

Fotogrammetria 1.

**A távérzékelés fogalma, a fotogrammetria és a
távérzékelés kapcsolata**

Balázsik , Valéria

Fotogrammetria 1. : A távérzékelés fogalma, a fotogrammetria és a távérzékelés kapcsolata

Balázsik , Valéria

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 modul bemutatja az elektromágneses spektrum egyes tartományaiban megvalósítható távérzékelési eljárásokat, ezen belül kiemeli a fotogrammetria legfőbb adatgyűjtési módszerét, a fényképezést. Rámutat a távérzékelés és a fotogrammetria azonos és eltérő tulajdonságaira. Röviden ismerteti a fotogrammetria történetét, valamint áttekintést ad a képek feldolgozásánál alkalmazott módszerek főbb megoldásairól.

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

Tartalom

1. A távérzékelés fogalma, a fotogrammetria és a távérzékelés kapcsolata	1
1.1 Bevezetés	1
2. 1.2 A távérzékelés folyamatának elemei az adatnyeréstől az adatelemzésig	1
2.1. 1.2.1 Adatnyerés, energiaforrás	2
2.2. 1.2.2 Hordozók	4
2.3. 1.2.3 Az érzékelők által rögzített adatok és anyagok	5
2.4. 1.2.4 Adatelemzés és feldolgozás	12
3. 1.3 Közös és eltérő tulajdonságok a távérzékelésben és a fotogrammetriában	12
3.1. 1.3.1 Képkalkotási megoldások és feladatok a távérzékelésben és a fotogrammetriában	12
4. 1.4 A fotogrammetria története	15
5. 1.5 A fotogrammetria felosztása	16
5.1. 1.5.1 Analóg fotogrammetria	16
5.2. 1.5.2 Analitikus fotogrammetria	16
5.3. 1.5.3 Digitális fotogrammetria	17
6. 1.6 A fényképen tárolt információk	17
7. 1.7 Összefoglalás	18

1. fejezet - A távérzékelés fogalma, a fotogrammetria és a távérzékelés kapcsolata

1. 1.1 Bevezetés

A modul átfogóan ismerteti a fotogrammetria fogalmát, a távérzékelési eljárások között elfoglalt helyét, azzal megegyező ismérveit és rámutat a különbségekre. Rövid áttekintést ad az elektromágneses spektrum egyes hullámhossz-tartományaiiban megvalósítható távérzékelési eljárásokról, képalkotási megoldásokról. Megemlítjük az ismertebb műholdrendszerek legfőbb paramétereit. Bemutatjuk a fotogrammetriai módszerek osztályozási lehetőségeit, példákat adunk a különböző gyakorlati megoldásokra, alkalmazásokra. A modulban nyújtott áttekintő ismeretek alapján könnyebb lesz elhelyezni a későbbi modulok részletes ismeretanyagát a fotogrammetria tudományának egészében.

2. 1.2 A távérzékelés folyamatának elemei az adatnyeréstől az adatelemzésig

A **távérzékelés** fogalma: azokat az adatgyűjtési és feldolgozási eljárásokat értjük összefoglalóan távérzékelés alatt, melynek során tárgyakról, területekről és jelenségekről, különböző módszerekkel, eszközökkel és távolságból, közvetve, azok érintése nélkül gyűjtünk és rögzítünk adatokat. A távérzékelés fogalma kiterjed az adatok feldolgozási folyamatára is, amellyel azokat értelmezzük, elemezzük, mérjük, ilyen módon nyerve az adatokból információkat.

Bár ennek a definíciónak teljes egészében megfelel a fotogrammetria fogalma is, mégis a távérzékelés szót először a földfelszín pásztázó vagy fényképező műholdakra szerelt berendezések munkába állítása kapcsán kezdtük használni, és csak ezután terjesztettük ki a rokon adat-felvételezési technikákra is. (Csató É.,2000.)

A távérzékelési adatokat az elektromágneses spektrum különböző hullámhossz-tartományaiiban (spektrális tartományaiiban) az elektromágneses energia közvetítésével nyerjük. Az elektromágneses energia érzékelésének és rögzítésének folyamatában az energiaforrástól az adatrögzítésen keresztül az információ felhasználásáig a következő elemek kapnak szerepet.

Energiaforrás

Érzékelők és hordozók

Az érzékelő által rögzített adatok és anyagok

Adatelemzés és feldolgozás

Térképek, jelentések

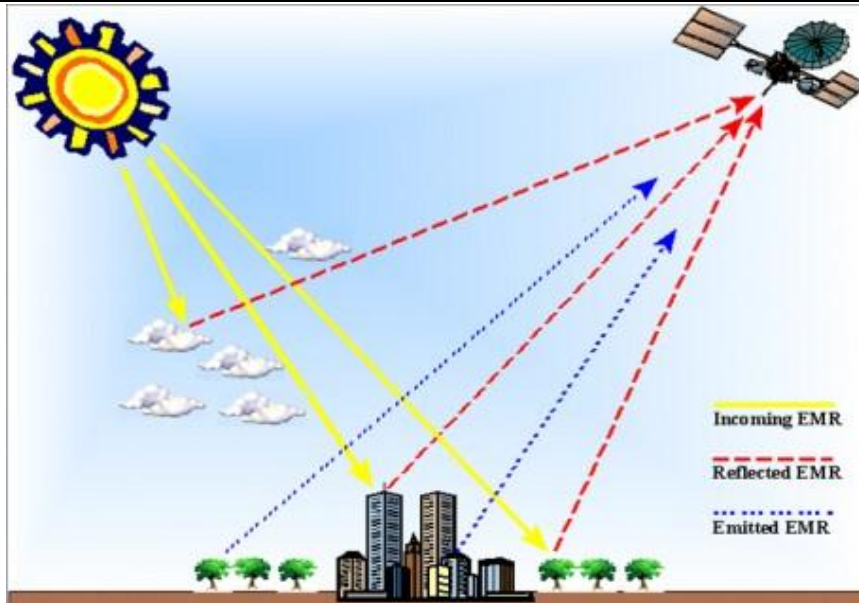
Szakági felhasználók

Bejövő energia

Visszavert energia

Kisugárzott energia

A távérzékelés fogalma, a
fotogrammetria és a távérzékelés
kapcsolata

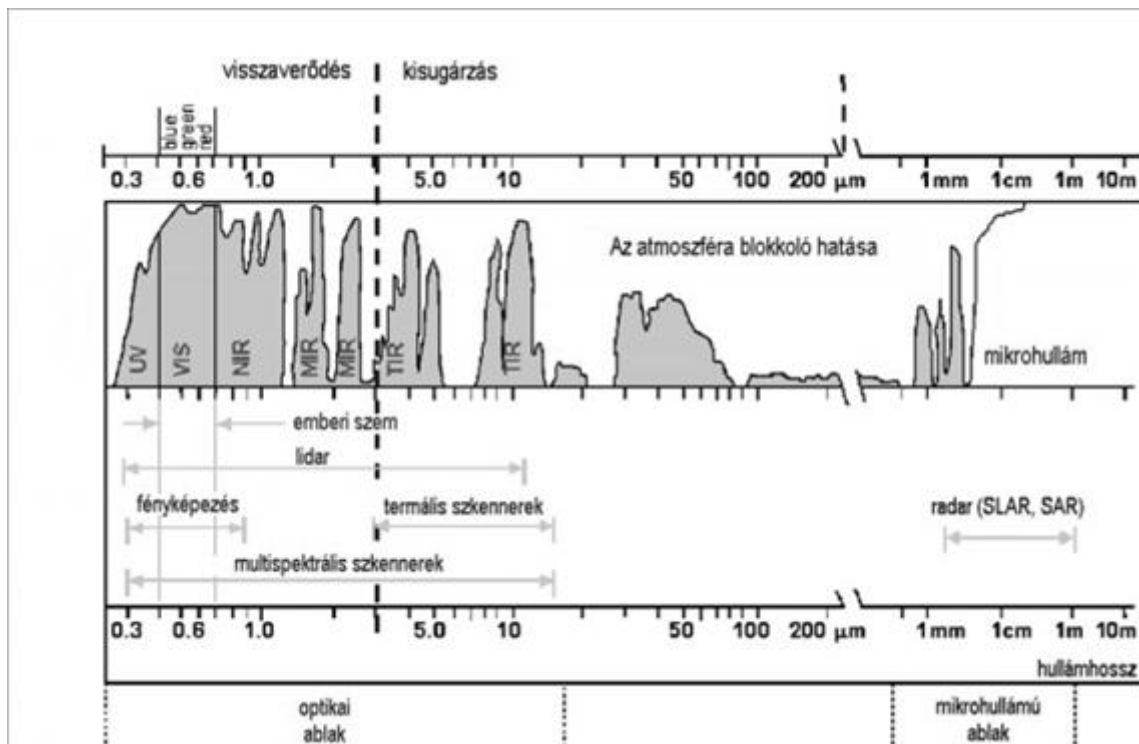


1-1. ábra A távérzékelés elvi folyamata

Forrás: http://www5.egi.utah.edu/GIS__CVEEN/Remote_Sensing/EMR.jpg

A távérzékelésben alkalmazott berendezések a földfelszínről, tereptárgyakról érkező elektromágneses sugárzást képesek mérni. Az érzékelőre érkező energia rendkívül összetett. Tartalmazza a napsugárzás légkörön kétszer is áthaladó, a légköri hatások által már részben megváltozott energiahullámait, a terepfelszíni elnyelődést követően a visszavert energiát valamint a földfelszín és a tereptárgyak különböző mértékű saját kibocsátott energiáit. Az a távérzékelési berendezés típusától függ, hogy az összenergia mely részét, hullámhossz-tartományát képes érzékelni és rögzíteni.

2.1. 1.2.1 Adatnyerés, energiaforrás

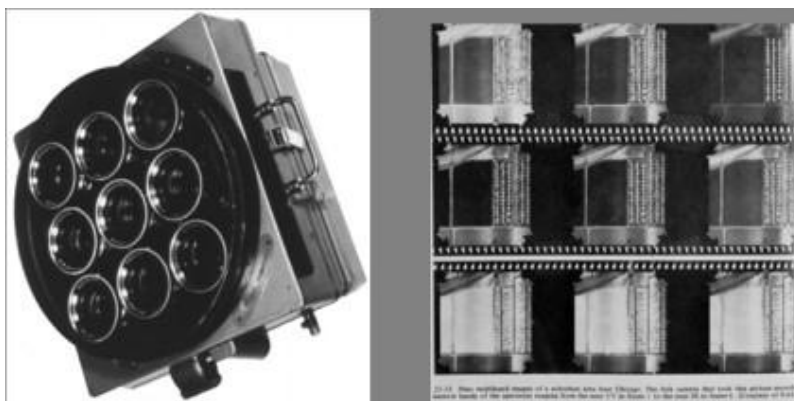


1-2. ábra elektromágneses spektrum és az érzékelési tartományok

Forrás: Buiten (1993)

Az energiaforrások alapján beszélünk **aktív és passzív** rendszerekről. A passzív rendszereknél a visszavert napsugárzást és a felszín által kibocsátott sugárzást érzékelik a szenzorok, míg aktív rendszerek esetében az érzékelőt hordozó eszközön (pl. műholdon) elhelyezett adóberendezés által sugárzott jelek visszaverődését rögzítik (pl. radar). A csoportosítás egy másik lehetséges módja az érzékelés **hullámhossz-tartománya** szerinti csoportosítás.

Az 1-2. ábráról leolvashatóak azok a hullámhossz-tartományok, amelyekbe eső elektromágneses energia a különböző típusú berendezések (szenzorok) által érzékelhetők, rögzíthetők. Az ábra alapján máris szembetűnő, hogy az elsődleges fotogrammetriai adatnyerési eljárás, a **fényképezés**, a távérzékelési adatnyerési lehetőségek egészét tekintve csak egy szűk spektrális tartományon belül lehetséges. Az emberi szem által érzékelhető hullámhossz-tartománynál (400 nm – 760 nm) alig szélesebb tartományról van szó, mely a „látható fény” kiterjesztése az ultrabolya (UV) és a közeli infravörös (NIR) tartományok irányába (380 nm – 900 nm). Megfigyelhető továbbá, hogy az érzékelés lehetősége nem folytonos, vagyis vannak ún. szakadások, mely spektrális tartományokban az érzékelés nem lehetséges. Ennek oka, hogy a távérzékelés elsődleges energiaforrása a napsugárzás egy része különböző légköri hatások következtében részben vagy egészében az atmoszférában elnyelődik. Azokat a tartományokat, melyekben az atmoszféra teljesen vagy részlegesen átengedi az elektromágneses energiát **légköri ablakok** nak nevezzük. (Verőné Wojtaszek M. 2007.) A földfelszínre érkező energia a természetes felszíni elemekkel, a mesterséges objektumokkal kölcsönhatásba kerül. A teljes beérkező energia egy része elnyelődik, más része visszaverődik. A visszavert, majd később a különböző eljárások során mért és rögzített energia mennyisége nagyon sok tényező függvénye. Ilyen tényezők például: a felszín anyaga, felületének érdessége, színe stb... A visszavert **napsugárzás** hoz képest sokkal kisebb mértékű, de mérhető energia a földfelszín és a felszíni tárgyak által **kibocsátott energia** is. Ennek nagyságát legfőképpen a tárgy felszínének hőmérséklete befolyásolja. Elkülönített mérésére leginkább a **hőkamerák** alkalmasak. Vannak olyan távérzékelési rendszerek, melyek képesek az elektromágneses spektrum több hullámhossz-tartományában egyszerre érzékelni, energiát rögzíteni. Ezeket **multispektrális érzékelőknek** nevezzük. A műholdak többsége ilyen multispektrális érzékelőkkel van felszerelve. A nem optikai spektrális tartományban rögzített adatok képi megjelenítésére is van lehetőség. Ezeket, valamint az azonos időpontban, különböző spektrális tartományokban rögzített adatok tetszőleges kombinációinak képi megjelenítéseit nevezzük **kompozitnak**. Ezek lehetőséget adnak olyan jellemzők ábrázolására, képszerű megjelenítésére, azok egyszerre történő tanulmányozására, melyek egyébként az emberi szem számára nem lennének láthatóak.

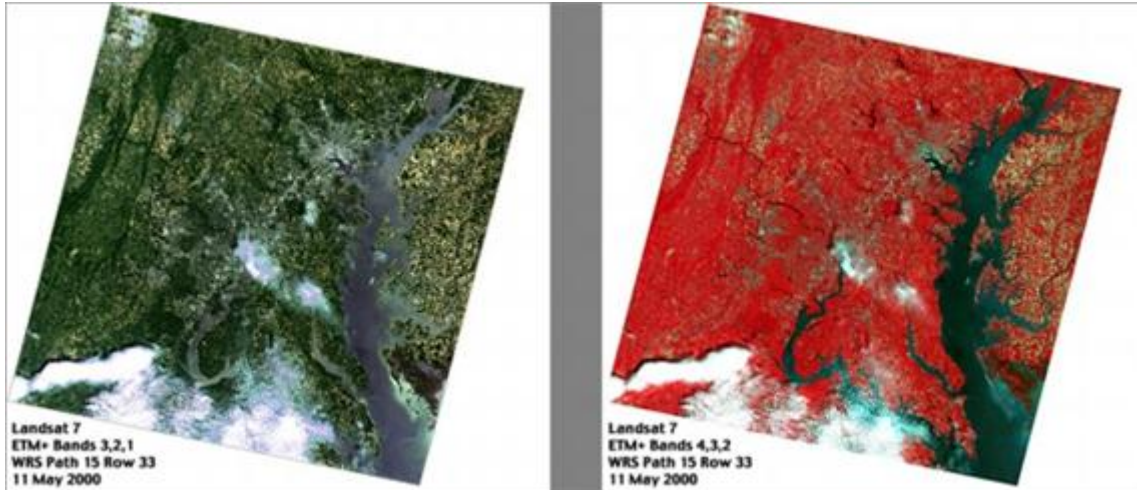


1-3. ábra Multispektrális kamera és a vele rögzített felvételek

Forrás:http://www.geog.ucsb.edu/~jeff/115a/lectures/cameras_films_filter/9lensc_mera.jpg

Az 1-3. ábrán látható multispektrális kamera 9 db közös felfüggesztésű kamerából áll, melyek mindegyike más-más hullámhossz-tartományban képezte le ugyanazt a részletet.

Az alábbi két felvétel a Föld felszínének pontosan ugyanarról a területről készült. A bal oldali kép egy ún. „színhelyes kép”, ami azt jelenti, hogy a terepfelszín minden egyes részlete olyan színben jelenik meg a képen, mint ahogyan azt a szemünkkel a valóságban is látnánk. A jobb oldali kép egy „hamisszínes felvétel”, ami úgy keletkezett, hogy az elektromágneses energiát három különböző spektrális tartományban rögzítettük. Ezek mindegyikéhez egy-egy színt rendeltünk és az intenzitásértékek figyelembe vételével ennek eredményeként jött létre az a kép, amely a megszokott látványtól ugyan erősen eltér, de éppen a mesterségesen előállított színek hordozzák a számunkra fontos információkat.



1-4. ábra Egy terület színhelyes és hamisszínes felvétele

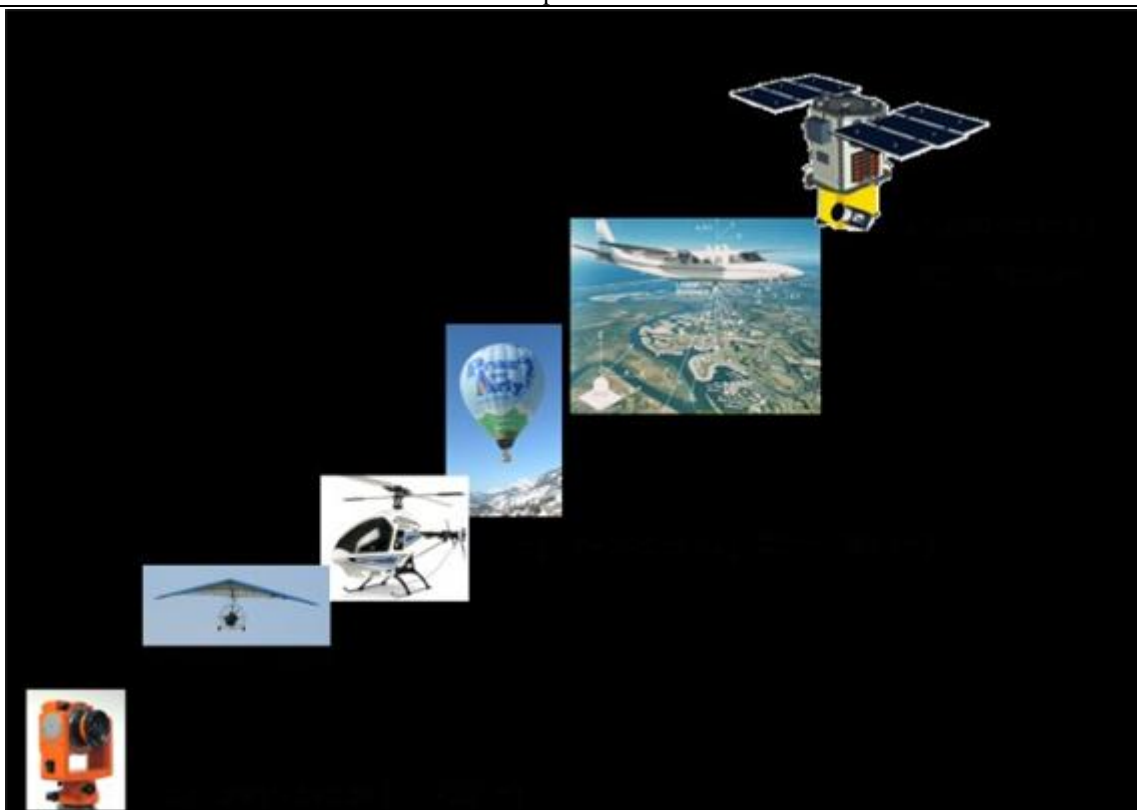
Forrás: http://landsat.gsfc.nasa.gov/education/compositor/graphics/true321_01.gif

A 90-es évek vége felé jelent meg a távérzékelés egy új technológiája a **LIDAR** (Light Detection and Ranging - fényérzékelés és mérés). A LIDAR vagy más néven **lézershakkenelés** működési elve a radaréhoz hasonló, és mint ilyen az aktív érzekelőkhöz tartozik. Az ultrabolya, a látható és az infravörös tartományokban képes visszavert elektromágneses energiát mérni. Mivel az aktív rendszerekhez tartozik, energiaforrásként nem a napsugárzást használja, így nem függ annyira az időjárástól és a napszaktól. A LIDAR eljárással rögzített „kép” (valójában egy 3D-s pontfelhő és egy optikailag rögzített kép) minőségét nem befolyásolja a levegő páratartalma, a vetett árnyék stb. Képes „több magassági szintre” is mérni, eltérő magasságból (terepszint, fákrona szintje) visszavert jelet rögzíteni. Előzőek alapján jól alkalmazható az egyébként nehezen mérhető, beépített területek detektálására, felhasználható digitális felületmodellek létrehozására. Előnye még, hogy a hagyományos fotogrammetriá val szemben kevésbé költségigényes.

2.2. 1.2.2 Hordozók

A távérzékelés – beleértve a fotogrammetriát is – adatgyűjtő eszközei a vizsgált objektumhoz, jelenséghez és a földfelszínhez viszonyítva különböző távolságokban, magasságokban helyezkedhetnek el, lehetőséget adva ezzel másfajta csoportosításra is.

A felvétel helye szerint a távérzékelést három csoportba sorolhatjuk:



1-5. ábra

Földi távérzékelésről és fotogrammetriáról beszélünk akkor, ha az adatrögzítő berendezésünk, eszközünk a terepen vagy annak közvetlen közelében (állványon, darun, toronyban, stb.) helyezkedik el. Ezen kívül készítünk felvételeket felszín alatti üregekben, bányákban, speciális berendezés segítségével akár víz alatt is. További csoportosítási lehetőséget ad a felvevő és a leképezett objektum távolsága. Eszerint mikro-, makro- és közel fotogrammetriáról beszélhetünk. Ez a mikroszkopikus felvételektől a néhány centiméteres távolságon át több száz méterig terjedő távolságból készített felvételeket foglalja magába. A földi felvételek többsége optikai leképzéssel, ritkábban hőérzékeléssel készül. Nehezen megközelíthető hegyvidéki területeken topográfiai célú felvételeket 1000 métert meghaladó távolságból is készítenek.

Légi távérzékeléskor a felvevő berendezés valamilyen légi járművön helyezkedik el és távolsága a földfelszíntől mért 100 m-től 30 km-ig terjed. A felvételeket készíthetjük 100 m és 3000 m közötti tartományban alacsony repülés mellett, nagyméretarányú térképezési feladatokhoz; 10 km-ig terjedő közepes repülési magasságban, különböző típusú érzékeléssel, térképezési feladat céljára és 10-30 km közötti ún. nagy magasságban végrehajtott repüléssel, felderítő céllal, optikai képalkotással illetve egyéb képalkotási megoldásokkal. A felvevőt hordozó jármű lehet: motoros sárkányrepülő, hőlégballon, helikopter, repülőgép vagy modellrepülő. Ez utóbbi, pilóta nélküli kisebb nagyobb gépeket nevezzük UAV-nak. (Unmanned Aerial Vehicle – Pilóta Nélküli Légi Jármű)

Űr távérzékelésről a 160 km-t meghaladó távolságból készített felvételek esetén beszélhetünk. A hordozóeszköz lehet űrhajó, műhold, űrállomás. Ebből a távolságból csak ritkán készítenek optikai felvételt, jellemzően egyéb típusú érzékelést alkalmaznak (pl. optikai-mechanikai pásztázás, elektrooptikai leképzés)

2.3. 1.2.3 Az érzékelők által rögzített adatok és anyagok

A távérzékelés során különböző eszközökkel, az elektromágneses spektrum különböző tartományaiban érzékelhetjük az elektromágneses energiát és rögzíthetünk adatokat. Ezek közvetlenül is szolgáltathatnak képi megjelenítést, de a nem optikai tartományokban rögzített adatok is megjeleníthetők képként. Gondoljunk csak az időjárás jelentésekből ismert radarképekre.

A távérzékelés képalkotó megoldásai:

optikai képalkotás

hagyományos fényképezés, *analóg* képrögzítés

optikai képalkotás, *digitális* képrögzítés

multispektrális fényképezés

panorámafényképezés

folyamatos résfényképezés

televíziós felvételek

optikai-mechanikai pásztázó letapogatás (LANDSAT műholdak)

radarrendszerű érzékelések (aktív radarrendszerek; pl. PPI-forgó radar, SLAR-oldalra néző radar, ERS-1, JERS-1)

passzív mikrohullámú érzékelés

elektrooptikai leképzés (SPOT)



A **z űrtávérzékeléssel**, pontosabban annak termékeivel nap mint nap találkozhatunk. Korunk embere számára ez már teljesen természetes, pedig alig több mint 50 éve annak, hogy 1957-ben pályára állították az első műholdat, majd 1961-ben az ember a Földet elhagyva a világűrbe merészkedett. A szovjet Jurij Gagarin 108 perces űrutazását követően az események felgyorsultak. 1969-ben Holdra lépett az első ember. Eleinte a szovjet - amerikai rivalizálás volt az űrkutatásra irányuló fejlesztések mozgatórugója, majd más államok is részesei kívántak lenni a különleges kalandnak. Az emberiség régi vágya teljesült azzal, hogy „fentről”, űrhajókról, műholdakról figyelhették meg bolygónkat, az eddig csak földi mérések alapján rajzolt térképek valódi képként váltak láthatóvá. Mindennek természetes következménye volt a Földet folyamatosan megfigyelő kutatási és térképezési célú műholdprogramok beindítása. Az amerikai NASA (National Aeronautics and Space Administration) 1972-ben felbocsátott első LANDSAT műholdját hamarosan követte a többi. Az amerikai és szovjet műholdak után a 80-as években megjelentek a francia, majd az indiai műholdak is. A katonai alkalmazások mellett teret nyert a polgári célú alkalmazás is.

A műholdas távérzékeléssel nyert adatokat felhasználó szakterületek közül néhány:

meteorológia

geodézia

kartográfia

geográfia

talajtan

természetvédelem

mezőgazdaság

erdőgazdálkodás

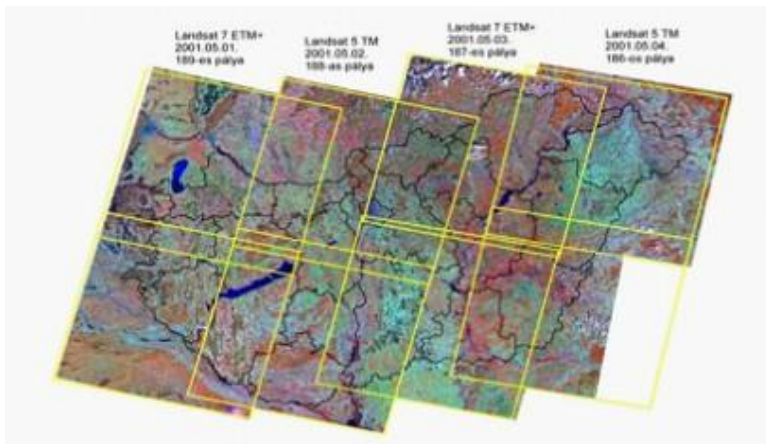
vízgazdálkodás

katasztrófavédelem

stb...

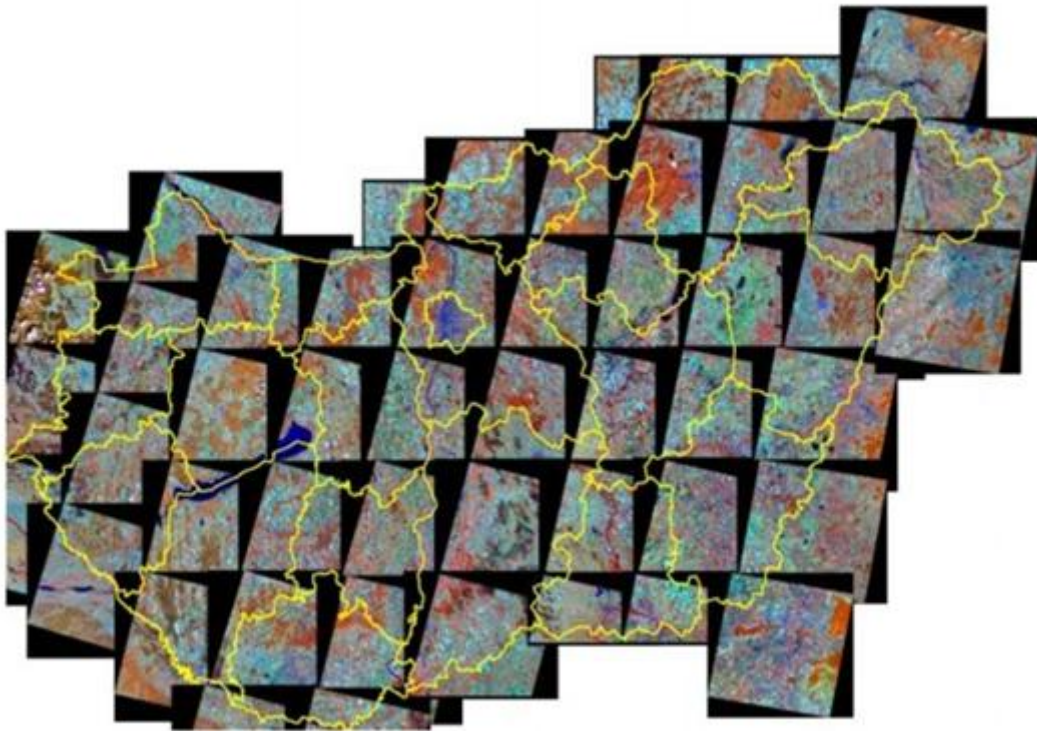
Műholdrendszer létesítése és a felvételek értékesítése kizárólag állami és katonai monopólium volt a 90-es évek végéig. Az első magántőkéből megvalósult polgári célú műholdat, az amerikai IKONOS-t 1999 decemberében lőtték fel, majd ezt követte 2001-ben a QuickBird. Ezek nem csak az állami kiváltság megszűnése miatt jelentettek nagy áttörést, hanem azért is, mert a kezdeti földfelszíni 80 m-es felbontáshoz képest elérték a m alatti terepi felbontást.

Néhány műholdrendszer adatai:



LANDSAT (amerikai)

- 1972-től 1999-ig 7 műhold, 7 sáv; ma már csak 3 műhold
- Pályamagasság 700-800 km
- Kvázipoláris, kör alakú, napszinkron
- Visszatérés 16-18 nap
- Területi lefedés 185 km
- Terepi felbontás MSS (multispektrális) -80m, TM (Thematic mapper)-120 / 30 / 15m
- Képkötés: optikai-mechanikai pásztázó letapogatással



1-8. ábra Magyarország SPOT műholdképeken

SPOT (francia)

- 5 műhold (XS, pánkromatikus)
- Pályamagasság 832 km
- Kvázipoláris, kör alakú, napszinkron
- Visszatérés 2-26 nap
- Területi lefedés 60 km
- Terepi felbontás XS-20/10m, pankr. 10 / 5 / 2.5m

IRS (Indian Remote Sensing - indiai)

- Pályamagasság 817 km
- Kvázipoláris, kör alakú, napszinkron
- Visszatérés 24 nap
- Területi lefedés 141 km
- Terepi felbontás 5.8 / 24 / 70 m (pank. / MS /pank.)
- Képkötés: elektrooptikai leképzés

IKONOS (amerikai; az első szuper nagyfelbontású műhold)

- 1999. szeptember 24.

- Pályamagasság 680 km
- Kvázipoláris, kör alakú, napszinkron
- Visszatérés 5 nap
- Pásztázott terület 11 km széles sáv
- Terepi felbontás MS-4m, pankromatikus 1m

QuickBird (amerikai; szuper nagyfelbontású műhold)

- Pályamagasság 450 km
- Kvázipoláris, kör alakú, napszinkron
- Visszatérés 5 nap
- Pásztázott terület 16.5 km széles sáv

Terepi felbontás MS-2.44m, pankromatikus 0.61m !!!

Az első műhold fellövésétől napjainkig az űrtávérzékelés hatalmas fejlődésen ment keresztül. A szakági felhasználók számára leginkább érzékelhető a térbeli felbontás növekedése. Az adatmennyiség megsokszorozódott az adattároló- kapacitás növekedésének és az adatátviteli technikák fejlődésének következtében. Napjainkat a **hiperspektrális** technika térhódítása jellemzi.

Ezzel a technikával rögzíthető adatok mennyisége pillanatnyilag felülmúlja a feldolgozási technika jelenlegi szintjét. (Kozma-Bognár V. 2008.)

Meg kell említenünk az 1975-ben 15 tagállam által alapított **Európai Űrügynökséget** (**ESA** - European Space Agency). Ennek a szervezetnek Magyarország 2003 óta európai együttműködő állama és így részt vesz annak programjaiban. Az **ESA** tevékenységei közül kiemelkedő az **ENVISAT** – Globális Földmegfigyelő műholdprogram.

Az Európai Űrügynökség 2002. március 1-én fellőtte az eddigi legnagyobb műholdját, amellyel bolygónk egészségi állapotának alakulását kísérik figyelemmel. Az ENVISAT műholdra tíz különböző műszert szereltek, melyekkel bolygónk környezetének különböző adatait vizsgálják. Ezen a műholdon kapott elsőként helyet egy olyan eszköz, melynek feladata a légkörben található leggyakoribb üvegházhatást okozó gáz, a széndioxid szintjének mérése. A műhold három műszere a Föld felszínét vizsgálja. Az egyik nagy pontossággal méri az óceánok hőmérsékletét, a második a hullámok mintázatát, valamint a sarkköröket fedő jégrétegek és az erdős területek kiterjedését, míg a harmadik az óceánok kémiai összetételéről szolgáltat adatokat - így például a klorofill szint alapján meg lehet állapítani a planktonok mennyiségét. Négy magasságmérő műszerével az ENVISAT különböző pontokról - például felhőktől, a sarki jégrétegtől vagy az óceán hullámaitól - számított távolságát méri. További három műszer az atmoszféra vizsgálatáért felel - ebből két szonda a légkör magasabb rétegeiben méri az ózon, illetve a szennyeződések és más kémiai vegyületek szintjét. Az utolsó, és egyben legfontosabb műszer a Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography (SCIAMACHY), amely a világon először kísérli meg az űrből a légkör széndioxid tartalmának mérését. (<http://www.fomi.hu>)

Űrtávérzékeléssel előállított képanyagok:



1-9. ábra Az ENVISAT által készített képekből összerakott mozaik

Forrás: <http://envisat.esa.int/envisat>



1-10. ábra Róma belvárosa egy SPOT felvételen

Forrás: http://esamultimedia.esa.int/images/EarthObservation/rome_SPOT_H.jpg

A távérzékelés fogalma, a
fotogrammetria és a távérzékelés
kapcsolata



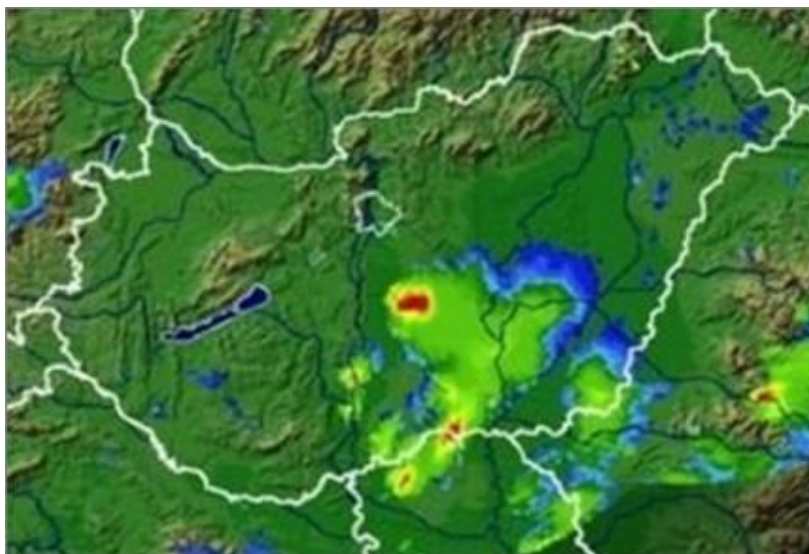
1-11. ábra A Római Colosseum az előző SPOT felvételtől kinagyítva és egy IKONOS felvételen

Forrás: <http://news.satimagingcorp.com/wp>



1-12. ábra Párizs a világból egy Quickbird képen és egy Quickbird műhold makettje

A RADAR-ok (Radio Detection And Ranging) a mm-től a m-es hullámhossz-tartományban működő aktív távérzékelő rendszerek. Az érzékelő berendezések maguk állítják elő az érzékeléshez szükséges energiát. Az impulzusokban kibocsátott és visszavert energia megtett útját számítja a berendezés az elektromágneses hullám terjedési sebessége alapján. A mikrohullámú energia közvetítésével történő adatgyűjtést alkalmazzák földi állomásokon, repülőgépeken és műholdakon. A PPI – Plan Position Indicator rendszereket elsősorban az időjárás-előrejelzésben, a légi irányításban, katonai felderítésben és a navigációban alkalmazzák. A SLAR – Side Looking Airborne Radar (oldalra néző radar) rendszereket a katonai felderítés mellett a természeti erőforrások kutatásában, erdő- és vízkészlet felmérésében és térképészeti célokra használják. A mikrohullámú és a radar-elvű érzékelők rendkívüli előnye, hogy nem függenek az időjárástól és a napállástól, csak bizonyos méretet meghaladó légköri szennyeződések nyelik el vagy verik vissza a hullámokat, egyébként akadálytalanul áthaladnak a légkörön. Számos műhold rendelkezik ilyen típusú érzékelő rendszerekkel. Pl.: RADARSAT, ENVISAT, SEASAT, ERS (Verőné Wojtaszek M. 2007.)



1-13. ábra Kecskemét környékén vihart jelző radarkép

2.4. 1.2.4 Adatelemzés és feldolgozás

A különböző távérzékelési eljárással rögzített optikai és sugárzásoképek feldolgozásának számos lehetősége van. Korszerű programok teszik lehetővé a nyers képek előfeldolgozását (pl.: radiometriai és geometriai korrekció), ezt követően a képek tematikus kiértékelését. A távérzékelte adatok felhasználása egyre szélesebb körben történik, rendkívüli előnyeit számos szakterület igyekszik kihasználni. Ebben a modulban a fotogrammetria távérzékelési vonatkozásait szeretnénk megmutatni. A feldolgozással, az előállítható termékekkel valamint az alkalmazási területekkel kapcsolatos mélyebb ismeretanyagokat a Távérzékelés tárgy moduljai tartalmazzák, így ezeket itt részletesen nem tárgyaljuk. Megemlítjük viszont azokat a közös tulajdonságokat, amelyek a távérzékelésre és a fotogrammetriára egyaránt jellemzőek, és kiemelünk néhány lényeges eltérést.

3. 1.3 Közös és eltérő tulajdonságok a távérzékelésben és a fotogrammetriában

A távérzékelési és a fotogrammetriai eljárásokat a rendkívül nagy adatmennyiség jellemzi. Az adatrögzítés rövid idő alatt történik. A távérzékeléssel, fotogrammetriával nyert adatokat a felhasználási területek, szakágak igényeit figyelembe véve dolgozzuk fel. Az adatok hitelesítéséhez más – nem távérzékeléssel nyert - adatokat is felhasználhatunk. További adatokat vezethetünk le, bizonyos jellemzőket kiemelhetünk a teljes tartalomtól és mindenkor a feladatnak leginkább megfelelő termékeket állíthatunk elő. Ezek lehetnek tónusos képek, térképek, rajzok, táblázatok, grafikonok analóg és digitális változatai. Ez nem csupán egyetlen lehetősége a távérzékelte adatok feldolgozásának, hiszen az egy alkalommal rögzített alapadatokat később eltérő szempontok szerint is elemezhetjük, más szakágak számára fontos információkat emelhetünk ki, más típusú termékeket (kép, térkép, táblázat) állíthatunk elő belőlük. Mindazokat a lehetőségeket, melyeket a távérzékelés adatgyűjtési és feldolgozási technológiái rejtenek, **többszörösségi elv**ként szoktuk emlegetni. Ugyanannak az objektumnak, jelenségnek a megfigyelésénél, elemzésénél, értelmezésénél és dokumentálásánál alkalmazható technológiai elemek számtalan kombinációjából választhatunk, a feldolgozást többrétűvé téve és az adatnyerés lehetőségét megsokszorozva így.

- Több-állomásos érzékelés (több vevő)
- Több-sávú érzékelés (több spektrális tartomány)
- Több-időpontú érzékelés
- Több-magasságból történő érzékelés
- Több-polarizációjú érzékelés
- Több-irányú érzékelés (térben)
- Többféle szinkompozit előállítása
- Több-szakágú analízis
- Többféle szemléltetés (táblázatok, rajzok, stb.)

3.1. 1.3.1 Képpalkotási megoldások és feladatok a távérzékelésben és a fotogrammetriában

Ahogy a bevezető részben említettük, a fotogrammetria jól illeszkedik a távérzékelési eljárások sorába, annak egy szűkebb spektrális szakaszában - a látható fény tartományában - megvalósított technológiai változata. Mégis a közös tulajdonságok mellett számos eltérés van a két fogalom fedte tevékenység között. A távérzékelési eljárások célja elsősorban a különböző módon rögzített képek tartalmának megállapítása, értelmezése, vagyis interpretálása. A képek feldolgozása során tematikus tartalommal látjuk el azokat, s ritkábban törekszünk geometriai adatnyerésre. Ezzel szemben a fotogrammetria elsődlegesen geometriai adatnyerésre törekszik. Célja a képen megjelenő objektumok helyének és méretének meghatározása. Természetesen a geometriai adatok, méretek megállapítása nehezen képzelhető el anélkül, hogy az objektumot felismernénk és a képek

A távérzékelés fogalma, a
fotogrammetria és a távérzékelés
kapcsolata

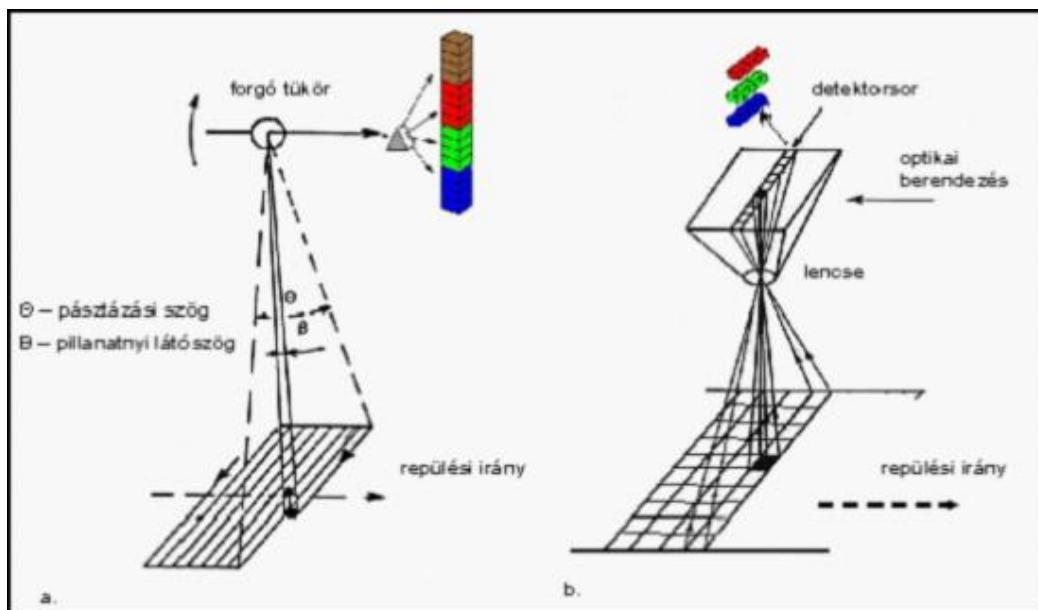
értelmezéséhez is gyakran társul geometriai adatok meghatározása. Így mondhatjuk, hogy a távérzékelés, a fotogrammetria és a fotointerpretáció egymást kiegészítő, gyakran átfedő tudományok. A távérzékelés és a fotogrammetria közötti másik lényeges eltérés, hogy míg a fotogrammetriában centrálisan leképezett, analóg vagy digitális módon rögzített képeket dolgozunk fel általában, addig a távérzékelés a centrális leképezéssel készült felvételek mellett gyakran számos más módon rögzített kép feldolgozásával foglalkozik.

	leképzés	felvétel	elsődleges feladat
Fotogrammetria	centrális vetítés	fénykép analóg v. digitális földi v. légi	geometriai adatnyerés
Távérzékelés	pásztázás, részben centrális vetítés, centrális vetítés	-fénykép, -különböző hullámhossz tartományokban érezkelt sugárzás értékek, -analóg v. digitális -földi, légi, űr	képértelmezés, tematikus adatnyerés, interpretáció

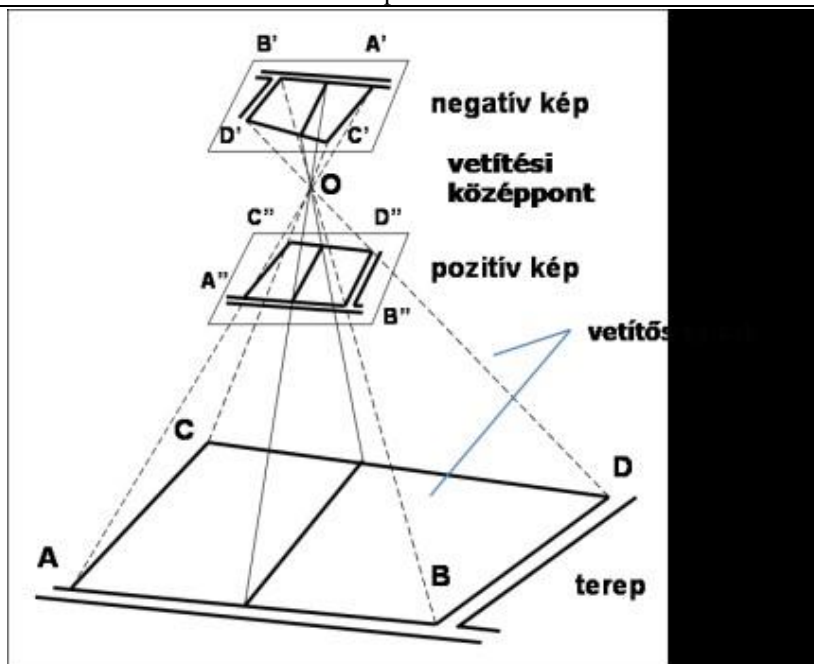
(Mélykúti G., 2004)

Képkalkotási megoldások az űrtávérzékelésben

Fotogrammetriai képkalkotás



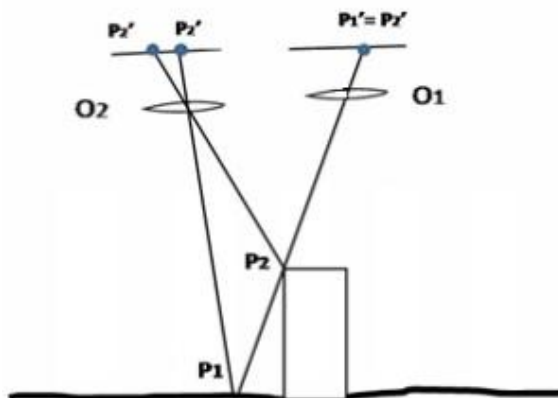
1-14. ábra: a. optikai mechanikai pásztázás (LANDSAT); b. elektrooptikai leképezés (SPOT)



1-15. ábra A centrális vetítés és elemei

Centrális vetítés esetén a térbeli tárgy minden egyes pontjára és a tér egy kitüntetett pontjára egy-egy egyenes illeszkedik. Az így előállt vetítésugarak sugárnyalábot alkotnak, melyet **képképző sugárnyalábnak** nevezünk, és amelynek sorozója a vetítési centrum. A sugárnyalábot egy síkkal elmetsszük, ezen a síkon keletkezik a tárgy **centrális vetülete**. A síkvetületi kép rögzítése történhet fényérzékeny filmen – ekkor **analóg képet** hozunk létre – vagy történhet szenzorok segítségével, amikor **digitális kép** keletkezik. Természetesen az analóg képek utólagos digitalizálása bármikor elvégezhető. A centrális vetítést objektívek - lencsék vagy lencserendszerek - valósítják meg. A felvételek készítését végezhetjük professzionális fotogrammetriai felvevővel, melyet a szaknyelv **kamerának** nevez, de képeket ún. **amatorkamerával**, vagyis közönséges fényképezőgéppel is készíthetünk. Ez utóbbi esetben természetesen elvárás a megfelelő geometriai pontosság, hiszen a kép minősége alapvetően meghatározza a belőle nyerhető adatok minőségét. A kamerák osztályozása számos egyéb tulajdonságuk alapján is lehetséges.

Geometriai értelemben a vetítés pozitív akkor, ha a képsík és a tárgy a vetítési centrumtól azonos irányba esik, és negatív akkor, ha a vetítési centrum a tárgy és a kép között helyezkedik el. A centrális vetítéssel létrehozott kép feldolgozásával – **kiértékelésével** - határozhatjuk meg a képi vetület alapján a tárgy alakját, méretét, terepen elfoglalt helyét valamilyen vonatkozási rendszerben. Térbeli méretekre és térbeli elhelyezkedésre vonatkozó adatok megállapítására nem elegendő csupán egyetlen kép, hiszen több térbeli pontnak is lehet azonos síkvetületi leképeződése a képen, vagyis adott képpontnak végtelen számú tárgyterbeli pont felel meg. Fotogrammetriában térbeli adatnyerés csak két felvétel alapján lehetséges. Ennek részletes tárgyalására a „Tér-fotogrammetria alapjai, alapképletek” című modulban kerül sor. Emellett létezik olyan eljárás, mely lehetővé teszi egy kép alapján is a tárgyról a térbeli adatszolgáltatást, de ehhez egy digitális terep- vagy felületmodell ismerete is szükséges. (Analitikus és digitális monoplotting)



1-16. ábra Térbeli pontok leképződése a képsíkon

Az 1-16. ábrát tekintve, csak a jobb kép alapján nem tudnánk $P1' = P2'$ képpontok terepi megfelelőjét meghatározni, az egyértelmű térbeli helyzet megadásához szükségünk lenne egy másik felvételre is, melyet $O1$ -től különböző, $O2$ vetítési középponttal kell készítenünk.

4. 1.4 A fotogrammetria története

A **fotogrammetria** görög eredetű szó, jelentése fényképmérés. Az ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing - Nemzetközi Fotogrammetriai és Távérzékelési Társaság) szerinti definíciója: „a tárgyak helyének és alakjának fényképek alapján történő meghatározására szolgáló művészet és tudomány”. A teljes folyamat magába foglalja a fénykép különböző technológiákkal történő rögzítését, mérését és értelmezését. A fotogrammetria alkalmazásával tárgyak fizikai tulajdonságaira is következtetni tudunk, valamint a természeti környezetünkben lejátszódó jelenségeket figyelhetünk meg, végezhetünk velük kapcsolatos méréseket. Elsősorban **metrikus** információszerzésre használjuk.

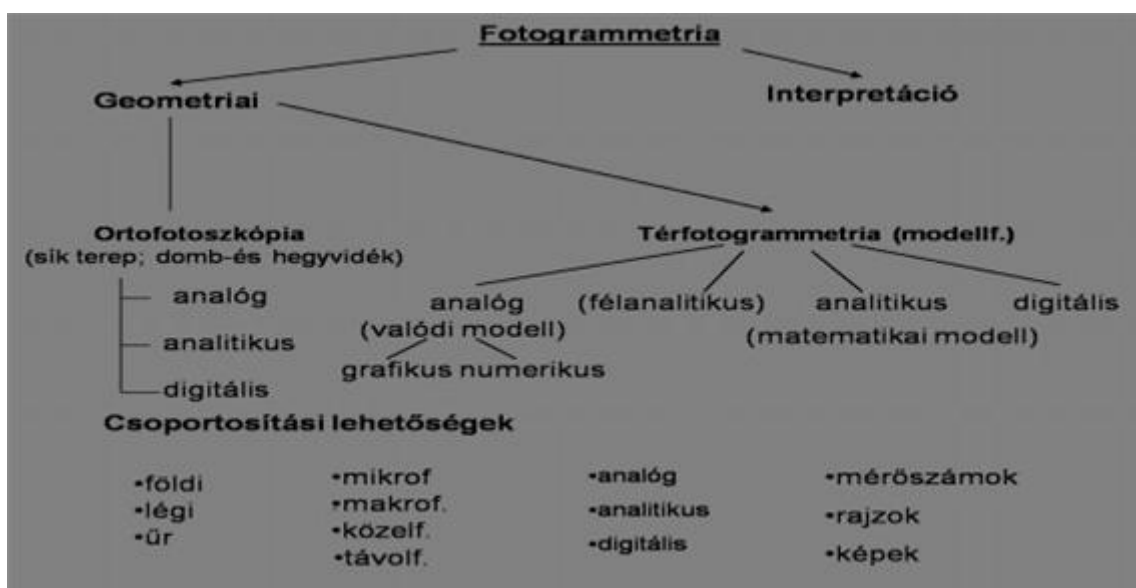
A fotogrammetria születése egybeesik a fényképezés feltalálásával. 1837-ben sikerült Daguerrenak elkészítenie az első dagerrotípiát, melyet a fotográfia legfőbb alkotóelemeként, 1839. augusztus 19-én szabadalmaztatott. Ez a nap egyben a fotográfia megszületésének napja is. (Wikipedia) Ilyen eljárással készült az egyetlen ismert Petőfi „fénykép” is. A fotogrammetria kialakulását követő kezdeti időszakban gyakorlati alkalmazása az építészetben jelent meg, csak később fejlődött önálló tudománygá. 1859-ben már fényképek segítségével sikerült meghatározni a párizsi Notre-Dame tornyának magasságát. Ekkor még csak földi felvételeket alkalmaztak fotogrammetriai célokra. A légi fotogrammetria kialakulása természetesen a repülés fejlődéséhez kapcsolódik. Az első légi járműről készített felvételek katonai célú felderítés eredményeként születtek, így erőteljes fejlődésük a világháborúk alatti és közötti időszakokra esik. Ekkor a topográfiai térképészeti felméréseknél teljes egészében légi fotogrammetriai eljárást alkalmaztak kizorítva az egyéb módszereket.

Ahogy a távérzékelési eljárásoknál, úgy a fotogrammetriai eljárásoknál is vannak csoportosítási lehetőségek. Mivel a fotogrammetria jellemzően optikai képalkotással rögzített felvételek kiértékelésével foglalkozik, és az űrből – a Hold, a Mars és más égitestek megfigyelését célzó **planetáris fotogrammetriától** eltekintve - csak ritkán készítünk optikai képet, így a felvétel helye szerint két fő csoportot különböztetünk meg, a **földi** és a **légi fotogrammetriát**. A földi felvételek csoportján belül a felvevő és a fényképezett objektum távolsága szerint az 1.2.2. fejezetben leírt csoportosítás érvényes. (mikro-, makro-, közel- és távol-fotogrammetria) Az **fotointerpretáció** vagy „képtelmezés” a nem geometriai adatnyerést célzó információszerzés tudománya, mely szoros kapcsolatban áll a metrikus adatok meghatározásával foglalkozó geometriai fotogrammetriával. Annak, hogy a kiértékeléssel térbeli adatot nyerjünk, feltétele, hogy két különböző helyről készítsünk felvételt az objektumról. Eszerint a felvételek száma és a kiértékeléssel nyert adatok dimenziója alapján beszélünk **sík-fotogrammetriáról** és **tér-fotogrammetriáról**. Síkfotogrammetria esetén sík terepről, objektum sík felületéről készült egyetlen felvétel feldolgozását végezzük el, melyet képátalakításnak nevezünk. Ez történhet optikai vetítéssel, melynek műszerei a képátalakítók. Ekkor egy műveletsorral a kép perspektív torzulását megszüntetve előállítjuk a terep vagy tárgyfelület ortogonális vetítésű képét, mely egy előre meghatározott, kerek méretarányú tónusos kép. A perspektív torzult kép pontonkénti térképi vetületbe történő átszámítását matematikai úton is elvégezhetjük, ekkor síkkoordinátákat kapunk eredményül. Ez az analitikus képátalakítás módszere. A térfotogrammetriai vagy sztereofotogrammetriai eljárások során két, egymással részben átfedő

képen történik a kiértékelés, és a műszerek szemléltetőberendezéseinek köszönhetően az átfedő képrészek sztereoszkopikusan szemlélhetők, a mérést valódi vagy virtuális „**térmodellen**” végezzük. Előző eljárásoktól különböző megoldást jelent az **ortofotoszkópia**. Ekkor nem sík terep (3D) leképezésével előállított egyetlen kép (2D) feldolgozását kell elvégeznünk. Mivel a vetítés nem azonos fokú alakzatok között történik, a leképződött térbeli tárgyak egyértelmű térképi vetületi helyének megadásához szükségünk van a terep vagy tárgy magassági adataira is. A képpontokhoz tartozó különböző terepmagasságok miatt a feladat nem oldható meg a kép teljes területére egy lépésben, ezért a képet képelemekre bontjuk és a magassági adatok ismeretében képelemenként szüntetjük meg a torzulásokat.

A fotogrammetriai csoportosítási lehetőségek közül leginkább jellemző a kiértékelési technológiák szerinti. Így létezik **analóg**, **analitikus** és **digitális** fotogrammetria. Ez a sorrend egyúttal megfelel a módszerek időrendi kialakulásának is.

5. 1.5 A fotogrammetria felosztása



1-17. ábra A fotogrammetria felosztása

Mind a síkfotogrammetriai eljárások, mind a térfotogrammetriai eljárások között megtaláljuk az analóg, az analitikus és a digitális megoldások különböző változatait.

5.1. 1.5.1 Analóg fotogrammetria

Az eljárás során analóg képeket értékelünk ki analóg műszerrel. Ez a kiértékelési mód alakult ki elsőként a fotogrammetriában. Az analóg műszerek optikai-mechanikai elemekből épülnek fel. Az analóg fényképek vagy negatívok alapján egy ún. vetítőkamera segítségével visszaállítjuk azt a felvételi sugárnyalábot, pontosabban azzal egybevágó sugárnyalábot, mely a képet létrehozta a felvételt készítés pillanatában. A kétképes kiértékeléskor a képek megfelelő térbeli beállítása mellett, a bal illetve jobb kép látványát a szemünkben szétválasztva előállítható a fényképezett objektum valódi optikai modellje. Ezen a modellen egy „térbeli” mérőjelet (két síkbeli mérőjel összevetítésével létrehozva) vezetve végezhetjük méréseinket, határozhatjuk meg pontok terepi koordinátáit vagy a műszerhez csatlakoztatott rajzeszköz segítségével rögzíthetjük a mérőjel mozgását valamilyen síkvetületen. A síkfotogrammetria analóg megoldásával adott méretarányú, torzulástól mentes, tónusos képet állíthatunk elő. A térfotogrammetriai megoldással készíthetünk például alaprajzokat, függőleges síkmetszeteket, de számadatokat (koordinátákat) is meghatározhatunk. Az analóg műszerek nagy részét később ellátták olyan kiegészítő berendezésekkel, amelyek alkalmasak voltak a mérési eredmények digitális rögzítésére.

5.2. 1.5.2 Analitikus fotogrammetria

Az analitikus fotogrammetriai eljárások során analóg képeket értékelünk ki analitikus műszerekkel. Ez a kiértékelési mód a képpont tereppont közötti matematikai összefüggéseken alapul. A bonyolult számítások elvégzésének egyszerűsödését jelentette az 1960-as években megindult számítástechnikai fejlődés. Eleinte a

számológépek, majd hamarosan a számítógépek alkalmazására került sor a képen mért adatok feldolgozásában. Mivel a terepre vonatkoztatott adatainkat a képen mért adatokból (képkoordinátákból) származtatjuk, megbízhatóságuk elsősorban a kiindulási adat pontosságától függ, így az analitikus mérőműszereket a nagy mérési pontosság jellemzi. A méréseinket mindig a képsíkban végezzük, ezért a mérési hiba terepi kihatását a képek méretaránya alapvetően befolyásolja. A kétképes kiértékelési eljáráskor a képek sztereoszkopikus szemléltetése lehetséges, ám ez nem valódi, hanem virtuális modell. Kezdetben az analitikus kiértékelő műszerekhez csak utólagosan csatlakoztattak számítógépeket, melyek segítségével az ún. számítógéppel támogatott kiértékelési eljárás vált lehetővé. Később, a 70-es, 80-as években megjelentek azok a műszerek, melyek már saját, beépített processzorral (célhardverrel) rendelkeztek. Ezek az analitikus plotterek, melyekkel a kiértékelési eljárás számítógépes vezérlése valósult meg. Az analitikus fotogrammetriai kiértékeléssel digitális végeredményhez jutunk, mely lehet koordináta vagy digitális vektoros rajz.

5.3. 1.5.3 Digitális fotogrammetria

Digitális fotogrammetriai eljárással digitális képeket értékelünk ki számítástechnikai eszköz segítségével. A módszerre leginkább jellemző, hogy a számítógép veszi át az emberi látás és felismerés szerepét. Ennél az eljárásnál már nem találunk klasszikus értelemben vett optikai-mechanikai műszert, legfeljebb kiegészítő berendezésként csatlakozhat a rendszer hardverelemeihez, és a sztereoszkopikus szemléltetést segíti. A feldolgozásra szánt kép vagy képek készülhetnek eredetileg analóg fotogrammetriai, esetleg amatőr kamerával, ebben az esetben a képek digitális átalakítása szükséges. Ezt a pontossági igények figyelembe vétele mellett tehetjük a jobb minőséget biztosító fotogrammetriai szkennerekkel vagy a kevésbé pontos asztali szkennerekkel. A kiértékelést olyan számítógéppel végezzük, amely alkalmas a nagy adatmennyiséget jelentő digitális képállományok kezelésére és tárolására, valamint rendelkezik a kiértékelési folyamat számos lépését automatizáló szoftverrel. Ezeket a szaknyelv digitális munkaállomásnak nevezi, és gyakran találkozhatunk az angol elnevezés rövidítésével a DPW-vel (Digital Photogrammetric Workstation) is. A térbeli szemléltetés a képernyő elé helyezett sztereoszkóp mellett számos más módon is elérhető. Gyakran alkalmazzák például a folyadékkristályos szemüveges szemléltetést, amikor a bal és a jobb kép váltakozva jelenik meg a képernyőn és egy infrajel segítségével a szemüveg ezzel szinkronban nyit-zár ellentétesen a két szemünk előtt, szétválasztva így a képeket. A váltakozó vetítésnek legalább 30 Hz frekvenciájúnak kell lennie, hogy a képeket folyamatosnak érzékeljük. A digitális kiértékelés végeredménye lehet vektoros vagy raszteres állomány és lehetnek terepi pontok koordinátái digitálisan tárolva. Ezeknek a termékeknek a pontosságát szinte kizárólag a digitális képek pixelmérete, pontosabban annak terepi megfelelője, a **felbontás** határozza meg, mely a számítástechnika fejlődésével napról-napra változik és kápráztat el bennünket. Nem csak az egyre jobb felbontású kamerák jelennek meg a piacon, de a képek feldolgozását szolgáló szoftverek is rohamos ütemben fejlődnek és biztosítanak számos felhasználóbarát megoldást.

6. 1.6 A fényképen tárolt információk

Mind az analóg mind pedig a digitális kép önmagában sok adatot rejt a rajtuk ábrázolt objektumokról, tereprészletről, jelenségről. Kiértékeléskor valamilyen szempont szerint válogatunk ezekből - értékeljük ki a képeket - és jutunk a képen tárolt információkhoz. Ezek a következő típusúak lehetnek:

alaki információk

geometriai információk

fizikai információk

Az **alaki információk** olyan tartalmi jegyei a képnek, amelyek - a kiértékelést gyakran megelőző, kísérő műveletek - a képek nagyítása, kontrasztjuk módosítása esetén nem változnak. Az alaki információkat valamennyi kiértékelési eljárásban hasznosítjuk.

A fotogrammetria számára legfontosabb a **geometriai információ**. A kép és a tárgy közötti matematikai összefüggésből határozzuk meg. Ilyenek a metrikus információk, mint a hely és méret.

A kép **fizikai információit** a képpontok vagy képelemek (analóg vagy digitális esetben) színei és feketedési értékei, hordozzák. Ezekből következtethetünk tárgyak tulajdonságaira, segítségükkel azonosíthatjuk azokat.

Analóg képek esetén a **fényképek információkapacitásán (IC)** a legkisebb leképezhető „pontok méretét” és a mellettük megjeleníthető feketedési fokozatokat értjük. Számítani a felbontóképesség (feloldóképesség) alapján

tudjuk. A **felbontóképesség (R)** az 1 mm-en belül leképezhető és elkülöníthető sötét-világos vonalpárok számát jelenti. Mértéke a vonalpár/mm. Elsődlegesen a fényérzékeny réteget alkotó szemcsék méretétől függ. Egy kép információkapacitását 1 cm²-re megadva az

$$IC=100 \cdot R^2$$

összefüggést kapjuk. Egy teljes analóg kép információtartalma a kép nagyságával arányos.

A **terepre vonatkoztatott információkapacitás** értéke kifejezi a terepi területegységről (hektárról) közvetített információ mennyiségét. Mértékegysége a bit/ha. Mivel a légifelvételeket a kameratengely helyzetétől függő mértékben perspektív torzulás terheli, így a terepi információkapacitás számításánál figyelembe vesszük a kép koordinátatengelyei irányában eltérő méretarányokat és az ugyancsak különböző felbontóképességeket.

A *digitális képeknél* méretarányról nem beszélhetünk, az információkapacitást az analóg képekre megadott módszerrel nem értelmezhetjük. Ezért egy digitális képállomány esetében az egy pixellel lefedett terepi méret, a **geometriai felbontás**, az egyszerre érzékelhető hullámhossz-tartományok száma, a **spektrális felbontás** és a felvevő berendezés által mért sugárzási mező mérési szintjeinek a száma, a **radiometriai felbontás** határozzák meg a képen tárolt információmennyiséget.

7. 1.7 Összefoglalás

Az első modul célja az volt, hogy átfogóan ismertesse a távérzékelési eljárásokat, ezen belül elhelyezze a fotogrammetriát, rámutasson a távérzékelés és a fotogrammetria kapcsolatára. A modulban bemutattuk a különböző képalkotási megoldásokat és a fotogrammetriai kiértékelési módszereket, melyeket a további modulokban ismertetünk részletesen.

Ellenőrző kérdések:

1. Mi a távérzékelés ? /3.oldal/
2. Milyen távérzékelési eljárásokat ismer a hullámhossz-tartományok függvényében?/4.oldal/
3. Miben különbözik a távérzékelés és a fotogrammetria?/16.oldal/
4. Röviden jellemezze az analóg, az analitikus és a digitális fotogrammetriát!/20.oldal/
5. Mit jelent a felbontóképesség analóg és digitális kép esetében?/22.oldal/

Irodalomjegyzék

Csató É.: *Műholdadatok térképészeti alkalmazása*, ELTE, Budapest, 2000

Belényesi M., Kristóf D., Magyar J.: *Távérzékelés a környezetgazdálkodásban, egyetemi jegyzet, Gödöllő*, 2008

Buiten H.- Clevers J.: *Land Observation by Remote Sensing*

Fister F., Gerencsér M., Végső F.: *Fotogrammetria I., Székesfehérvár*, 1984.

Karl Kraus: *Fotogrammetria*, Tertia Kiadó, Budapest, 1998

Kozma- Bognár V.: *Hiperspektrális felvételek mezőgazdasági és környezetvédelmi célú felhasználásának lehetőségei a Keszthelyi térségben*, Debrecen, 2008

Lillasand T. M., Kiefer R.W., Chipman W. J.: *Remote Sensing and Interpretation* John Wiley and Sons, Inc. 2007

Mélykúti G.: *BME Építőmérnöki Kar, Fotogrammetria segédlet*, Budapest, 2004

Mucsi L.: *Műholdas távérzékelés*, Libellus, 2004

A távérzékelés fogalma, a
fotogrammetria és a távérzékelés
kapcsolata

Sárközy F. http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t34a.htm

Verőné Wojtaszek M.: *Távérzékelés, Székesfehérvár, 2007*

<http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/karmutmutato3/karmutm3-2.htm>