

A hiperspektrális távérzékelési technológia sajátosságai, és minőségbiztosított alkalmazásának hazai lehetőségei

Kardeván Péter¹, Jung András², Deákvári József³, Szalay D. Kornél³, Tolner Imre T.³,
Kovács László³, Fenyvesi László³

¹ Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, külső megbízott szakértő, Magyar állami Földtani Intézet, nyugalmazott főmunkatárs, geofizikus

² SphereOptics GmbH, Uhldingen Németország

³ Mezőgazdasági Gépesítési Intézet

Absztrakt. Hazánkban a hiperspektrális távérzékelési technológia felhasználása a mezőgazdaság-tudományi, környezettudományi, földtudományi területeken áttörés előtt áll. A hiperspektrális technológiának tudományos kutatásokban és piac-orientált projekteken való hazai alkalmazása többek között a precíziós mezőgazdasági technológia fejlődését, és így az ország versenyképességének növelését mozdítja elő, tehát részét képezheti az Európai Unióhoz történő technológiai felzárkózási folyamatnak. Ezért is fontos, hogy a hazai térinformatika kiterjedt felhasználói közössége és az alakulóban lévő hazai légi-távérzékelési Hiperspektrális Munkacsoport között szakmai párbeszéd alakulhasson ki, amelynek során tisztázódhatnak a hiperspektrális távérzékelési, terepi és laboratóriumi mérési adatok felhasználásának jellegzetességei, előnyei, feltételei, és hazai lehetőségei. Az előadás ezt a célt kívánja szolgálni, amelyben ismertetjük még a távérzékelési adat előállítók, adatszolgáltatók és végfelhasználók kapcsolatrendszerének lehetséges felhasználás-orientált sémáit, továbbá azt a minőségbiztosítási rendszert, amelyet a Mezőgazdasági Gépesítési Intézetben megalakult Hiperspektrális Munkacsoport kínál az említett alkalmazott tudományok művelőinek a nemzetközi Fehér Referencia Panel Túra projekthez (White Reference Tour project) való csatlakozása révén.

Tartalomjegyzék:

1. A multispektrális és a hiperspektrális távérzékelési technológia az alkalmazott mezőgazdaság tudományokban
 - a.) A hiperspektrális és multispektrális technológia alkalmazási körülményei
 - b.) A terepi spektrométeres mérések szerepe
 - c.) A laboratóriumi referencia mérések szerepe
2. A „Fehér Referenciapanel Körutazás” (White Reference Tour) projekt célja
3. A hiperspektrális technológia bevezetésének magyarországi mérföldkövei
4. A térinformatikai és a távérzékelési adatok sajátosságai
5. Az FMV MGI Hiperspektrális Munkacsoportjának szerepe a hiperspektrális technológia hazai mezőgazdasági piacon történő megalapozásában

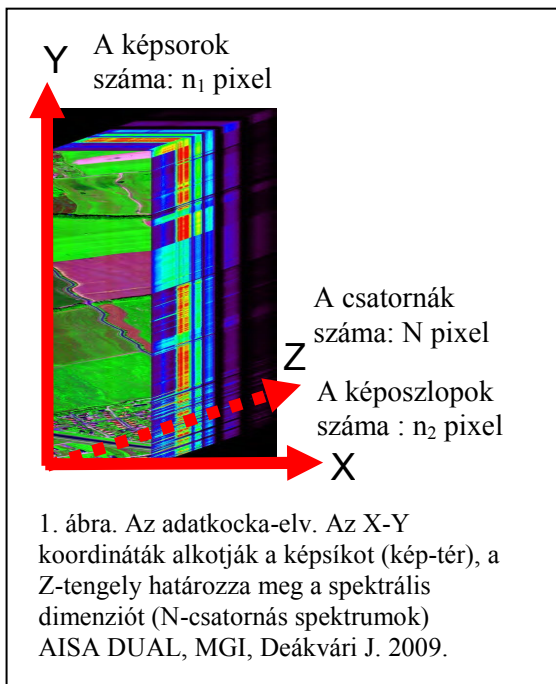
1. A hiperspektrális távérzékelési technológia az alkalmazott mezőgazdaság tudományokban

A **hiperspektrális távérzékelés** fogalmát Dr. Alexander F. H. Goetz* (Kruse, 1995) vezette be, amely az optikai hullámhossz tartományban[†] (0.4 -2.4 μ) végzett passzív, **képalkotó, reflektancia spektroszkópia** távérzékelési változata. Ez a technológia a távérzékelésnek az un. **spektrális irányzatához** tartozik, amelynek során – idézve Goetz meghatározását – „digitális képek egyidejű rögzítése folyik sok keskeny, egymással összeérő spektrális sávban”. A cél természetesen ezzel a technológiával is az, hogy a felszíni objektumokat azonosítsuk, felismerjük, detektáljuk, osztályozzuk a távolból, de a kezdeti érvelés szerint ehhez kisebb geometriai felbontás, és összességében kevesebb képpixel szükséges, és ezért olcsóbb, és a

* Dr. A. F.H. Goetz világszerte elismert amerikai geológus professzor (CALTECH), a CIRES volt igazgatója, aki egyben a ASD típusú spektrométereket gyártó ASD Inc. cég megalapítója is volt 1990-ben.

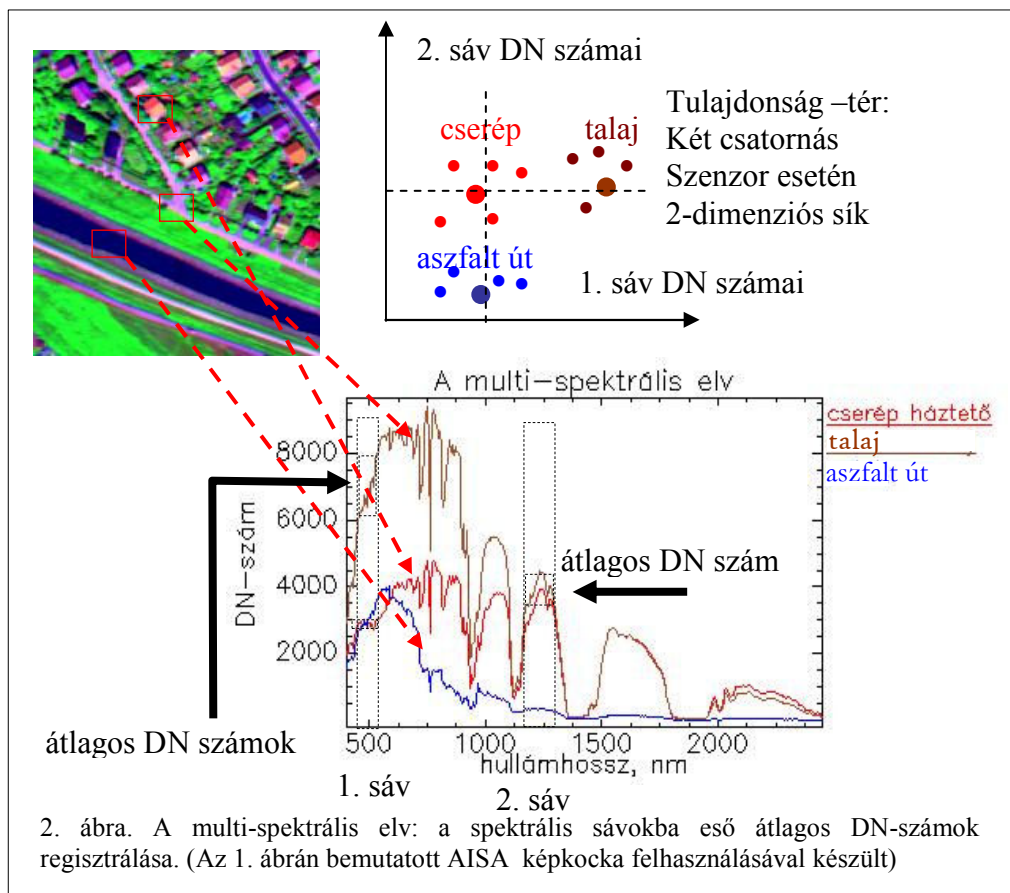
[†] Az optikai sávban a reflektált sugárzás mellett az emittált hőmérsékleti sugárzás elhanyagolható.

precíziós mezőgazdasági (Milics, et al, 2009a,b), és környezetvédelmi (Tamás, J., et al, 2009) piacon is versenyképes lehet. Azóta a geometriai és a spektrális felbontás is drasztikusan megnőtt, de a versenyképességet nem ez, hanem az alkalmazói környezetek és a technikai oldalak tudásbázisának szétválása csorbítja. A cikk ennek az integrációnak a feltételeit elemzi.



A spektrális adatgyűjtéshez kapcsolódó **adatkocka-elvet** (lásd 1. ábra) már korábban is sikeresen alkalmazták a távérzékelésben: a különböző hullámsávokban egyidejűleg regisztrált képek felvételezésének technológiáját **multispektrális távérzékelésnek** nevezik. Ennek fizikai hátterét az a jelenség képezi, hogy a földfelszín objektumai különböző mértékben verik vissza (reflektálják) a fényt, és ez a különbözőség függ a hullámhossztól is. Van például olyan hullámhossz sáv, amelynél bizonyos objektumok nem különböztethetők meg, de áttérve más hullámhossz sávokra a róluk reflektált fény mennyiségei (konkrétan a radianciával arányos digitális, un. DN-számok) már nagymértékben különbözni fognak, megteremtve így az osztályozás lehetőségét. Ezt az elvet már a távérzékelés kezdetekor, a légi fotózás színes infravörös (CIR) változatainak

kifejlesztésekor is sikerrel alkalmazták a katonai felderítésben (kamuflázs-detektálás). Az elmondottakat a 2. ábra is szemlélteti: az 1. sávban az átlagos DN szám az aszfaltút és



házatécserép esetén csaknem azonosak: ebben a sávban nem különíthetők el. Hasonló a

helyzet a 2. sávban: itt a talaj és a cserép nem különíthető el egymástól. Ha azonban kombináljuk a két csatornát, az így előállított ún. 2-dimenziós tulajdonság-síkon (N-csatornás esetben **N-dimenziós tulajdonság térben** (feature space) a spektrumoknak megfelelő 2-dimenziós pontok jól elkülönülnek egymástól: lásd a 2. ábrán a nagyobb átmérőjű színes pöttyöket, amelyeknek a színek azonos az ábra alján látható spektrumgörbék színeivel. A **tulajdonság tér modell** bevezetésével az N-dimenziós vektortérre vonatkozó egyszerű matematikai eljárásokat, modelleket alkalmazhatjuk (lineáris algebra, több változós statisztika). Az egyszerűséget azzal éri el, hogy egy akárhány csatornás, akármilyen bonyolult alakú spektrum görbének információ veszteség nélkül egyetlen pont felel meg az N-dimenziós tulajdonság térben, ahol a „tulajdonságok” az egyes csatornákon mért adatoknak felelnek meg, amelyeket N különböző koordináta tengely mentén ábrázolnak.

A spektrális jellemzés alkalmazhatóságának azonban két fontos feltétele van:

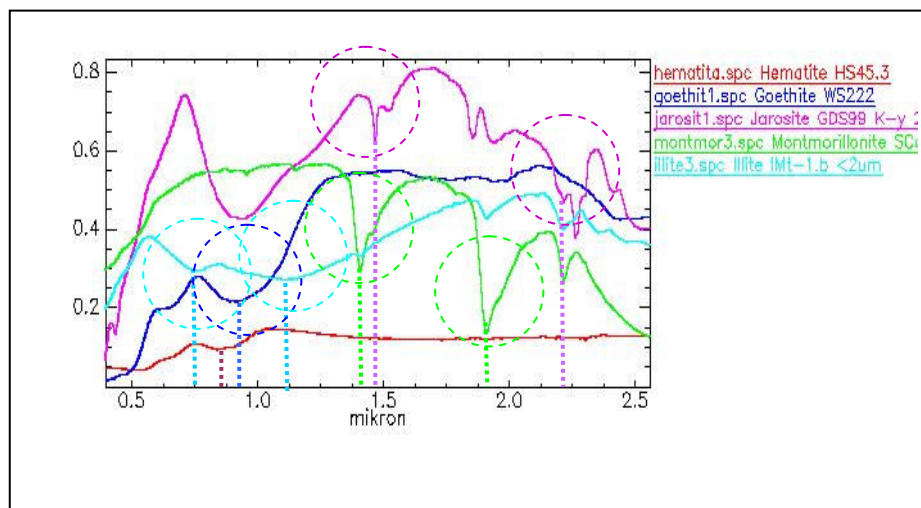
1. a **homogenitás elve**: valamely kategóriának megfeleltethető képpixelek homogének: a pixelek teljes területét ugyanaz az objektum jellemzi. Ellenkező esetben kevert pixellel van dolgunk, ezek közvetlenül nem minősíthetők. Az azonos kategóriáknak megfelelő pixelek N-csatornás spektrumai az **N-dimenziós tulajdonság térben** egymás közelében lévő N-dimenziós pontcsoportokat alkotnak: lásd a 2-dimenziós esetet szemléltető 2. ábrán a kisebb átmérőjű pöttyöket)
2. a képpixelek osztályozási kategóriája a kép bizonyos helyein ismert. A spektrális tulajdonságok révén az objektumok általánosabb kategóriákba sorolhatók: talaj, víz, növényzet, stb.. Ez a **tanító-elv** alkalmazása az ún. felügyelt osztályozások során.

A pixelek több csatornán felvett spektrális tulajdonságai alapján a tanító-elv alkalmazásával a raszteres képek pixeleit egymástól függetlenül, pixelenként lehet kategorizálni (**címkézés** (labeling), térben lokális művelet). Ehhez első és másodrendű osztályozó (diszkriminancia) függvényeket és a **Bayes-féle valószínűségi modellen** alapuló N-változós statisztikai feldolgozást lehet alkalmazni, amely tulajdonság-térben globális művelet.

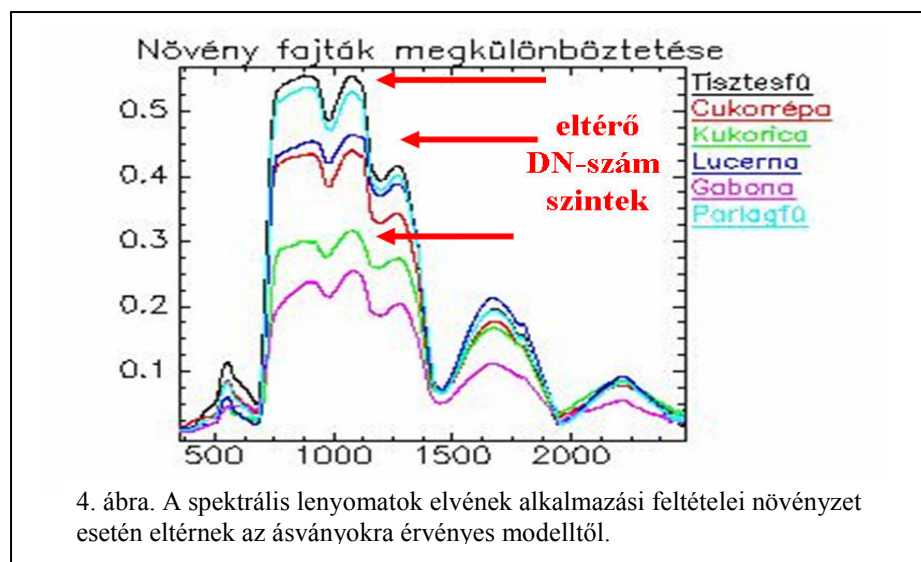
A hiperspektrális technológia jellemzésében a Goetz-féle meghatározás szerint tehát a keskeny-sávúság és a sávok folyamatossága a meghatározó: a spektrum hézagatlan felvétele és a nagy spektrális felbontóképesség az a két új technológiai szempont, amely a **képalkotó spektroszkópia** terminológia használatát jogossá teszi távérzékelési körülmények között is. A multispektrális és hiperspektrális technológiát a szakirodalomban, mint széles-sávú (broad-band) és keskeny-sávú (narrow band) spektrális módszereket különbözteti meg.

A felszíni objektumok fényvisszaverő képességének spektrális sajátosságait a **kémiai vegyületekre** jellemző **hullámhossz szelektív abszorpciós jelenségek** teszik igazán egyedivé. Ezeket a jelenségeket a kvantummechanika segítségével írhatjuk le számszerűen (ezzel a **spektroszkópia** foglalkozik), amelyek a reflektancia spektrumokon a kémiai anyagokra specifikusan jellemző, keskeny hullámhossz tartományokban abszorpciós bemélyedések alakítanak ki. Ezek a bemélyedések az anyagok reflektancia spektrumain olyan jellegzetes mintázatot alakítanak ki, amely alapján a kémiai kötéssel rendelkező anyagok közvetlenül felismerhetők. Ez a **spektrális-lenyomatok elve**: az elnevezés az embereket jellemző újlenyomatokhoz, vagy a személyeket jellemző kézi aláíráshoz hasonló szelektivitást sugall az ásványok, szerves anyagok felismerése esetén. Ezek alapján már nem meglepő, hogy a hiperspektrális távérzékelési adatok feldolgozási eljárásait szinte teljes terjedelemben az ún. **kemometriai eljárások** között találhatjuk meg. Az elvet néhány ásvány esetén a 3. ábrán láthatjuk: az abszorpciós sávokat piros karikákkal szemléltettük. A hiperspektrális technológia alkalmazása azzal a fontos következménnyel jár, hogy a kémiai anyagok (ásványok, szerves vegyületek) felismerését sok esetben az abszorpciós sávok elhelyezkedése alapján is elvégezhetjük, amely tisztán **spektroszkópiai információ** (az abszorpciós folyamatokat

jellemző hullámhosszak, sáv szélességek, minimumok mélységei). Ez az információ független a fényforrások sugárzásának intenzitásától, azaz a multispektrális elvénél bemutatott DN-számok (hitelesítés esetén radiancia szintek) nagyságától. Így teljesen új, és viszonylag egyszerű elvi alapokon álló ún. **hiperspektrális osztályozási módszereket** lehetett alkalmazni: pl. a spektrális szögek módszerét (SAM), bináris kódolást, spektrális tulajdonságok illesztését (Spectral Feature Fitting), amely eljárásokat az ENVI-ben a Spectral Mapping opciónál találhatjuk).

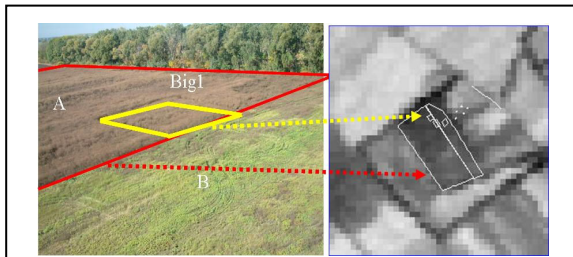


A probléma ezzel kapcsolatban az, hogy nem mindig lépnek fel diagnosztikus abszorpciós sávok ásványok esetén sem (lásd 3. ábrán a hematit spektrumát a közepes infra-tartományban). Sőt, ha a növényzetre kívánjuk érvényesíteni a spektrális lenyomatok elvét, észre kell vennünk, hogy az alkalmazás feltételei teljesen megváltoznak. A 4. ábrán bemutatunk különböző növényfajtákhoz tartozó, terepen ASD FielSpec Pro műszerrel mért reflektancia

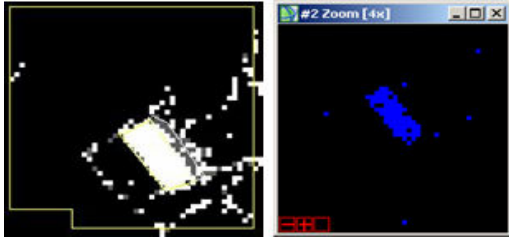


4. ábra. A spektrális lenyomatok elvének alkalmazási feltételei növényzet esetén eltérnek az ásványokra érvényes modelltől.

spektrumokat (Kardeván, 2005). A feltűnő különbség a 3. ábrán bemutatott spektrumokhoz képest az, hogy az (finom részletekről eltekintve) abszorpciós bemélyedések minden növényfaj esetén ugyanott vannak (a víztartalom megnyilvánulásai), az eltéréseket a DN-szám szintek különbségei adják, ami nem spektroszkópiai, hanem a radiometriai sajátosság. Valóban, a reflektált fény mennyiségét számos nem-kémiai, hanem fizikai paraméter befolyásolja, amelyek hatása növényzet takarók esetén igen erős, és szelektivitást is mutató



5. ábra. Száraz parlagfű góc terület kiválasztása tanító-területként DGPS



6. ábra. LANDSAT osztályozási képek. Baloldali kép: tanító terület megadása vektorfájl segítségével (lásd 6. ábra). Jobb oldali kép: tanító terület definiálása statisztikai paraméterek alapján. ENVI 4.0 feldolgozás, Kardeván et al. 2005.

meghatározott vektori-állomány segítségével mechanikusan definiált tanító-terület alkalmazásával csak súlyos osztályozási hibákkal lehetett a parlagfű azonosítását elvégezni. Az osztályozási pontosság javulását a tanító pixelek statisztikus tulajdonságainak interaktív meghatározása révén sikerült elérni: lásd 5. és 6. ábra. Hasonló indoklást ad Mucsi László is az AISA DUAL adatkočka kiértékelésekor a szegedi városi környezet osztályozásakor kapott viszonylag szerény, 61.3%-os osztályozási pontosság okainak elemzésekor (Mucsi, 2009).



7.a Terepi környezet



7.b Laboratóriumi környezet

A **minőségi adatfeldolgozást** a szoftver feldolgozási kínálatából gyorsan kiválasztható, látszólag könnyen, szinte gombnyomással működtethető beépített feldolgozási eljárások mélyebb fizikai és matematikai alapjainak oktatásával lehet biztosítani. Ez a kérdés átvezet bennünket a térinformatika tudományágában is ismert problémákhoz, amelyek az új technológia társadalmasítása, széles körű elterjesztése során merültek fel. A távérzékelési és térinformatikai adatok eltérő sajátosságai miatt azonban újabb megfontolásokat kell tennünk. Mielőtt ennek a kérdésnek az elemzésére áttérnénk, a távérzékelési technológia alkalmazásának további sajátosságait kell bemutatnunk.

A radiometriai mérések abszolút pontosságát nagyon nehéz biztosítani. Ezért bevezették a **reflektancia-eltvet**, amelynek során a cél objektumokról a szenzorba visszaverődött spektrális radianciát egy tökéletesen diffúz, irány függetlenül reflektáló, fehér felület, az un. **referencia panel** (white reference) radianciájához

hatás. A spektrális lenyomat elvének eredeti értelemben vett alkalmazását növényzet esetén elsősorban a vörös-él eltolódásokra lehet alkalmazni. Többek között ez az oka annak, hogy a „tisztán” hiperspektrális osztályozási módszereket növényzetek vizsgálatokor módosítani kell, és kombinálni kell a multispektrális módszereknél alkalmazott statisztikai osztályozási módszerekkel. A módosítás interaktív technológia, feltételezi az alkalmazott statisztikai eljárások alaposabb ismeretét, és a hiperspektrális adatfelvételi előnyöket az un. **tulajdonság-kiválasztási eljárásokkal** (feature selection) biztosíthatjuk. **Anomália-detektálás** esetén a **hiperspektrális indexek** alkalmazhatók. Ezt a sokoldalú interaktivitást kínálja az ENVI képfeldolgozó szoftver. Az ENVI-be beépített osztályozási eljárások mechanikus alkalmazása azonban szerény feldolgozási pontosságot biztosít csak. Jó példa erre a 2003-ban folytatott parlagfű góc terület detektálási kísérlet LANDSAT 5 műholdkép alapján (Kardeván et al, 2005), amelynek során a DGPS mérésekkel

viszonyítják azonos kísérleti körülmények esetén. Ezt a relatív, normált radianciát nevezik **reflektancia faktornak**, amelynek mérése általánossá vált a szóban forgó távérzékelési technológiában.

A távérzékelési spektrális adatkockák értelmezéséhez, mint említettük, rendelkezünk kell a tanító-elvnek megfelelően az osztályozási kategóriákra jellemző spektrumokkal. A hiperspektrális technológiában ezt a folyamatot **terepi in-situ adatgyűjtésnek** (ground truth) nevezik, amelynek során a felszíni objektumok spektrumait rögzítik **terepi spektrométeres mérések** segítségével, vagy laboratóriumi mérésekkel, és az így összeállított **spektrum könyvtárakat** használják fel a távérzékelési képek osztályozásához a különböző munkacsoport is, amelyek nem rendelkeznek terepi technológiával.

A reflektancia-elv alkalmazásának terepi és laboratóriumi adatgyűjtési kampányok során további fontos feltételei vannak. Ezek közül a legfontosabbak:

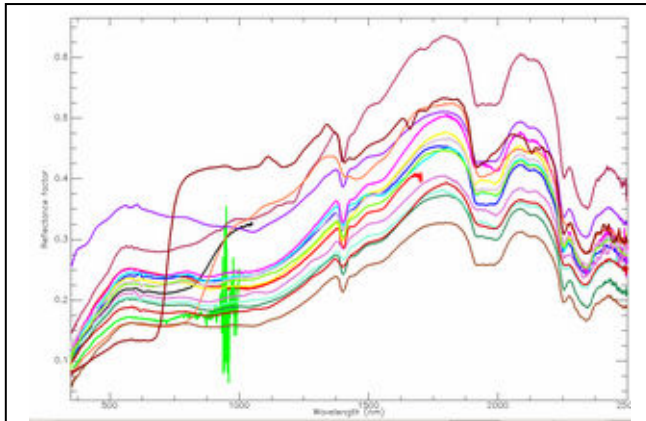
1. A célobjektum megvilágítása homogén
2. A célobjektum megvilágításának geometriai elrendezése azonos a távérzékelési kampány során alkalmazott geometriai elrendezésével.
3. A célobjektum és a fehér referencia panel azonos módon (tehát egyaránt tökéletesen diffúz módon) reflektál.
4. Tükröző reflexiók hatása elhanyagolható
5. A célobjektum és a referencia panel radiancia mérése során a megvilágítás nem változik
6. A célobjektum homogén
7. A referencia panel spektrális tulajdonságai nem változnak, és a különböző csoportoknál használt referencia panelek tulajdonságai azonosak.
8. A mérésekhez használt műszerek spektrális felbontóképességei elegendők az abszorpciós minimumok felbontásához, a mérési eredmények közelítőleg azonosak.

A hiperspektrális tanítóval végzett osztályozási technológiájában a csatorna szám növelésének közismert gátja az ún. **Hughes-effektus**. Eszerint a csatornák számának növekedésével a másodrendű osztályozóhoz szükséges tanító pontok száma olyan gyorsan növekszik, hogy már viszonylag kis csatorna szám mellett sem lehet teljesíteni a feltételeket. Ez a korlát a tulajdonság térben végzett pontos statisztikai tervezéssel oldható fel, vagy új lokális műveletek kifejlesztésének irányába (Support Vektor Machine, SVM) vetet. További megoldás a fizikai térbeli információk (textúra) integrált felhasználása. Az ENVI-ben már rendelkezésre áll a térbeli és statisztikai feldolgozások integrációja felhasználói felületek szintjén.

2. A „Fehér Referenciapanel Körutazás” (White Reference Tour) projekt célja

A reflektancia-elv feltételeinek gyakorlati teljesülésének problémái, az eltérő gyártmányú terepi és laboratóriumi spektrométerek növekvő száma, a referencia panelek különbözőségei, a spektrum-könyvtárak gyakorlatában közismertté váló ellentmondások felvetették a mérési rendszerek egységesítésének gondolatát. A hiperspektrális technológia németországi felhasználói számára 2009-ben meghirdették a White Reference Tour 2010 projektet, amely hamar nemzetközivé vált. Ennek során minden résztvevő partner saját eszközeivel és módszerével lemért egy körbe utaztatott 4 darabból álló, eltérő reflektancia szintű panel sorozatot, és egy klorit ásványt [Jung,A. 2009a,2009,b,2010a, 2010b]. Az eredményt a 8. ábra mutatja. A mérési hibák okainak kiderítése és elemzése a projekt célja.

A nemzetközi projekthez csatlakozott az FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézete is. A projekt célja, hogy kidolgozza a **szabványos és minőségbiztosított reflektancia mérések**



8. ábra. A White Reference Tour csoport tagjainak reflektancia mérései a klorit mintán (Jung A., et al. 2010a)

laboratóriumi és terepi technológiáját, és ezeket (az egyébként technológiai oldalon ismert) végrehajtási feltételeket alkalmazói oldalon is érthető módon ismertesse, és közkinccsé tegye.

3. A hiperspektrális technológia bevezetésének magyarországi mérföldkövei

A távérzékelés hasznosítása világszerte más ütemben, más területeken, és más logikával következett be, mint ahogyan tervezték. A 90-as évekre azonban az Egyesült Államokban és az EU-ban mégis kialakult a szárazföldek kutatásában, és piaci alapon

gazdaságosan alkalmazható légi hiperspektrális technológia, főleg geológiai térképezések támogatására, majd a mezőgazdasági, környezetvédelmi felhasználású hiperspektrális távérzékelési projektek fejlesztése is lezajlott a 90-es évtizedben nyugaton.

Hazánkban, a fejlesztések kezdetben a szovjet együttműködéshez kapcsolódtak, és az 1980-as években a szovjet–magyar INTERKOSMOS együttműködés keretében viszonylag fejlett szintre jutott a spektrális távérzékelés mezőgazdasági alkalmazása, amelyet a Debreceni Egyetemen többek között Szász Gábor professzor munkássága fémjelzett. A MÁFI-ban Síkhegyi Ferenc máig használatos környezetföldtani kiértékelési módszert fejlesztett ki a légifotók hasznosítására, és a TAKI GIS-laborjában a talaj spektrális vizsgálata folyt (Dr. Micheli Erika). Az ELTE Űrkutatási Csoportja (Prof. Ferencz Csaba vezetésével) többek között a műholdas távérzékelés adaptációját, a termésbecslési modellek kidolgozását oldotta meg.

A hiperspektrális technológia elterjedéséhez szükséges hardver és szoftver beszerzése a 90-es években zajlott le. Az ezredfordulóra számos egyetemen és kutatóintézetben rendelkezésre álltak a szükséges eszközök. Az első hiperspektrális technológia transzfert a MÁFI hajtott végre egy UNDP projekt keretében (Kardeván, 1998). Ezután, az első légi hiperspektrális repülési kampányt a MÁFI kezdeményezésére – ITC együttműködéssel (Dr. Vekerdy Zoltán) – egy nemzetközi szakmai konzorcium hajtotta végre a HYSSENS 2002 projekt keretében, amelyben a DLR, ITC és JRC (Ispra) nemzetközi résztvevők mellett a Debreceni Egyetem (Tamás János professzor) részvétele meghatározó jelentőségű volt (Kardeván et al., 2003). A projekt eredményeként rögzített 5 hiperspektrális adatkocka feldolgozásából azóta, mintegy tucat PhD illetve MSc dolgozat született.

A következő mérföldkö kételkedés nélkül 2007-ben következett be, amikor a Debreceni Egyetem és a gödöllői FVM Gépesítési Intézete közösen megvásárolta és üzembe helyezte az AISA DUAL légi hiperspektrális kamerát. Az üzemeltetésben felhasználóként részt vesz az EnviroSense Hungary Kft is. A közeljövőben további hazai terepi és légi szenzor beszerzések várhatók. A hiperspektrális adatfeldolgozás és technológia népszerűsítésébe internetes szerverszolgáltatók is beszálltak (Tamás, 2010, Róth, 2010).

Napjainkban folyik az MGI által megalapított Hiperspektrális Munkacsoport technikai és oktatási hátterének megalapozása.

4. A térinformatikai és a távérzékelési adatok sajátosságai

A spektrális távérzékelési módszerek jellemzése után a távérzékelés és a térinformatika kapcsolatát kell vizsgálnunk annak érdekében, hogy az új technológia alkalmazási feltételeit megérthessük. A térinformatikai és távérzékelési adatok sajátosságainak elemzése és összehasonlítása során több szempontot egyidejűleg kell értékelnünk:

- a) Egyrészt a digitális adatok előállításának folyamatát, és ennek a folyamatnak az adatok interpretációjára gyakorolt hatását.
- b) Másrészt az emberi értelem és a számítógép adatfeldolgozásban és az információ kinyerés folyamatában betöltött szerepének különböző fokozatait
- c) Harmadrészt a digitális adatszolgáltatások társadalmi szervezési rendszereit. Itt említjük meg, hogy a légi hiperspektrális távérzékelés technológia mezőgazdasági alkalmazásait tekintve elsősorban a gazdálkodók rövid-távú (napi szintű) döntéseinek támogatására dolgoztak ki esettanulmányokat.

Mind a térinformatika, mind a távérzékelés a tudományos és technikai ismeretek széleskörű integrációján alapuló, részben egymást is átfedő **modernkori diszciplínák**. Ezek az új tudomány területek a klasszikus tudományágak ismereteiből való új merítéssel és az új technikai, technológiai ismeretek kombinálásával jöttek létre. Párhuzamokat és különbségeket egyaránt megállapíthatunk. Mindkettőt jellemzi az alkalmazott tudományok és a technikai ismeretek kettősége. Ezeknek szerepe és kölcsönhatása azonban jelentősen eltér egymástól a klasszikus térinformatika és a napjainkra kialakuló, **un. multispektrális** – vagy mai modern változataiban – **hiperspektrális távérzékelési** technológia esetében. Ez a különbség abban nyilvánul meg, hogy a sokcsatornás távérzékelési technológia alkalmazásához az **adatok előállításának speciális technikai folyamatát** ismerni kell alkalmazói oldalon is. Ezek az adatgyűjtési folyamatok különböző távérzékelési szenzorok, platformok, adatgyűjtési rendszerek esetén jelentősen különböznek egymástól. Emiatt a különbségek miatt a távérzékelési adatfeldolgozási eljárások **rendszerfüggővé** válnak. Ez a tény alkalmazói oldalon is felételezi a technikai oldal részletes ismeretét, aminek hiánya a távérzékelési technológia elterjedésének legfőbb gátja. A probléma abból fakad, hogy az egyetemi oktatási rendszerekben az alkalmazói oldal, azaz a mezőgazdasági, környezettudományi, ökológiai, biológiai stb. szaktudományok oktatása olymértékben elkülönültek a technikai oldal szakismereteinek oktatásától, hogy az alkalmazói oldal szakemberei nem ismerik a technikai lehetőségeket, vagy nem tudják alkalmazni, a technikai oldal szakemberei pedig nem ismerik fel kellő számban és időben azokat a kínálkozó lehetőségeket, amire az általuk kifejlesztett technikai berendezések képesek. A technikai ismeretek megértéséhez szükséges fizikai és matematikai oktatás nem a kellő tematikával és terjedelemben és minőségi szinten folyik.

A **térinformatika** kidolgozta a digitális adatfeldolgozási technikákat és a digitális adatok hasznosítási környezetét. A térinformatika elsősorban **digitális adatkezelési technológia** (Ehlers, M., 2000). A távérzékelés pedig elsősorban **adat előállítási technológia**, amelynél a **mérési eljárás** van a hangsúly. A reflektancia elv következtében ez a mérési technológia átkerült felhasználói oldalra is azáltal, hogy önálló terepi és laboratóriumi mérések eredményeit használják fel a távérzékelési adatok értelmezésénél. Az egyetemi oktatási rendszerek sajátosságai miatt azonban a technológiai ismeretek nem kerülnek át kellő időben és mennyiségben és minőségben a felhasználói oldalra.

A technológiai és alkalmazói oldal távolságát a technológiai oldal a műholdas távérzékelésnél úgy próbálja meg áthidalni, hogy késztermékeket kínál, illetve a kereskedelmi szoftverekbe beépíti a szükséges elő-feldolgozási eljárásokat, vagy kifejleszt ingyenesen elérhető szoftvereket (pl. CHRIS Proba hiperspektrális műhold esetén a BEAM szoftver).

5. Az FMV MGI Hiperspektrális Munkacsoportjának szerepe a hiperspektrális technológia hazai mezőgazdasági piacon történő megalapozásában

A mezőgazdasági piacokon használt légi távérzékelési szenzorok üzemeltetését a gyártó cégek csak szabvány radiometriai feldolgozást (georektifikálás) és georeferenciát biztosító szoftverekkel támogatja. Az üzemeltetés során fellépő reziduális korrekciók elvégzését az üzemeltetőknek kell ellátni. Ehhez technikai ismeretekre van szükség, amiket az egyetemeken alkalmazott tudományi karai nem mindig képesek biztosítani. Ezért a legtöbb országban speciális érdekcsoportokat hoznak létre (Special Interest Group, SIG), amelyek integrálják a szükséges technikai szakmai szakértelmet és alkalmazói szakértelmet a csoportban résztvevő intézmények és külső technikai oldali együttműködő intézmények szakembereiből, projekt szervezési alapon, hiszen a szükséges szakértelmek egy-egy intézményben nem áll rendelkezésre.

Ezt a szakmai szükségletet ismerte fel az FMV Mezőgazdasági Gépesítési Intézete, és megalakította a légi távérzékelési Hiperspektrális Munkacsoportot (Tolner, 2010), amelynek célja a fentiek értelmében a technológiai oldali szaktudás integrálása:

1. Az AISA DUAL légi adatszolgáltatás regionális bevezetése (Deákvári et al, 2007, 2009, 2010), az alkalmazói oldal igényeinek felmérése
2. Az AISA DUAL felhasználói számára rendszeres oktatási szolgáltatást és oktatási anyagokat biztosítani a hiperspektrális adatfeldolgozáshoz (Kardeván, 2010), közös kampányszervezéshez, terepi és laboratóriumi mérési technológiák kivitelezéséhez, spektrum könyvtárak létesítéséhez és használatához szükséges kiegészítő elméleti és gyakorlati ismeretekről.
3. ASD FieldSpec 3 MAX műszerrel terepi és laboratóriumi mérési szolgáltatás létrehozása
4. A mérési technológiák **minőség biztosításának** bevezetése a White Reference Tour projekthez való csatlakozás, és hazai alprojektjének üzemeltetése révén. Ennek során korrekciós eljárások biztosítása, és a mérések minőségének ellenőrzése.

6. Referenciák:

Deákvári József, Kovács László, 2007, AISA hiperspektrális távérzékelő rendszer ismertetése, FVM MGI. http://www.fvmmi.hu/doc/muszer/814_aisa.pdf

Deákvári J., Kovács L., Papp Z., Fenyvesi L., Tamás J., Burai P., Lénárt Cs., 2009, Az AISA hiperspektrális távérzékelő rendszer használatának első eredményei, XXXII: MTA-AMB K&F Tanácskozás, Gödöllő, 2008 in print

Deákvári J., Kovács L., Papp Z., Fenyvesi L., 2010, ASD FieldSpec 3 MAX terepi spektroradiométer. http://www.fvmmi.hu/doc/muszer/814_aisa.pdf

Ehlers, M., 2000, Integrated Geographic Information Systems: From Data Integration To Integrated Analysis. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII, Part B2. Amsterdam 2000.

Jung, A., 2005, Spektrális Információk Alkalmazása a Városklíma Kutatásban. PhD. tézis, Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék.

Jung, A., Tókei, L., Kardeván, P., 2005, Application of Airborne Hyperspectral and Thermal Images to Analyse Urban Microclimate, *Applied Ecology And Environmental Research* 5(1): 165-175.

Jung, A., Götze, Ch., Gläßer, C., 2010a: White Reference Tour 2009, A round-robin test for better spectral libraries. Paper read in Conference ISPRS 1910 – 2010 CENTENARY CELEBRATIONS VIENNA, July 1-7, 2010, Vienna University of Technology, Vienna, Austria

Jung, A., Bannehr, L., Gläßer, C. Götze, Ch. Klonus, S., 2010b, Vergleichbarkeit von zeitlich, radiometrisch und spektral unterschiedlich abbildenden Kamerasystemen. 3-Ländertagung 2010 der DGPF, OVG und SGPBF in Wien, 2010m Juni.

Jung, A., Götze, Ch., Gläßer, C., 2009a. White Reference Tour. First Results a round-robin test of more than 15 spectrometers. EUFAR Expert Working Group Workshop "Quantitative applications of soil spectroscopy,, 15-16 April 2010, Potsdam

Jung, A., Götze, Ch., Gläßer, C., r , 2009b, A comparison of four spectrometers and their effect on the similarity of spectral libraries. 6th EARSeL SIG IS workshop IMAGING SPECTROSCOPY: Innovative tool for scientific and commercial environmental applications 16 - 19 March 2009, Tel Aviv.

<http://www.earsel6th.tau.ac.il/~earsel6/CD/PROCEEDINGS.htm#>

Kardeván, P., Brezsnayánszky, K., Róth, L., (1998), Integration of GIS and Remote Sensing in the Field of Geology as an Interdisciplinary Approach - the Role of Geospatial Clearinghouse Services. In: Büttner, Gy. (ed.): "International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing Vol. XXXII", Budapest, Hungary, 595-600.

Kardeván, P., Vekerdy Z., Róth L., Sommer S., Kemper T., Jordán G., Tamás J., Pechmann I., Kovács E., Hargitai H., F. László., 2003, Outline of scientific aims and data processing status of the first Hungarian hyperspectral data acquisition flight campaign, HySens 2002 Hungary. Proceedings of the 3rd EARSeL Workshop on Imaging Spectrometry, Hersching, Germany, 324-333.

http://www.earsel.org/workshops/imaging-spectroscopy-2003/papers/geology_and_mining/kardevan.pdf

Kardeván, P., Reisinger, P., Tamás, J. ,Jung, A., 2005, A parlagfű detektálás távérzékelési módszereinek vizsgálata. I. rész – A távérzékelési képek osztályozási hatékonyságának növelése a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L) reprezentatív spektrumainak terepi DGPS mérésekkel történő kiválasztásával. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, 6 (2), 53–67.

Kardeván Péter, 2010. MGI távérzékelési tanfolyam 1-12 (heti 4-órás oktatási panelek) – 2010. április-július.

Kruse, F., A.,1994, Imaging Spectrometer Data Analysis - A Tutorial. in Proceedings of the International Symposium on Spectral Sensing Research (ISSSR), 10-15 June 1994, San Diego, CA, v. I, p. 44 - 54.

Milics G. (chapter co-author) (2007a): Térinformatika a precíziós mezőgazdaságban. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs.: A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp. 39-62.

Milics G. (chapter co-author) (2007b): Adatgyűjtés műszaki és informatikai háttere. In: Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs.: A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE Press-MTA TAKI, Szeged, pp. 139-159.

Mucsi, L., Tobak, Z., van Leeuwen, B., Kovács, F., Szatmári, J., 2008, Analyses of Spatial And Temporal Changes Of The Urban Environment Using Multi- And Hyperspectral Data. Proceedings of the. EARSeL Joint Workshop „New Challenges of High Resolution”, Bochum (Germany), March 5-7, 2008 jointly organized by EARSeL SIG's.

Róth, L., 2010, Hiperspektrális Képfeldolgozás. Szerver szolgáltatás. <http://www.geol.hu/>

Salvaggio, C., Smith, L., E., Antoine, E., J., 2005, Spectral Signature Databases and their Application - Misapplication to Modelling, and Exploitation of Multispectral - Hyperspectral data. Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XI, edited by Sylvia S. Shen, Paul E. Lewis Proceedings of SPIE Vol. 5806

Tamás, J., Kardeván, Kovács P. E., Kovács, E., Takács, P., 2005, Evaluation of environmental risks of non point source heavy metal contamination using sensor DAIS. Proceedings of 4th EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy, 473-485. Zagajewski, B., Sobczak, M. (eds.) Imaging Spectroscopy, New quality in environmental studies. Publ. European Association of Remote Sensing Laboratories, Warsaw University. (INT) http://www.earseel.org/workshops/IS_Warsaw_2005/papers/Minning_Environment/44_Tamas_415_423.pdf

Tamás, J., Lénárt, Cs., Burai P., Fenyvesi L., József, D., Kovács, L., 2009, Evaluation of Spatial Accuracy of Biomass Spectral Datacubes Based on Aisa Dual Flight Campaigns. International Symposia Risk Factors for Environment and Food Safety & Natural Resources and Sustainable Development, Faculty of Environmental Protection, November 6-7 Oradea 2009.

Tamás János, 2010, Hiperspektrális Kutató Központ, szerver szolgáltatás. <http://ion.agr.unideb.hu/hyperspectral/>

Tolner I. T., Deákvári J., Kovács L., Szalay D. K., Papp Z., Kardeván P., Fenyvesi L., 2010, Hiperspektrális információk alkalmazási lehetőségei a mezőgazdasági technológiában. Proc. Térinformatikai Konferencia, Debreceni Egyetem, (HU) <http://geogis.detek.unideb.hu/Konferencia2010/Szekcio.php>

