



Horváth Lajos

A távérzékelés adatgyűjtő
rendszerei



A követelménymodul megnevezése:
Fotogrammetria feladatai

A követelménymodul száma: 2241-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-001-50



A TÁVÉRZÉKELÉS ADATGYŰJTŐ RENDSZEREI

ESETFELVETÉS

Mit is nevezünk távérzékelésnek?

Állunk az erdő szélén, előttünk egy pipacsmező, csodáljuk a táj szépségét, érezzük a növények illatát, hallgatjuk a természet csodálatos hangjait, és nem is gondoljuk, hogy az érzékszerveink és az agyunk közreműködésével egy tökéletes **távérzékelő rendszert** "működtetünk".

Látószervünk, a szem a detektorai, azaz a retinán található érzékelő sejtek segítségével az elektromágneses sugárzás "látható" tartományban lévő jeleit a látóidegen keresztül az agyunk felé közvetíti, ahol megszületik a pipacsmezőről alkotott kép. Fülünk (a teljes "eszköztárával") közvetíti a madarak, rovarok, a teljes élővilág, valamint a szél által keltett hanghullámokból alakított jeleket az agyunk felé, ahol a rendelkezésre álló információk alapján megszületik a gondolat: hamarosan egy békés pipacsmezőn fogunk áthaladni.

A TÁVÉRZÉKELÉS FOGALMA

Távérzékelés minden olyan tevékenység, ahol a vizsgált objektum, jelenség geometriai, fizikai tulajdonságainak vonatkozásában az információszerzés nem közvetlen fizikai kapcsolat útján történik.

Szűkebb, szakmai értelemben távérzékelésnek a fenti feltételnek megfelelő, adatelemzést, adatfeldolgozást szolgáló adatnyerési eljárásokat nevezzük. A gyakorlatban a távérzékelés fogalmát először a földfelszínt – annak geometriai és fizikai adatainak kinyerése céljából – fényképező, vagy pásztázó, repülőgépre, illetve műholdra szerelt berendezések (szenzorok) által végzett adatnyerési eljárásokra használták.

A távérzékelésen alapuló adatnyerési módszerek néhány szempontból jelentős előnnyel rendelkeznek más módszerekkel szemben. Többek között nagy kiterjedésű, vagy más eljárásokkal nehezen hozzáférhető területekről lehet rövid időn belül nagymennyiségű térbeli és fizikai adathalmazhoz jutni. Az adatsorok reprodukálhatók, az idősoros adatok rövid időn belül újra előállíthatók, segítve ezzel az adatok naprakészségét. Az eljárások során a megfigyelt objektumok fizikai tulajdonságait a módszerek nem befolyásolják, nem módosítják.

Megjegyzés: A szakmai gyakorlatnak megfelelően a tananyagban csak az elektromágneses spektrum által közvetített információk kinyerésére vonatkozó rendszerekkel foglalkozunk.

A TÁVÉRZÉKELÉS FIZIKAI ALAPJAI

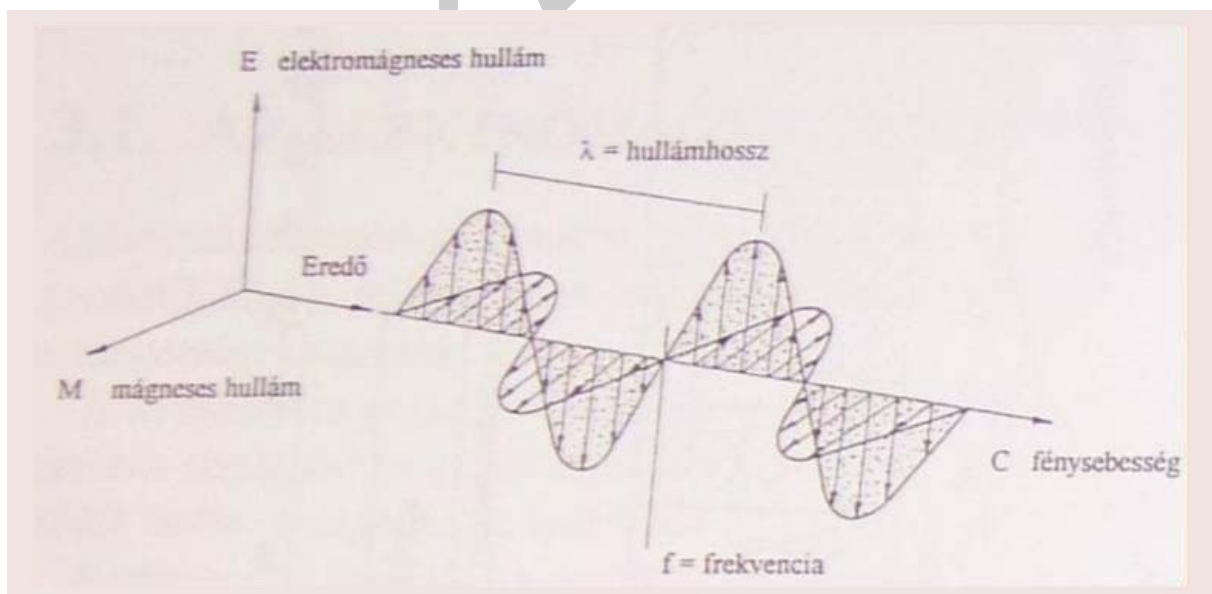
AZ ELEKTROMÁGNESES SUGÁRZÁS

Elektromágneses hullámról akkor beszélünk, amikor az egymással összekapcsolódott **elektromos és mágneses mezők** a térben és az időben, a terjedési irányra és egymásra merőlegesen **együtt terjednek**.

Az elektromágneses hullámok legfontosabb jellemzői:

- a **hullámhossz** (a rezgésmaximumok távolsága) – λ ;
- a hullámsebesség (a rezgésmaximumok terjedési sebessége) – c ;
- a **rezgésszám, vagy frekvencia** (adott pontban, adott időintervallum alatt áthaladó rezgésmaximumok száma) – f .

A hullámsebesség (jelen esetben a fénysebességről beszélünk) állandó, így megállapítható, hogy a hullámhossz (λ) és a rezgésszám (f) között fordított viszony áll fenn: $c = \text{konstans} = f \cdot \lambda$
 $\lambda \Rightarrow f = c / \lambda$.



1. ábra Az elektromágneses sugárzás¹

¹ Forrás: Dr. Engler Péter: Távérzékelés, 16. oldal, 5. ábra

Az elektromágneses sugárzás forrása tekintetében megkülönböztetünk természetes és mesterséges forrásokat.

Természetes sugárforrások például:

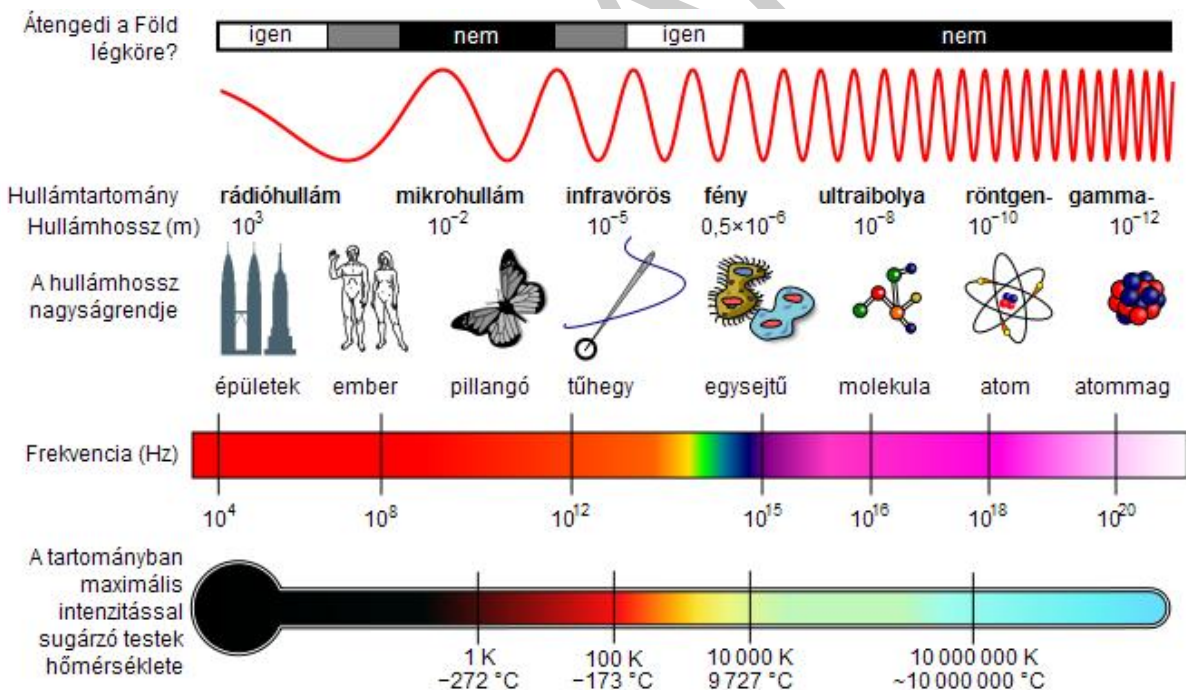
- a Nap;
- az "égbolt";
- a Föld (geotermikus energia).

Mesterséges sugárforrások például:

- az elektromos izzó;
- a radar;
- a lézersugárzás.

AZ ELEKTROMÁGNESES SPEKTRUM

Az elektromágneses sugárzás teljes tartományát **elektromágneses spektrum**nak nevezzük. Ez a tartomány a hullámhossz alapján különböző, jellemző szakaszokra oszlik a rádióhullámtól (hullámhossz $\approx 10^3$ m) a gammasugárzásig (hullámhossz $\approx 10^{-12}$ m).



2. ábra Az elektromágneses spektrum²

² Forrás: http://hu.wikipedia.org/wiki/Elektromágneses_hullám

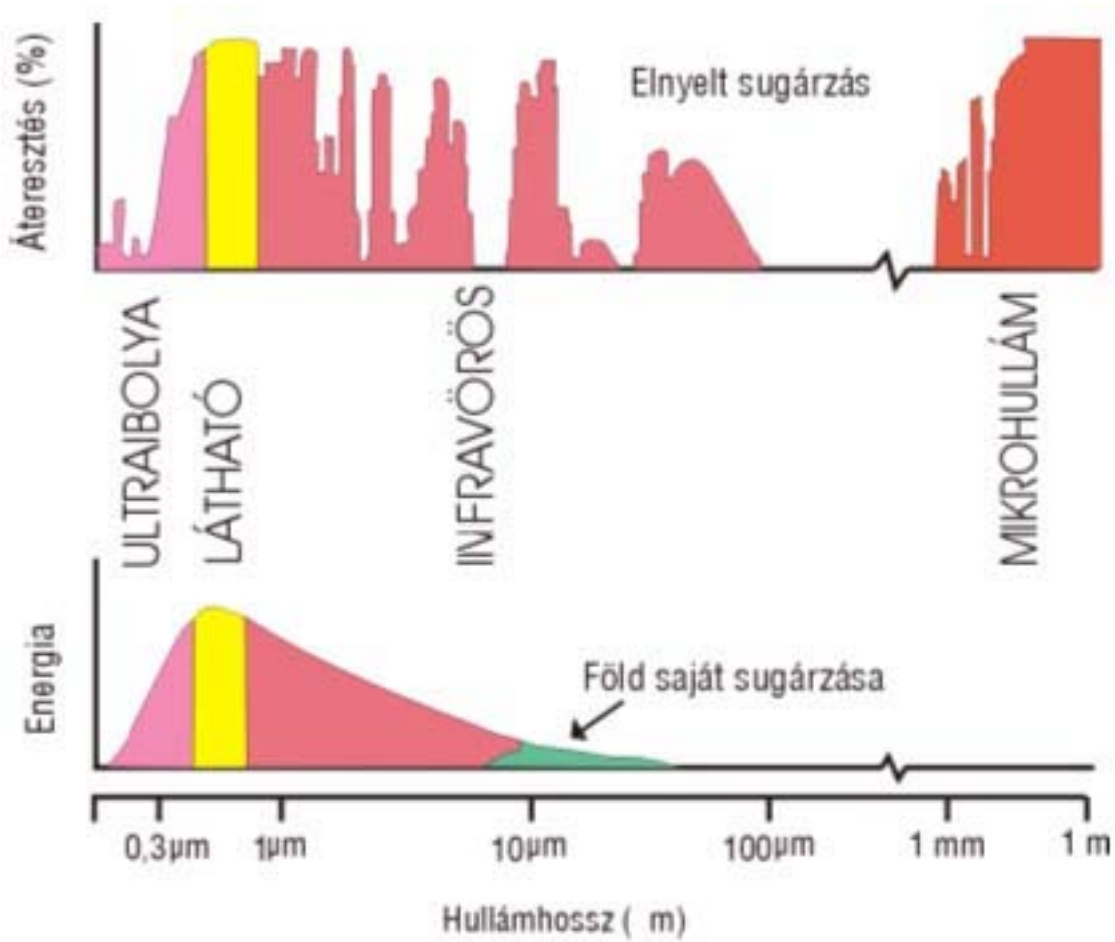
AZ ELEKTROMÁGNESES SUGÁRZÁS TERJEDÉSÉT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A légkör és a víz hatása az elektromágneses sugárzásra

A vizsgált objektum visszavert- és saját elektromágneses sugárzása ideális esetben veszteségek és akadályok nélkül terjedne, de a gyakorlatban a közvetítő közeg, esetünkben jellemzően a légréteg, optikai és egyéb fizikai tulajdonságai miatt a terjedés (akár jelentős mértékben) módosulhat. A **légköri gázok** és egyéb összetevők (páratartalom, szilárd részecskék, molekulák, stb.) a sugárzást **szórják, elnyelik** (abszorpció) és **visszaverik**.

Az elektromágneses sugárzás légkörben történő szóródásának jellemzői és mértéke változó a szóródást előidéző részecske méretétől függően.

A légkört alkotó egyes molekulák jellegzetes abszorpciós hullámhosszokkal rendelkeznek, így következik, hogy az elektromágneses spektrum mely tartományain nem képes a sugárzás a légkörön a szükséges mértékben áthaladni. Az elektromágneses spektrum azon tartományait, ahol a légkör (az abszorpció kismértékű jelenléte miatt) a sugárzást áttereszti, légköri "ablakoknak" nevezzük.



Forrás: CCRS Tutorial

3. ábra Léggöri "ablakok"³

A víz, mint szintén fontos közvetítő közeg, az elektromágneses sugárzással a légkörhöz hasonló módon viselkedik, de a sugárzás áteresztése tekintetében nem azonos tartományokban mutat magas értéket.

A fentiek egybevetése alapján kimutathatók az elektromágneses spektrum azon tartományai, melyeken a Föld jellemzői a távérzékelés módszereivel vizsgálhatók.

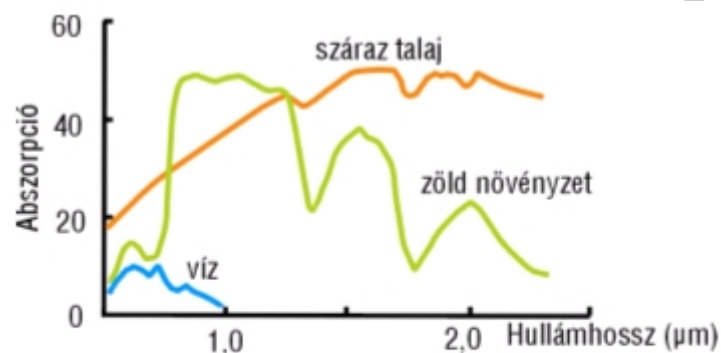
Az elektromágneses sugárzás felszíni visszaverődése

Az elektromágneses sugárzás a **földfelszín eléve** részben **elnyelődik**, részben **visszaverődik (reflexió)**, illetve átlátszó közeg esetén (pl.: víz) részben **áthalad**.

³ Forrás: <http://www.fomi.hu/.../elektromagnesspektrum.htm>

A TÁVÉRZÉKELÉS ADATGYŰJTŐ RENDSZEREI

A visszavert, az elnyelt és az áthaladó elektromágneses energia aránya függ a felszín anyagának típusától és állapotától, valamint az elektromágneses hullám hullámhosszától. Ezek alapján megállapítható, hogy a sugárzás a különböző objektumokról, felszíni formákról a különböző hullámhossz-tartományokban másképpen verődik vissza. Adott objektumnak a hullámhossz függvényében kifejtett spektrális visszaverődési értékeit ábrázoló grafikont **spektrális visszaverődési görbének** (spektrális reflexiógörbének) nevezzük. Ez a grafikon az adott típusú objektum spektrális tulajdonságairól ad tájékoztat, továbbá meghatározza az elektromágneses spektrum azon tartományait, melyekben az objektum távérzékelési módszerrel vizsgálható.



Spektrális görbék

Forrás: CCRS Tutorial

4. ábra Spektrális visszaverődési görbék⁴

A TÁVÉRZÉKELŐ RENDSZEREK CSOPORTOSÍTÁSA

A távérzékelő rendszerek csoportosítása számtalan ismérv alapján lehetséges:

- az érzékelési idő;
- az elektromágneses energia forrása;
- az elektromágneses energia tartományai;
- a vizsgálati eszköz és a vizsgált objektum távolsága;
- a feldolgozás módja alapján.

A szakmai gyakorlatban jellemzően az érzékelési idő és a berendezések által hasznosított elektromágneses energia forrása alapján szokás csoportosítani a távérzékelő rendszereket.

⁴ Forrás: <http://www.fomi.hu/.../elektromagnesesspektrum.htm>

Az érzékelési idő alapján megkülönböztethetők:

- egyidejű képalkotású;
- optikai- és infravörös sugázmérő;
- mikrohullámú távérzékelő rendszerek.



5. ábra Távérzékelő műszerek az érzékelési idő alapján csoportosítva

Az elektromágneses energia forrása alapján megkülönböztethetők:

- aktív;
- passzív működési elvű távérzékelő rendszerek.

A távérzékelő rendszereket a továbbiakban az érzékelési idő alapján történt csoportosításban tárgyaljuk.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Értelmezze a távérzékelés fogalmát és gondolja át a jelentőségét az adatgyűjtő módszerek között!
2. Értelmezze az elektromágneses sugárzás fogalmát és vázolja fel az összetevőit!
3. Tanulmányozza az elektromágneses sugárzás spektrumát és állapítsa meg, hogy a hullámhossz függvényében hány jellemző tartománya van, majd sorolja fel azokat!
4. Hasonlítsa össze az elektromágneses sugárzás viselkedését a légkörben és a földfelszínen!
5. Értelmezze a spektrális visszaverődési görbe jelentőségét a távérzékelésben!
6. Tanulmányozza a távérzékelő rendszerek különböző ismérvek alapján történő csoportosításait, majd sorolja fel azokat!

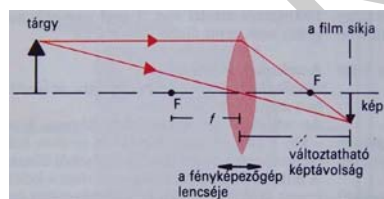
AZ EGYIDEJŰ KÉPALKOTÁSÚ TÁVÉRZÉKELŐ RENDSZEREK

Az egyidejű képalkotású (centrális vetítésű) rendszereknek két fő csoportját különböztetjük meg, a fényképező (optikai) és a televíziós rendszereket.

Mindkét eljárás jóval megelőzte a távérzékelésnek az egyéb módszereken alapuló rendszereit. A fényképezés (fényérzékeny anyag felhasználásával történő képrögzítés) legfőbb előnye az egyidőben, nagy területről történő információszerezés, akár az elektromágneses spektrum infravörös tartományában is. A televíziós rendszerek a fényképező rendszerekhez hasonló jellegű információt gyűjtenek, jellemzően gyengébb felbontásban. Előnyük a fényképező rendszerekhez képest a telemetrikus (távolból történő) adatközlés.

FÉNYKÉPEZŐ RENDSZEREK

Az optikai képalkotás során a fotografiai berendezés az optikai rendszere (lencserendszere) segítségével "rendezi" a sugárnyalábokat, és a képsíkban filmre rögzíti a képet.



6. ábra A fény útja a fényképezőgépben⁵

Az optikai képalkotás (fényképezés) a felvételkedzés helye szerint lehet földi, légi és űrben történő.

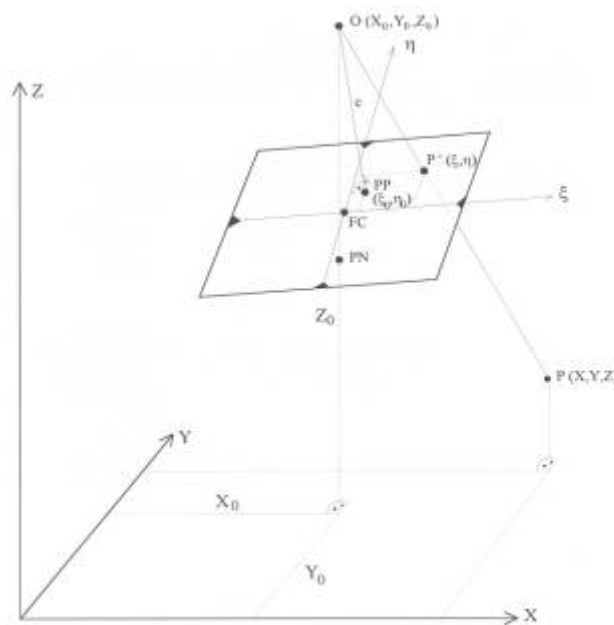
Az optikai képalkotás rendszerei közül a távérzékelés vonatkozásában megkülönböztetjük:

- a fotogrammetriai mérőkamarákat;
- a multispektrális fényképezés eszközeit;
- a sávfényképező kamarákat;
- a panorámakamarákat.

Fotogrammetriai mérőkamarák

⁵ Forrás: Hans Breuer: SH Atlasz Fizika; Springer-Verlag, Budapest, 1993., 158. o.

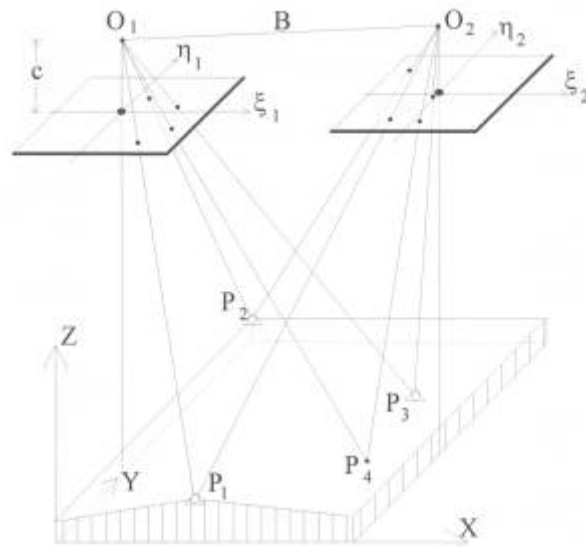
A fotogrammetriai mérőkamarák legfontosabb tulajdonsága az egyszerű, hagyományos fényképezőgépekkel szemben, hogy **a képsík és a fényképezett objektum (terep) geometriai viszonya** (az optikai tengely és a képsík dőléspontja) **pontosan meghatározható**, továbbá a mérőkamarában a képsík és az optikai főpont távolsága ismert. Ezen adatok ismeretében, továbbá a képsíkon a terep magasságkülönbségeiből adódó magasságtorzulások figyelembe vételével egyértelmű összefüggés határozható meg a kép (sztereofotogrammetria esetén képek) és a fényképezett, három dimenziós térben elhelyezkedő objektum között (7. ábra, ahol ξ és η kétdimenziós képkoordináták, X , Y és Z háromdimenziós tárgykoordináták – pl.: EOY-ban).



7. ábra A tárgy- és képpont kapcsolata⁶

Sztereofotogrammetriának nevezzük, amikor – az emberi szem működésének mintájára – a vizsgált objektumról egyidőben, két különböző pontból két felvétel készül. A képek térkiértékeléséhez elengedhetetlen a bázistávolság (a felvételi helyek egymáshoz viszonyított távolságának) ismerete.

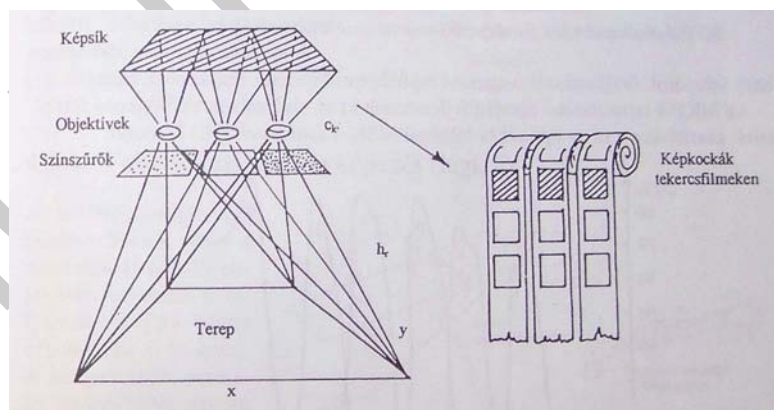
⁶ Forrás: http://www.digitalica.altervista.org/Fotogram.descr.tecnica_.htm



8. ábra A sztereofotogrammetria képelrendezése⁷

Multispektrális fényképezés

Multispektrális fényképezésről akkor beszélünk, amikor a mérőkamarában több (4, 6, esetleg 9) objektív található, melyeknek az optikai tengelyeit a lehető legjobban párhuzamossá teszik egymással, majd az objektívok elé az elektromágneses spektrum látható tartományának (és a közeli infravörös tartományának) kis sávjait átengedő szűrőket helyeznek. Így a vizsgált objektumról egyidőben, az elektromágneses spektrum több tartományában készülnek felvételek, melyek a kiértékelés során számos hasznos információt hordozhatnak.



9. ábra A multispektrális fényképezés elve⁸

⁷ Forrás: http://www.digitalica.altervista.org/Fotogram.descr.tecnica_.htm

⁸ Forrás: Dr. Engler Péter: Távérzékelés, 23. oldal, 11. ábra

Sávfényképező kamarák

A sávfényképező kamarák a képet csak egy szűk résen át eresztik a filmre, ami a repülési iránnyal ellentétes irányban mozog, figyelembe véve a repülés sebességét is. Így a terepről egy tetszőleges hosszúságú, de egy szűk sávra korlátozott képet kapunk. Az eljárás előnye, hogy a hagyományos felvételek szélein lévő torzulások és betakarások így kiküszöbölhetők. Sztereofotogrammetriai módszer alkalmazása során a tereptárgyak magasságkülönbségének meghatározása is lehetséges. Az eljárást, mivel geometriai kiértékelése nehezen kivitelezhető, jellemzően felderítésre, vagy fotointerpretáció céljára használják.

Panorámakamarák

A panorámakamarákban egy forgó tükör és a film előtt a tükörrel együtt mozgó rés segítségével jut a terepről keresztirányban leképezett panorámakép a filmre. Ezzel a módszerrel a képek szélén a különösen nagy látószögű lencserendszerek alkalmazásánál tapasztalható optikai felbontóképesség-csökkenés kiküszöbölhető. Az eljárást, a sávfényképező kamarákhoz hasonlóan felderítésre, vagy fotointerpretáció céljára használják.

TELEVÍZIÓS TÁVÉRZÉKELŐ RENDSZEREK

Vidikonok

A vidikon-rendszerű televíziós kamerák lényege, hogy a kép rögzítése – szemben a fotográfiai eljárásnál használatos filmmel – az objektív síkjában elhelyezkedő fényérzékeny (vidikon) lemez segítségével előállított videójel útján történik.

Felhasználását tekintve a polgári és a katonai vonalon is megjelennek a vidikon-rendszerű kamerák. Alkalmazzák felderítő-műholdakon, robotpilóta által vezetett gépeken, de a technológia megjelenik az "éjjellátó" berendezéseknél is.

Szilícium-diódásor kamerák

A vidikon-rendszerű kamerák spektrális felbontóképességének javítása érdekében alkalmazható szilícium fotóérzékeny réteg, de technikai okokból kifolyólag csak, úgynevezett szilícium-fotodióda sorokban. Ebben az esetben a kamera geometriai felbontóképessége a diódák számának függvényében változik.

Infravörös kamerák

A polgári és katonai távérzékelés területén is szükségessé vált egyes objektumoknak, tereptárgyaknak a hőszugárzásuk jellemzői alapján történő megkülönböztetése. Ennek érdekében a televíziós rendszerű távérzékelő eszközök érzékenységi tartományát kiterjesztették az elektromágneses spektrum infravörös tartományának középső sávjára. Ezen tartományokban a vidikon-rendszerű távérzékelő eszközök már nem alkalmazhatók, az infravörös tartomány érzékelésére az "Irikon" és "Pirikon" kamerákat használják.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

7. Határozza meg az optikai képalkotás rendszereit a távérzékelés vonatkozásában!
8. Vázolja föl és értelmezze egy térbeli koordináta-rendszerben egy terepi pont és az annak megfelelő képpont geometriai viszonyát fotogrammetriai mérőkamara alkalmazása esetén!
9. Vázolja föl és értelmezze egy térbeli koordináta-rendszerben a sztereo-fotogrammetria elvét!
10. Értelmezze a multispektrális fényképezés alapelvét!
11. Foglalja össze és értelmezze a fotogrammetriai mérőkamarák, a sávfényképező kamarák és a panorámakamarák közös és eltérő jellemzőit a működés elve tekintetében!
12. Gondolja végig és sorolja föl a televíziós távérzékelő rendszereket!

OPTIKAI ÉS INFRAVÖRÖS SUGÁRZÁSMÉRŐ RENDSZEREK

Az **optikai és infravörös sugárzásmérők**, szemben a fotografiai eljárásokkal, **egyidőben egyszerre csak egyetlen tereppontról gyűjtenek információt**, azaz a leképezés tekintetében csak egy képpontot rögzítenek.

Az optikai és infravörös sugárzásmérő rendszereket jellemzően két fő csoportra lehet osztani:

- radiométerek;
- spektrométerek.

RADIOMÉTEREK

A radiométerek **nagy területi lefedettséggel**, de a vizsgált objektumról jellemzően csak **kevés információt gyűjtve** működnek, ugyanis az **elektromágneses spektrumnak** csak egy-egy meghatározott, **szűk tartományában érzékelik a sugárzás intenzitását**. A tereppontról beérkező sugárzás az optikai- és szűrőrendszeren keresztül jut az érzékelő detektorra, ami a beérkező impulzust elektromos jellé alakítja. Ezt a jelet közvetlenül képpé lehet alakítani, vagy a későbbi feldolgozás érdekében digitális formában lehet tárolni.

Az elektromágneses spektrum tartományai alapján megkülönböztetünk **fotométereket** (melyek a látható fény tartományában működnek), illetve **infravörös radiométereket**.

A távérzékeléssel nyert információk felhasználási célja alapján megkülönböztetünk **térképező**, valamint **meteorológiai célú** letapogató radiométereket (scannereket), **soros érzékelésű** (pushbroom) radiométereket, továbbá **belső képalkotású** radiométereket (termográfokat).

Térképező radiométerek

A térképező radiométerek (scannerek) működése során egy forgó tükör, vagy prizmarendszer letapogatja a felszínt, majd a sugárzás egy optikai egységen át egy színbontó prizmára, vagy szűrőkre jut. A hullámhossz alapján szétbontott sugárzást több detektor érzékeli. A letapogatás módja szerint megkülönböztetünk keresztirányú, kónuszos, geostacionárius pályáról történő sorirányú, továbbá panorámikus letapogatást. A térképező radiométerek fő felhasználási területe nem a szó szoros értelmében vett térképészet, hanem a vizsgált objektumról (felszínről) való széleskörű információszerzés. A gyakorlatban ezek az eszközök adják a világúrból készült polgári felvételek nagy részét. Alkalmazzák térképészeti műholdakon, űrállomásokon és egyéb, speciális (pl. óceánfigyelő) műholdakon.

Speciális meteorológiai radiométerek

A légkör és a tengerfelszín állapotáról adatokat gyűjtő meteorológiai mesterséges műholdakon 15–20 csatornás radiométereket (meteorológiai scannereket) alkalmaznak, mivel minden légrétegből más–más hullámhosszon kapnak felhasználható információt.

Soros érzékelő radiométerek

A soros érzékelő radiométerek esetében a sorok leképezése nem a letapogató tükör forgásából adódik, hanem a sugárzás az optikán átjutva, az optika fókuszsíkjaiban elhelyezkedő, nagyszámú (akár több ezer) érzékelőből álló detektorsorra jut. Egyrészt így csökkennek a geometriai torzulások, másrészt az elektronikus letapogatás gyorsabb, mint a tükörrendszer mechanikus letapogatása. A soros érzékelős műszerek alapján léteznek a tömbdetektoros radiométerek, amelyekben egyidőben több (akár több száz) detektorsor működik egyidőben.

Belső képalkotású radiométerek

A térképező és meteorológiai radiométerek tükörrendszere a leképezendő terepnek mindig csak egy kis részletét továbbítja a detektorokhoz. A belső képalkotású radiométerek a képet a műszeren belül bontják fel és továbbítják, az általában infravörös tartományban érzékelő detektorhoz. Ezeket a műszereket általában termográfoknak nevezik.

SPEKTROMÉTEREK

A spektrométerek (szemben a már megismert radiométerekkel) **kis területi lefedettséggel**, viszont a vizsgált objektumról jellemzően **sok információt gyűjtve** működnek, ugyanis **az elektromágneses spektrumnak egy szélesebb tartományában érzékelik a sugárzás intenzitását**. A terepontról beérkező sugárzás az optikai- és szűrőrendszeren keresztül jut az érzékelő detektor(ok)ra, ahonnan analóg jel formájában jut tovább feldolgozásra az információ.

A spektrométereket jellemzően a szerkezeti elvük alapján lehet csoportosítani, ami alapján megkülönböztetünk **egyszerű, vagy rács**-spektrométereket, illetve **interferométeres** (Fourier) spektrométereket.

Egyszerű (rács) spektrométerek

A TÁVÉRZÉKELÉS ADATGYŰJTŐ RENDSZEREI

Az egyszerű (rács) spektrométerek működésekor a beérkező sugárzás az optikai rendszeren áthaladva egy prizmára, vagy hajlítórácsra jut, ahol színeire bomlik. A detektor a színeire bontott sugárzás intenzitását méri.

A spektrográf esetében a hajlító rácsrendszerből kilépő sugárnyaláb nem a detektorra, hanem fényérzékeny filmre, vagy vidicon lemezre jut, így egyidőben rögzíthető az egész spektrum.

A korrelációs spektrométer valamely anyagnak a vizsgált területen lévő összanyagmennyiséghez viszonyított százalékos kimutatására alkalmas úgy, hogy a beérkező, spektrumára bontott fényt összevetik a vizsgált anyag spektrumképével.

Interferométeres (Fourier) spektrométerek

Az interferométeres spektrométerek működésekor a beérkező fénysugár egy félig áteresztő tükörrre jut, ahol két részre oszódik. Egy mozgatható és egy álló tükör segítségével a két részre osztott fény interferenciát hoz létre, amelynek következtében keletkezett interferogramot rögzíti a detektor. Az ilyen elven működő műszerek előnye a rácsspektrométerekkel szemben, hogy a mérés gyorsabb, valamint az összes hullámsáv érzékelése a mérési idő alatt. Hátránya a bonyolult számításokon alapuló adat-transzformálás, valamint a szabatos mechanikus tükörmozgás követelménye.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

13. Nézze át az optikai és infravörös sugárzásmérő rendszerek működési elvét, majd vesse össze a fotográfiai eljárásokkal!
14. Vizsgálja meg a radiométerek és a spektrométerek működési elvét, majd mutassa ki a legjellemzőbb működésbeli eltérést!
15. Gondolja végig, majd vázolja föl a radiométerek csoportosítását!
16. Gondolja végig, majd vázolja föl a spektrométerek csoportosítását!

MIKROHULLÁMÚ TÁVÉRZÉKELŐ RENDSZEREK

Az elektromágneses spektrum mikrohullámú tartományában működő eszközöket jellemzően két fő csoportra lehet osztani:

- **passzív** mikrohullámú rendszerek;
- **aktív** mikrohullámú rendszerek.

Ezeket az eszközöket elsősorban az optikai és infravörös távérzékelő rendszerek működésbéli hiányosságainak és korlátainak kiküszöbölése, pótlása érdekében fejlesztették ki. Előnyük az érzékelés idejének napszaktól és időjárás körülményektől való, szinte korlátlan függetlensége.

PASSZÍV MIKROHULLÁMÚ TÁVÉRZÉKELŐ RENDSZEREK

A passzív mikrohullámú rendszerek (mikrohullámú radiométerek) a mikrohullámú antenna karakterisztikájának megfelelő tartományában lévő **vizsgált objektum saját mikrohullámú sugárzását mérik**. Az érzékelés során (hasonlóan az optikai és infravörös sugárzásmérő rendszerekhez) az antenna **egyidőben egyszerre csak egyetlen terepelemről gyűjt információt**, azaz a leképezés tekintetében csak egy képpontot rögzít.

A passzív mikrohullámú rendszerek a hordozó eszköz alatt, az antenna-karakterisztika helyzetének folyamatos változtatásával tapogatták le a terepet, különböző módokon.

A karakterisztika helyzetének megváltoztatására a legegyszerűbb mód közvetlenül az antenna mozgatása, de ez nagy sebességnél a letapogatás sebességének jelentős növekedése, valamint az antenna szerkezetének és helyzetének jellemzői miatt nehezen kivitelezhető.

A fenti probléma kiküszöbölése érdekében kifejlesztették a mechanikai mozgató berendezés nélkül, a fáziseltolás elvén működő, számítógép által vezérelt soros antenna rendszereket.

AKTÍV MIKROHULLÁMÚ TÁVÉRZÉKELŐ RENDSZEREK

Az aktív mikrohullámú rendszerek a saját sugárzó berendezésük által kibocsátott, és a vizsgált objektumról visszavert sugárzást mérik. Elvi felépítésüket tekintve, jellemzően egy mikrohullámú adó-vevő antennából és egy jelfeldolgozó egységből állnak. Két fő csoportjuk:

- a radarok;
- a scatterométerek (visszaverődés-mérők).

Radarok

A radarberendezések általában síknyalábú antenna-karakterisztikával működő mikrohullámú berendezések. Működésükre jellemző, hogy az érzékelt objektumról visszavert sugárzásnak a futási idejét, fázisát, intenzitását mérik.

A magasságmérő radarok, vagy más néven altiméterek a hordozó járműből impulzust bocsájtanak a felszínre, majd a visszaverődő jel futási idejét mérve meghatározzák a terep feletti magasságukat. Célját tekintve a magasságmeghatározás lehet térképészeti (ebben az esetben szükséges a hordozó jármű adott viszonyítási rendszerben lévő helyzetének ismerete), vagy navigációs.

A TÁVÉRZÉKELÉS ADATGYŰJTŐ RENDSZEREI

A térképező radarokat, más néven képképző radarberendezéseket összefoglaló néven oldalra néző radaroknak nevezik. A valós nyílásfelületű radaroknál a hordozó eszköz oldalirányban mikrohullámú impulzusokat bocsát ki. A terepről visszaverődő jeleket a vevőegység az idő függvényében folyamatosan rögzíti. Az összetett nyílásfelületű radarok a terepről visszaverődő jelsorozat fázisát is mérik. A holografikus-rendszerek a terepről visszaverődő impulzust egy elemi antennából álló soros-antenna érzékeli. Minden jelet kapott terepelem mindegyik elemi antenna jelalkotásában részt vesz, így gyakorlatilag sávonként hologram keletkezik, amiből a kép visszaállítható. A térképező radarokat a vizsgált objektum fizikai paramétereinek meghatározására, továbbá topográfiai felszín leképezésére használják a napszaktól és az időjárási viszonyoktól függetlenül.

A felderítő radarok alapelve a jeladás, visszaverődés és vétel folyamata. Létezik parabola-, vonalas-, illetve rácsantennás megoldása.

Scatterométerek (visszaverődés-mérők)

A scatterométerek működése során a terepi objektumra különböző szögben beérkező, majd onnan visszaverődő sugárzást érzékelik és vizsgálják. Legegyszerűbb változata egy hagyományos radar berendezés karakterisztikáját tartja mechanikusan ugyanazon a terepi ponton. Kifinomultabb és érzékenyebb változatainál az állandó karakterisztika mellett kibocsátott, modulált jelek utólagos feldolgozása során válogatják le az azonos terepi objektumról visszaverődött sugárzást.

A scatterométereiket elsősorban a radarfelvételek kalibrációjára alkalmazzák, azaz, hogy egy terepi objektumról különböző szögben beérkező, majd visszaverődő jelek milyen tónussal jelennek meg, segítve ezzel a különböző jellemzőkkel rendelkező tereptárgyak beazonosíthatóságának lehetőségét.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

17. Nézze át a mikrohullámú távérzékelő rendszerek működési elvét, majd a legjellemzőbb működésbeli eltérés alapján hasonlítsa össze a passzív és aktív rendszereket!
18. Nézze át az aktív mikrohullámú eszközöket, majd sorolja föl a radarok főbb típusait.
19. Vizsgálja meg a radarok és a scatterométerek működési elvét, majd mutassa ki a legjellemzőbb működésbeli eltérést!

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Sorolja fel az elektromágneses hullámok legfontosabb jellemzőit!

2. feladat

Mit nevezünk légköri ablakoknak?

3. feladat

Sorolja fel a távérzékelő rendszerek csoportosításának lehetséges szempontjait!

4. feladat

Sorolja fel az érzékelési idő alapján megkülönböztethető távérzékelő rendszereket!

5. feladat

Sorolja fel a távérzékelés vonatkozásában az optikai képalkotás rendszereit!

6. feladat

Írja le a fotogrammetriai mérőkamarák legfontosabb tulajdonságát az egyszerű, hagyományos fényképezőgépekkel szemben!

7. feladat

Írja le, mit nevezünk multispektrális fényképezésnek!

8. feladat

Írja le, mit nevezünk sztereofotogrammetriának!

9. feladat

Sorolja fel a televíziós távérzékelő rendszerek fő típusait!

10. feladat

Írja le, mi a fő működésbeni jellemzője az optikai és infravörös sugárásmérő rendszereknek!

11. feladat

Írja le a radiométerek fő működési elvét!

12. feladat

Sorolja fel a radiométerek főbb típusait!

13. feladat

Írja le a spektrométerek fő működési elvét!

14. feladat

Sorolja fel a spektrométerek főbb típusait!

15. feladat

Írja le, hogy elsősorban milyen célból fejlesztették ki a mikrohullámú távérzékelő rendszereket!

16. feladat

Írja le, hogy mi az előnyük a mikrohullámú távérzékelő rendszereknek!

17. feladat

Írja le a passzív mikrohullámú távérzékelő rendszerek működési elvét!

18. feladat

Írja le az aktív mikrohullámú távérzékelő rendszerek fő működési elvét és a főbb típusait!

19. feladat

Írja le a radarok fő működési elvét és a főbb típusait!

20. feladat

Írja le a scatterométerek fő működési elvét!

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Sorolja fel az elektromágneses hullámok legfontosabb jellemzőit!

- a hullámhossz (a rezgésmaximumok távolsága) – λ ;
- a hullámsebesség (a rezgésmaximumok terjedési sebessége) – c ;
- a rezgésszám, vagy frekvencia (adott pontban, adott időintervallum alatt áthaladó rezgésmaximumok száma) – f .

2. feladat

Mit nevezünk légköri ablakoknak?

A légkört alkotó egyes molekulák jellegzetes abszorpciós hullámhosszokkal rendelkeznek, így következik, hogy az elektromágneses spektrum mely tartományain nem képes a sugárzás a légkörön a szükséges mértékben áthaladni. Az elektromágneses spektrum azon tartományait, ahol a légkör (az abszorpció kismértékű jelenléte miatt) a sugárzást áttereszti, légköri "ablakoknak" nevezzük.

3. feladat

Sorolja fel a távérzékelő rendszerek csoportosításának lehetséges szempontjait!

- az érzékelési idő;
- az elektromágneses energia forrása;
- az elektromágneses energia tartományai;
- a vizsgálati eszköz és a vizsgált objektum távolsága;
- a feldolgozás módja alapján.

4. feladat

Sorolja fel az érzékelési idő alapján megkülönböztethető távérzékelő rendszereket!

- egyidejű képalkotású;
- optikai- és infravörös sugárzásmérő;
- mikrohullámú távérzékelő rendszerek.

5. feladat

Sorolja fel a távérzékelés vonatkozásában az optikai képalkotás rendszereit!

Az optikai képalkotás rendszerei közül a távérzékelés vonatkozásában megkülönböztetjük:

- a fotogrammetriai mérőkamarákat;
- a multispektrális fényképezés eszközeit;
- a sávfényképező kamarákat;
- a panorámakamarákat.

6. feladat

Írja le a fotogrammetriai mérőkamarák legfontosabb tulajdonságát az egyszerű, hagyományos fényképezőgépekkel szemben!

A fotogrammetriai mérőkamarák legfontosabb tulajdonsága az egyszerű, hagyományos fényképezőgépekkel szemben, hogy **a képsík és a fényképezett objektum (terep) geometriai viszonya** (az optikai tengely és a képsík dőléspontja) **pontosan meghatározható**, továbbá a mérőkamarában a képsík és az optikai fókusz távolsága ismert. Ezen adatok ismeretében, továbbá a képsíkon a terep magasságkülönbségeiből adódó magasságtorzulások figyelembe vételével egyértelmű összefüggés határozható meg a kép (sztereofotogrammetria esetén képek) és a fényképezett, három dimenziós térben elhelyezkedő objektum között.

7. feladat

Írja le, mit nevezünk multispektrális fényképezésnek!

Multispektrális fényképezésről akkor beszélünk, amikor **a mérőkamarában több** (4, 6, esetleg 9) **objektív található**, melyeknek az optikai tengelyeit a lehető legjobban párhuzamosra teszik egymással, majd az objektívok elé az elektromágneses spektrum látható tartományának (és a közeli infravörös tartományának) kis sávjait átengedő szűrőket helyeznek. Így **a vizsgált objektumról egyidőben, az elektromágneses spektrum több tartományában készülnek felvételek**, melyek a kiértékelés során számos hasznos információt hordozhatnak.

8. feladat

Írja le, mit nevezünk sztereofotogrammetriának!

Sztereofotogrammetriának nevezzük, amikor – az emberi szem működésének mintájára – **a vizsgált objektumról egyidőben, két különböző pontból két felvétel készül.** A képek térkiértékeléséhez elengedhetetlen a bázistávolság (a felvételi helyek egymáshoz viszonyított távolságának) ismerete.

9. feladat

Sorolja fel a televíziós távérzékelő rendszerek fő típusait!

- vidikonok;
- szilícium–diódasor kamerák;
- infravörös kamerák.

10. feladat

Írja le, mi a fő működésbeni jellemzője az optikai és infravörös sugázmérő rendszereknek!

Az **optikai és infravörös sugázmérők**, szemben a fotografiai eljárásokkal, **egyidőben egyszerre csak egyetlen tereppontról gyűjtenek információt**, azaz a leképezés tekintetében csak egy képpontot rögzítenek.

11. feladat

Írja le a radiométerek fő működési elvét!

A radiométerek **nagy területi lefedettséggel**, de a vizsgált objektumról jellemzően csak **kevés információt gyűjtve** működnek, ugyanis **az elektromágneses spektrumnak** csak egy-egy meghatározott, **szűk tartományában érzékelik a sugárzás intenzitását.** A tereppontról beérkező sugárzás az optikai- és szűrőrendszeren keresztül jut az érzékelő detektorra, ami a beérkező impulzust elektromos jellé alakítja. Ezt a jelet közvetlenül képpé lehet alakítani, vagy a későbbi feldolgozás érdekében digitális formában lehet tárolni.

12. feladat

Sorolja fel a radiométerek főbb típusait!

A távérzékeléssel nyert információk felhasználási célja alapján megkülönböztetünk **térképező**, valamint **meteorológiai célú** letapogató radiométereket (scannereket), **soros érzékelésű** (pushbroom) radiométereket, továbbá **belső képkalkotású** radiométereket (termográfokat).

13. feladat

Írja le a spektrométerek fő működési elvét!

A spektrométerek **kis területi lefedettséggel**, viszont a vizsgált objektumról jellemzően **sok információt gyűjtve** működnek, ugyanis **az elektromágneses spektrumnak egy szélesebb tartományában érzékelik a sugárzás intenzitását**. A terepontról beérkező sugárzás az optikai- és szűrőrendszeren keresztül jut az érzékelő detektor(ok)ra, ahonnan analóg jel formájában jut tovább feldolgozásra az információ.

14. feladat

Sorolja fel a spektrométerek főbb típusait!

A spektrométereket jellemzően a szerkezeti elvük alapján lehet csoportosítani, ami alapján megkülönböztetünk **egyszerű**, **vagy rács**-spektrométereket, illetve **interferométeres** (Fourier) spektrométereket.

15. feladat

Írja le, hogy elsősorban milyen célból fejlesztették ki a mikrohullámú távérzékelő rendszereket!

A mikrohullámú távérzékelő rendszereket elsősorban az optikai és infravörös távérzékelő rendszerek működésbéli hiányosságainak és korlátainak kiküszöbölése, pótlása érdekében fejlesztették ki.

16. feladat

Írja le, hogy mi az előnyük a mikrohullámú távérzékelő rendszereknek!

Előnyük az érzékelés idejének napszaktól és időjárási körülményektől való, szinte korlátlan függetlensége.

17. feladat

Írja le a passzív mikrohullámú távérzékelő rendszerek fő működési elvét!

A passzív mikrohullámú rendszerek (mikrohullámú radiométerek) a mikrohullámú antenna karakterisztikájának megfelelő tartományában lévő **vizsgált objektum saját mikrohullámú sugárzását mérik**. Az érzékelés során (hasonlóan az optikai és infravörös sugázmérő rendszerekhez) az antenna **egyidőben egyszerre csak egyetlen terepelemről gyűjt információt**, azaz a leképezés tekintetében csak egy képpontot rögzít.

18. feladat

Írja le az aktív mikrohullámú távérzékelő rendszerek fő működési elvét és a főbb típusait!

Az aktív mikrohullámú rendszerek a saját sugárzó berendezésük által kibocsátott, és a vizsgált objektumról visszavert sugárzást mérik. Elvi felépítésüket tekintve, jellemzően egy mikrohullámú adó-vevő antennából és egy jelfeldolgozó egységből állnak. Két fő csoportjuk:

- a radarok;
- a scatterométerek (visszaverődés-mérők).

19. feladat

Írja le a radarok fő működési elvét és a főbb típusait!

A radarberendezések általában síknyalábú antenna-karakterisztikával működő mikrohullámú berendezések. Működésükre jellemző, hogy az érzékelt objektumról visszavert sugárzásnak a futási idejét, fázisát, intenzitását mérik.

- magasságmérő radarok, vagy más néven altiméterek;
- térképező radarok, más néven oldalra néző radarok;
- felderítő radarok.

20. feladat

Írja le a scatterométerek fő működési elvét!

A scatterométerek működése során a terepi objektumra különböző szögben beérkező, majd onnan visszaverődő sugárzást érzékelik és vizsgálják. Legegyszerűbb változata egy hagyományos radar berendezés karakterisztikáját tartja mechanikusan ugyanazon a terepi ponton. Kifinomultabb és érzékenyebb változatainál az állandó karakterisztika mellett kibocsátott, modulált jelek utólagos feldolgozása során válogatják le az azonos terepi objektumról visszaverődött sugárzást.

MUNKKANYAG

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Dr. Winkler Gusztáv: Információgyűjtő módszerek a távérzékelésben; Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1991.

Dr. Engler Péter: Távérzékelés; Agrárszakoktatási intézet, Budapest, 2000.

Detrekői Ákos – Szabó György: Térinformatika; Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Karl Kraus: Fotogrammetria; Tertia Kiadó, Budapest, 1998.

<http://www.fomi.hu>

<http://www.fao.org/docrep/003/t0355e/t0355e00.htm>

AJÁNLOTT IRODALOM

Hans Breuer: SH Atlasz Fizika; Springer-Verlag, Budapest, 1993.

Almár Iván – Both Előd – Horváth András és munkatársaik: SH Atlasz Űrtan; Springer-Verlag, Budapest, 1996.

A(z) 2241-06 modul 001-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:

15 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