. hidak, vasúti töltések, műtárgyak elmozdulásai), a vízépitésben (pl. völgyzárógáták, partfalak elmozdulásai), a bányászatban (pl. bányaművelés okozta elmozdulások, süllyedések), a gépiparban (pl. a termékekkel kapcsolatos elmozdulások, deformációk). **Állapotfelmérések** során a megvalósult ipari létesítmények felmérése történhet. Az **egyéb mérnökgeodéziái alkalmazások** közé tartozik pl. a külfejtéses bányák által kitermelt anyag mennyiségének meghatározása, a barlangok, alagutak, földalatti hengeres szelvények felmérése, a tartályok térfogatának meghatározása, gépek, berendezések szerelésének és beépítésének ellenőrzése.

A másik legnagyobb felhasználási területe az **építészeti alkalmazások** (1. és 2. ábra). Ide tartoznak az állapotfelmérések, az átalakítás, áttervezés előtti felmérések, a dokumentatív jellegű felmérések, az épületkárok felmérése, a belső terek felmérése.



1. ábra. Budapest, Andrassy utca 20. épület földi fotó alapján készített ortofotója<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Forrás: <http://epiteszet.terve.hu/?p=19> (2010.07.15.)



2. ábra. Budapest, Andrassy u. 20. épület földi foto alapján készített modellrajza<sup>2</sup>

A **műemlékvédelem és régészet** terén is jól alkalmazhatók a földi fotogrammetriai módszerek. A műemlékvédelemmel kapcsolatos feladatok az építészeti alkalmazásokkal részben átfednek. A különbség elsősorban a fényképezendő épület jellegében van, illetve a felmérés céljában. A műemlékvédelemben a felmérés célja a rekonstrukció, restaurálás előtti, a tervezéshez felhasználható dokumentatív képek és a többnyire nagy léptékű, méretarányú rajzok elkészítése. A műemlékvédelem egy speciális alkalmazási lehetőség, hogy egy új épület megépítése előtt a fotogrammetriai úton elkészített utcarajzba berajzolják a tervezett épület homlokzatrajzát, és azt vizsgálják, mennyire illeszkedik a műemléki környezetbe. Ezt a szerkesztést a fényképen is el lehet végezni, amit fényképbe rajzolásnak nevezünk. A régészetben főként az ásatások felmérése, dokumentálása, illetve a leletek archiválása, dokumentálása történhet földi fotogrammetriai módszerrel (3. ábra).

---

<sup>2</sup> Forrás: <http://epiteszet.terve.hu/?p=19> (2010.07.15.)



3. ábra. Régészeti lelőhely feltárása fotogrammetriai módszerrel<sup>3</sup>

Egy műemléképület homlokzatának, egy freskónak, vagy különböző építészeti elemeinek (pl. rózsablak, bélietes kapu stb.) a felmérése és megrajzolása fotogrammetria nélkül az egyik leginkább időigényes és legköltségesebb feladat az építészetben.

A földi fotogrammetria egy speciális alkalmazása területe a **bűnügyi fotogrammetria**. Ide tartozik a közlekedési balesetek helyszíni felmérése (az egyes gépjárművek fékútjainak, ütközéseinek dokumentálása, rekonstrukciója), valamint más, különböző bűnügyek tetthelyeinek felmérése. Ide kapcsolhatók még a különböző biztosítással kapcsolatos kárfelmérések is.

<sup>3</sup> Forrás: [http://www.magyarmuzeumok.hu/archivum/pdf/2007\\_1.pdf](http://www.magyarmuzeumok.hu/archivum/pdf/2007_1.pdf) (2010. 07. 15.)





4. ábra. Karambolos autó vezetőoldali sérüléseinek felmérése földi fotogrammetriával<sup>4</sup>

Egy másik speciális alkalmazási terület az **orvostudomány**, a gyógyászat. Az emberi szervezettel kapcsolatos fényképezéseket és felméréseket alkalmaznak a fogászatban, a szemészetben, az ortopédiában és a sebészetben.

## A FÖLDI FOTOGRAMMETRIA FELVÉTELI ELRENDEZÉSEI

A földi fotogrammetriában is beszélünk egyképes, vagy síkfotogrammetriáról és kétképes, vagy térfotogrammetriáról. A felvételi elrendezések is ennek megfelelően csoportosíthatók:

- egyképes eljárás,
- térfotogrammetriai eljárás.

### 1. Egyképes eljárás

Ha a lefényképezendő tárgy sík, vagy síknak tekinthető, és a méréseink során elegendő a mért pontok kétdimenziós meghatározása, akkor a tárgyról csak egy felvételt készítünk. Természetesen, ha a vizsgált tárgy nem fedhető le egyetlen felvétellel, akkor több képet készítünk. Ilyenkor nem szükséges a képek közötti nagy átfedés, csak arra törekszünk, hogy hézagmentesen lefedjük az egész területet. Az egyképes eljárás során a felmériendő tárggyal szemben, a tárgy méretét figyelembe véve olyan  $Y$  távolságra állunk fel a földi felvevő kamerával, hogy a tárgy rajta legyen a képen.

---

<sup>4</sup> Forrás: <http://www.photomodeler.com/ar-forensics/documents/> (2010. 07.15.)

Az  $Y$  távolság könnyen kiszámítható, ha ismerjük a fényképezendő tárgy méreteit, a fényképező kamera képméretét és kameraállandóját. Kiszámítjuk a kép méretarányszámát az  $m = t_{\text{valódi}}/t_{\text{fényképi}}$  képlet segítségével, majd ebből az  $Y$  távolságot az  $Y = m \cdot c_k$  képlettel. A terepen az álláspontot kitűzzük, majd felállunk rá. A fénykép elkészítése előtt ellenőrizzük, hogy a tárgy tényleg rajta van-e a képen és a képsík párhuzamos-e a fényképezendő síkkal. A felvételek elkészítése és előhívása után a mérőképen mérni tudjuk a meghatározandó pontok képkoordinátáit ( $\xi_n, \zeta_n$ ), majd a következő képletekkel számítjuk a tárgykoordinátáit ( $X_n, Z_n$ ):

$$X_n = m \cdot \xi_n \text{ és } Z_n = m \cdot \zeta_n.$$

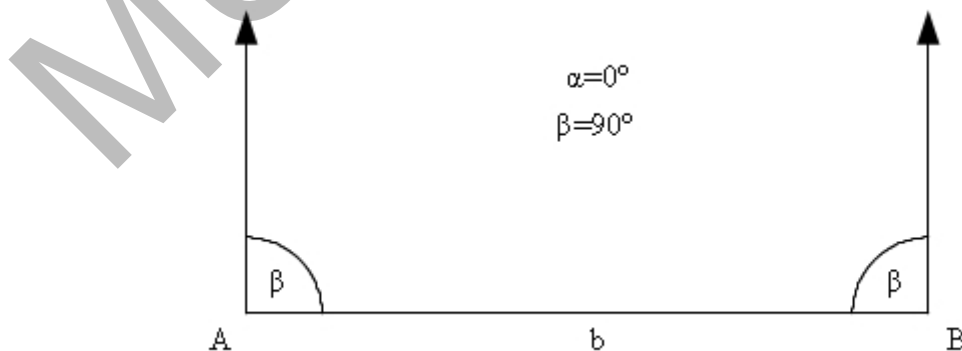
Meg kell említeni, hogy vannak úgynevezett **időbázisos felvételek** is. Ezeknél a kiértékelendő képeket nem két különböző álláspontból egyidejűleg, hanem ugyanarról az álláspontból két különböző időpontban készítjük, és a térhatás azáltal jön létre, hogy a folyamat révén bázis- és haránt irányú parallaxis lép fel. Az azonos (homológ) pontok hiánya miatt térhatás egyáltalán nem jelentkezik.

## 2. Térfotogrammetriai eljárás

A fotogrammetriában is a mérendő pontok térbeli (háromdimenziós) meghatározására törekszünk, amihez a mérendő tárgyról legalább két képet kell készítenünk. Mindkét képen a mérendő tárgynak rajta kell lenni. A mérési célra készülő fényképeket ismert vízszintes és magassági adatokkal rendelkező álláspontokról készítjük, ahol a kameratengelyek irányát beállítjuk.

A földi fotogrammetriában a két álláspont által kijelölt felvételi bázis és a kameratengelyek iránya szerint a következő alapeseteket különböztetjük meg:

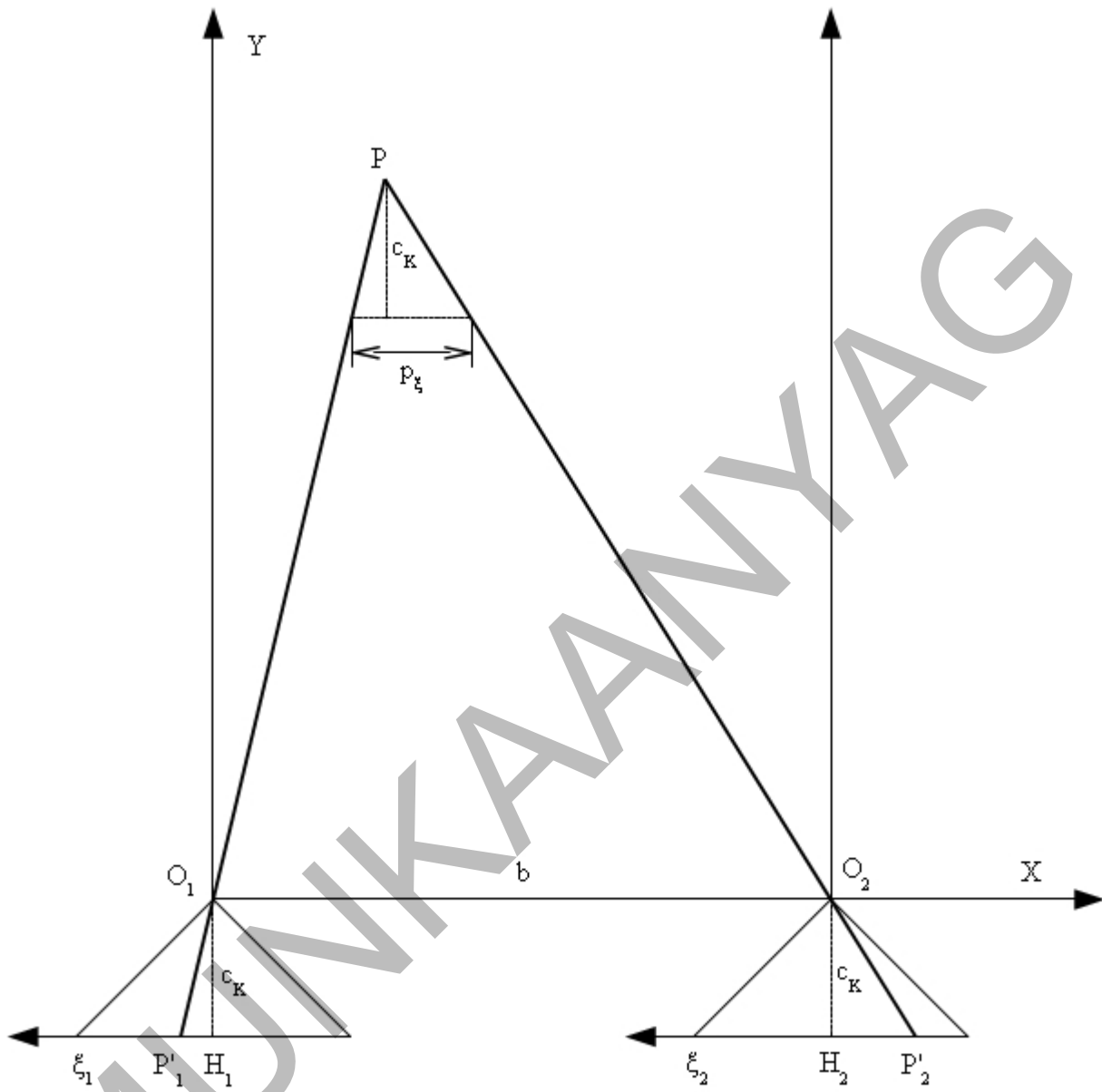
A földi fotogrammetria alapesete az, amelynél mindkét felvételi álláspontban (A és B pontokban) a kameratengelyek a felvétel bázisára ( $b$ -re) merőlegesek ( $\beta = 90^\circ$ ) és vízszintesek ( $\alpha = 0^\circ$ ). Az ilyen képpárt **normál sztereogramnak** nevezzük (5. ábra).



5. ábra. Normál sztereogram



Normál sztereogram esetében az általános helyzetű P pont leképződését a 6. ábra szemlélteti:



6. ábra. Földi fotogrammetria vízszintes normálesete

A P pont X, Y és Z terei koordinátáit a következőképpen számíthatjuk ki:

$$Y = \frac{b}{p_{\xi}} * c_K$$

$$X = \frac{b}{p_{\xi}} * \xi_b$$

$$Z = \frac{b}{p_{\xi}} * \eta_b$$

7. ábra

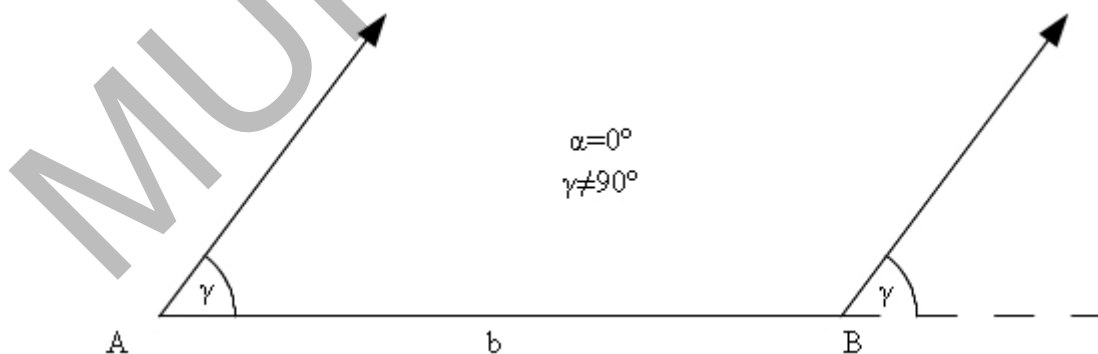
Ahol:

- $b$ : a bázis hossza;
- $\xi_b, \xi_j$  és  $\eta_b, \eta_j$ : a pontnak a bal és jobb képen mért képkoordinátái;
- $p_{\xi} = \xi_b - \xi_j$  a bázis irányú parallaxis.

A normál sztereogram előnye, hogy a számításhoz nincs szükség illesztőpontra, elegendő ismerni a felvételi bázis pontos értékét, a meghatározandó pontok képkoordinátáit, és a ponthoz tartozó bázisirányú parallaxist. Azt a legegyszerűbb módszert, amivel a szükséges adatok mérhetők, komparátornak nevezzük.

*Természetesen a normáleset a térben tetszőlegesen is elhelyezkedhet, pl. a bázis lehet függőleges is.*

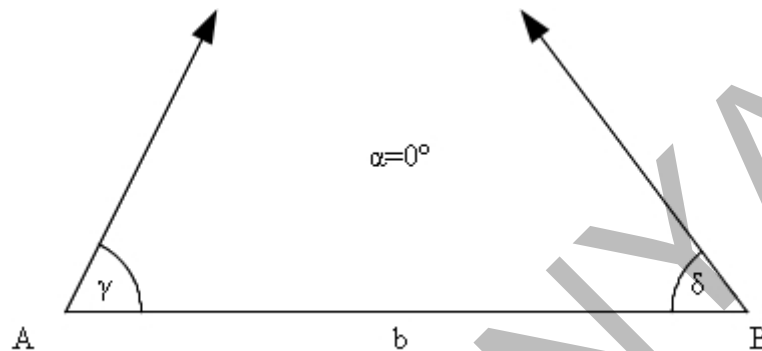
Az oldalra tartó (ferde tengelyű párhuzamos) felvétel esetén a két kamaratengely a bázissal ( $b$ ) ugyanazt a tetszőleges szöveget zárhatja be ( $\gamma \neq 90^\circ$ ), és mindkettő vízszintes ( $\alpha = 0^\circ$ ) (7. ábra).



8. ábra. Oldalra tartó (ferde tengelyű) párhuzamos felvétel

Továbbra is fontos szempont azonban, hogy a mérendő tárgy mindkét képen rajta legyen. Ez az elrendezés régebben igen kedvelt volt a földi fotogrammetria topográfiai térképezési célú alkalmazásakor. A mérendő pontok koordinátáit még viszonylag egyszerű képletekkel számíthatjuk úgy, hogy itt sem szükséges illesztőpont. A gyakorlatban ezt az elrendezést ritkán használjuk, így a képleteket nem részletezzük.

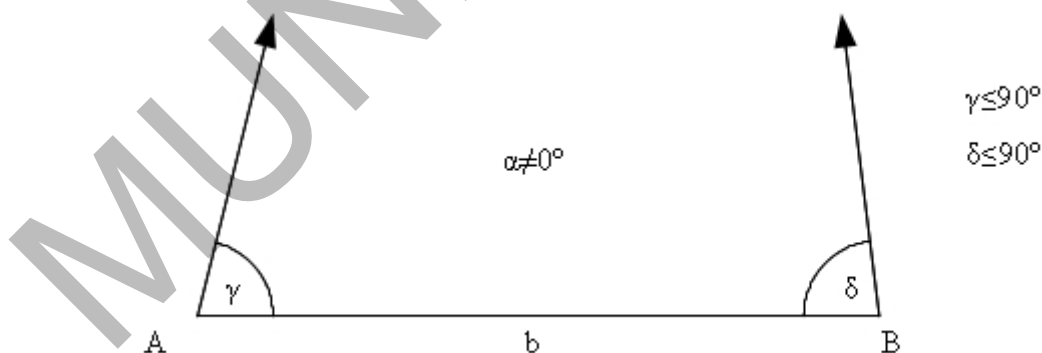
**Összetartó (konvergens) tengelyű képpár** esetén a kameratengelyek az oldalra tartó felvételekhez hasonlóan a bázissal ( $b$ ) bizonyos szöget zárnak be ( $\gamma$  és  $\delta$ ), és vízszintesek ( $\alpha = 0^\circ$ ) (8. ábra).



9. ábra. Összetartó (konvergens) tengelyű képpár

Illesztőpontokra még ennél a felvételi elrendezésnél sincs feltétlenül szükség.

Az **általános felvételi elrendezésnél** a kameratengelyek iránya hasonló az előző három elrendezés valamelyikéhez, de annyiban eltér az előzőektől, hogy a kameratengelyek már nem vízszintesek ( $\alpha \neq 0^\circ$ ) (9. ábra),



10. ábra. Általános felvételi elrendezésű képpár

A dőlt tengelyű felvételek kiértékelése bonyolultabb feladat, amihez már illesztőpontokra van szükség, és analitikus fotogrammetriai módszerekkel számolunk.



## A FÖLDI FOTOGRAMMETRIA MUNKAFÁZISAI

Egy földi fotogrammetriai feladat végrehajtása során a következő munkafázisokkal találkozunk:

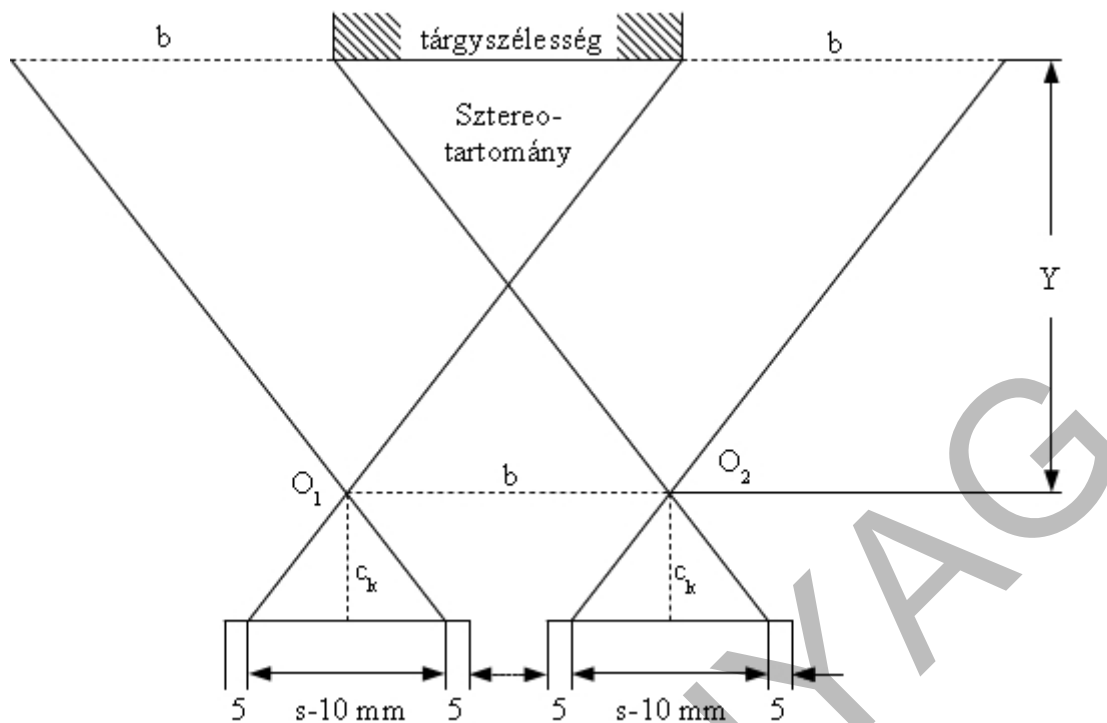
1. Tervezés, adatgyűjtés
2. Kitűzés, pontjelölés,
3. Geodéziai mérés,
4. Felvételek elkészítése,
5. Műszeres kiértékelés,
6. Számítások, a mérési eredmények feldolgozása és értékelése.

### 1. Tervezés

A tervezés során először kiválasztjuk a feladat végrehajtására leginkább alkalmas mérési módszert. A módszer kiválasztásának szempontjai:

- a felmérés feladata, célja,
- az építmény, létesítmény mérete, terjedelme, részletgazdagsága, a készítendő munkarészek fajtája
- az elérendő pontosság,
- a helyszíni adottságok, a tárgy környezete, elhelyezkedése,
- a rendelkezésre álló felvevő kamera és kiértékelő műszer paraméterei.

A felvételi elrendezést minden földi felvétel esetében gondosan meg kell tervezni. Először is meg kell állapítani, hogy honnan lehet a tárgyat a legkedvezőbben lefényképezni, tekintettel arra, hogy szükség van-e sztereo kiértékelésre, milyen tartományban tudunk mozogni, milyen látási akadályok fordulhatnak elő. Ez alapján történik a látószög meghatározása. A nagy felvételi távolságok nagy gyűjtőtávolságot követelnek meg, a kicsik gyakran igen nagy látószöget. Az optimális felvételi távolság tervezésekor fontos szempont a mélységélesség. A bázisviszonyt ( $b/Y$  értéket) az előre megadott  $Y$  értékhez viszonyítva annál nagyobbra kell választani, minél pontosabb eredményre van szükségünk. Ha az állandó bázisú sztereo-mérőkamarákkal készített felvételek fotogrammetriai kiértékelésének pontossága a feladat elvárásainak nem felel meg, földi mérőkamarát és ezzel szabadon megválasztható bázist kell alkalmazni. Következő lépésként megtervezzük, hogy hány álláspontról, felvételi bázisról kell a felvételeket elkészíteni ahhoz, hogy a teljes kiértékelendő felületről legyen kép, vagy képpár. Ekkor kiszámítjuk a fényképezési távolságot ( $Y$ ), a felvételi bázist ( $b$ ), a képméretarányt ( $m$ ), a sáv szélességet ( $S$ ), a képek közötti átfedést ( $p\%$ ). A vízszintes normáleset tervezéséhez nyújt segítséget a 10. ábra.



11. ábra. A vízszintes normáleszt tervezése<sup>5</sup>

Tervezéskor kiindulhatunk a bázisviszonyból ( $b/Y$ ), az átfedésből ( $p\%$ ), a megengedhető relatív hibából ( $\varepsilon = \Delta Y/Y$ ), vagy a minimális fényképezési távolságból ( $Y_{min}$ ). Bármelyik megoldást választjuk, mindegyiknél figyelemmel kell lenni a fényképezési távolságra. Vagy a helyszíni adottságok miatt (pl. adott utcaszélesség), vagy a kamera minimális fényképezési távolsága miatt, vagy az elérendő relatív pontosság miatt. Legegyszerűbb, ha ezeket a szempontokat figyelembe véve kiválasztjuk az ideális, vagy alkalmazható felvételi távolságot ( $Y$ ), majd a többi adatot ez alapján számoljuk ki. A felhasználható képletek a következők:

$b/Y = 1/1$  és  $1/20$  között (változó, de leggyakoribb az  $1/4$ -es bázisviszony),

$$m = Y / c_k,$$

$$S = m * s \text{ (s a hosszabbik képoldal),}$$

$$b = S * \left(1 - \frac{p\%}{100}\right)$$

12. ábra

, vagy ebből számítjuk a  $p\%$ -ot.

<sup>5</sup> Forrás: Karl Kraus: Fotogrammetria, 100. oldal

Ha egy épület homlokzatáról a lehető legkisebb torzulású felvételt szeretnénk előállítani, akkor a felvétel készítése előtt a képsíkot a megadott tárgysíkkal párhuzamosra kell állítani. Ezt az alábbi, gyakorlatban jól bevált módszerek egyikének alkalmazásával érhetjük el:

- Segédháromszög kimérésével
- Egy matt üveg, vagy egy rácshálóval ellátott kereső segítségével
- Ha a bázis vonalával párhuzamos kameraélt a tárgy egyik vízszintes vonalához szemmel beállítjuk
- Ha a homlokzat síkján elhelyezett tükröző felületben a saját tükörképünket megkeressük és megirányozzuk
- Tájéoló használatával, stb.

Vannak olyan földi mérőkamarák (pl. Wild P31 és P32), melyeknek aszimmetrikus a képformátuma, vagyis a H főpont (a képkoordináta rendszer kezdőpontja, a keretjelek metszéspontja) nem a kép közepén helyezkedik el, hanem ahhoz képest el van tolva. Fekvő képek esetén az eltolás lefelé vagy felfelé, álló képek esetén befelé történhet. A kamerának ezt az adottságát a tervezésnél figyelembe kell venni.

A tervezés része az illesztőpontok és vizsgálati pontok számának és helyének megtervezése. A kiértékeléshez illesztőpontokra van szükség, amelyeknek jól látható helyen, a kiértékelés módja szerinti megfelelő elhelyezkedésűnek kell lenniük. A vizsgálati pontok a feladat céljától függően gyakran a vizsgált tárgyon, létesítményen eleve meglévő, természetes pontok, ilyenkor ezeket nem tervezzük, csak jelöljük, ha szükséges. Ha a feladat megkívánja, akkor természetesen gondosan meg kell tervezni, hogy hol legyenek ezek a vizsgálati pontok.

## 2. Kitűzés és pontjelölés

A kitűzés és pontjelölés során a megtervezett álláspontokat, illesztőpontokat és vizsgálati pontokat geodéziai módszerekkel kitűzzük, majd megjelöljük. Álláspontok esetén a pontjelölés állandósítást jelent. Az illesztőpontokat és a vizsgálati pontokat festéssel, vagy más pontjelekkel (pl. felragasztható pontjelek) tesszük jól láthatóvá. A fekete-fehér festéssel kontrasztos pontjeleket kapunk, amelyek a fényképen jól láthatók és irányozhatók.

Manapság a földi kamerákat ugyanúgy használjuk, mint a légi kamerákat. A felvételi álláspontokat nem mérjük be pontosan, a kamaratengely irányát sem, csak közelítőleg állítjuk be a normáleset vagy az összetartó tengelyű felvételek elrendezésének megfelelően. A külső tájékozás elemeit pedig illesztőpontokból vezetjük le. Ez több előnnyel is jár:

- A felvételi munkákat rövidebb idő alatt el lehet végezni.
- A szabályos hibaforrások (a felvételkedéskor és a kiértékeléskor a belső és külső tájékozás) az illesztőpontok segítségével észrevehető.
- Az ellenőrzés közvetlenül a tárgyon történik.



- A felvételeket nem stabil platformról is készíthetjük (pl. létra, emelőkocsi kosara stb.), a kamarát függőlegesen felfelé néző kameratengellyel a földre is tehetjük, vagy kézben is tarthatjuk. A lényeg a pontos sugármetszések biztosításán van, törekedni kell arra, hogy a homológ sugarak a  $90^\circ$ -hoz minél közelebbi metszést adjanak.

### 3. Geodéziai mérés

A geodéziai mérés az álláspontok és illesztőpontok koordinátáinak meghatározását jelenti abban a koordináta-rendszerben, amelyben az adatokat szolgáltatnunk kell. Ez lehet az országos geodéziai rendszer, vagy lehet helyi rendszer is. Ha a méréseinket bizonyos időközönként meg kell ismételnünk, akkor az álláspontok és az illesztőpontok koordinátáit minden mérés előtt célszerű ellenőrizni, különösen építési területeken, vagy olyan helyen, ahol a pontok elmozdulhatnak. Az álláspontok geodéziai meghatározása történhet sokszögeléssel, az ötödrendű pontsűrítő megoldások bármelyikével, vagy akár GPS méréssel. Az illesztőpontok meghatározása általában részletméréssel történik. A tárgy jól azonosítható, jellegzetes pontjait vagy a már megjelölt illesztőpontokat könnyedén bemérhetjük bármilyen mérőállomással. Nagy segítség lehet, ha a mérőállomás rendelkezik beépített lézeres mérési funkcióval, aminek segítségével a prizma számára hozzáférhetetlen helyeken is pontosan irányozhatunk és mérhetünk.

### 4. Felvételek készítése

A felvételek készítése a terv szerint történhet **földi mérőkamerával**, vagy **ikerkamerával**. A földi mérőkamarák akkor jönnek számításba, ha nem szükséges képpárokat kiértékelni, vagyis elegendő a kétdimenziós meghatározás és síkfotogrammetriai kiértékelés. Szükséges lehet földi mérőkamarákkal készíteni a felvételeket térfotogrammetriai kiértékelés céljára is, ha az ikerkamerák kötött bázistávolsága nem felel meg a felvételkedészítés kívánalmainak, és egyéni bázishosszról kell fényképeznünk. Nagyon gondosan válasszuk meg a felvételkedészítés időpontját. Tervezzük a fényképezést a nap legkedvezőbb idejére, mivel a nagyon vakító napsütés és a borús időjárás egyaránt ronthatják a képek minőségét. Mindig igyekezzünk a legmegfelelőbb hordozóanyagra dolgozni. A fekete-fehér is megfelelő sok tekintetben, de a színes dokumentációnak vitathatatlan előnyei vannak az interpretációban (a fénykép értelmezésében). Ha digitális kamerákat használunk, használjuk a RAW vagy "magas minőségű" vagy "nagy érzékenységű" beállításokat.

Ebbe a munkafolyamatba beletartozik a felvételek előhívása, valamint a további labormunkák, kontaktmásolatok, nagyítások elkészítése is.

### 5. Műszeres kiértékelés

Ha rendelkezésre állnak a felvételek, a szükséges geodéziai koordináták, következik a műszeres kiértékelés.

**A kiértékelés lehet:**

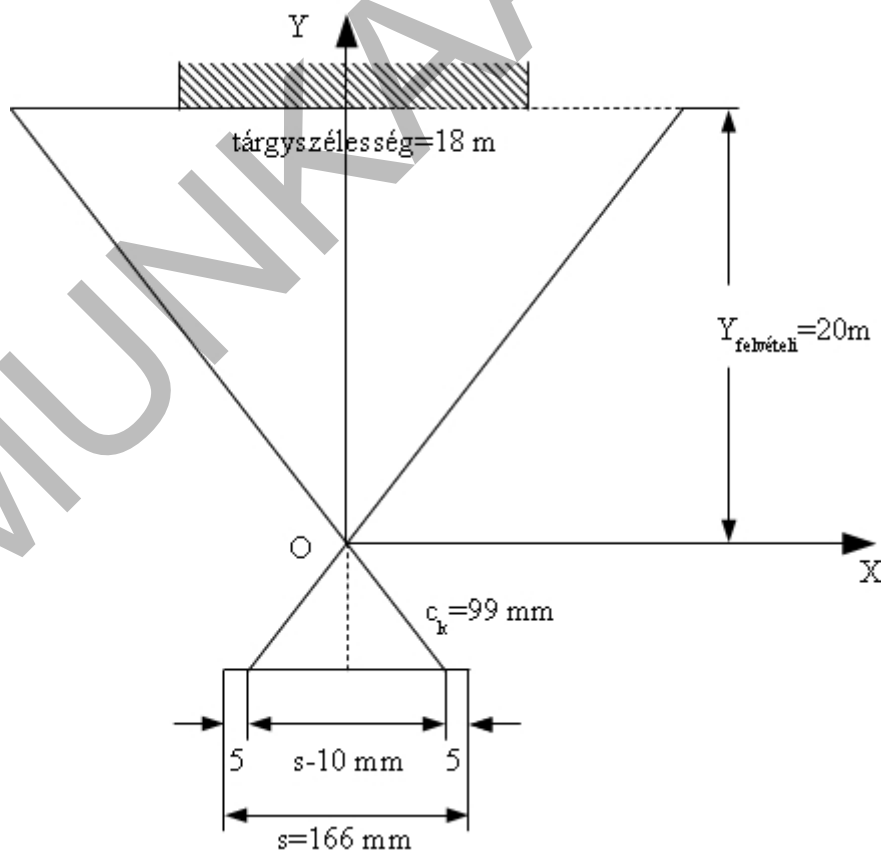
- pontonkénti kiértékelés, ahol a mérendő pontok koordinátáit számoljuk ki. Műszerei a számítógéppel támogatott analóg térfotogrammetriai rendszerek, az analitikus műszerek, a digitális fotogrammetria munkaállomások.
- vonalas kiértékelés, ahol a létesítményről, épületről egy vonalas rajzot (metszet, alaprajz, homlokzat rajz) készítünk. Műszerei a számítógéppel támogatott analóg térfotogrammetriai rendszerek, az analitikus műszerek, a digitális fotogrammetria munkaállomások.
- tónusos kiértékelés, ahol a létesítményről, épületről egy mérethelyes és torzulásmentes képet állítunk elő. Műszerei a képtranszformátorok, az ortoprojektorok.

## 6. Számítások, a mérési eredmények feldolgozása és értékelése

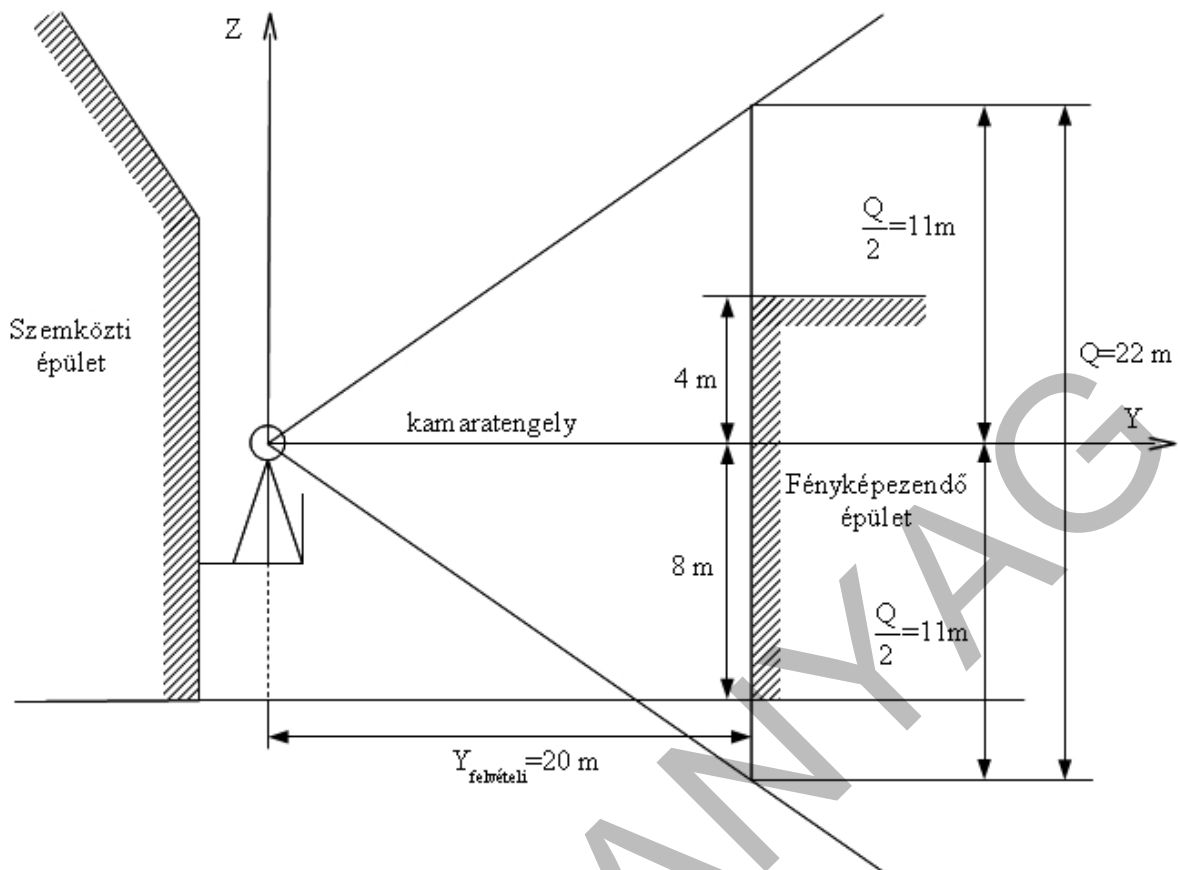
A mérési eredmények további feldolgozásába és értékelésébe már bekapcsolódhatnak más szakemberek is a földmérőkön és fotogrammétereken kívül, attól függően, hogy milyen speciális ismeretanyagra vagy tudására van szükség. Pl. építészek, geotechnikusok, szerkezetépítő mérnökök, környezetgazdálkodási mérnökök stb.

### Összefoglalásként válasz a felvetett esetre

A fent megadott esethez készített felülnézeti (11. ábra) és oldalnézeti (12. ábra) vázlatrajz:



13. ábra. A fényképezés tervezéséhez készített felülnézeti rajz



14. ábra. A fényképezés tervezéséhez készített oldalnézeti rajz

A felhasználandó UMK 1318 Zeiss kamarához választható ötféle objektív műszaki adatai:

Látószögtípus	Igen nagy látószögű	Nagy látószögű közeli felv.	Nagy látószögű távoli felv.	Normál látószögű	Kis látószögű
Kamaraállandó	65mm	99mm	99mm	200mm	300mm
Rekeszértékek	5,6...32	8...32	8...32	8...32	11...32
Fókuszálási távolság	8m (állandó)	1,4...∞m	3,6...∞m	5,6...∞m	50m (állandó)
Elrajzolás	± 5μm	±1μm (2,1m-ig) ≤±10 μm (különben)	±1μm ≤±10 μm (különben)	±4μm	±2 μm

A fényképezési terv készítésének lépései:

Az objektív kiválasztása: Mivel a fényképezést a 20m távolságban levő, szemközti ház 8m magas erkélyéről fogjuk elvégezni (vagyis  $Y = 20m$ ), ennek megfelelően azt a **nagylátószögű** kamerát fogjuk választani, amelyik fókuszálási távolsága ehhez a távolsághoz megfelelő. Vagyis  $c_k = 99mm$ .

A képméret kiválasztása: Tudjuk még, hogy a kamera képmérete 13cm x 18cm, amiből a hasznos képterület 120mm x 166mm. Mivel a fényképezendő homlokzat szélessége nagyobb, mint a magassága (18m x 12m), ezért a **fekvő** képméretet fogjuk választani.



A módszer kiválasztása: Mivel a fényképezendő homlokzat közel sík, (nincsenek rajta erkélyek vagy más ki- és beugró elemek), ezért nem szükséges a sztereofotogrammetriai kiértékelés: Nem képpárokat fogunk tervezni, csak minimális mértékben átfedő képeket, amiket elegendő **síkfotogrammetriai** módszerrel kiértékelni.

Bázishossz, bázisviszony meghatározása: mivel nem tervezünk sztereofotogrammetriai kiértékelést, a bázishossz és a bázisviszony meghatározására ennél a feladatnál nincs szükségünk.

A képméretarány kiszámítása: A fényképezési távolság ( $Y$ ) és a kamaraállandó ( $c_k$ ) ismeretében a következő képlettel számíthatjuk a képek méretarányszámát ( $m$ ):  $m = Y / c_k$ ,  $= 20\,000\text{mm} / 99\text{mm} = 202$ . A készülő képeink méretaránya tehát  **$M = 1 : 202$**  lesz.

A nagyítás értékének meghatározása: Mivel a kiértékelést  $M = 1 : 50$  méretarányban kell végezni, a képek méretaránya pedig  $M = 1 : 202$ , a nagyítás értéke  $202/50 = 4,04$ . Vagyis durván négyszeresére kell majd a képeket nagyítani.

A képek által lefedett valóságos terület meghatározása: Az elméleti értékek:  $s = 166\text{mm}$  a hasznos képszélesség, és  $q = 120\text{mm}$  a hasznos képmagasság. Nem akarjuk azonban, hogy a tárgy a peremtől számított 5 mm-es sávba essen, vagyis egy biztonsági távolságot fogunk figyelembe venni. Ezért az összefüggés, amivel számolunk:  $S = m * (s - 10\text{mm}) = 31512\text{mm} = \mathbf{31,512m}$  és  $Q = m * (q - 10\text{mm}) = 22220\text{mm} = \mathbf{22,220m}$ .

A készítendő képek számának meghatározása: Az előbbi eredményből látszik, hogy a lefedett terület nagyobb ( $31\text{m} \times 22\text{m}$ ), mint a fényképezendő homlokzat méretei ( $18\text{m} \times 12\text{m}$ ) ezért megállapíthatjuk, ha megfelelően tudjuk elhelyezni a tárgyat a képen, akkor elegendő egyetlen fényképet készíteni. Mivel 8m magasból fogunk fényképezni, és nem akarjuk megdönteni a kamaratengelyt, ezért a tárgy nem pontosan a kép közepén fog leképeződni, de az oldalnézetes vázlaton jól látszik, hogy biztonsággal ráfér **egyetlen** felvételre.

## TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Rajzolja le a 10. ábrát emlékezetből.

2. Végezze el a számításokat úgy, mintha a saját lakóházát kellene a fenti példához hasonlóan földi fotogrammetriai módszerrel felmérni. Használja az esetfelvetés feladatában megadott fényképezőkamarát, vegye figyelembe saját lakóházának környezetét, adottságait, és ennek megfelelően tervezzen. Ha szüksége van segítségre, kérdezzen társaitól, használja fel a rendelkezésére álló szakirodalmat, vagy kérjen segítséget oktatójától.
3. Egy amatőr digitális fényképezőgéppel vagy akár egy kamerával rendelkező mobil telefontal készítsen felvételeket egy kiválasztott épületről, megfigyeléseiről készítsen feljegyzéseket az alábbi szempontok szerint:
  - Fényképezzen először a homlokzatra merőlegesen, majd úgy, hogy a felvétel iránya szöget zár be a homlokzattal. Fényképezzen közel vízszintesen tartott eszközzel, és úgy is, hogy éles szögben megdönti a gépet. Figyelje meg, hogy milyen különbségek vannak a képek között.
  - Készítsen közelebbi és távolabbi felvételeket, és figyelje meg a részletgazdagság változását a fényképezési távolság csökkenésével.
  - Készítsen képeket ugyanarról a tárgyról ragyogó napsütésben és borús időben is, esetleg különböző napszakokban. Figyelje meg a képeken a fény-árnyék jelenségeket, lehet-e észlelni káprázást, homályosodást. Figyelje meg, milyen jelentősége van a megvilágítás szögének.
4. Végezzen kutatómunkát az Interneten, esetleg az Arany Oldalak között vagy a könyvtárban. Keressen olyan magyarországi cégeket, amelyek földi fotogrammetriával foglalkoznak. Tanulmányozza át műszerezettségüket és főbb referenciamunkáikat.
5. Látogasson el diáktársaival tanára szervezésében és irányítása mellett egy olyan céghez, ahol foglalkoznak földi mérőfényképek készítésével, és rendelkezésre állnak az ehhez szükséges fototeodolitok, mérőkamarák és egyéb eszközök. Figyelje meg az ott folyó munkát, készítsen jegyzeteket a látottakról, beszélgessen az alkalmazottakkal, majd válaszoljon a következő kérdésekre:

- Milyen profilú földi fotogrammetriával foglalkoznak a cégnél? Építészeti, régészeti, bűnügyi, gyógyászati vagy egyéb alkalmazásokhoz készülnek fotók, vagy inkább a mérnökgeodéziai célok (deformáció-vizsgálat, külszíni bányászat, stb.) a meghatározók?
- A készített végtermék hagyományos vagy digitális állomány?
- Milyen képzettségű szakemberek végzik a tervezést és a feldolgozást? Milyen gyakorlattal rendelkeznek?
- Milyen a felszereltség, milyen erőforrásokkal rendelkezik a cég? Régebbi típusú vagy új kamarák vagy műszerek, esetleg számítógépes munkaállomások?
- Kik a főbb megrendelőik? Milyen célra hasznosítják az elkészített fotogrammetriai végtermékeket?

MUNKANYELV

## ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

### 1. feladat

Fogalmazza meg és rajzolja le, hogy mit értünk normál sztereogram alatt! Válaszát írja a kijelölt helyre!

---

---



### 2. feladat

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

A földi foto egyik legnagyobb alkalmazási területe a mérnökgeodéziával kapcsolatos feladatok köre. IGAZ                  HAMIS

Térképészeti alkalmazása ma már korlátozott. IGAZ                  HAMIS

A fénykép rendkívül szegényes mind a minőségi, mind a mennyiségi információk tekintetében. IGAZ                  HAMIS

A színes fényképi dokumentációnak vannak előnyei a fekete-fehér képekkel szemben.

IGAZ                  HAMIS

A dőlt tengelyű felvételek kiértékeléséhez nincs szükségünk illesztőpontokra.

IGAZ                  HAMIS

Az illesztőpontok meghatározásának egyik jól használható módszere manapság a GPS eszközzel való részletmérés.

IGAZ                  HAMIS

**3. feladat**

Egy ikerkamarával normális elrendezésű felvételeket készítettek egy szoborról (bázis:  $b = 1,20\text{m}$  kamaraállandó  $c_k = 64,20\text{mm}$ ). Számítsa ki az A és B pontok térbeli távolságát, ha a sztereokomparátoron végzett mérés eredményei a következők:

Pont azonosító	$\xi_b$ [mm]	$\eta_b$ [mm]	$\rho_\xi$ [mm]
A	-3,624	34,202	18,321
B	29,876	14,809	16,983

**4. feladat**

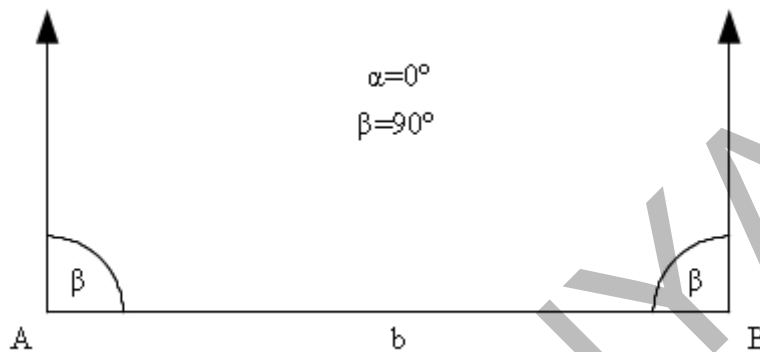
Sorolja fel pontokba szedve a földi fotogrammetria munkafázisait!



## MEGOLDÁSOK

## 1. feladat

Normál sztereogram: a földi fotogrammetria alapesete, amelynél mindkét kép kamaratengelye a felvétel bázisára merőleges és vízszintes.



15. ábra

## 2. feladat

A földi foto egyik legnagyobb alkalmazási területe a mérnökeodéziával kapcsolatos feladatok köre. IGAZ HAMIS

Térképészeti alkalmazása ma már korlátozott. IGAZ HAMIS

A fénykép rendkívül szegényes mind a minőségi, mind a mennyiségi információk tekintetében. IGAZ HAMIS

A színes fényképi dokumentációnak vannak előnyei a fekete-fehér képekkel szemben. IGAZ HAMIS

A dőlt tengelyű felvételek kiértékeléséhez nincs szükségünk illesztőpontokra. IGAZ HAMIS

Az illesztőpontok meghatározásának egyik jól használható módszere manapság a GPS eszközzel való részletmérés. IGAZ HAMIS

## 3. feladat

A földi fotogrammetria alapképleteit kell alkalmazni, hogy meghatározzuk A és B pont tárgykoordinátáit.

- $Y_A = (b / p_{\xi}) * c_k = (1200/18,321) * 64,20 = 4205,01\text{mm} = 4,205\text{m}$
- $X_A = (b / p_{\xi}) * \xi_b = (1200/18,321) * (-3,624) = -237,37\text{mm} = -0,237\text{m}$
- $Z_A = (b / p_{\xi}) * \eta_b = (1200/18,321) * 34,202 = 2240,18\text{mm} = 2,240\text{m}$
- $Y_B = (b / p_{\xi}) * c_k = (1200/16,983) * 64,20 = 4536,30\text{mm} = 4,536\text{m}$
- $X_B = (b / p_{\xi}) * \xi_b = (1200/16,983) * 29,876 = 2111,00\text{mm} = 2,111\text{m}$
- $Z_B = (b / p_{\xi}) * \eta_b = (1200/16,983) * 14,809 = 1046,39\text{mm} = 1,046\text{m}$

A két pont távolságát pedig a térbeli Pithagorasz-tétellel tudjuk meghatározni:

$$t_{AB} = \sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2} = [0,109 + 5,513 + 1,426]^{1/2} = 2,655\text{m}$$

16. ábra

#### 4. feladat

1. Tervezés, adatgyűjtés
2. Kitűzés, pontjelölés,
3. Geodéziai mérés,
4. Felvételek elkészítése,
5. Műszeres kiértékelés,
6. Számítások, a mérési eredmények feldolgozása és értékelése.

## IRODALOMJEGYZÉK

### FELHASZNÁLT IRODALOM

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

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

Peter Waldhäusl–Cliff Ogleby: The "3 x 3" Rules for simple photogrammetric documentation of architecture, 1994.

Ötvös Ildikó: Fehérvárcsurgói Károlyi kastély homlokzatzfelmérése, Diplomamunka, 2009.

A(z) 2241-06 modul 004-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:

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