

Fotogrammetria 5.

Az információszerzés eszközei

Dr. Engler , Péter

Fotogrammetria 5. : Az információszerzés eszközei

Dr. Engler , Péter

Lektor : Dr. Barsi , Árpád

Ez a modul a TÁMOP - 4.1.2-08/1/A-2009-0027 „Tananyagfejlesztéssel a GEO-ért” projekt keretében készült. A projektet az Európai Unió és a Magyar Állam 44 706 488 Ft összegben támogatta.

v 1.0

Publication date 2010

Szerzői jog © 2010 Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar

Kivonat

A fejezetben ismertetjük a hagyományos, un. analóg kamerák csoportosítását, legfontosabb jellemzőit. Foglalkozunk a földi és légi kamerák felépítésével, működésével.

Jelen szellemi terméket a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény védi. Egészének vagy részeinek másolása, felhasználás kizárólag a szerző írásos engedélyével lehetséges.

Tartalom

5. Az információszerzés eszközei	1
1. 5.1 Bevezetés	1
2. 5.2 Földi mérőkamerák	1
2.1. 5.2.1 A földi kamerák csoportosításai	1
2.2. 5.2.2 A földi kamerák jellemzői	2
2.3. 5.2.3 Egyes kamerák	3
2.4. 5.2.4 Ikerkamerák	4
2.5. 5.2.5 A földi mérőkamerák vizsgálata	5
3. 5.3 Légi mérőkamerák	5
3.1. 5.3.1 A légifényképező kamerákkal szemben támasztott követelmények	6
3.2. 5.3.2 A légi kamerák felépítése	6
3.2.1. 5.3.2.1 A kameratörzs (objektívtoldal)	7
3.2.2. 5.3.2.2 A negatív tároló (filmkazetta)	9
3.2.3. 5.3.2.3 A kameratest	9
3.3. 5.3.3 A légi kamerák kiegészítő berendezései	10
3.4. 5.3.4 Külső adatok meghatározása	13
3.5. 5.3.5 A légifényképező kamerák vizsgálata	14
3.6. 5.3.6 A Magyarországon használt kamerák	14
4. 5.4 Összegzés	15

5. fejezet - Az információszerzés eszközei

1. 5.1 Bevezetés

A fotogrammetriában az információhordozó az analóg fénykép vagy a digitális kép. Azokat az eszközöket, amelyekkel a képeket előállítjuk, az információszerzés eszközeinek, vagy kameráknak nevezzük.

Módszertanilag a kamerákat a következő csoportokba soroljuk [3.]:

- mérőkamerák (metric cameras), melyeket speciálisan fotogrammetriai célokra fejlesztették ki;
- részben mérőkamerák (semimetric cameras), amelyek eredetileg nem fotogrammetriai célokra készültek, de mérési feladatok ellátására tovább fejlesztették őket, azonban a belső adatok nem mindegyikét biztosítják stabilan, vagy pontosan;
- nem mérőkamerák (non metric cameras), amelyek fotogrammetriai célokra csak kis pontossági követelmények mellett és nagyobb kiértékelési munkával használhatók.

Fotogrammetriai kiértékelésekhez elsősorban mérőfényképeket készítünk. Azokat a kamerákat, amelyekkel mérőfényképet készíthetünk, **mérőkamerák** nak nevezzük. A mérőkamera egyik legfontosabb jellemzője, hogy a belső adatai ismertek és azok állandóságát biztosítják. A mérőkamerákat - a gyakorlati szempontoknak leginkább megfelelően - két nagy csoportba soroljuk:

1. földi mérőkamerák,
2. légi mérőkamerák.

Ebben a fejezetben a hagyományos, un. analóg kamerákat ismertetjük, amelyekkel a felvételek filmre készülnek. A digitális kamerákkal egy következő fejezet foglalkozik.

A fejezet ismeretanyagának elsajátítása után, a kamerák jellemzőinek ismeretében képes lesz kiválasztani egy konkrét feladat végrehajtásához a megfelelő paraméterű kamerát, eszközt.

2. 5.2 Földi mérőkamerák

A földi mérőkamerák az expozíció pillanatában a föld felületén mozdulatlanul állnak. Amennyiben a felvétel földi objektumról készül, akkor földi fotogrammetriai mérőkameráról beszélünk. Más esetben a fényképezés célja lehet pl. a föld körül keringő mesterséges égitest. Az erre a célra készített kamerákat ballisztikus mérőkameráknak nevezzük [2.].

2.1. 5.2.1 A földi kamerák csoportosításai

A földi fotogrammetria mérőkameráit több szempont szerint csoportosíthatjuk:

1. Az egy állásponton elhelyezett kamerák száma szerint
 - az **egyes kamera** olyan felvevő kamera, amelyet a geodéziai műszerekhez hasonlóan háromlábú műszerállványra helyezünk fel és az expozícióval egy kép készül,
 - **ikerkamera** , vagy sztereokamera, amelyet ugyancsak műszerállványra tesszük fel, de a fényképezéskor egy időpillanatban térfotogrammetriai kiértékelésre alkalmas képpárt készítünk.
1. A belső tájékozódáshoz szükséges illesztő elemek szerint beszélünk [3.]
 - **keretjellel ellátott kamerák** , amelyek kifejezetten fotogrammetriai célokra készültek és 4, 5 vagy 8 keretjellel rendelkeznek;

- **rácskamerák** (réseau-kamerák), amelyekbe a képsík elé egy üveglemezt építettek be, és az üveglemezre gravírozott kerestekből álló (2-10 mm távolságú) szabályos rácshálózat (réseau) fényképeződik rá minden egyes felvételre. A rácvonalak metszéspontjai helyettesítik a keretjeleket. A réseau lemez lehetővé teszi pl. a filmtorzulások figyelembe vételét a kiértékelésnél.
- **kerettel ellátott kamerák**, amelyek nem keretjelekkel, hanem élesen leképződő kerettel rendelkeznek. A vonalmetszések számításával meghatározott kép sarokpontok helyettesítik a keretjeleket.

A teljesség érdekében megemlítjük, hogy léteznek ún. hamis keretű kamerák, amelyek azonban a belső tájékozási adatokat nem biztosítják.

1. A kamera szerkezeti felépítése szerint

- **merevtengelyű kamerák**, amelyekkel csak olyan felvételek készíthetők, ahol a kameratengely vízszintes, ebből adódóan a képsík függőleges helyzetű;
- **dönthető tengelyű kamerák**, amelyeknél a kameratengelyt egy vízszintes tengely körül többnyire megadott szögértékekkel megdönthetjük. A képsík az ilyen kamerával történő fényképezés esetén akár vízszintes is lehet.

2.2. 5.2.2 A földi kamerák jellemzői

A mérőkameráknak több olyan jellemző tulajdonsága van, ami miatt addig, amíg a megfelelő fotografiai háttér (film, vegyszer, labor) rendelkezésre áll jól használhatók [4.]:

- jó minőségű optikával rendelkeznek,
- nagyméretű képeket lehet velük készíteni (13x18, 10x12 cm),
- ismertek a belső tájékozási elemek,
- a képek felbontása, rajzolata nagyon jó, tónus gazdag,
- szükség esetén jól rögzíthetők és beállíthatók a műszerállványon,
- a felvételekre azonosító adatokat, információkat lehet ráfényképezni.

Az előzőekből is következik, hogy a kamerákkal szemben két alapvető, fontos **követelmény** t támasztunk:

- a belső adatokat tartósan őrizze meg,
- a külső adatokat könnyen, gyorsan és kellő pontossággal határozhatjuk meg.

A felvétel külső adatait a felvételkészítés előtt vagy után valóban egyszerűen megadhatjuk. A vetítési középpont koordinátáit geodéziai méréssel meghatározhatjuk, a szögelemeket a kamerák beállítása után a műszerről leolvashatjuk. A külső tájékozási elemek meghatározása érdekében a kameráknak általában rendelkezniük kell [3.]

- olyan eszközökkel, melyek segítségével geodéziai mérőműszerek csatlakoztathatók hozzá. Azokat a kamerákat, amelyek rendelkeznek közvetlen szög mérésre alkalmas műszerelemmel is, fototeodolitoknak nevezzük. A korszerű kamerák (pl. WILD P31) nem fototeodolitok, mert esetükben a kényszerközpontosító segítségével a kamera helyére tesszük a geodéziai műszert és nincs azzal egybeépítve.
- libellákkal beállítható műszerállvánnyal, amelyek lehetnek egyszerű geodéziai műszerállványok, vagy főként az ikerkamerákhoz készített speciális állványok;
- vízszintes értelmű forgatási lehetőséggel, amikor az elfordulási szög egy vízszintes körosztáson leolvasható, vagy állandó szögértékek beállíthatók;
- a vízszintes síkon kívül eső pontok megírányzásához egy magassági értelemben is állítható távcsővel;
- vízszintes tengely körüli döntési lehetőséggel (csak dönthető tengelyű kamerák esetében) folyamatosan magassági körleolvasással, vagy rögzített értékekkel;

- elforgatási lehetőséggel, azaz álló vagy fekvő képformátumot használhassunk;
- keresővel matt üveglemezzel, vagy a kamera külső részén elhelyezett a szélső sugarak kijelölésére szolgáló jelekkel, hogy a képterület ellenőrizhessük a fényképezés előtt.

Az analitikus fotogrammetriai kiértékelésekhez nincs szükség a külső adatok pontos megadására, illetve beállítására, mert azok illesztőpontok alapján számítással közvetett módon meghatározhatók. A külső adatok ismerete azonban továbbra is fontos lehet, mert a számításokhoz a felvételezéskor mért és beállított adatokat a számításoknál jó kezdőértékként fel tudjuk használni.

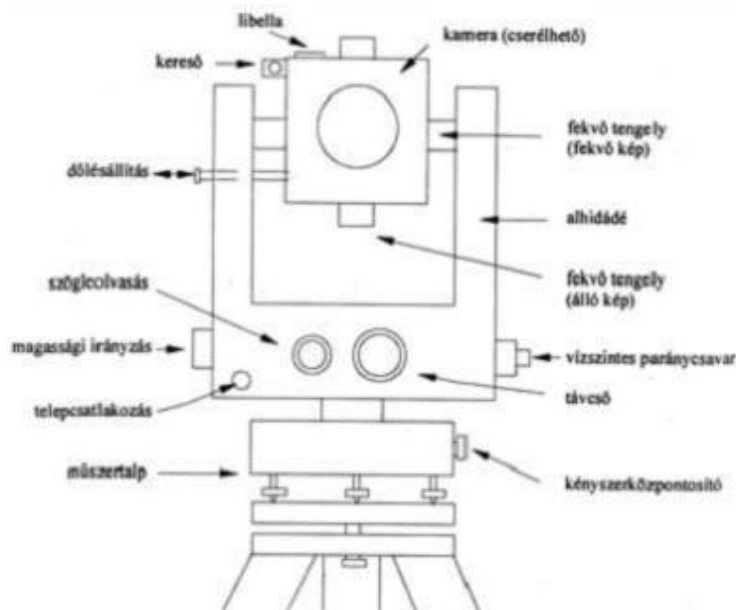
2.3. 5.2.3 Egyes kamerák

Egy kép készítésére alkalmas földi mérőkamerát alkalmazunk olyan esetekben, amikor a kívánt pontosság elérése érdekében a felvételi távolságot és a bázisviszonyt a vizsgált tárgy helyzetét és méretét figyelembe véve határozzuk meg. A szakzsargonban földi mérőkamera alatt mindig az egy kép készítésére alkalmas mérőkamerát értjük. A földi mérőkamerákkal készíthető képek téglalap alakúak. Képméretük változó: 18x24, 13x18, 10x15, 9x12, 6,5x9 cm. A képek alaphelyzetben fekvő formátumúak. Ha a kamera rendelkezik elforgatási lehetőséggel, a képterület jobb kihasználása érdekében álló formátumú képet is készíthetünk.

A kamerák döntő többsége dönthető tengelyű kamera, ami szintén a képterület jobb kihasználását teszi lehetővé. A kamerák nyílásszöge lehet normál, nagy és igen nagy nyílásszög. A Magyarországon is használt kamerák közül a Zeiss Photeo19/1318-as fototeodolit az a kamera, amelyik nem rendelkezik zárszerkezettel, az exponálásakor egy védősapkát kell levenni az objektív elől. Emiatt ennél a kameránál csak igen alacsony érzékenységű (kb. 6 DIN) filmet használtak, mert az expozíciós időt nem lehetett pontosan betartani. A többi kamera rendelkezik zárszerkezettel. Az expozíciós idő B-től (végtelen) 1/60, 1/300, 1/400 vagy 1/500 másodperc között állítható.

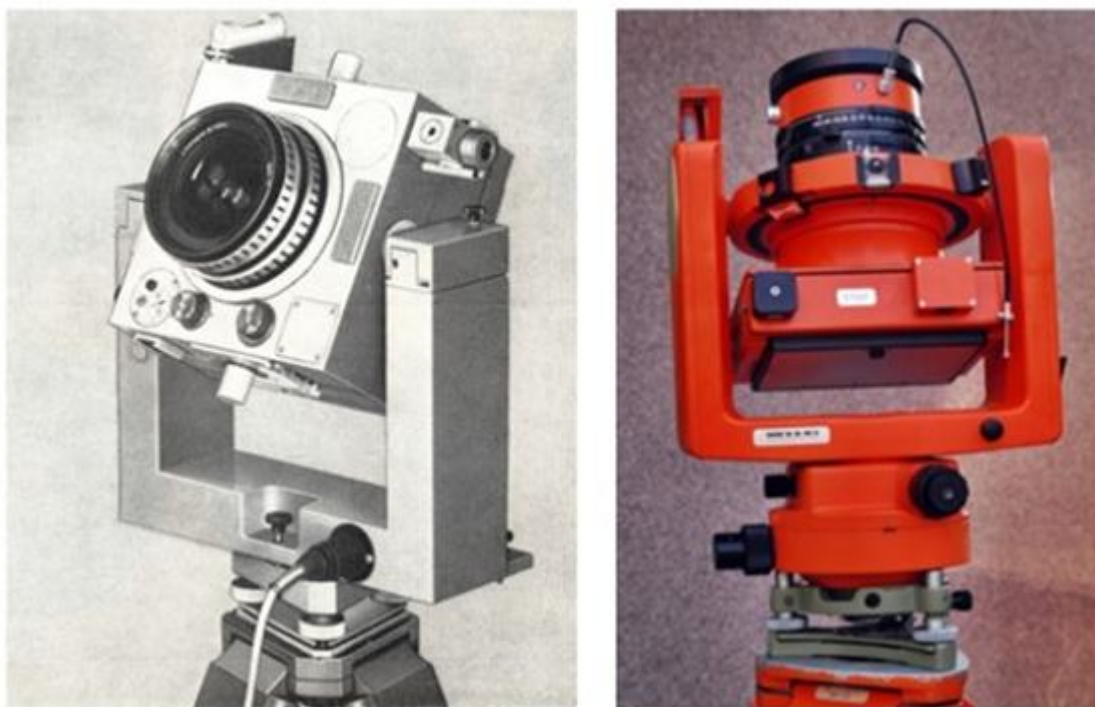
A rekesznyílás értékét is kameratípusonként változó értékekkel állíthatjuk be, jellemzően az 5.6, 8, 11, 16, 22 értékek között. A földi mérőkamerák egy részénél a képtávolság állandó, ezekkel csak a rekesznyílás által meghatározott mélységélességi tartományban fényképezhetünk. Előnye viszont, hogy a ck kameraállandó értéke valóban állandó. Több gyártó is készített olyan kamerákat, amelyeknél a képtávolság változtatható, azaz állítható a tárgytávolság. Az ilyen kamerával készített felvételek esetében a kameraállandót korrigálni kell a változó tárgytávolság függvényében. A nagy pontosságú univerzális kamerák különböző gyűjtőtávolságú, cserélhető objektívekkel rendelkeznek [1.].

Az 5-1. ábra egy földi mérőkamera vázlatos rajzát mutatja.



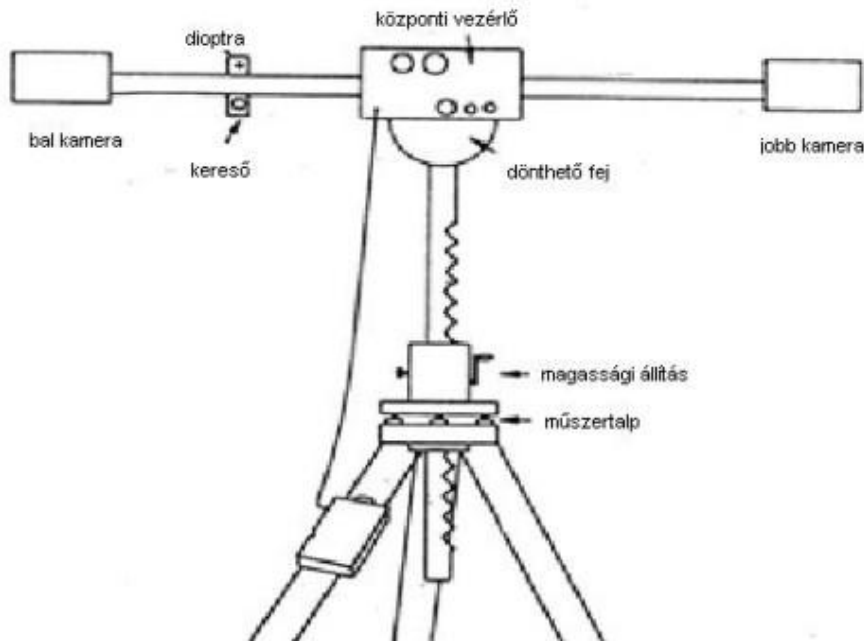
5-1. ábra Földi felvevő kamera [3.]

A magyarországi gyakorlatban a Zeiss Photoe 19/1318 fototeodolitot, a Zeiss UMK 10/1318 (5-2. ábra) és a Wild P31 (5-2. ábra) univerzális mérőkamerákat alkalmazták földi fotogrammetriai feladatok megoldására.



2.4. 5.2.4 Ikerkamerák

Az ikerkamera, vagy sztereo-mérőkamera egy általában konstans bázis két végpontján, a bázisra merőleges tengellyel rögzített két kamerából áll. A leggyakrabban alkalmazott bázishossz a 40 és a 120 cm. Például a 120 cm bázisú ikerkamera 5-25 m-es tárgytávolságnál használható. Az állandó bázisú ikerkamerák képmérete jellemzően 9x12, 6.5x9 cm, a kameraállandó értéke 56, 60, vagy 64 mm. A rekesznyílás 8 és 32 között, az expozíciós idő B-től 1/400, vagy 1/500 másodpercig állítható. A változtatható bázisú ikerkamerák egy bázissínrre erősíthetők fel, amelyen a kamerák távolsága, bázisa tetszőlegesen állítható. A változtatható bázisú kamerák nagyobb képmérettel (13x18 cm) rendelkeznek és a kameraállandó is nagyobb (99, 100, 150 mm). Az ikerkameráknál az exponálás egy olyan speciális távkioldó zsinórral történik, amelyik mindkét kamerában ugyanazon pillanatban nyitja a zárszerkezetet. Az 5- 3. ábra egy ikerkamera vázlatos rajzát mutatja.



5-3. ábra Ikerkamera [3.]

Magyarországon a SMK 40-es és 120-as fix bázisú ikerkamerákat használták.

Az ikerkamerák legnagyobb előnye az, hogy változó jelenség vizsgálatára is alkalmas képpárokat készíthetünk, mert mind a két kép egy időpillanatban készül, tehát ugyanazt az állapotot rögzíti két különböző álláspontról.

2.5. 5.2.5 A földi mérőkamerák vizsgálata

A földi mérőkamerák szerkezeti elemeinek fotogrammetriai szempontból bizonyos követelményeket ki kell elégíteniük, melyek közül a legfontosabbak a következők [1.]:

- a kameratengelynek és az irányzó távcső irányvonalának 0o állásnál egy függőleges síkba kell esnie;
- a képkordináta-rendszer ξ tengelyének, és a műszer állótengelyének párhuzamosnak kell lennie,
- a képkordináta-rendszer ξ tengelyének vízszintesnek kell lennie.

Ezeket a követelményeket - itt nem részletezett – egyszerű mérésekkel ellenőrizhetjük.

A belső adatok meghatározásához a képtérben 3 vagy 5 illesztőpontot helyezünk el, majd elkészítjük a felvételeket. Teodolittal mérve az illesztőpontokra menő irányok egymással bezárt szögét, megfelelő fotogrammetriai műszerrel (komparátorral) mérve a pontok képkordinátáit, egyszerű képletek segítségével kiszámíthatjuk a három belső adatot, a ck -t, a ξ_0 -t és ζ_0 -t. Ha csak a kameraállandót akarjuk meghatározni, elegendő két illesztőpont is.

A földi fotogrammetriában használható amatőr kamerák vizsgálata, kalibrálása összetett feladat, melyhez célszerű egy nagy pontosságú pontmezőt kitzúzni és meghatározni.

3. 5.3 Légi mérőkamerák

A légi fényképezésben az elsődleges cél, hogy olyan felvételeket készítsünk, amelyek a vizsgált terület teljes egészében lefedik, a képek előírt mértékben átfedik egymást. Ilyen feladat végrehajtása mozgó repülőről történő fényképezéskor csak magas szintű automatizálással lehetséges. A légi fényképező mérőkamerák sorozatfelvételek készítésére alkalmas eszközök. A légi fényképező kamerák a repülőgép törzsében, közelítőleg a súlypontjában, a padlóban vágott nyílásba vannak beépítve.

3.1. 5.3.1 A légifényképező kamerákkal szemben támasztott követelmények

A légi kamerákkal szemben nagyon sok követelményt támasztunk. Először a **külső tájékozási követelményei** t foglaljuk össze:

- A lefelé néző kameratengely iránya talpcsavarok segítségével állítható legyen. Ekkor az ω és ϕ értéke 5σ alatt tartható. A korszerű kamerák beállítása két nagy pontosságú giroszkóppal automatikusan történik.
- Egy olyan eszközzel kell rendelkeznie, amellyel az oldalgást észlelni tudjuk, és a kamerát a tényleges repülési irányba állíthatjuk ($\chi \leq 3\sigma$). Ehhez a kamerát a függőleges tengely körül egy gyűrű alakú felfüggesztésben el kell tudnunk forgatni.
- A repülés tengelyvonalára rá kell repülni és azt tartani mind vízszintes, mind magassági értelemben. A fényképező repüléshez tehát jó navigációs eszközök is szükségesek.
- A tervezett soron belüli átfedést az egymást követő képek között tartani kell. Ehhez egy átfedésszabályozó szükséges.
- A repülő személyzetnek (pilóta, navigátor, fényképész) együtt kell dolgoznia, hogy a felvételek a repülési tervnek megfelelően készüljenek el. Fontos, hogy közöttük rádió összeköttetés legyen.
- A repülőgép haladása a megvilágítási idő alatt képvándorlást okoz, amelyet a képnek a megvilágítási idő alatti elmozdításával kompenzálhatunk. A keretjelek leképződése ennek ellenére kielégítően élesnek kell lennie.
- A rövid megvilágítási idők ($1/150 - 1/1000$ s) miatt feltétlenül szükséges nagy fényhatásfokkal rendelkező zár alkalmazása.

Amíg a földi kamerák esetében a külső tájékozási elemek könnyen meghatározhatók, ez a légi kameráknál természetesen - mint az előzőekből is látható - olyan egyszerűen nem lehetséges.

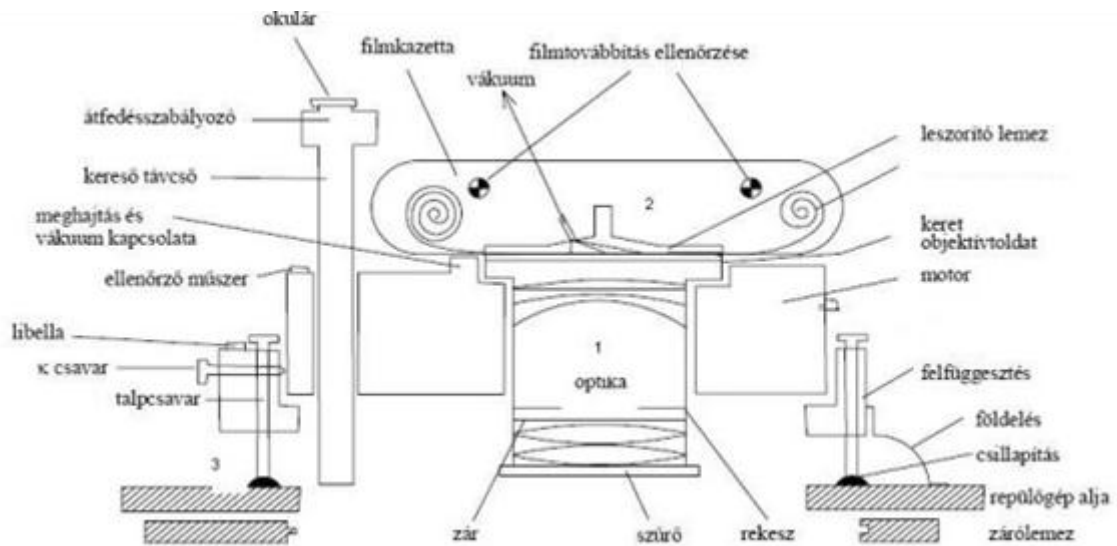
A **belső tájékozási** vonatkozásában a légi mérőkamerák a földi mérőkameráktól az alábbiak miatt különböznek:

- Mindig egy rögzített kameraállandóval dolgozunk, amely még nagy nyílásszögű kamera esetén sem a végtelenre, hanem egy kb. 500 m-es tárgytávolságnak megfelelő értékre van beállítva.
- A képek formátuma ma már szinte teljesen egységesen 23×23 cm. A nagy formátum igen jó területfedést biztosít.
- A filmet nagy méretei miatt pneumatikusan síkba kell fektetni.
- A keretjeleket meg kell világítani.
- A belső adatok állandósága érdekében biztosítani kell, hogy a nagy hőmérsékletingadozástól védve legyenek (pl. a hideg levegő elterelése, esetleg egy padlónyílást záró üveglemez).

3.2. 5.3.2 A légi kamerák felépítése

A sorozatfelvevő légi mérőkamerák felépítése hármastagozódású [3.] (5-4. ábra):

1. Kameratörzs (objektív toldat),
2. Negatív tároló (filmkazetta),
3. Kameratest



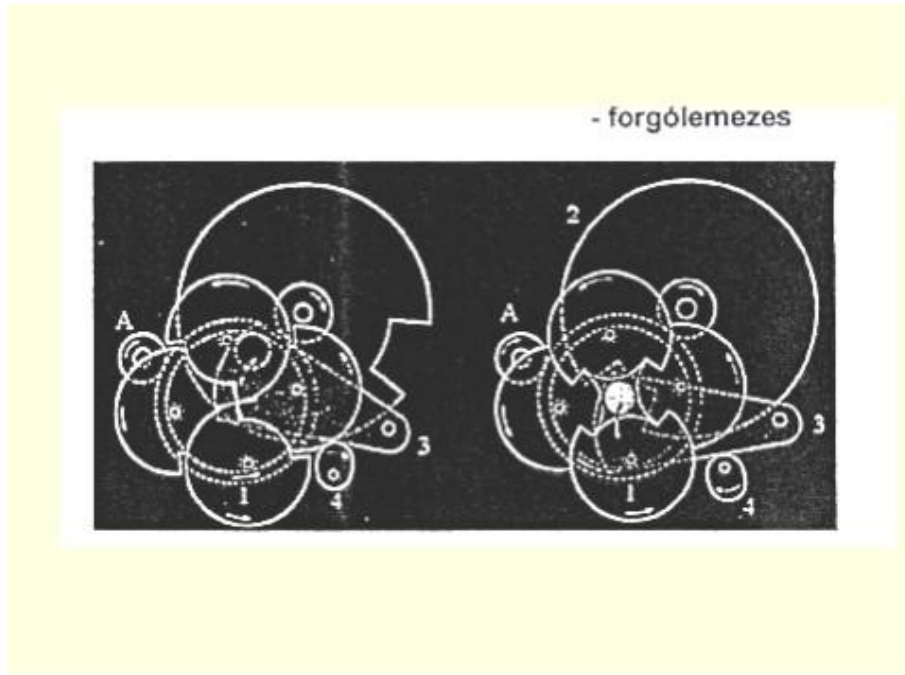
5-4. ábra Légifényképező kamera

3.2.1. 5.3.2.1 A kameratörzs (objektívtoldal)

A kameratoldal magában foglalja a több lencsetagból álló objektívet, az objektív fényerejének szabályozására szolgáló rekeszt és a lencsetagok között elhelyezkedő központi zárat. Ugyancsak a kameratoldal része a felfekvő keret (a jelkeret síkja), amely lehetővé teszi, hogy megfelelő leszorítás esetén a negatív a képsíkba feküdjön. A felfekvő kereten található a keretjelek. Az objektív cseréje esetén a kameratoldatot cseréljük, tehát a lencsék és a jelkeret viszonya gyakorlatilag nem változik. Ezzel biztosítani tudjuk a belső adatok állandóságát. Az objektív toldatok cserélhetők. A kameratoldal cseréjével különböző nyílásszögű felvételeket készíthetünk.

A kameratoldal anyaga tömör öntvény, az objektív felől hengeres kiképzésű és az objektív ebbe a hengeres részbe van beépítve. A többnyire szimmetrikus lencsetagok között található központi zár a rekeszsel együtt szabályozzák a lencsén áthaladó fény mennyiségét. A zársebesség beállításával szabályozzuk az expozíciós időt, míg a lemezekből álló rekesz a sugárnyaláb átmérőjét határozza meg.

A mérethelyesség megköveteli a felvételek megvilágításakor a központi zár alkalmazását, melynek eredményeképpen mind a belső adatok, mind a külső tájékozási elemek a kép egészére érvényesek. A központi zár tulajdonsága, hogy a teljes képmezőt gyakorlatilag azonos időben világítja meg. A földi kamerákban az egyszerű lemezes zárat, a légi kamerákban a forgólemezes zárat alkalmazzák. A forgólemezes zár (5. ábra) lényege, hogy az egyes lemezek állandó, de különböző sebességgel forognak. A lemezekon lévő bemetszések csak az expozíció pillanatában és idejéig kerülnek az objektív elé. A lemezek fordulatszáma határozza meg az expozíciós időt. Az 5-5. ábra jobboldali rajza mutatja a zár nyitott állapotát.

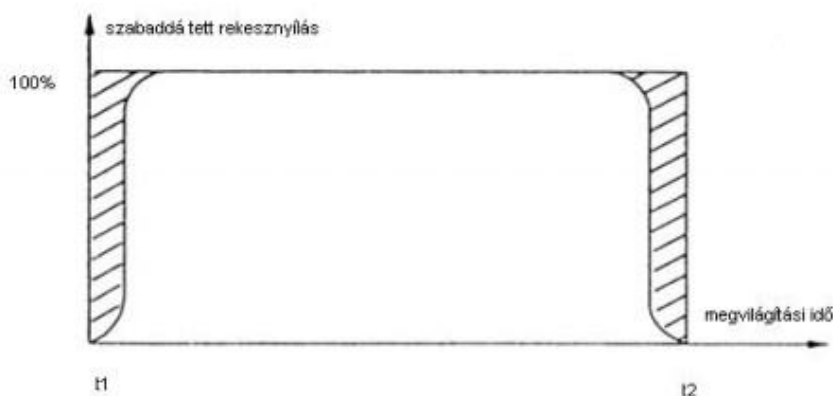


5-5. ábra Forgólemezes zár

A zárszerkezettel szemben különböző követelményeket támasztunk:

1. Kedvező legyen a hatásfoka.
2. Működése rázkódásmentes legyen.
3. Különböző hőmérsékleti viszonyok között is megbízhatóan működjön.

A zár hatásfoka az objektíven a megvilágítási idő alatt elméletileg lehetséges és a ténylegesen áthaladó fénymennyiségek viszonya. A megvilágítás első szakaszában, a nyitási fázisban az expozíciós idő bizonyos százaléka eltelik, míg a zárlemez ténylegesen és teljes mértékben kinyílnak. Ugyanígy a zárásnál a lemezek takarási ideje alatt is eltelik bizonyos idő. A zárszerkezet hatásfoka (5-6. ábra) optimális, ha a vonalkázott felület a lehető legkisebb. Ezt azzal érhetjük el, ha a nyitás és a zárás nagy sebességgel és automatikusan történik



5-6. ábra A zárszerkezet hatásfoka [2.]

A fotogrammetriában használatos záruk hatásfoka eléri a 90 %-ot.

Az objektív fókusz síkjában van a felfekvő keret. A légi fényképezésben egy képtávolságot használunk, amely a kameraállandóval azonos. A kameraállandó az objektív kép felőli főtávjának és a felfekvő keret felső síkjának távolságával azonos. A szabatosan sík kereten, az oldalak középpontjában képezik ki a mechanikai keretjeleket, míg az optikai keretjeleket a képsarkokba mikroszkóp segítségével vetítik be. Az újabb kameráknál az oldalak középpontjába is optikai keretjelet vetítenek be. Ezzel 8 keretjelre végezhető el a képkoordináta transzformáció, mely a filmtorzulások jobb hatásfokú kiegyenlítését segíti elő.

3.2.2. 5.3.2.2 A negatív tároló (filmkazetta)

Korábban voltak olyan kamerák, amelyekkel üveglemezre készültek a felvételek, de ezeket a mai gyakorlatban már nem használjuk. Ebből adódóan a fényérzékeny anyagot tartalmazó negatív tárolót filmkazettának nevezzük. A filmkazetta tartalmazza az orsókat, a megvilágított és a megvilágítatlan filmmel, tovább a filmtovábbító és síkba fektető mechanizmust. Az újabb típusú kameráknál a síkbafektető lemez a kameratest tartozéka, s része a képvándorlás kompenzáló mechanizmusnak. A film síkba fektetése a mai kamerákban vákuummal történik. Egy szívóberendezés a film mögötti szabatos síkot képező szívólemezzel és a film között vákuumot hoz létre. Ez a megoldás biztosítja, hogy a felvétel közben a film tökéletesen síkban legyen, azaz a film hullámosságából adódó filmbelógást kiküszöböli.

Egy kép elkészítése a következő műveletekből áll a filmkazettában:

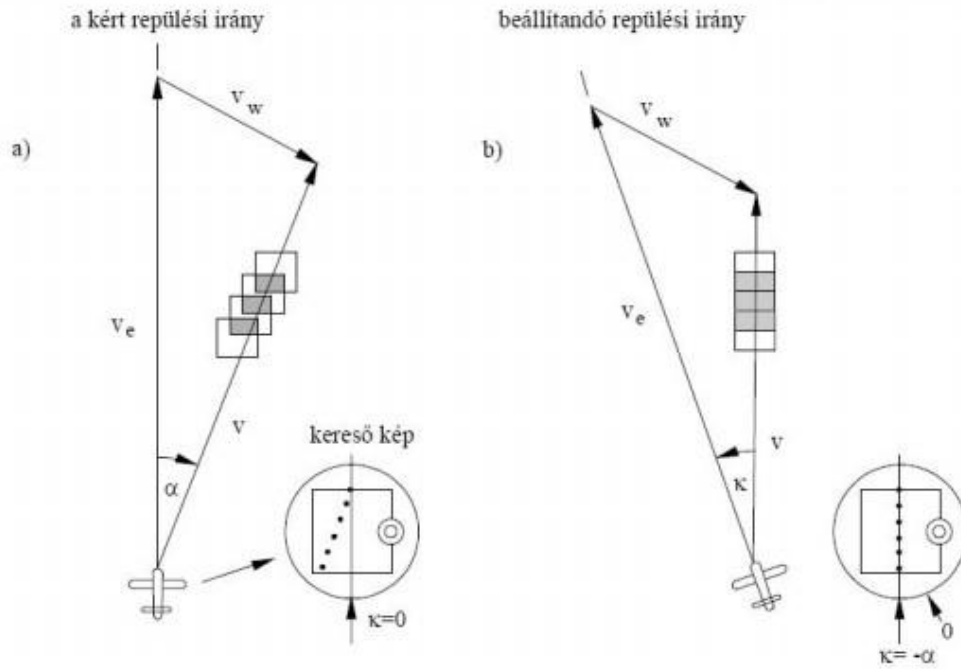
- a filmet a rendszer továbbítja,
- a film megáll,
- a filmet síkba fekteti,
- egy leszorító lemez a síkba fektetett filmet leszorítja a felfekvő keretre.

A filmet tartalmazó kazetta leemelése előtt a film egy fényzáró redőnnyel fedhető le. Egy kazetta általában 60 m, vagy 120 m film befogadására alkalmas.

3.2.3. 5.3.2.3 A kameratest

A kameratest kívülről mechanikusan csatlakozik a felfüggesztő berendezéshez, belülről pedig magában foglalja a meghajtó művet, valamint a különböző vezérlő és mérő egységeket, kapcsolókat.

A felfüggesztő berendezés rögzíti a kamerát a gép törzséhez. Annak érdekében, hogy a repülőgép rezgését a kamerák ne vegyék át, a rezgést rugók vagy „gumipogácsák” csillapítják. A lefelé néző kameratengely iránya talpcsavarok segítségével állítható. Ekkor a kameratengely dőlése 5o alatt marad. A korszerű kamerák beállítása giroszkóp segítségével történik, melyet a 5.3.3 fejezetben tárgyalunk. A felfüggesztő berendezés révén a kamera elforgatható, így a kép oldalát a repülési tengellyel párhuzamosan lehet tartani. Oldalszél hatására ugyanis a repülőgép hossz tengelyének iránya és a repülési iránya eltér, melynek eredményeként a képek sarkosan fednék át egymást (5-7. ábra)



5-7. ábra Oldalgás [3.]

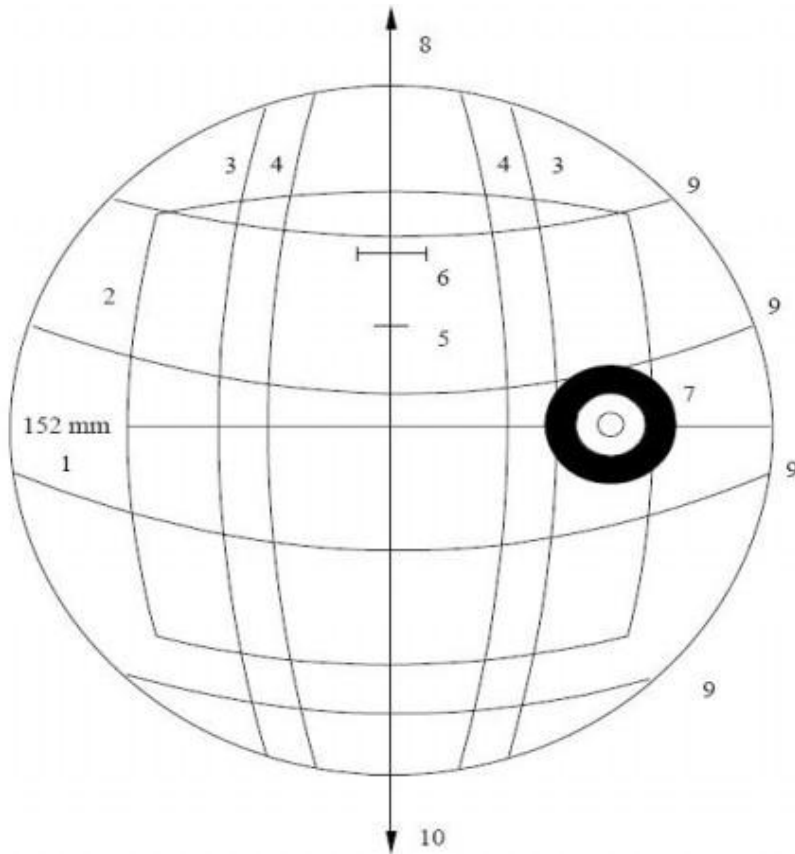
A kamera elfogatásával az oldalgás ellenére a képek újra megfelelően fedik át egymást.

A kameratest a kameratoldathoz hasonlóan egy öntvényből készül. A benne lévő meghajtó mechanizmus biztosítja a soron következő felvétel elkészítéséhez szükséges műveletek végrehajtását.

3.3. 5.3.3 A légi kamerák kiegészítő berendezései

A légi kamerák kiegészítő, vagy segédberendezései a navigációt és a fényképezés vezérlését hivatottak biztosítani.

A WILD kamerákhoz csatlakoztatható **kereső távcső** ben (5-8. ábra) a kamera kezelője a terepet látszólag haladni látja [3.].



5-8. ábra Kereső távcsőben látható adatok (Wild)

A kereső távcső lehetővé teszi:

- a kameraállandó ellenőrzését (1),
- az egyes objektívtoldatok látószögének megfelelő keretvonalakkal a képterület ellenőrzését (2),
- a keresztirányú átfedések ellenőrzését (3 – 20 %-os átfedés, 4 – 30 %-os átfedés),
- egy szátkereszt (5) és a megvilágítás pillanatában felvillanó ellenőrző fény segítségével a célpont ellenőrzését,
- a soron belüli 60 %-os átfedés ellenőrzését a bázisvégpontot jelölő vonallal (6),
- egy bevetített libellával a vízszintes tétel ellenőrzését (7),
- a tervezett repülési irány ellenőrzését (8). Vizuális navigáció közben a repülési tengelyre eső tereppontoknak a középvonalon kell lenniük. A repülési tengelytől való eltérést és az oldalgási szöveget a pilótával közölni kell.
- a bázisirányú átfedés ellenőrzését, amely során egy forgó, excentrikus spirál képe (9), mint egy vándorló vonal, feltűnik. Ennek ugyanolyan gyorsan kell mozognia, mint a terep képének. Ha a vándorló vonalak gyorsabbak, mint a terep képe, akkor kézi szabályozással lassítani kell, ha lassúbbak, akkor ennek megfelelően gyorsítani kell őket. Ha egyforma gyorsan haladnak, akkor a felvételek az előre beállított bázisirányú átfedésnek megfelelően készülnek. Ezt a műveletet **átfedés szabályozás** nak is nevezzük. Az átfedés szabályozással tulajdonképpen a felvételi időközt változtatjuk.

A Zeiss műszergyártó cégek a kereső távcső helyett egy különálló, egy másik padlónyílás fölé szerelt, keresővel ellátott vezérlő egységet alkalmaznak. A kereső távcsőben az előrehaladó terepet egy létraszerű ábra (5-9. ábra) követi, melynek sebességét úgy kell szabályozni, hogy a terepével azonos legyen, és így az egymást követő képek bázisirányú átfedése az előre megadott értékkel egyezik meg.



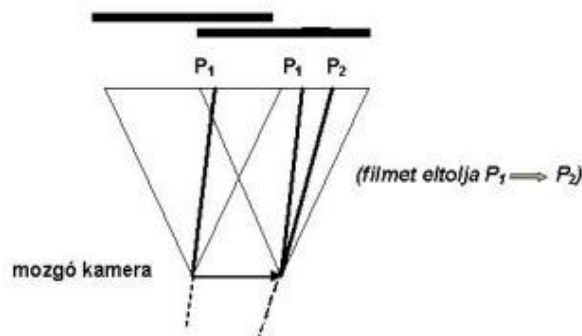
5-9. ábra Átfedés szabályzó (Zeiss)

A Zeiss **NA** (Automatic Navigation Meter) rendszere az oldalgást és a bázisirányú átfedést elektrooptikai úton, automatikusan szabályozza.

A kereső távcsövek, illetve vezérlő berendezések mellett még speciális **navigációs távcsövek** is vannak (pl. Leica NF2A), amelyeket a kamerától távol, a navigátor ülésénél helyeznek el. A kamerát onnan, távvezérléssel irányítják. A navigációs távcsövek általában 40-50o-os hajlással előre néznek.

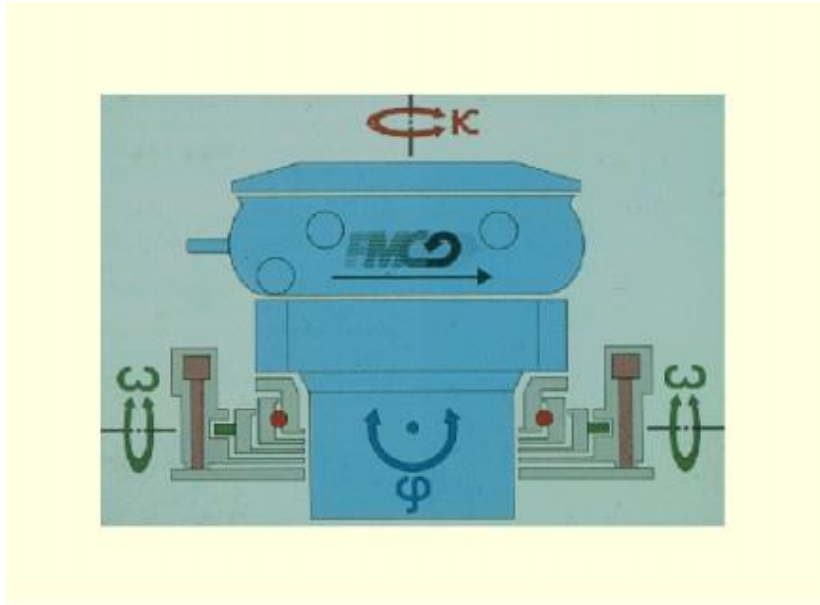
Vannak kameratípusok, amelyekhez **automatikus megvilágítás szabályzó** berendezést is építenek, melyek a film érzékenységének, valamint a választott expozíciós időnek megfelelően a terepről visszavert fény mennyisége szerint szabályozza a rekesznyílást.

A korszerű légi mérőkamerák, a repülőgép egyenletes előrehaladása miatt jelentkező képvándorlást egy **képvándorlást kompenzáló berendezés** (FMC = **f** orward **m** otion **c** ompensation) segítségével megszüntethetjük, vagy csökkenthetjük. A képvándorlást oly módon kompenzálja, hogy a filmszorító keretet a repülési sebességtől függően, számítógéppel vezérelten eltolja a megvilágítási idő alatt (5-10. ábra).



5-10. ábra Képvándorlás kompenzálás

Mint korábban említettük, a légi fényképezésnél fontos, hogy a kameratengely függőleges, vagy közel függőleges legyen. A korszerű kamerák beállítása két nagy pontosságú giroszkóppal és horizontális érzékelővel automatikusan történik. A stabilizáló berendezést a kameratestbe építik be (5-11. ábra).

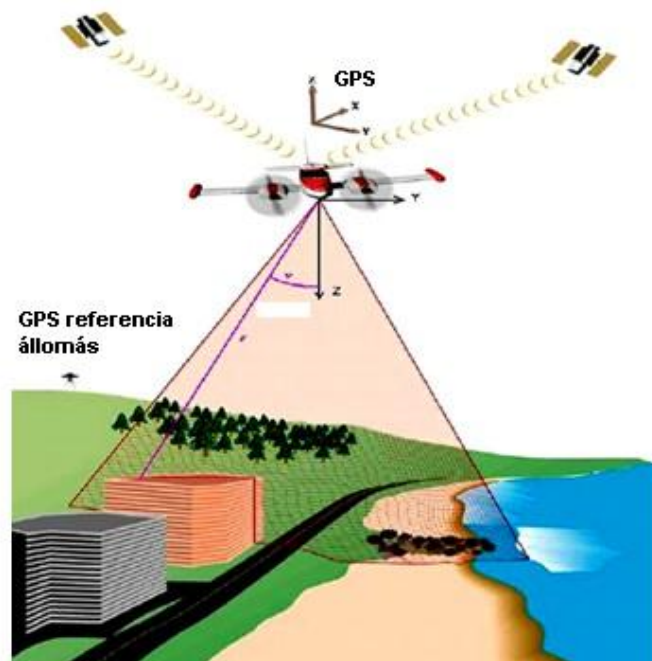


5-11. ábra Stabilizáló berendezés (Zeiss)

A mai gyakorlatban a repülőgépeket elláthatják **inerciális navigációs rendszer** rel. Az inerciális navigációs rendszerrel a külső tájékozási elemeket is regisztrálhatjuk minden egyes felvételhez, mégpedig a felvételi hely φ , λ földrajzi koordinátáit és a magasságát, a kamera ϕ és ω dőlésszögeit, a menetirányt, és az oldalást, valamint a dátumot és az időpontot. Az oldalás beállítása és a bázisirányú átfedés szabályozása ebben az esetben automatikusan történik. Az ilyen inerciális navigációs rendszernek a külső adatok meghatározásán túl előnye, hogy a feltáratlan területek felett is pontos repülést hajthatunk végre.

3.4. 5.3.4 Külső adatok meghatározása

A külső adatok közül a koordináták meghatározására, valamint navigációra és vezérlésre a mai gyakorlatban a **GPS** -t használják (5-12. ábra). A repülőgép törzsén, vagy szárnyán elhelyezett egy, vagy több vevő segítségével a felvételi hely meghatározható kinematikus helymeghatározással.



5-12. ábra GPS alkalmazása

Ha nem szükséges valamennyi külső adat meghatározása, a repülési magasságot minden esetben mérjük. A repülési magasság lehet relatív (hr = terepszint feletti), vagy abszolút (ha = tengerszint feletti) magasság.

Az abszolút repülési magasság mérésére korábban alkalmazott magasságmérő műszer a **fémbarométer** (aneroid), mely a kameratestbe van kivehető módon elhelyezve. Működése azon elven alapul, hogy a légnyomás a magassággal egyenletesen változik és az egyenlő nyomású (izobár) felületek az alapszint felülettel, azaz a tengerszinttel párhuzamosak. A fémbarométert a légnyomás helyett közvetlenül magasságra hitelesítik. A repülőtéren a repülőtér tengerszint feletti magasságát állítják be, a műszer a változást ehhez képest méri és a felvételi álláspontok tengerszint feletti közelítő magasságát a film szélére leképezi. A mért pontosság: ± 10 m.

A relatív repülési magasság mérésére elterjedőben van a **lézer** használata. A repülési tengely alatt mérhetjük a terepszint feletti magasságot. A lézeres magasságmérés pontossága: ± 1 m.

A terep feletti relatív repülési magasság meghatározására korábban felhasználták a radar elvet.

3.5. 5.3.5 A légifényképező kamerák vizsgálata

A légi fényképező kamerák komoly külső hatásoknak vannak kitéve (pl. hőmérsékletváltozás, stb.). A kamera belső adatai és más jellemzői a használat során változhatnak, emiatt szükség van arra, hogy 2-3 évenként megvizsgálják és hitelesítsék azokat. A kamerák vizsgálatát **kamerakalibráció** nak nevezzük. A kamerakalibrációt leggyakrabban laboratóriumi módszerekkel végzik el, ahol olyan mintákat, jeleket képeznek le, melyek egymáshoz viszonyított helyzete pontosan ismert. Ezután szabatos méréseket végeznek az optika képen és összehasonlítják a jelek tényleges képi helyzetét az elméleti helyzettel. A kamerakalibráció során a következő adatokat határozzák meg:

- a kameraállandót (ck), vagy kalibrált fókuszot,
- a főpont koordinátáinak értékeit (ξ_0, η_0),
- a keretjelek főponthoz viszonyított koordináta értékeit,
- az átlagos radiális elrajzolást, mely leírja az elrajzolás értékeit a legjobb szimmetria ponttól mért radiális távolságok függvényében,
- a legjobb szimmetria pont helyzetét (ξ_s, η_s), mely az átlagos radiális elrajzolás figyelembe vételénél a képi-koordináta rendszer ideiglenes középpontja (ez a pont általában néhány mikrométerrel tér el a kép középponttól),
- az egymással szemben lévő keretjelek távolságait, ez összesen 6 adat, a négy oldal és a két átló,
- a képpontrendszer tengelyeinek merőlegességét, melynek $90^\circ \pm 1'$ -nek kell lennie,
- A képsík hullámosságát, melynek az eltérése az elméleti síktól maximum 0,01 mm lehet,
- Az objektív optikai feloldóképességét.

3.6. 5.3.6 A Magyarországon használt kamerák

A Magyarországon használatos mérőkamerák és műszaki paraméterei a következők [6.]:

Kamera			Objektívtoldal						
típus	min. cikl. idő [s]	p [%]	típus	f [mm]	fényerő	képméret [cm]	exp. idő [s]	max. radiális elrajzolás [μm]	infra tart.
RC-10	1,8	20-90	Uaga II	152	4,0	23x23	1/100-1/1000	4,0	igen

RC-10	1,8	20-90	Saga II	88	5,6	23x23	1/100-1/1000	15,0	igen
RC-10	1,8	1-99	Uaga II	153	auto-matikus	23x23	1/100-1/1000	4,0	igen
RC-30	1,8	0-99	Uaga II	153	auto-matikus	23x23	1/100-1/1000	2,5	igen



5-13. ábra Wild kamerák [5.]

4. 5.4 Összegzés

A fejezetben összefoglaltuk azokat az alapvető ismereteket, amelyekkel a földi vagy légi kamerákat jellemezhetjük. Bemutattuk a kamerák csoportosítási lehetőségeit.

Az anyag elsajátítása után választ tud adni a következő kérdésekre:

1. A földi felvevőkamerák csoportosítása.
2. A földi kamerákkal szemben támasztott követelmények, vizsgálatuk.
3. A légi mérőkamerák felépítése, részei, követelmények.
4. Légi mérőkamerák kiegészítő berendezései.
5. Külső adatok meghatározására szolgáló berendezések.
6. A kamerakalibráció.

Irodalomjegyzék

1. Kis Papp L. : *Fotogrammetria I.* , Tankönyvkiadó , Budapest , 1985.
2. Fister F., Gerencsér M., Végső F. : *Fotogrammetria I.* , EFE FFFK , Székesfehérvár , 1984.
3. K. Kraus : *Fotogrammetria* , Tertia Kiadó , Budapest , 1998.
4. Mélykúti G. : *Fotogrammetria* , BME Építőmérnöki Kar , Budapest , 2004.
5. <http://www.leica-geosystems.com>

6. Engler P. : *Fotogrammetria I.* , FVM VKSZI , Budapest , 2007.