



A projekt az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg (támogatási szerződés száma TÁMOP 4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0003)

A LÉGI HIPERSPEKTRÁLIS TÁVÉRZÉKELÉS

SZAKDOLGOZAT
FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK
TÉRKÉPÉSZ-GEOINFORMATIKUS SZAKIRÁNY

Készítette: Deli Zsófia

Témavezető: Mészáros Csaba

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudomány Intézet
Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék
Budapest, 2010

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 | <i>BEVEZETÉS</i> | 3 |
| 1.1 | A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA | 3 |
| 1.2 | A DOLGOZAT CÉLKITŰZÉSE..... | 3 |
| 2 | <i>A TÁVÉRZÉKELÉS</i> | 4 |
| 2.1 | TÁVÉRZÉKELÉS KIALAKULÁSA, TÖRTÉNETE | 4 |
| 2.2 | TÁVÉRZÉKELÉS FOGALMA ÉS CSOPORTOSÍTÁSA | 10 |
| 2.3 | A TÁVÉRZÉKELÉS FIZIKAI HÁTTERE..... | 14 |
| 3 | <i>A FÖLDRAJZI INFORMÁCIÓS RENDSZER</i> | 18 |
| 3.1 | A GEOINFORMATIKA MEGHATÁROZÁSA..... | 18 |
| 3.2 | A FÖLDRAJZI INFORMÁCIÓS RENDSZER ÉS A TÁVÉRZÉKELÉS KAPCSOLATA..... | 20 |
| 4 | <i>HIPERSPEKTRÁLIS TÁVÉRZÉKELÉS</i> | 21 |
| 4.1 | A HIPERSPEKTRÁLIS, MINT AZ EGYIK MODERN TÁVÉRZÉKELÉSI TECHNOLÓGIA | 21 |
| 4.2 | A HIPERSPEKTRÁLIS SZENZOROK MŰKÖDÉSE..... | 22 |
| 4.3 | A HIPERSPEKTRÁLIS SZKENNEREK | 24 |
| 4.4 | A HIPERSPEKTRÁLIS TÁVÉRZÉKELÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETEI..... | 28 |
| 5 | <i>BEFEJEZÉS</i> | 34 |
| 5.1 | IRODALOMJEGYZÉK | 34 |
| 5.2 | ÁBRA ÉS TÁBLÁZATJEGYZÉK | 37 |
| 5.3 | KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS | 39 |

1 BEVEZETÉS

1.1 A témaválasztás indoklása

A földtudományi alapszakon, ezen belül is térképész szakirányon három év tanulmányai alatt igen sok területre sikerült betekintést nyernem, éppen ezért nehéz volt számomra eldönteni, hogy a földtudományoknak, azon belül is a térképészetnek, melyik területével szeretnék komolyabban foglalkozni. Megismerkedtem a debreceni kötődésű EnviroSense cég munkájával, akik légi szenzorokkal készítenek felvételeket és azokat dolgozzák fel. Nagyon felkeltette az érdeklődésemet ez az új technológia, így esett a hiperspektrális távérzékelés témakörére a választásom.

1.2 A dolgozat célkitűzése

A dolgozat célja egy általános bemutatása és a távérzékelésben való elhelyezése a hiperspektrális technológiának. Először a távérzékelés alapvető, a hiperspektrális módszer megértéséhez elengedhetetlen fogalmait ismertetem, ezután a földrajzi információs rendszerrel való kapcsolatát, majd a hiperspektrális távérzékelés alapvető, általános bemutatása következik.

2 A TÁVÉRZÉKELÉS

2.1 TÁVÉRZÉKELÉS KIALAKULÁSA, TÖRTÉNETE

A távérzékelés története tágabb értelemben egészen az 1700-as évek elejéig nyúlik vissza, amikor feltalálták a hőlégballont, majd 1783-ban első alkalommal emelkedtek a magasba vele. A következő lépcsőfok a fényképezés feltalálása volt 1839-ben, mely elsősorban Joseph Nicéphore Niépce, Louis Jacques-Mandé Daguerre és William Henry Fox Talbot nevéhez köthető. Francois Arago, a Párizsi Csillagvizsgáló Intézet igazgatója, már 1840-ben is támogatta a légi fényképezés használatát a térképi felmérésekhez. Azonban egészen 1858-ig várni kellett az első légi felvétel elkészüléséhez, melyet Gaspard Felix Tournachon fényképezett 80 méteres magasságból.

A fényképezés technikáját már az 1900-as évek körül odáig fejlesztették, hogy kisebb kamerát, gyorsabb lencsét és filmet tudtak alkotni, így lehetővé vált, hogy a légi felvételeket sokkal kisebb



„platformokról”
készítsék, úgymint

1. ábra
Aronoff, 2005

papírsárkányok és galambokra rögzítette kamerákról (1. ábra). A hőlégballonról készített fényképeket már 1862-ben hasznosították katonai célokra, az Amerikai Polgárháborúban. Az 1900-as évek elején a repülőgépek kifejlesztése miatt a hőlégballonok szerepe viszonylag háttérbe szorult. Az első repülőgépről készült légi felvételt George R. Lawrence 1906-ban készítette. Az első és a második világháborúban a légi felvételek felhasználása nagy szerepet játszott az ellenséges

haderőkről való információszerzésben. A távérzékelés történetében igazán nagy ugrásnak számított a földi légkör elhagyása, az űrhajózás. Az első utakra még nem vittek fényképezőgépet, de 1965-től a Gemini típusú űrhajók programjába már beillesztették a Föld felszínéről való folyamatos fényképezést. A szűkebb értelemben vett távérzékelés története az első műhold pályára állításával kezdődött 1957-ben. Az első műholdakat meteorológiai műholdprogramok keretében állították geoszinkron vagy poláris, közel-poláris pályára. Ezeknek a műholdaknak a használata mára már rég túlhaladt az egyszerű meteorológiai jelenségek megfigyelésén és előrejelzésén, nagy segítséget nyújtanak a napjainkban nagy problémát jelentő klímaváltozás hatásainak vizsgálatában vagy akár egy természeti katasztrófa előrejelzésében. A NASA a korai távérzékelés eredményein felbuzdulva az amerikai Belügyminisztériummal karöltve elkezdett kidolgozni egy földmegfigyelési műholdsorozatot. Az első polgári, azaz mindenki által elérhető termékeket előállító műhold fellövésére 1972-ben került sor, melyet akkor ERTS-nek neveztek el, a hat műholdra tervezett program első tagjaként, amit három évvel később Landsat-1-nek kereszteltek át. A Landsat-1 műhold napszinkron pályára lett állítva, rendszere több hullámsávú, multispektrális érzékelő, amely négy-öt spektrumban érzékeli a földfelszínről érkező, látható és közeli infravörös sugarakat. Az amerikai kezdeményezés után 1978-ban a Francia Nemzeti Űrkutatási Központ vezetésével a francia kormány is elkezdte egy műholdas földmegfigyelési program kidolgozását, mely a SPOT (Systeme Pour l'Observation de la Terre) nevet kapta. A Landsat műholdak „után” 1986 és 2002 között a SPOT program keretében, mely később nemzetközivé bővült, öt darab műholdat állítottak a Landsat sorozathoz hasonlóan cirkuláris, közel-poláris, napszinkron pályára.

Az akkori Szovjetunió 1985-ben megindította Resurs műholdsorozatát, melynek ugyancsak nem volt közvetlen katonai alkalmazása, hanem elődjeihez hasonlóan célja a földi erőforrások kutatása volt a távérzékelés technológiájával. Az orosz sorozat keretében 4 műholdat állítottak pályára 1985-től kezdve egészen 1998-ig.

Szintén a NASA által fejlesztett műholdprogram az EOS, melynek már 4 műholdja gyűjti az adatokat és 14 további műhold pályára állítását tervezik.

Az alábbi táblázatban, mely a Remote Sensing of the Environment című könyv első fejezetében található meg, a távérzékelés nagyobb mérföldkövei láthatóak egészen az 1600-as évektől napjainkig.

1600-1700

1687- Sir Isaac Newton a mechanika alapvető törvényeit összegezi és publikálja a Principa tanulmányában.

1800

1826- Joseph Nicéphore Niépce elkészíti az első fényképet

1839- Louis M. Daguerre feltalálja a dagerrotípiát

1839- William Henry Fox Talbot feltalálja a „pozitív-negatív” fényképezési eljárást

1855- James Clerk Maxwell a színes technikát

1858- Gaspard Felix Tournachon légi felvételt készít egy hőlégballonról

1860-as évek- James Clerk Maxwell közzé teszi a teóriáját az elektromágneses hullámokról

1867- A fotográfiát felhasználják a kiadott művekben

1900

1903- A Wright fivérek feltalálják a repülőt (dec. 17.)

1903- Alfred Maul szabadalmaztat egy fényképezőt, amivel rakétából lehet fényképezni

1910

1910- Ausztriában megalapítják a Fotogrammetria Nemzetközi Társaságát (ISP)

1913- Az ISP első nemzetközi konferenciája

1914-től 1918-ig- első világháborús felderítések fényképek segítségével

1920

1920-tól 1930-ig- Növekszik a polgári fényképezés és a fotogrammetria

1926- Robert Goddard feltalálja a folyékony hajtóanyaggal működő rakétát

1930

1934- Megalakul a Fotogrammetria Amerikai Társasága (ASP)

1939-től 1945-ig- A második világháború alatt a fotó felderítés fejlődik

1940

1940-es évek- Feltalálják a RADAR-t

1940-es évek- Németország kifejleszti a sugárhajtású repülőgépet

1942- A Kodak kifejleszti az első hamisszines infravörös filmet

1942- Elindítják a német U-2 rakétát Werner VonBraun fejlesztésében

1950

1950-es évek- A hadsereg bevezeti a hőérzékelős infravörös távérzékelőt

1950- A koreai háborúban légi felderítés történik

- 1954- A Westinghouse cég kifejleszti az első oldalra tekintő légi radar rendszert
- 1955-től 1956-ig- Az amerikai Genetrix hőlégballon felderítő programja
- 1956-től 1960-ig- A CIA U-2-es légi felderítő programja
- 1957- A Szovjetunió elindítja a Sputnik műholdat
- 1958- Az USA elindítja az Explorer-1 műholdat

1960

- 1960-as évek- Michiganban, Ann Arborban megtartják az első nemzetközi szimpóziumot a környezeti távérzékelésről
- 1960-as évek- A Purdue Laboratóriumban működésbe lép a mezőgazdasági távérzékelés
- 1960-as évek- A Berkeley Egyetemen kifejlesztik az erdészeti távérzékelést
- 1960-as évek- ITC-Delft bevezeti a fotogrammetrikus oktatást a külföldi diákoknak
- 1960-as évek- A LARS bevezeti a digitális képalkotást
- 1960-as évek- A radar és a termális infravörös szenzorok osztályozása
- 1960-1972- Az Egyesült Államok COEONA kéműhold programja
- 1960- Megjelenik a Manual of Photo-interpretation című könyv
- 1960- Bevezeti a távérzékelés fogalmát Evelyn Pratt és más Tengerészeti Kutatásokban dolgozó alkalmazottak az amerikai hivatalnál
- 1961- Yuri Gagarin az első ember az űrben
- 1961-1963- Merkút űrprogram
- 1962- Kubai válság, az U-2-es felvételeket megmutatják a nyilvánosságnak
- 1964- Lyndon Johnson elnök sajtóbeszédében megemlíti a SR-71-et
- 1965-től 1966-ig- Gemini űrprogram
- 1965- ISPRS Fotogrammetriai és Távérzékelési folyóirat
- 1969- Megjelenik a távérzékelés környezeti felhasználása

1970

- 1970-es, 1980-as évek- Lehetőség nyílik az egyetemeken a távérzékelésre szakosodni
- 1970-es évek- Fejlődik a digitális képalkotás
- 1970-es évek- A távérzékelés összekapcsolódik a földrajzi információs rendszerrel
- 1972- A NASA elindítja az ERTS-1 műholdat
- 1973- 1979- A NASA Shylab programja
- 1973- Elindul a Kanadai Távérzékelő Folyóirat
- 1975- Elindítják az ERTS-2 műholdat
- 1975- A távérzékelés kézikönyve című könyv megjelenik
- 1977- Az Európai Űrügynökség elindítja a METEOSAT-1 műholdat
- 1978- A NASA elindítja a Landsat-3-at
- 1978- A NIMBUS 7 elindul
- 1978- A TIROS-4 útnak indul AVHRR szenzorral
- 1978- A NASA útnak indítja a SEASAT-ot

1980

- 1980-as évek- Több, mint 500 tagúra növekszik az AAG Távérzékelési speciális csoport
- 1980- Megalakul az ISP Nemzetközi Fotogrammetriai és Távérzékelési Társaság
- 1980- Megalakul az Európai Űrügynökség (ESA)
- 1981- Az első Távérzékelési és Geotudományi Szimpózium
- 1981- A NASA elindítja az STS-1 űrsikló programot
- 1981- A NASA elindítja a STS-A űrsiklót
- 1982- A Landsat 4 hőtérfkép készítő elindul
- 1983- A Manual of Remote Sensing című könyv második kiadása
- 1984- A Landsat 5 hőtérfkép készítő elindul
- 1984- A NASA elindítja a SIR-B űrsiklót
- 1986- SPOT 1 műhold elindul

1990

- 1990-es évek- Lehetővé válik az egyetemi végzettség megszerzése távérzékelésből
- 1990-es évek- A NASA segíti a polgári távérzékelést
- 1990-es évek- A hiperspektrális és a LIDAR rendszerek használata növekszik
- 1990- A SPOT 2 útnak indul
- 1991- A NASA elindítja az „Mission of Planet Earth” programját
- 1991- ERS-1 útnak indul
- 1992- Törvénybe hozzák az USA Szárazföldi Távérzékelési Megállapodását
- 1993- A Landsat 6 nem éri el a pályáját
- 1993- A SPOT 3 útnak indul
- 1993- A NASA elindítja a SIR-C űrsiklót
- 1995- A kanadai RADARSAT-1 útnak indul
- 1995- Az európai ERS2 útnak indul
- 1995- Az indiai IRS-IC útnak indul
- 1996- A Manual of Photographic Interpretation
- 1997- Az Earlybird nem éri el a pályáját
- 1998- SPOT 4 elindul
- 1999- Megjelenik a Manual of Remote Sensing című kézikönyv
- 1999- A Landsat 7 ETM⁺ útnak indul
- 1999- Az IKNOS nem éri el a pályáját
- 1999- Az IKONOS2 útnak indul
- 1999- A Terra Earth figyelő rendszer útnak indul
- 1999- ImageSat műhold útnak indul

2000-2006

- 2000- Bevezetik az Új Millennium programot (NASA)

- 2001- QuickBird műhold útnak indul
- 2002- Az Aqua Earth figyelőrendszer elindul
- 2002- ENVISAT műholdat elindítják
- 2002- Bevezetik a tárgyorientált kép szegmentációs algoritmust
- 2003- OrbView 3 műhold elindul
- 2005- A Google Earth adatokat szolgáltat a DigitalGlobe és a Landsat TM-nek
- 2006- Az ORDIMAGE megvásárolja a Space Imaging-et és megváltoztatja a nevét ClaoBye-ra

1. táblázat
A távérzékelés története

Mint láthatjuk a távérzékelésnek már meg van a maga múltja, de még éppen csak kinőtte a gyerekcipőt, hisz közel sincs minden lehetősége kihasználva, talán már mondhatjuk, hogy beépült mindennapi életünkbe, felhasználási lehetőségeinek térhódítása vitathatatlan, főleg újabb technológiáinak szaporodásával és terjedésével.

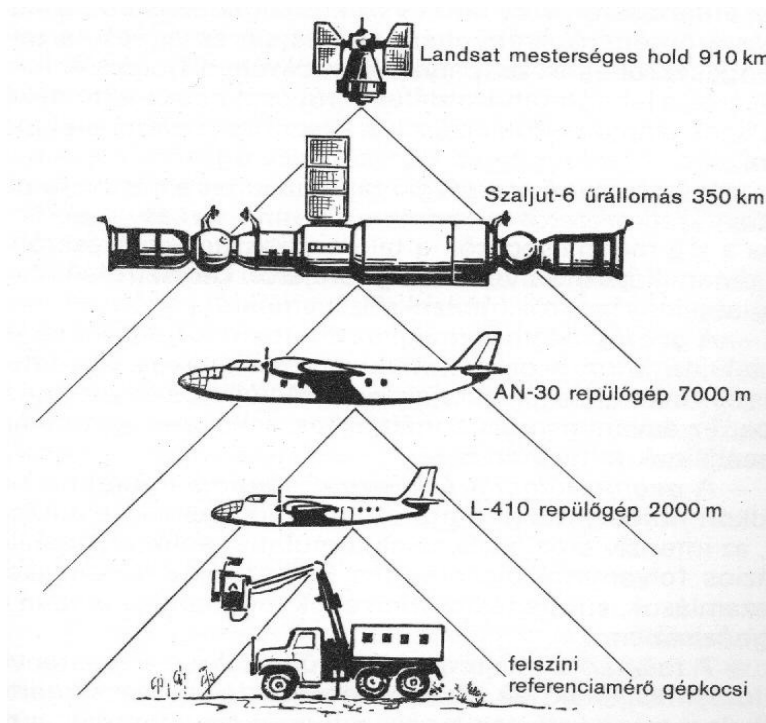
2.2 TÁVÉRZÉKELES FOGALMA ÉS CSOPORTOSÍTÁSA

A távérzékelés, mint a távoli tárgyról szerzett információk sokaságának tudománya és technológiája, lehetővé teszi az emberi korlátok átlépését. Azokat a módszereket jelöljük a távérzékelés fogalmával, melyek oly módon szereznek információt számunkra a megfigyelni, megvizsgálni kívánt objektumokról, amelyek nem lépnek közvetlen kapcsolatba azokkal, hanem a különböző szenzorok segítségével az objektumok által kibocsátott vagy visszavert sugárzást detektálják. Így olyan objektumokról és területekről szerezhethetünk információkat, melyeknek a megközelítése nagyon költséges, túlságosan veszélyes vagy úgy helyezkednek el, hogy a közvetlen emberi vizsgálódás számára elérhetetlenek. Ilyen területek például a katonai konfliktus területei, nagy kiterjedésű erdők vagy szántóföldek, beláthatatlan óceánok, aktív vulkánok, extrém klímájú vagy radioaktív területek, de a távérzékelés nagyszámú és sokrétű módszereivel ezekről a területekről is információkat tudunk gyűjteni. A legegyszerűbb példa a távérzékelésre a fényképezés, ahol az érzékelt elektromágneses sugárzás segítségével a megfigyelt tárgyról képet tudunk készíteni. A távérzékelésről a szakirodalomban a következő nagyon fontos megállapításokat találhatjuk. Csató (2000) doktori munkájában a távérzékelés fogalmát, így összegezte; azokat a vizsgálati módszereket jelöljük a távérzékelés gyűjtőfogalmával, amelyekkel a közelünkben vagy tágabb környezetünkben található tárgyról vagy jelenségekről úgy gyűjtünk adatokat, hogy az adatgyűjtő (általában szenzornak nevezett) berendezés nincs közvetlen kapcsolatban a vizsgált tárggyal vagy jelenséggel. Lóki (1996), ezenkívül a távérzékelés tárgyát szorosán összefűzi a gyűjtött adatok, felvételek feldolgozásával és azok elemzésével. Sabins (1996) szerint a távérzékelés a felvétel készítésének, elemzésének és interpretálásának tudománya, amelyek közül kiemeli az adatelemzést. Burai (2007) hozzáteszi, hogy a távérzékeléssel lehetőségünk nyílik a hagyományos pontszerű földi mintavételi adatok mellett (helyett) nagy területekről egyidejűleg információt nyerni.

A távérzékelés segítségével készült felvételek csoportosítási lehetőségei igen szerteágazóak és sokrétűek. Elsőként megkülönböztetünk passzív és aktív szenzorokat. Passzív érzékelőről akkor beszélünk, ha az elektromágneses sugárzás forrása természetes, tehát a sugárzás forrása a Nap által sugárzott és a felszínről visszavert elektromágneses energia vagy a vizsgált objektum által kibocsátott sugárzás. Ehhez a típushoz sorolhatjuk a fényképezőgépeket, a multi- és hiperspektrális illetve a termális

szkennereket. Ezzel szemben az aktív érzékelők nem a természetes forrású elektromágneses sugárzásokat érzékelik, hanem saját sugárforrással rendelkeznek, mind az érzékelő mind a sugárforrás egy repülőgépen, műholdon vagy valamilyen más közös platformon helyezkedik el, és a saját maga által kibocsátott elektromágneses sugárzásból a megfigyelt objektumok által visszavert sugárzást detektálják. Az aktív érzékelőhöz tartoznak a radarok illetve a Lidar rendszerek.

A felvételeket csoportosíthatjuk a csatorna számuk alapján. Eszerint megkülönböztetünk pankromatikus, multispektrális és hiperspektrális szenzorokat. Pankromatikus érzékelők egy csatornát tartalmazó felvételeket készítenek, tehát a fényerősséget érzékelik egy bizonyos hullámsávban és fekete-fehér képet készítenek. A multispektrális szenzorok felvételezése egy vagy több, aránylag széles sávban történik, az infravörös és a láthatófény tartományán, a képadatok egyidejű vagy sorozatos érzékelése. A hiperspektrális érzékelők esetén 20-nál több akár több száz, keskeny sávban történik a detektálás.



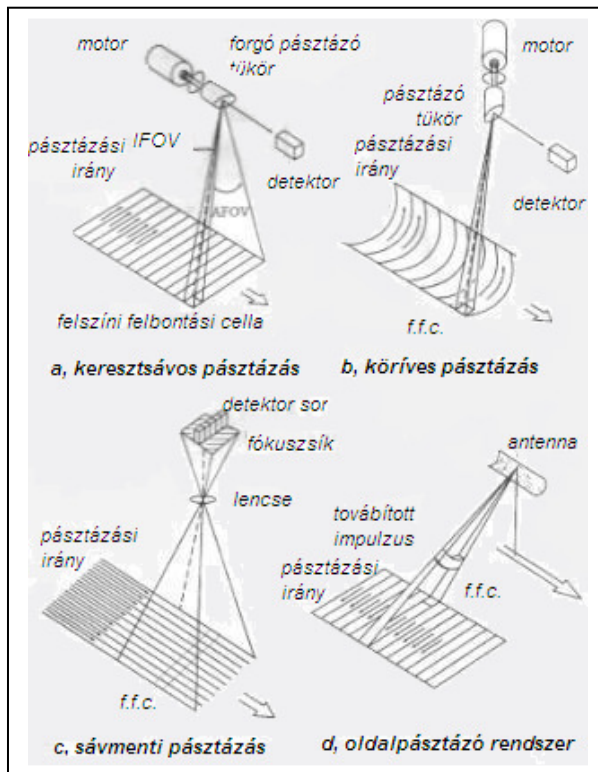
2. ábra
A felszíntől való távolság szerinti csoportosítás

A következő csoportosítási lehetőséget a felvételek készítésének, azaz a megfigyelés távolságának mértéke szerint adhatjuk meg. Ez alapján beszélünk földi, légi és műholdakból álló távérzékelési rendszerekről (2. ábra). A földi távérzékelésről akkor beszélünk, ha a berendezés pár méterre helyezkedik el a földfelszínétől, ez lehet akár kézben tartott vagy

valamilyen földi járműre szerelt műszer. Az így létrejött felvételek terepi bejárás során készülnek. Itt említést érdemel például a Nagy Sándor precíziós növénytermesztésen belüli gyomfelvételezéssel kapcsolatos kutatásai, ahol a légi hiperspektrális adat nyerést földközeli, multispektrális távérzékelési technológiával szerzett információkkal

támogatott. Légi távérzékelés kifejezését arra az adatgyűjtő technológiára használjuk, melyek valamilyen könnyűszerkezetes repülőgépről, helikopterről vagy más, a Föld légkörén belül elhelyezkedő műszerről működnek, ezalatt a modern multi- és hiperspektrális technológiák mellett a hagyományos légifotózásra is gondolhatunk. A műholdas távérzékelés alatt nemcsak a műholdakról működő szenzorokat értjük, hanem a földközeli űrállomásokról illetve az újra felhasználható űreszközökről, mint például az űrsiklóról működő berendezéseket is. Példaként az Endeavour űrsiklóról, melyet 2000-ben lóttak fel az űrbe, SRTM programmal végeztek adatgyűjtést.

A csoportosítás történhet a szenzorok működési elveik szerint, ahol megkülönböztetünk mérőkamerás szenzorokat (framing), itt a fényképező rendszerek analóg vagy digitális képeket készítenek, illetve a pásztázó szkennereket (scanning). A kamerás műszerekről elmondhatjuk, hogy az általunk vizsgálni kívánt egész területről



3. ábra
Pásztázó rendszerek típusai

egyszerre készítenek felvételt. A szkennerek, a kamera rendszerekkel szemben, a felszínről sugárzott vagy visszavert elektromágneses sugárzást, egyszerre a terület csak egy vékony sávjáról érzékelik a berendezésen lévő detektorral mindig párhuzamos irányban.

A pásztázó rendszereken belül négyféle típusúról beszélhetünk, elsőként a keresztsávós, angol nevén cross-track, pásztázás, ahol az elektromágneses sugárzást egy a mozgás irányára merőlegesen álló forgótengelyen lévő tükör továbbítja a detektornak, a forgó tükröt síktükörrel is

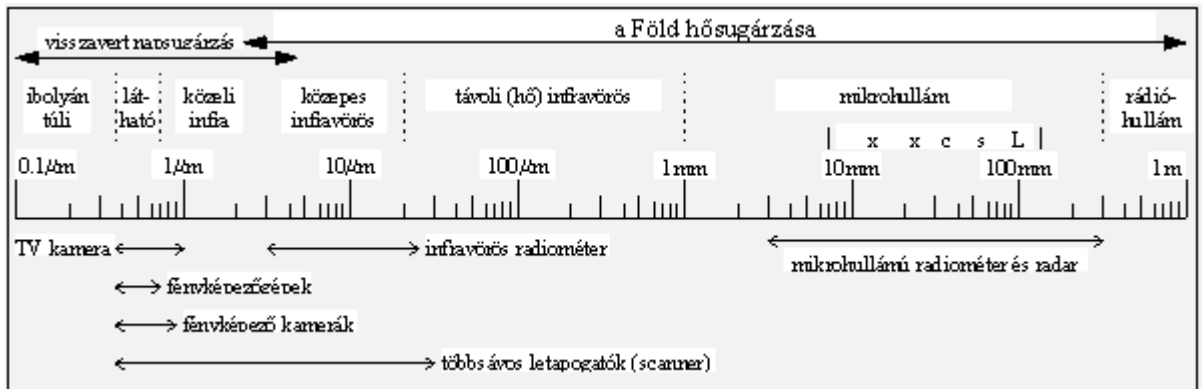
helyettesíthetjük. A LANDSAT műholdak ezt a technikát alkalmazzák. Másodikként a köríves pásztázó rendszereket említjük, amelyen a tükör egy függőleges tengely mentén forog, ami merőleges a haladási irányra, így egy ív alakú felzíni területet pásztáz végig (Mucsi, 2004). A harmadik technika a sávmenti pásztázó, ebben az

esetben a detektor felbontását növelik a spektrális felbontás növelése miatt. Az oldalra tekintő technika nevét az antennájának az elhelyezkedéséből kapta, vagyis a repülési irányt tekintve oldalra néző antennával rendelkeznek, ezek az aktív rendszerek.

A távérzékelte felvételeket geometriai felbontásuk alapján is osztályozhatjuk, miszerint kis-, közepes- és nagy geometriai felbontású képeket készítő távérzékelő rendszereket különböztethetünk meg. A nagy felbontás felvételek az 1m-nél kisebb területről készített képek, melyeknek régebben csak katonai felhasználásuk volt mára már a polgári használatban is elterjedtek. A közepes felbontásba az 1 és 100 m közötti felvételeket soroljuk, ezeket főképpen a természeti erőforrás kutatásban alkalmazzák. A kis felbontású, 100 m-nél nagyobb, képeket készítenek például a meteorológiai műholdak.

2.3 A TÁVÉRZÉKELÉS FIZIKAI HÁTTERE

A távérzékelési rendszerek információja a sugárzott vagy a visszavert elektromágneses energiából származik. Mivel nagyon fontos számunkra az elektromágneses sugárzás, így az elején tisztázzuk annak fogalmát. Az elektromágneses sugárzás gyorsan változó elektromos és mágneses mezőkből áll, az elektromágneses hullám minden pontja tartalmazza a mezőket, melyek derékszöget zárnak be a hullám terjedési irányával. Az elektromágneses sugárzás legfontosabb tulajdonsága a hullámhossza, ez alapján több részre oszthatjuk, mely az alábbi ábrán jól látható (4. ábra).



4. ábra
A hullámhossz tartományai

A légkör egy gázalmazállapotú burok, ami a Földet veszi körül. Az elektromágneses sugárzásnak át kell kelnie ezen a burkon, amíg a Naptól a Föld felszínére és a Föld felszínéről a távérzékelési szenzorba jut. Az elektromágneses sugárzás szabad áramlását a légkör nem engedi akadálytalanul, mivel a Föld légköre az elektromágneses spektrumnak csak bizonyos hullámhosszú tartományát képes átengedni így távérzékelésre csak az úgynevezett légköri ablakokat tudjuk használni.

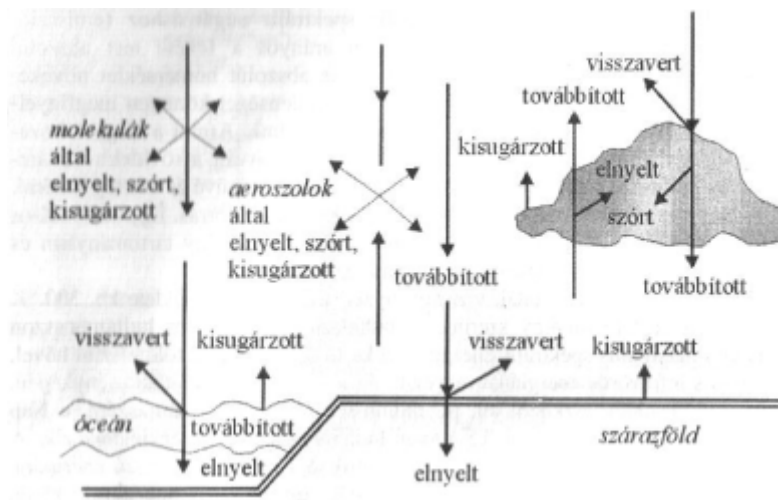
A távérzékelésben használt légköri ablakok az alábbiak:

| | |
|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| Látható fény tartománya (0,38-0,72 μm) | |
| Infravörös tartomány: | Közeli infravörös tartomány (0,72-1,3 μm) |
| | Középső infravörös tartomány (1,3-3,0 μm) |
| | Távoli infravörös tartomány (3-15 μm) |
| Mikrohullámú tartomány (1 mm-1 m) | |

2. táblázat
A légköri ablakok

A légköri ablakokat két részre oszthatjuk, az egyik a 0,38-15 μm közötti spektrális tartomány, amelyet optikai vagy atmoszférikus ablaknak nevezünk, illetve a mikrohullámú ablak, amelyet a 0,1-100 cm közötti tartományban található.

A légköri ablak nem jelenti azt, hogy ott nem lép fel az abszorpció, a szórás vagy a reflexió, hanem hogy ezekben a spektrális tartományokban a legkisebb a mértéke ezeknek a jelenségeknek, amelyek redukálják az elektromágneses sugárzás mennyiségét, melyet a távérzékelési szenzor kap.



5. ábra

A légkörbe érkező sugárzással lejártsódó folyamatok

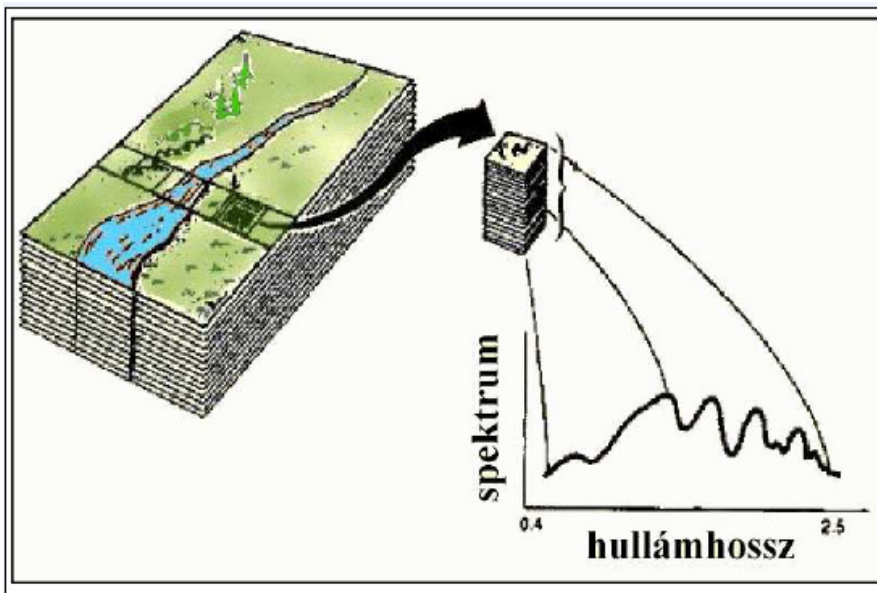
A szóródásnál meg kell különböztetnünk három szóródási típust, amelyek nagy hatással vannak a távérzékelési folyamatra, a nem-szelektív, a Mie-szóródás és a

Rayleigh-szóródás, melyeket a részecskéknek a mérete és az elektromágneses sugárzás hullámhosszának kapcsolata alapján tudunk megkülönböztetni egymástól. A nem-szelektív szóródásról akkor beszélünk, ha a részecskék nagy méretűek, például esőcsepp vagy jégkristály, és ezek a sugárzás minden részét ugyanolyan mértékben szórják, tehát nem szelektíven, ebben az esetben a sugárzás hullámhossza jóval kisebb a részecske méreténél.

A Rayleigh-szóródás aeroszol molekulákon történik, melyeknek az átmérője sokkal kisebb, mint a sugárzásnak a hullámhossza. Ebben az esetben a szóródásnak a mértéke fordítottan arányos a hullámhossz negyedik hatványával, tehát a rövidebb hullámhosszak jobban szóródnak, így a Rayleigh-szóródásnak a következménye az égnek a kék színe, mivel a látható tartományban a kék spektrum rövidebb hullámhosszú, ezért sokkal jobban szóródik. Érdekességként megemlíthetjük, hogy az alpesi fény effektusáért is ez a szóródás felelős. A távérzékelésben azt a problémát okozza, hogy a légi felvételeknél és a műhold képeknél rontja az élességet és a kontrasztot, így különböző módszerekkel a rövidebb hullámhosszú sugárzást kiszűrjük.

A harmadik szóródás a Mie-szóródás esetében az aeroszol részecskék mérete megközelítőleg egyenlő vagy nem sokkal nagyobb, mint a sugárzás hullámhossza. A légkörben főleg a por és a vízgőz részecskéi okozzák.

A másik tényező, amely az elektromágneses sugárzásnak a szabad terjedését akadályozza a már említett abszorpció, amely akkor következik be, ha az elektromágneses sugárzás elvész a légköri molekulákban, ekkor valódi energiavesztés történik. Ez úgy lehetséges, hogy a légkörnek vannak olyan jellegzetes molekulái, melyek abszorpciós hullámhosszal rendelkeznek. Három légköri gáz játssza a légköri abszorpcióban a legnagyobb szerepet, a szén-dioxid, az ózon és a vízgőz, amely a három gáz közül a legnagyobb abszorpcióra képes. A légköri ablakokban a távérzékelés azért működhet, mert az abszorpciós részecskék száma igen alacsony, ezekben a tartományokban a transzmisszió, vagyis átengedés teljesen vagy részlegesen megvalósul.



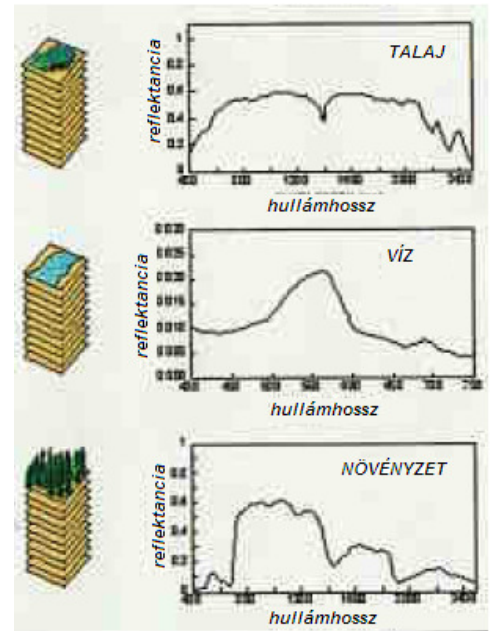
6. ábra
A hiperspektrális leképezés

A reflexió, visszaverődés a légkörben a nagyobb méretű molekulákról történik, mint például a vízcsepp vagy a porszemcse, a légkörön áthaladva pedig a földfelszínéről. Mivel a

távérzékelésben a felszínek, objektumok által visszavert energia szolgáltatja a legtöbb információt a vizsgált felszínről, így ez a jelenség az egyik legfontosabb. Az különböző felszínrészek és objektumok különböző anyagi tulajdonságokkal rendelkeznek, így ha egy eltérő hullámhossztartományokban mérjük őket, akkor másképp reflektálják vissza az energiát. Ezeket a visszavert energiákat egy úgynevezett spektrális reflektancia görbén ábrázolhatjuk, amely megmutatja a

spektrális és anyagi tulajdonságokat valamint azt is, hogy mely hullámhossztartományban vizsgálható részletesen egy bizonyos tulajdonság.

Ha megnézzük a 7. ábrát, akkor láthatjuk, hogy a három tipikus földfelszín borító anyagnak sajátos optikai tulajdonságai vannak és reflektancia görbéi nagymértékben különböznek. Például annak oka, hogy az egészséges növényzet zöld színt mutat az, hogy a vegetáció a spektrum zöld tartományába eső hullámhosszt visszaveri a klorofil tartalma miatt. Mucsi (2004) szerint, hogy a talaj hogyan és milyen mértékben reflektálja a sugárzást a talaj nedvességtartalma, a szerkezete, a felszín egyenetlensége, a vasoxid jelenléte valamint a



7. ábra
Reflektancia görbék

szervesanyag tartalma befolyásolja, amely tényezők komplexek, változékonyak és kölcsönhatásban állnak egymással. Nagyon hatékonyan lehet alkalmazni a távérzékeléssel nyert reflektancia görbét a vízminőség megfigyelésére, hiszen a vízfelszín által reflektált sugárzás nagyban függ a víz minőségétől.

3 A FÖLDRAJZI INFORMÁCIÓS RENDSZER

3.1 A GEOINFORMATIKA MEGHATÁROZÁSA

Elnevezése külföldön a Földrajzi Információs Rendszer volt, melyet ma már ritkábban használnak, helyette inkább a Geoinformatika vagy a Geomatematika néven nevezik, de a szakirodalomban leggyakrabban, mint GIS mozaikszóval találkozunk, ami a Geographic Information System rövidítése. Magyarországon a rendszer térkép alapú tulajdonságára és az adatok térbeliségére utalva a Térbeli Információs Rendszer elnevezés volt használatos illetve ennek rövidített változata a Térinformatika, de hazánkban is egyre inkább kezdenek áttérni a Geoinformatika kifejezésre, mivel a Térinformatika kifejezés angolra fordítva könnyen félreértelmezhető.

A geoinformatika, olyan több szakterületre épülő tudomány, amely főleg informatikai, földrajzi, térképészeti szakismereteken alapszik. Dr. Siki Z. szerint a térinformatika fogalma a következő: „A térinformatika a helyhez kötött jelenségekkel és a köztük levő, elsősorban térbeli kapcsolatokkal foglalkozik.” Tehát lehetővé teszi a földrajzi tértől függő adatok digitális nyilvántartását és szerkesztését, tárolását és újjászervezését, modellezést és elemzést, valamint az alfanumerikus és a grafikus megjelenítését (8. ábra).



8. ábra
Grafikus és leíró adatok kapcsolata

A Földrajzi Információs Rendszer kialakulása az 1960-as évek elejére tehető, amikor Kanadában egy mezőgazdasági fejlesztéssel kapcsolatos törvény végrehajtásához azonnali helyzet felmérésre volt szükség. Ezt Roger F. Tomlinson javaslatára egy földrajzi információs rendszer kiépítésével oldották meg. Topográfiai térképeket alapul véve egy országos adatrendszert építettek ki, mely rendszer képes volt az adatok tárolására, elemzésére és kiértékelésére. A térinformatika fejlődésének köszönhetően az 1990-es évekre a GIS rendszerek személyi számítógépen is elérhetővé válik, így a felhasználók köre nagymértékkel növekszik.

Azóta használata nagyon sokrétűvé vált és alkalmazása szerves és szinte elengedhetetlen része az adatkezelés minden területének. A földrajzi információs rendszerben megkülönböztethetünk különböző rendszereket, többek közt a Térinformatikai Rendszert, azaz RIS, mely a döntés hozatalt segíti elő és adtagyűjteményből áll. Adott területek fejlesztését és tervezését támogatja, mint a település-, népesség- és a gazdaságfejlesztést, az infrastruktúra kiépítését. Nagyon fontos összetevője a LIS, az Országos Információs Rendszer, mely ugyancsak a tervezés és a fejlesztés, és a jogi-, gazdasági- és közigazgatási döntéshozás segédeszköze. Az UIS, a Környezet Információs Rendszer, ez a bármilyen környezetvédelmi eljárás elengedhetetlen alapja. A BIS a Talaj Információs Rendszer, amely a földtan és a talajtan adatait foglalja magába.

Ezek után megállapíthatjuk a Földrajzi Információs Rendszerről, hogy egy olyan számítógépes rendszer, mely az adatokat rendezett adatbázisban tárolja, ezek segítségével, olyan információkat állít elő, amelyek segítik a döntéshozatalt, majd a kapott eredményeket és összefüggéseket térképi megjelenítésben lehetővé teszi.

3.2 A FÖLDRAJZI INFORMÁCIÓS RENDSZER ÉS A TÁVÉRZÉKELÉS KAPCSOLATA

A távérzékelés magába foglalja a geoinformatikát is, mint a térinformatikai adatok gyűjtésének, tárolásának és elemzésének tudományát és technológiáját. Az Földrajzi Információs Rendszerben (későbbiekben GIS) használatos adatfelvételi, elemzési és megjelenítési módszereket a távérzékeléssel foglalkozó szakemberek fejlesztették ki, így lényegében ugyanazt a módszert alkalmazzák, a távérzékelésben is. Kezdetben a GIS-ben kizárólag vektor formában kezelték az adatokat, ezzel szemben a távérzékelte adatokat viszont raszter formában, ennek a megoldására csak az 1980-as évek második felében került sor, amikor megjelentek olyan hibrid rendszerek, melynek segítségével a kéttípusú adatrendszereket egységesíteni lehetett. A távérzékelte adatok, mivel digitális formában készülnek, így közvetlenül importálhatjuk őket a GIS-be. A digitális formában elérhetővé vált adatok, az olcsó, nagy teljesítményű számítógépek és a képfeldolgozó szoftverek kifejlesztése lehetővé tette a távérzékelte információk és a GIS elemzés egységesítését. A legtöbb GIS szoftvercsomag könnyen importálja és bemutatja a távérzékelte adatokat. A távérzékelés és a GIS egyre több szállal kötődik egymáshoz, egyre szorosabb a kapcsolatuk, így korszerű geoinformatikai eszközök nélkül a távérzékelte felvételek feldolgozása nem lenne lehetséges.

Elmondhatjuk a távérzékelés és a GIS kapcsolatáról, hogy kétirányú, mivel egyrészt szükség van a távérzékelte adatok feldolgozásához bizonyos elsődleges információt szolgáltató alapadatokra, melyeket különböző térinformatikai rendszerekben tárolunk. Másrészt a távérzékelés során nyert információkat térinformatikai rendszerben tároljuk. Büttner szerint a térinformatika szemszögéből tekintve a távérzékelés egy olyan adatnyerési eljárás, mely aktuális információt szolgáltat a térinformatika egyes alkalmazásai számára.

A napjainkra kifejlesztett térinformatikai szoftverek, programok alkalmasak arra, hogy a távérzékelés során nyert óriási adathalmazt hatékonyan feldolgozzák és tárolják.

4 HIPERSPEKTRÁLIS TÁVÉRZÉKELÉS

4.1 A HIPERSPEKTRÁLIS, MINT AZ EGYIK MODERN TÁVÉRZÉKELÉSI TECHNOLÓGIA

A távérzékelési technológiák egyik újabb típusa a hiperspektrális távérzékelés, más nevén a képalkotó spektrometria, ami a felszínborítottságot vizsgálja. Ennek a technikának az eredeti célja az volt, hogy hozzájussunk olyan megközelíthetetlen területek, mint a Naprendszerben található bolygók felszínéről származó információkhoz, melyeket eddig csak a Földre hulló meteoritokból ismerhettünk meg. Nagy szerepet játszik ma is más bolygók feltérképezésében. A mai napig ezzel a technológiával készítik legeredményesebben a Mars felszíni anyagának a vizsgálatát. 1980-tól kezdték el a földi alkalmazásokban, elsősorban ásványtérképezésben. Magyarországon először 2002-ben használták egy nemzetközi együttműködés keretében, amikor ez év augusztusában, öt magyarországi területről készült hiperspektrális felvétel. Ennek a felmérésnek a főcélja a bányászat és az ipar által kibocsátott szennyeződések feltérképezése, illetve az adott területek talaj és növényzet mintavételezése.

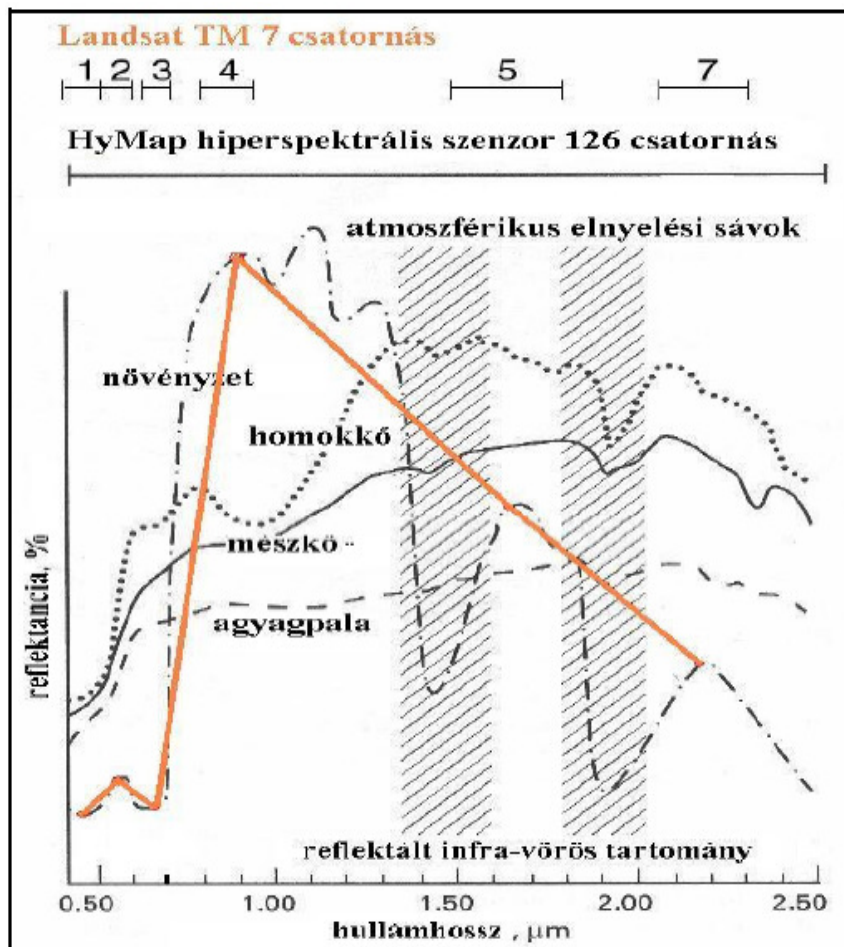
Az említett vizsgálódásokon kívül számos felhasználási területe van a hiperspektrális távérzékelésnek, egyre szélesebb körben terjed el. Sokrétű alkalmazásairól a későbbiekben még bővebben lesz szó.

A hiperspektrális technológia sajátosságainak köszönhetően, felhasználásával igen részletes képet kaphatunk az általunk vizsgált felszín, objektum anyagi és spektrális tulajdonságairól. A kis csatorna számú és széles sáv szélességgel rendelkező távérzékelési szenzorok, olyan részletek felett siklanak el, amelyek például egy precíziós mezőgazdasági mérés lényegét képezik, ilyen formán egy multispektrális technológiával készült felvételt nem tudunk hiányosságok nélkül felhasználni, azokon a területeken, amelyek méréséhez, megfigyeléséhez az igen részletes és aprólékos információra van szükségünk. A rejtve maradt adatokat, jelenségeket a hiperspektrális szenzorok képesek kimutatni, kiemelve a légi szenzorokat, amelyek valamely könnyű szerkezetes repülőgépre vannak szerelve. Sváb (2008) doktori értekezésében

olvashatjuk, hogy a legjobb térbeli- és spektrális felbontást a repülőre szerelt hiperspektrális szenzorok segítségével lehet elérni.

4.2 A HIPERSPEKTRÁLIS SENZOROK MŰKÖDÉSE

Alapvetően a hiperspektrális technológia alapján működő szenzorok különbsége a multispektrális szenzorokkal szemben az, hogy a multispektrális szenzorok által készített felvételek több, 2 és 20 közötti, széles sáv szélességű csatornát alkalmaznak, míg a hiperspektrális szenzorok felvételei több tíz vagy száz nagyon keskeny sáv szélességű csatornából állnak. A szakirodalom általában a 20-nál több csatorna számmal rendelkező szenzorokat már a hiperspektrális csoportba sorolja, azonban Jacquez és munkatársai (2002) szerint a nagy felbontású hiperspektrális felvételeket a kisebb, mint 5m terepi felbontású és több mint 64 csatornájú felvételeként definiálták. A hiperspektrális szenzorok a keskeny sáv szélessége alatt általában 0,015 μ m széles



sávot vagy annál keskenyebbet értünk.

A felvételek alapján spektrális görbe készíthető minden egyes pixelre sokkal több részlettel, mint amennyi adat gyűjthető egy jóval szélesebb és szétválasztottabb sávból. A 9. ábrán jól láthatjuk, hogy egy azonos

9. ábra
Multi- és hiperspektrális reflektancia görbék

területről készített Landsat TM multispektrális szenzor és a HyMap hiperspektrális szenzor által készített kép reflektancia görbéje között mekkora a különbség. Ez annak köszönhető, hogy a nagyszámú és keskeny sáv szélességű csatornák szinte folytonosnak tekinthető spektrális felbontást tesznek lehetővé. Bizonyos körülmények között, a reflektancia görbék sokkal részletesebb adathalmazát arra használhatjuk, hogy megkülönböztessük és vizsgálhassuk egy jel spektrális tulajdonságait, amit a hagyományos

multispektrális

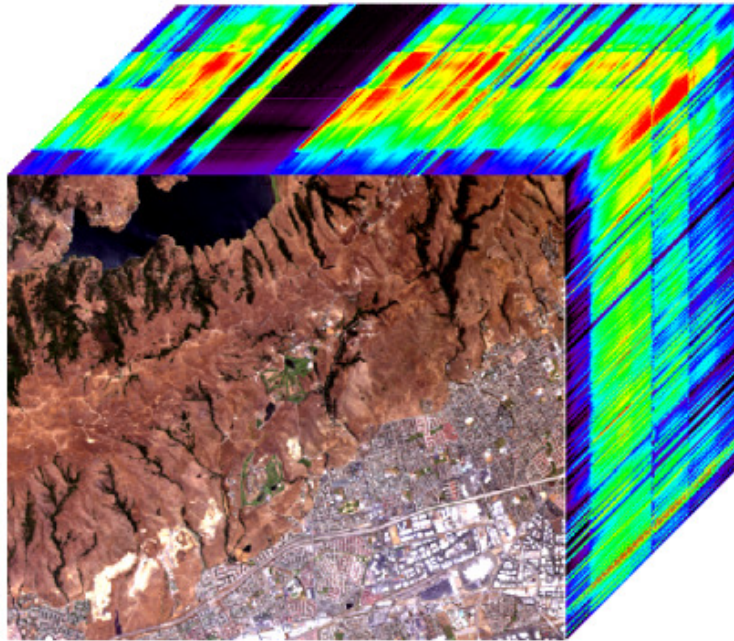
felvételekből nem tudunk.

A reflektancia görbéket úgynevezett spektrum-könyvtárakba gyűjtik, amelyek a későbbiekben referencia adatokat tudnak szolgáltatni, így megkönnyítve a spektrális elemzéseket.

A hiperspektrális felvételek általában egy kockaként vannak ábrázolva, melyekben

minden vékony sáv egy vízszintes réteg, ezeket hiperspektrális adatkockáknak nevezzük (x. ábra). Az adatkocka megmutatja, hogy a felvételek ugyanannyi információt tartalmaznak függőlegesen, vagyis a spektrális dimenzióban, mint vízszintesen, tehát a térbeli dimenzióban.

Számos hiperspektrális kép algoritmus az adatok osztályozására lett kifejlesztve. Bizonyos algoritmusok azon alapszanak, hogy a felvétel pixeleiből készített spektrális görbét összehasonlítja az adatbázisából már ismert tulajdonságokkal. Más algoritmusok, mint a spektrális *unmixing*, úgy osztályoz, hogy a felvétel információiból meghatározza a spektrális görbét, majd meghatározza az osztály eredetét a mező adataival. Néhány esetben, miután tanulmányozták a felvétel teljes skáláját, néhány sávot azonosítani lehet, ami elégséges az elemzéshez.



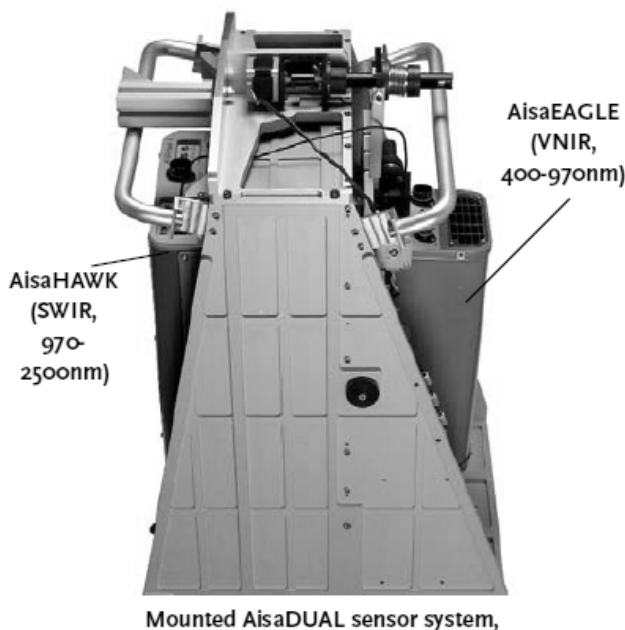
10. ábra
Hiperspektrális adatkocka

4.3 A HIPERSPEKTRÁLIS SZKENNEREK

Ahhoz, hogy hiperspektrális felvételeket nyerjünk hiperspektrális szkennerekre van szükségünk. A hiperspektrális felvételek segítségével a felszín egyes részei jobban elkülöníthetők egymástól, így a hiperspektrális képalkotó berendezések egyre jobban közismertté válnak, és nagyobb szerepet kapnak a távérzékelés gyakorlati alkalmazásában.

Az egyik széles körben használt hiperspektrális rendszer az AVIRIS (Airborne Infrared Imaging Spectrometer), melyet a NASA Jet Propulsion Laboratóriuma fejlesztett ki. Az AVIRIS szkenneri 224 spektrális csatorna adatait rögzíti párhuzamosan. A legfelső tartomány a látható fény spektruma, 0,4 μm hullámhossz, és a legalsó az infravörös, 2,5 μm hullámhossz közötti. A tartomány megjelenített színei, a fekete és a kéktől a pirosig terjednek. A rendszer széleskörű és hasznos alkalmazási lehetőségei arra ösztönözték a kutatókat, hogy fejlesszék a kereskedelmi célú rendszereket.

A kanadai ITRES által kifejlesztett CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) egy *along-track* szkenner. A CASI 550-es modellje 550 pixelt rögzít 288 hullámhosszúságú sávban 0,4 μm és 1 μm között olyan egyedülálló sávokkal, melyek



akár 0,019 μm szélesek. A CASI 1500-as modellje 1500 pixelt rögzít akár hullámhosszúságú sávban 0,38 μm és 1,05 μm között, 0,0023 μm sáv szélességgel. Az ITRES SASI-640 160 sávot kínál fel az infravörös spektrumban.

A finnországi Spectral Imaging cég gyártja az AISA típusú szkennereket.

Kicsit részletesebben említtem az AISA Dual szenzort melyben az AISA Eagle és Hawk szenzorokat

11. ábra
AisaDUAL hiperspektrális szenzor

egybeépítették. A két szenzor egy időben azonos földi sávról képes szinkronizálva adatot gyűjteni, 0,4 és 2,45 μm között, maximum 498 pixelt rögzítve. A két szenzoron kívül tartalmaz még egy nagy teljesítményű GPS/INS egységet, FODIS szenzort, egy nagy fényerejű monitort és a CaliGeo szoftvert. Az ASIA Dual hiperspektrális rendszernek számos előnye van többek közt a nagy csatornaszám, az alacsony költség illetve a nagy spektrális és térbeli felbontás még nagy repülési sebességnél is, valamint méreteit tekintve könnyű beszerezni egy kis repülőgépre. A



12. ábra
AisaDUAL által készített kép

11. ábrán láthatjuk magát az ASIA Dual hiperspektrális berendezést és a 12. ábrán, pedig az általa készített felvételt. Az ASIA Dual rendszer tökéletesen alkalmas a geológiai alkalmazásokhoz. Az alábbi táblázatban látható az ASIA Hawk, Eagle és a Dual szenzorok paraméterei. (3. táblázat).

| | <i>ASIA Hawk</i> | <i>ASIA Eagle</i> | <i>ASIA Dual</i> |
|---------------------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| <i>Spektrális tartomány</i> | 400-970 nm | 970-2450 nm | 400-2450 nm |
| <i>Spektrális pixelek</i> | 244 | 254 | 498 |
| <i>Spektrális sávszélesség</i> | 2,3 nm | 5,8 nm | |
| <i>Spektrális mélység</i> | 12 | 14 | 14 |
| <i>Térbeli méretszám</i> | 1024 | 320 | 320 |
| <i>Optika</i> | 18,5 mm | 22,5 mm | |
| <i>Képkészítési gyorsaság</i> | 100 kép/s | 100 kép/s | 100 kép/s |

3. táblázat
Az AisaDUAL rendszer adatai

A HYMAP hiperspektrális szkennert az ausztrál Integrated Spectronics Oty. Ltd. gyártja. A rendszer szenzorai 126 sávban gyűjtik a felvételeket a látható és a visszavert infravörös spektrumban.

A németországi GER (Geophysical Environmental Reserch corp.) által kifejlesztett típus a DAIS, ami a Digital Airborne Imaging Spectrometer rövidítése. Ez a rendszer 79 csatornás nagy optikai felbontású spektrométer, mely 0,4 és 12,3 μm hullámhossz között gyűjti az adatokat.

Az alábbi táblázatban található összegyűjtve az összes légi szkennerek fontosabb adatai, a hozzáférhetőségének évszáma, csatornáinak száma és a hullámhossza (4. ábra).

| SZENZOR | HOZZÁFÉRHETŐ- SÉG | CSATORNÁK SZÁMA | HULLÁMHOSSZ (μm) |
|-------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------|
| AAHIS | 1994 | 288 | 0,432-0,832 |
| AHI | 1994 | 256 | 7,5-11,7 |
| AISA-1/2 | 1982-1985 1985-1987 | 128 | 0,9-2,1 0,8-2,4 |
| AISA+ | 1997 | 244 | 0,4-0,9 |
| AISA Eagle | 2002 | 244 | 0,4-0,9 |
| AISA Hawk | 2003 | 240 | 1-2,4 |
| AISA Dual | 2006 | 498 | 0,4-2,45 |
| ARGUS | | 400 | 0,37-2,5 |
| ASAS | 1987 | 62 | 0,4-1,06 |
| APAX | 2005 | max. 300 | 0,38-2,5 |
| ASTER | 1992 | 24 | 0,5-12 |
| AVIRIS | 1987 | 224 | 0,4-2,45 |
| AVIS-2 | 2001 | 62 | 0,4-0,8 |
| CASI | 1989 | 288-2200 | 0,4-1 |
| DAIS 7915 | 1994 | 79 | 0,4-12,7 |
| EPS-H | 1995 | 152 | 0,43-12,5 |
| EPS-A | 1998 | 31 | 0,4-12 |
| HYDICE | 1995 | 210 | 0,4-2,5 |
| HYMAP | 1996 | 126 | 0,45-2,5 |

| <i>SZENZOR</i> | <i>HOZZÁFÉRHETŐ- SÉG</i> | <i>CSATORNÁK SZÁMA</i> | <i>HULLÁMHOSSZ (μm)</i> |
|----------------|------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------|
| MAIS | 1991 | 71 | 0,45-12,2 |
| MAS | 1993 | 50 | 0,529- 14,521 |
| MIVIS | 1993 | 102 | 0,433-12,7 |
| OMIS | 1999 | 128 | 0,46-12,5 |
| PROBE-1 | | 100-200 | 0,44-2,543 |
| ROSI | 1993 | 128 | 0,44-0,85 |
| SASI | 2002 | 160 | 0,85-2,45 |
| SFSI | 1994 | 22-120 | 1,23-2,38 |
| VIFIS | 1994 | 64 | 0,42-0,87 |

4. táblázat
Hiperspektrális szkennerek

A HYPERION egy műhold-alapú hiperspektrális szkennerek, amely a 2000 novemberében fellőtt NASA Earth Observion-1 műholdon működik. A HYPERION képes 220 sáv, 0,4 és 2,5 μm hullámhossz között képeket rögzíteni és 7,5 km * 100 km-es területekről felvételeket készíteni 30 m-es távolságból. A HYPERION által gyűjtött adatokat a műhold más érzékelői által gyűjtött adatokkal is kiegészítik. Az Európai Űrhajózási Ügynökség 2001-ben lőtt fel egy CHRIS névre keresztelt hiperspektrális rendszert a kísérleti PROBA-1 műhold fedélzetén. Az érzékelője képes egyszerre 19 sávban felvételeket rögzíteni 15 km-es szélességben.

4.4 A HIPERSPEKTRÁLIS TÁVÉRZÉKELÉS ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

Már számos hasznos és ígéretes felhasználási területét fedezték fel a hiperspektrális távérzékelésnek a különböző tudományokban, mint a hidrológiában, a geológiában, az agrártudományban és a hadászatban. Ezek közül néhány példa: a precíziós gazdálkodásban termény felmérésre, a hadászatban a terepelérhetőségének felmérésére, az álcázott vagy más módon elrejtett katonai objektumok és aknák felderítésére, mezőgazdasági és erdészeti források feltérképezésére, a talajösszetétele és típusai meghatározására, gyomdetektálásra, földfelszín és tengeri ökoszisztéma környezeti monitorozására, geológiai feltérképezésre, ásvány kutatásra, vulkánkitörés láváinak hőmérséklet meghatározására, növény fajok azonosítására, vízkészlet ellenőrzésére, beleértve a vízminőséget, a klorofill-tartalmat, a hőmérsékletet, az üledék-mennyiséget.

Bár még technikai kihívásokat jelent a nagy mennyiségű adat kezelése és szükség van még az algoritmusok további finomítására, a hiperspektrális hasznosítása egyre elfogadottabb és használata egyre szélesebb körű a kereskedelemben kapható képalkotó szoftverek között.

Ugyan hazánkban még alig van tíz éve, hogy megjelent ez az új távérzékelési technológia felhasználási területei máris széleskörűek. Ezzel a szakterülettel foglalkozó magyar szakemberek nemcsak Európában elismertek és keresettek, hanem a világ más tájain is. Az alábbi magyar példákon keresztül szeretném részletesen bemutatni a hiperspektrális távérzékelés lehetséges alkalmazási területeit.

A hiperspektrális távérzékelésnek az egyik legnagyobb lehetséges felhasználója a mezőgazdaság. Ez azzal magyarázható, hogy a mezőgazdaság használja fel a legtöbb megújuló természeti erőforrást (Lóki, 1996). A hiperspektrális sok csatornás és nagy terepi felbontású felvételekből származó adatok alkalmasak az agrárterületek pontos és részletes állapotfelmérésére. Ez Magyarország számára igen fontos, hiszen területének jelentős részén, mintegy 75%-án valamilyen agrárgazdálkodás folyik, így 50%-án mezőgazdálkodási termelés, 20%-án pedig erdőgazdálkodás. Tehát a hazai mezőgazdaság alakulását, fejlődését, jövőjét a hiperspektrális távérzékelés akár nagyban befolyásolhatja.

A mezőgazdaságon belül a konkrét, gyakorlati alkalmazásai például a következők lehetnek:

- Mezőgazdasági parcellák, földterületek felmérése
- Gyomtérképek készítése, növényi kórokozók és kártevők térbeli elterjedésének térképezése
- Biomassza meghatározása
- Termesztett növények elkülönítése, fajtasztú növényi térképek készítése
- Talajok vizsgálata, talaj térképezése

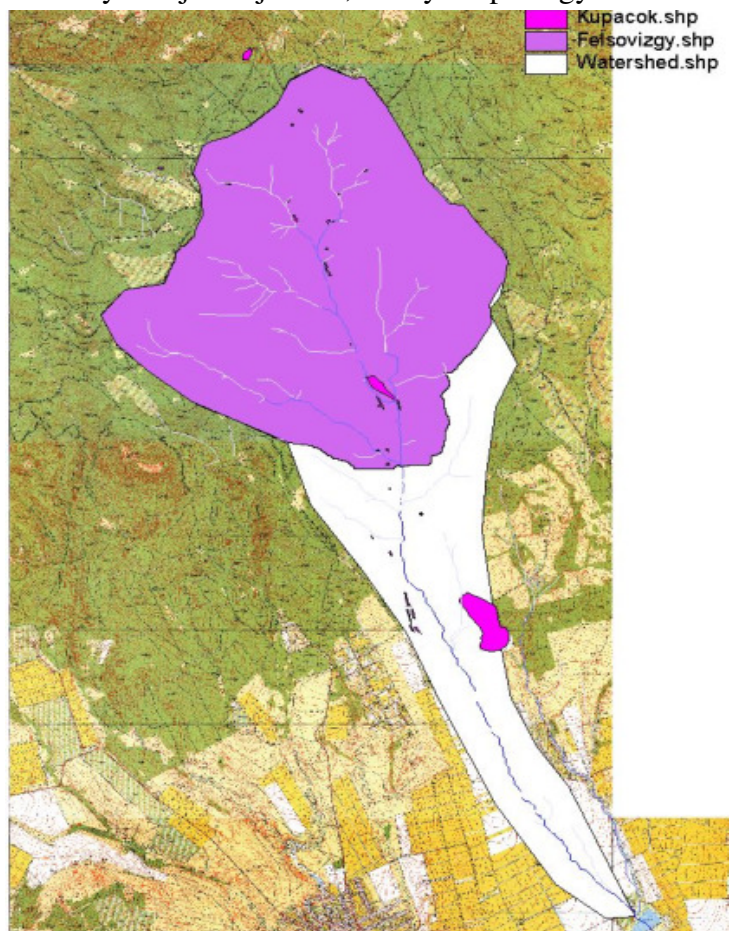
Igen nagy hiányossága a mezőgazdaságnak, hogy nem ismerik pontosan területeik állapotát, azonban a hiperspektrális felvételekkel gyorsan, fontosságát tekintve nem nagy összegért, naprakész, részletes, átfogó képet kaphatunk mezőgazdasági földterületeinkről, úgy hogy közben semmilyen módon nem zavarjuk meg a vizsgált területünket. Burai és Pechmann kutatásaik alapján megállapították, hogy a hiperspektrális DAIS 7915 (Digital Airborne Imaging Spectrometer) légi spektrométerrel, a német Geophysical Environmental Research corp (GER) által készített 80 csatornás felvételek megbízható adatokat nyújtanak a mezőgazdasági távérzékelés legfontosabb kérdéseire- földhasználat, termésbecslés, vízgazdálkodás, talajvédelem-, valamint ez a hagyományos erőforrás figyelő műholdak adatainál nagyságrendekkel nagyobb adatbázist biztosít felbontásban és csatornaszámban egyaránt.

Nagy Sándor, a gyomfelvételezési módszerek fejlesztéséről írt értekezésben olvashatjuk, hogy a spektrális jellemzők alapján végzett gyomazonosítás és befedettség méréséhez a hagyományos színes (pankromatikus) felvételeknél több információval szolgálnak a közeli infra, multispektrális és hiperspektrális felvételek. A részletesebb adatok kinyerésének érdekében a kutatási munkák során újabban egyre inkább a hiperspektrális felvételek alkalmazása kerül előtérbe, hiszen a növények megkülönböztetését a magas csatorna szám miatt ezek a felvételek megkönnyítik. Nagy Sándor értekezésének végén megállapítja, hogy távérzékelés során a gyomnövényzet megfelelő pontosságú azonosításához legalább multispektrális, de még inkább hiperspektrális felvételek készítése szükséges, és ennek a módszernek a tovább fejlődése és elérhetővé válása a távérzékeléses gyomfelvételezésben áttörést hozhat, akár fajtasztú elkülönítésre is lehetőség nyílik.

A hiperspektrális távérzékelési módszer hasznosságát, jól alkalmazhatóságát a következő példa is nagyon jól alátámasztja. Tamás János, Nagy Attila és Szabó Zoltán hiperspektrális felvételekből, melyek Aisa Dual légi távérzékelő rendszerrel készültek, körtefajták génállományára jellemző spektrális információkat nyertek. Ezen adatok felhasználásával az egyes körte fajták úgynevezett spektrális könyvtárait hozták létre. Munkájuk eredményeként megállapították, hogy a hiperspektrális adatállományok nyújtotta lehetőségek alapján az éghajlatváltozás okozta megváltozott klimatikus körülményeknek jobban megfelelő, adaptálódó fajták, alanyok választhatók ki, továbbá a hiperspektrális távérzékelés segítségével a térségben ritkábban előforduló fajták is azonosíthatók.

A környezetvédelem és a mezőgazdaság között nem húzhatunk éles határt, így a mezőgazdaságban alkalmazott hiperspektrális felvételezéseket sokszor a környezetvédelem javára is fordíthatjuk. Az előző példában is nagy szerepe van a környezetvédelemnek. Tamás J. és társai publikációjukban hangsúlyozzák a biodiverzitás fontosságát, hiszen számos olyan faj és fajta van, amely csupán egy adott kistájban található meg és egy spektrális könyvtár megléte nagyban elősegíti az egyedek megőrzését.

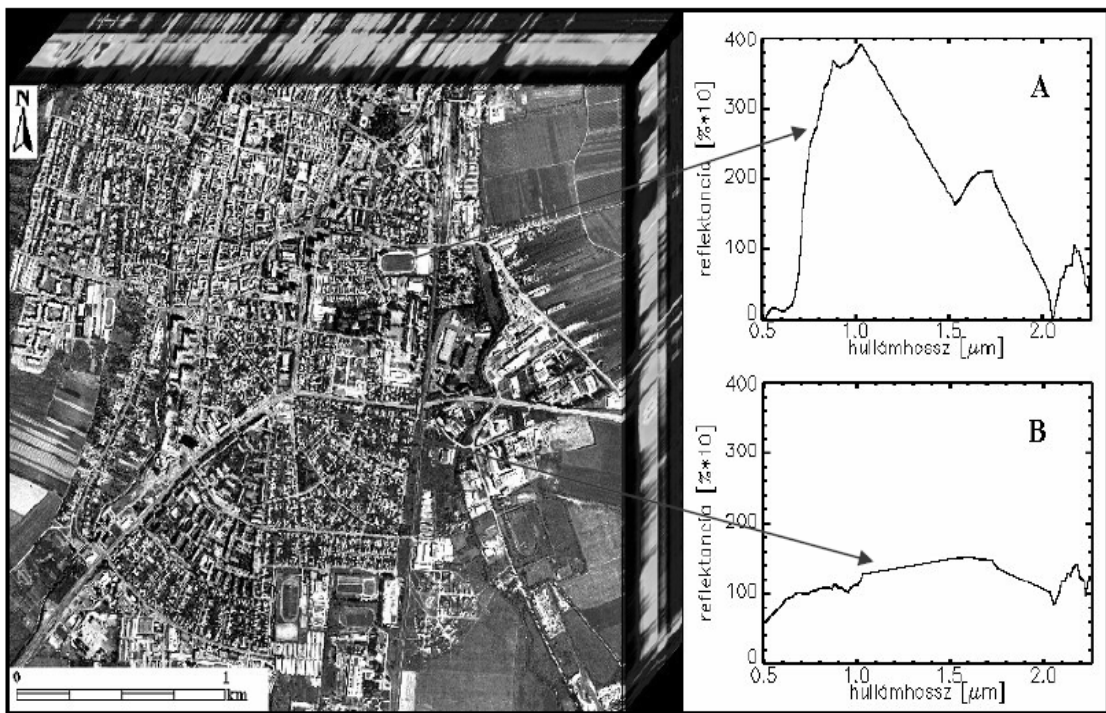
Nagy Attila és Tamás János kutatásukban, melyet távérzékelési adatok alapján a nehézfémekkel szennyezett területeken végeztek, szintén hiperspektrális felvételeket használtak fel. Kutatásuk célja egy nehézfémekkel, ólommal és cinkkel erősen szennyezett terület vizsgálata, a nehézfémek eloszlásának meghatározása és modellezése. Vizsgálódásukhoz egy DAIS 7915 szenzor által készített hiperspektrális



13. ábra
Szennyezőforrások a Toka patak vízgyűjtőjében

felvételeit használták, feldolgozásukat pedig az ENVI 4.3 szoftverrel végezték. Publikációjukban olvashatjuk, hogy eredményeik rámutattak arra, hogy a hiperspektrális távérzékelés igen hatékony eszköz lehet a nehézfémekkel szennyezett területeken a Pb, Zn és Fe tartalmú ásványok térbeli eloszlásának meghatározására és modellezésére valamint a vegetációelemzésre is alkalmas.

A hazánkban nemrég történt vörösiszap áradásról az EnviroSense cég készített hiperspektrális felvételeket, repülési projektet a Károly Róbert Főiskola finanszírozta, és biztosította a hiperspektrális eszközt, ami egy AISA Eagle szenzor volt. A felvételezés célja a vörösiszap által a vegetációban és a felszíni vizekben okozott károsodások megfigyelése, illetve a környezetbe került szennyezőanyag mennyiségi és minőségi paramétereinek felmérése. A cég a repülések technikai megvalósításával, terepi felvételezéssel, az adatok feldolgozásával, képelemzési feladatok térítésmentes elvégzésével segíti a kármentesítési munkálatokhoz szükséges adatok előállítását.



14. ábra
Hiperspektrális adatkocka város részlettel

A hiperspektrális technológiát a városi területhasználat, településfejlesztés, tájhasználat javára ugyancsak hatékonyan fel lehet használni. Weeks (2003) megállapította, hogy a városkutatókban a nagy térbeli és nagy spektrális

felbontású távérzékelésnek elsődleges szerepe lesz, mivel a legtöbb esetben a vizsgált terület rendkívül változatos, és ez a sokféleség csak nagy spektrális és térbeli felbontású távérzékelési módszerekkel vizsgálható eredményesen. A KSH 2009-es adatai szerint Magyarország 67%-a városlakó, míg az Európai Unió 80%-a. Ronczyk L. szerint lakosság életminősége a városok környezeti állapotán múlik és az életminőség javítása elképzelhetetlen a városi területek komplex vizsgálata nélkül. A városi területhasználat egyik problémáját a megbízható beépítettségi térképek hiánya jelenti, ennek pótlására a hiperspektrális felvételezések alapján készíthető térképek alkalmasak lehetnének.

A régészetben is eredményesen hasznosíthatók a hiperspektrális felvételek, mivel ezzel a távérzékelési technológiával lehetőség nyílik a lelőhelyek felületi spektroszkópiájára.

A hadászatban, katonai célú alkalmazási a következők lehetnek: rejtett és álcázott célpontok, megtévesztő, hamis célpontok felismerése, tematikus térképek készítése, határok, tengeri határok megfigyelése, alakulatok védelme, terrorizmus elleni fellépés.



15. ábra.

A hiperspektrális felvételek katonai alkalmazása

A fenti (15. ábra) képen jól láthatjuk, hogy egy álcázott objektumot a hiperspektrális felvétel feldolgozása után, hogy mutatható meg.

A fenti alkalmazásai a hiperspektrális távérzékelésnek csak töredéke azoknak a területeknek, amelyeken valóban használják, illetve különböző okok miatt még nem alkalmazzák, de már potenciális felhasználási területei lehetnek ennek a technológiának.

5 BEFEJEZÉS

5.1 IRODALOMJEGYZÉK

Aronoff, Stan: Remote Sensing for GIS Managers. ESRI Press, Redlands, 2005.

Áfra Attila Tamás: Valós idejű, egységesített légkörmegjelenítés. Kolozsvár, 2006.
(http://etdk.adatbank.transindex.ro/pdf/inf_afra.pdf)

Burai Péter: Távérzékelési módszerek összehasonlító elemzése mezőgazdasági mintaterületeken. PhD értekezés, Debreceni Egyetem, Agrár Tudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen, 2007.

Burai Péter, Pechmann Ildikó: Különböző spektrális felbontású távérzékelte adatforrások alkalmazási lehetőségei az agrár-környezetvédelemben. Debreceni Egyetem, Agrár Tudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen, 2003.

Büttner György: Környezetállapot értékelés távérzékelés segítségével, informatikai vonatkozások. Környezetállapot értékelés Program, Munkacsoport tanulmányok, 2003-2004.

Deákvári József, Kovács László: AISA hiperspektrális távérzékelő rendszer ismertetése. FVM, Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő, 2007.

(http://www.fvmmi.hu/doc/kutat/800_aisa_leiras.pdf?PHPSESSID=e5174a027290f89526e1eafa416bdfb)

Dr. Csató Éva: Műholdadatok térképészeti alkalmazása. PhD értekezés, ELTE, TTK, Térképtudományi Tanszék, Budapest, 2000.

Dr. Katona Endre: Térinformatika. Előadás jegyzet, SZTE, Alkalmazott Informatikai Tanszék, Szeged, 2003.

Dr. Milics Gábor, Prof. Dr. Tamás János, Prof. Dr. Fenyvesi László, Prof. Dr. Neményi Miklós: Távérzékelés a mezőgazdaságban I. Biomassza-tömeg meghatározása csúcstechnikával. MezőHír, XIV. évfolyam, 2010.

(<http://www.mezohir.hu/2010-08/035.html>)

Dr. Siki Zoltán: A térinformatika alapjai. Egyetemi jegyzet, BME, Általános és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest.

Dr. Szabó Gergely, Dr. Szabó Szilárd: A Shuttle Radar Topography Mission

(SRTM) során nyert adatbázis pontosságának vizsgálata hazai mintaterületeken. Geodézia és Kartográfia, 2010. 3. sz. 31-35 p.

Hargitai Henrik: A hiperspektrális képfeldolgozás módszerei és az első magyarországi képkalkotó spektrométeres repülés adatainak elemzése. PhD értekezés, ELTE, TTK, Földtudományi Doktori Iskola, Földrajzi program, Budapest, 2006.

Jacquez, G. Marcus, W. A. Aspinal, R. J., Greiling, D. A.: Exposure assessment using high spatial resolution hyperspectral (HSRH) imagery. Journal of Geographical Systems, 2004. 4. sz., 15-29 p.

Jensen, J. R.: Remote Sensing of the Environment, Prentice Hall, New Jersey, 2006.

Jung András: Spektrális információk alkalmazása a városklíma-kutatásban. PhD értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar, Kertészettudományi Doktori Iskola, Budapest, 2005.

Lóki József: Távérzékelés, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, 1996.

Mucsi László: Műholdas távérzékelés. Libellus kiadó, Szeged, 2004.

Nagy Attila, Tamás János: Nehézfémekkel szennyezett területek értékelése távérzékelte adatok alapján. Debreceni Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Centrum, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen, 2008.

Nagy Sándor: A gyomfelvételezési módszerek fejlesztése a precíziós gyomszabályozás tervezéséhez. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Növényvédelmi Tanszék, Mosonmagyaróvár, 2004.

Papp-Váry Árpád: Térképtudomány. Kossuth Kiadó, Budapest, 2007.

Rainey, M. P.: Airborne remote sensing of estuarine intertidal radionuclide concentrations. Doktori értekezés, Stirling University, Nagy-Britannia, 1999.

Ronczyk Levente: Objektum alapú képfeldolgozás alkalmazása a városi felszínborítás vizsgálatában. Nyugat-magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, UNIGIS, Székesfehérvár, 2010.

(http://www.geoiq.hu/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=50&Itemid=63)

Róth László: A hiperspektrális technológia katonai alkalmazása, 2007

(www.geol.hu)

Sabins, F. F.: Remote Sensing. Principles and Interpretation. W. H. Freeman and Co., Los Angeles, 1996.

Sváb Emese: Sekélyvizű tavak vízminőség-vizsgálata, állapotfelmérése műholdas távérzékelés segítségével. PhD értekezés, ELTE, Természettudományi Kar, Földtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2008.

Tamás János, Nagy Attila, Szabó Zoltán: Körte fajták génbanki állományára alapozott hiperspektrális értékelése. Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Kertészeti Tanszék 2010.

(<http://napok.georgikon.hu/?p=tem ak&q=k%F6rte&ev=2010&szekcio=ANY>)

Weeks, J. R.: Using Remote Sensing and Geographic Information Systems to Identify the Underlying Properties of Urban Environments. Ashgate Publishing Co., Aldershot, UK, 2003.

Az internetes források elérhetőségének ellenőrzése 2010.12.10-én történt.

5.2 ÁBRA ÉS TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. **ábra.** Galambokra rögzített kamerák. (Aronoff, Stan: Remote Sensing for GIS Managers. ESRI Press, Redlands, 2005.)
2. **ábra.** A felszíntől való távolság szerinti csoportosítás (geo.science.unideb.hu/ea1.ppt)
3. **ábra.** Pásztázó rendszerek típusai. (Mucsi László: Műholdas távérzékelés. Libellus kiadó, Szeged, 2004)
4. **ábra.** A hullámhossz tartományai (<http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/fotogrammetria/GeoInfo/geoinfo2.htm>)
5. **ábra.** A légkörbe érkező sugárzással lejáródó folyamatok (Mucsi László: Műholdas távérzékelés. Libellus kiadó, Szeged, 2004)
6. **ábra.** A hiperspektrális leképezés (Ládai András Dénes: Adatvizsgálatok a térinformatikában. PhD értekezés, BME, Budapest, 2009.)
7. **ábra.** Reflektancia görbék (Aronoff, Stan: Remote Sensing for GIS Managers. ESRI Press, Redlands, 2005.
8. **ábra.** Grafikus és leíró adatok kapcsolata (Dr. Siki Zoltán: A térinformatika alapjai. Egyetemi jegyzet, BME, Általános és Felsőgeodézia Tanszék, Budapest.)
9. **ábra.** Multi- és hiperspektrális reflektancia görbék (Jung András: Spektrális információk alkalmazása a városklíma-kutatásban. PhD értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kar, Kertészettudományi Doktori Iskola, Budapest, 2005)
10. **ábra.** Hiperspektrális adatkocka (Róth László: A hiperspektrális technológia katonai alkalmazása, www.geol.hu)
11. **ábra.** AisaDUAL hiperspektrális szenzor (Deákvári József, Kovács László: AISA hiperspektrális távérzékelő rendszer ismertetése. FVM, Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő, 2007. http://www.fvmmi.hu/doc/kutat/800_aisa_leiras.pdf?PHPSESSID=e5174a027290f89526e1eafa416bdfef)
12. **ábra.** AisaDUAL által készített kép (forrás: lásd 11. ábra)
13. **ábra.** Szennyezőforrások a Toka patak vízgyűjtőjében (<http://enfo.agt.bme.hu/drupal/node/2266>)
14. **ábra.** Hiperspektrális adatkocka város részlettel (forrás: lásd 9. ábra)

15. ábra. A hiperspektrális felvételek katonai alkalmazása (forrás: lásd: 10. ábra.)

- 1. táblázat.** A távérzékelés története (Aronoff, Stan: Remote Sensing for GIS Managers. ESRI Press, Redlands, 2005.)
- 2. táblázat.** A légköri ablakok. (Dr. Csató Éva: Műholdadatok térképészeti alkalmazása. PhD értekezés, ELTE, TTK, Térképtudományi Tanszék, Budapest, 2000.)
- 3. táblázat.** Az AisaDUAL rendszer adatai (forrás: lásd 11. ábra.)
- 4. táblázat.** A hiperspektrális szkennerek (**Berke J., Horváth Z., Kozma-Bognár V., Varga J., Busznyák J., Hegedűs G.:** Hiperspektrális adatok osztályozásának elmélete és gyakorlata, 4. Fény-Tér-Kép konferencia, Dobogókő, 2006.)

5.3 KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani az Envirosense cégnek, különösen Burai Péternek és Lénárt Csabának, akik a téma kiválasztásához és a dolgozat elkészítéséhez sok segítséget nyújtottak mind értékes tanácsaikkal, mind a rendelkezésemre bocsátott, nagy mennyiségű forrásanyaggal. Illetve témavezetőmnek, Mészáros Jánosnak.