

Az első magyarországi képalkotó spektrométeres repülés és adatainak elemzése erdőtípusok elkülönítésére*

Hargitai Henrik¹–Kardeván Péter²–Horváth Ferenc³

¹ ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter st. 1/a, hargitai@emc.elte.hu

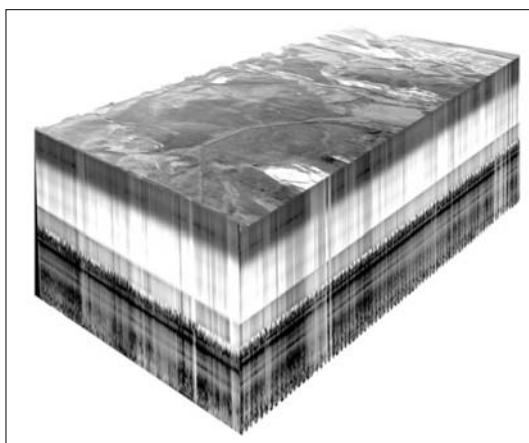
² Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14, kardevan@mafi.hu

³ MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet, 2163 Vácrátót, Alkotmány u. 2-4., horvfe@botanika.hu

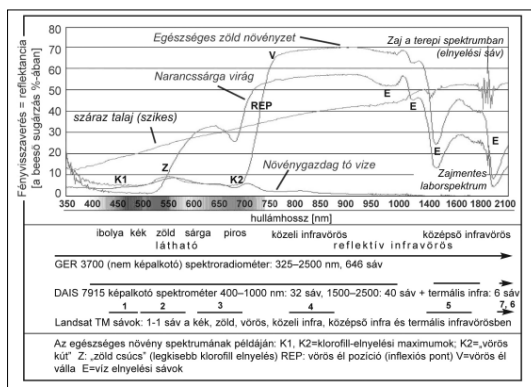
A hiperspektrális távérzékelési technológiával első alkalommal öt magyarországi területről készültek 2002 augusztusában képalkotó spektrométeres légifelvételek egy nemzetközi kooperáció keretében (Kardeván et al. 2003a, Kardeván et al. 2003b, Hargitai et al. 2004, Jung et al. 2003). A projekt egyben a hiperspektrális technológia első hazai tesztelése is volt, melynek során a különféle egyetemek és kutatóintézetek munkatársai elsajátíthatták a hiperspektrális képfeldolgozás folyamatát a terepi munkától az adatfeldolgozásig. Mára megteremtődtek a feltételei, hogy hiperspektrális légifelvételek készítését hazai forrásból, szolgáltatásszerűen rendelkezzenek meg azok, akik számára a multispektrális technológia nem nyújt megfelelő pontosságú adatokat. Az alábbi írás a technológia bemutatásán túl az első repülésnek az előzményeit és eredményeit foglalja össze, részletesebben elemelve az erdőtípusokkal kapcsolatos saját kutatás tapasztalatait.

A hiperspektrális technológia

A távérzékelés legújabb alkalmazási területei egyike a képalkotó spektroszkópia – más néven hiperspektrális távérzékelés. Egy ilyen műholdas vagy légifelvételzés során egy területet képpontokra bontunk és minden képponttól felveszünk egy spektrumot, mely folyamatos görbeként jeleníthető meg. A létrejövő adathalmaz egy sajátos ábrázolásának köszönhetően „hiperspektrális adatkocka” néven vált a technológia szimbólumává (1. ábra).



1. ábra: a hiperspektrális adatkocka (Recsk példáján: a jobbra látható fehér folt a recski kőbánya)



2. ábra: spektrumgörbék és érzékelő műszerek összehasonlítása

* A jelen munka egyes részei H. H. doktori értekezése keretében készültek, melynek célja az is, hogy a későbbi – jelen pillanatban már (még csak) körvonalazódó hazai kereskedelmi jellegű repülések eredményeit felhasználó szakemberek számára egyfajta kalauzként segítséget nyújtson a hiperspektrális repülések előkészítésében, lebonyolításában és elemzésében. A későbbiekben az internetről letölthető munka az ENVI szoftveren ismerteti a képek elkészítésének és feldolgozásának részletes menetét. A dolgozat bemutatja a felvett spektrumgörbék és külön listában közli a hiperspektrális távérzékelés szakszavainak magyar irodalomban felmerült fordítás-változatait.

A hiperspektrális képek általában több tízes nagyságrendű sávból állnak, ellentétben a multispektrális képek 5–10-es nagyságrendű sávjaival (a labormérések és terepi – nem képpalotó – spektrométerek több száz nagyságrendű sávra bontják kb. ugyanezt a tartományt). Így a spektrum olyan részei is érzékelhetővé válnak, melyek korábban nem: ezek (pl. elnyelési sávok pontos kijelölése) meghatározásával olyan felszínborítás-típusok is elkülöníthetők, melyek a „durvább” multispektrálissal nem (2. *ábra*).

Hiperspektrális képelemző módszerek

A hiperspektrális képelemző módszereknél (3. *ábra*) is alapvető, hogy a spektrum előzetesen megfelelő korrekciókon essen át (a terepi spektrumnál csak mesterséges megvilágítás esetén nem szükséges atmoszférikus korrekció). Ezután a spektrumot (lefutását, görbét, elnyelési sávjait, a reflektancia abszolút értékét stb.) összehasonlítjuk valamilyen referenciaspektrummal (célspektrum vagy végállású spektrum). A célspektrum származhat terepen felvett tanítómező alapján, magáról a képről; terepi spektrométeres mérésből; labormérésből, spektrumkönyvtárból (ennek használatához a kép pontos atmoszférikus korrekciója szükséges) vagy felvehető a tulajdonságtérben meghatározott tanítómező alapján (pl. interaktív végállású spektrum [end-member] választás, PPI).

Az osztályozáskor a spektrumok összehasonlítása történik: itt a spektrum általános lefutása és/vagy az ezen belüli, jól definiálható elnyelési sávok vizsgálhatók. A – pl. ásványoknál indikatív – elnyelési sávok legjobban kontinuum-el-távolítással vizsgálhatók (pl. spektrális jellemző illesztés [Spectral Feature Fitting]). A spektrum általános lefutásának vizsgálatakor vagy olyan spektrumot kereshetünk, melynek reflektancia-értékei a legjobban hasonlítanak a referenciaspektrumra (illesztéses szűrés [Matched Filtering]), vagy a spektrumot a tulajdonságtérbeli vektorként kezelve az itt található, a referenciára legkisebb szögeltéréssel illeszkedő vektor kereshető (spektrális szög térképező [Spectral Angle Mapper]).

Spektrumszétkeveréskor feltételezzük, hogy a képponthez rendelt spektrum többféle anyag spektrumának a keveréke. Ha ezen anyagok és spektrumaik ismertek, szétkeveréssel megállapítható, hogy a kevert spektrumban az egyes spektrumok (anyagok) milyen arányban részesednek.

Az illesztéses szűrés módszerrel az osztályozás egy képponthez nem egy kategóriát rendel, hanem minden célspektrumra egy külön arányképet készít, mely megadja, hogy az adott célspektrum az adott képponton belül milyen arányban részesül.

Mivel a sok sávú képen a szomszédos sávok általában redundánsak, az adatdimenzionalitás csökkenthető: kiválasztjuk azokat a (pl. elnyelési) sávokat, melyekben a vizsgálandó (elkülönítendő) spektrumok a legjobban különböznek és csak ezeket használjuk; vagy főkomponens-analízissel maximalizálhatjuk a különbségeket. A csökkentett dimenziójú (PCA, MNF) kép önmagában is vizsgálható vagy tulajdonságtérben kereshetők végállású spektrumok (pl. az automatizált PPI módszerrel, ha nincs terepi információ), melyek helyei az eredeti képen tanítómezőként felvehetőek, és innen már valós spektrumuk alapján sorolhatóak spektrumkönyvtárba és osztályozhatóak valamely módszerrel.

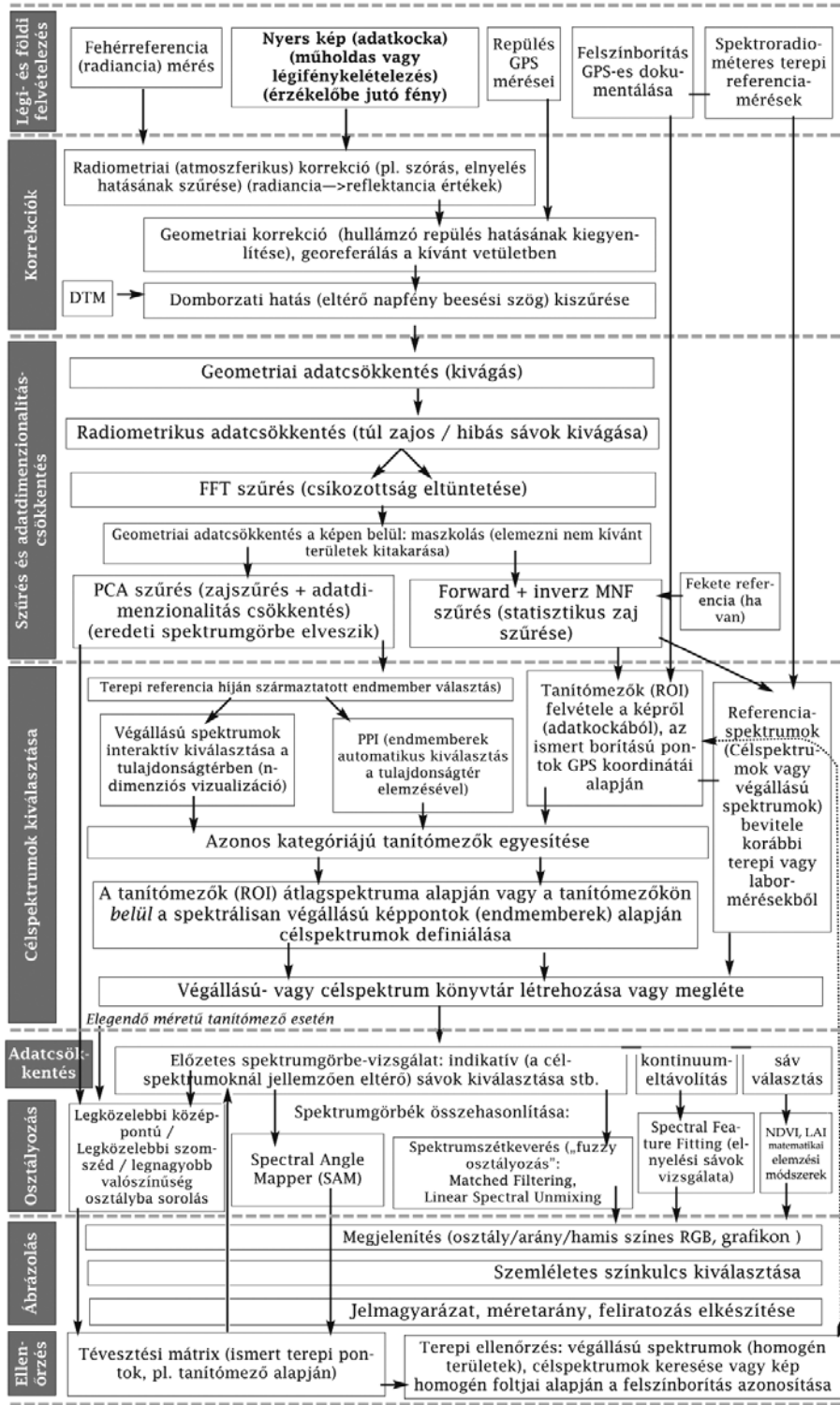
A hazai kísérlet előzményei

Magyarországon a távérzékelés geológiai, mezőgazdasági, térképezést stb. felhasználása az INTERCOSMOS egyezmény keretében kezdődött, majd a FÖMI részéről az ESA-val való egyezményekkel, illetve pl. a CORINE programmal (Büttner et al. 2004a, 2004b; Mari és Mattányi 2002) folytatódott. Mindezek azonban legfeljebb multispektrális adatokat szolgáltatottak.

A hiperspektrális képek magyarországi alkalmazásának igénye először 1998-ban merült fel komolyabban. A Magyar Köztársaság modernizációs programja a 2159/1996. (VI.28.) számú kormányhatározatban önálló feladatként tartalmazza Magyarország légifelmérését. A szakmai irányítási, technológiai és gazdasági szempontból rendkívül összetett feladat előkészítése az akkori Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság (OMFB) támogatásával és koordinációjával kezdődött meg 1997-ben. Ennek keretében – a Magyar Állami Földtani Intézetben (MÁFI) Kardeván Péter kezdeményezésére, szervezésében és szerkesztésében – döntés-előkészítő tanulmány jelent meg (Kardeván 1998a, 1998b), mely a legfontosabb három célkitűzésként jelölte ki a következőket: az ország teljes lefedése mérőkamerás légifelvételkel; az ország teljes lefedése légigeofizikai felvételezéssel; hiperspektrális digitális felvételek készítése az ország területére.

[A hiperspektrális technológia használata] „jelenleg még világszinten is csak kutatási fázisban

A hiperspektrális képfeldolgozás néhány lehetséges útja



3. ábra: A hiperspektrális képek feldolgozásának vázlata

tart. Ezért hazai szinten országos méretű felvételezési program megvalósítása ma még nem célszerű. Annak érdekében, hogy ne csak irodalmi szinten ismerjük ezt a korszerű felvételezési technikát, javaslat született arra, hogy Magyarország jól lehatárolt területein, jól megfogalmazott célkitűzéssel (pl. környezetvédelem, növényvédelem, légszennyezések hatása stb.) kisebb, de jól ismert teszt területekre kísérleti célú légifelvételezést, adatfeldolgozást és adatelemzést végezzünk el. Ehhez különböző szakmai területek szakembereinek összehangolt tevékenységére van szükség.” – írta tanulmányában 2001-ben a FÖMI tudományos főigazgató-helyettese (*Winkler* 2001). A megvalósíthatósági tanulmányról szóló vezetői összefoglalójában elhangzott: „A konzultációk során nem lehetett azonosítani olyan „vivőprojektet”, amelyhez kapcsolódóan a hiperspektrális adatokat valamely felhasználó igényelte volna a mintegy 100 millió Ft ráfordítást is vállalva.” (*Bognár* 1999). Végül a pilot projekt az Európai Unió támogatással és a MÁFI finanszírozásával valósulhatott meg.

Magyarországon először 1989-ben használtak képkalkító spektrométert, a FÖMI által 1989-ben végrehajtott MONITEQ kampány keretében. A kanadai MONITEQ cég FLI/PMI rendszere egy képkalkító spektrométer volt, mely két üzemmódban működött: spektrális módban 288 sávban, térképező üzemmódban pedig nyolc választható sávban. A szigetközi felvételezésben a térképező üzemmódot használták. A terület kiválasztását az abban az időben kezdődő Bős-nagymarosi munkálatok indokolták (*Büttner* 1990).

A magyarországi hiperspektrális felvételezés szervezését az OMFB-tanulmánytól függetlenül még a 2000-es nagybányai eredetű ciánszennyezés idején, annak kapcsán kezdte a hollandiai ITC-ben (International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede) *Vekerdy Zoltán*. Magyarországról *Kardeván Péter* vezetésével a MÁFI (Magyar Állami Földtani Intézet) kezdeményezte és koordinálta a teljes kutatást, annak megszervezését, megvalósítását és elemzését és az adatok más kutatóknak történő rendelkezésre bocsátását. A közös kutatásra a MÁFI és az ITC között 2000. februárjában aláírt három éves tudományos együttműködési keretszerződés alapján került sor (*Kardeván et al.* 2000).

A kísérlet előkészítéseként egy, az ITC által biztosított GER 3700 spektrométerrel terepi spektrumok (talaj, növényzet) és talajminták begyűjtésére került sor *Kardeván Péter* vezetésével

az Alföldön. Az interdiszciplináris projektben már együttműködő partner volt többek között a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrumából (DEATC) *Tamás János*, a JATE-ről *Mucsi László*, illetve egy hazai laboratóriumi közetspektrumkönyvtár létrehozása céljából *Zelenkai Tibor* (*Kardeván et al.* 2000), akik később is csatlakoznak a hiperspektrális adatok elemzéséhez. A MÁFI részéről a munkában *Kardeván Péter* mellett *Róth László* vett részt.

A hiperspektrális képek elkészítése az Európai Unió Improving Human Potential Programme: Access to Research Infrastructures projektje keretében valósult meg. Ezt a németországi DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) *Andreas Müller* geológus vezetésével pályázta és nyerte meg, akik tehát így ingyen – azaz EU anyagi forrással – repülhettek. Hogy hol és milyen céllal történjen a repülés, annak megválaszolására jött létre a HySens projekt pályázat, melynek 2002-es kiírására Magyarországról a MÁFI részéről *Kardeván Péter* pályázott. E pályázat keretében kívánták a jelentős anyagi ráfordítással kifejlesztett DAIS ROSIS rendszert elérhetővé tenni más, pl. az akkori EU-hoz csatlakozni kívánó országok számára. A HySens 2002 projektben egy lengyel kutatócsoport is részt vett: sokáig a magyarokkal közös repülési ablakuk volt: az időjárástól függően vagy hozzájuk vagy hozzájuk repült a gép. A repülést a HySens 2002 projekt keretében a DLR végezte, míg a hazai földi méréseket a MÁFI támogatta anyagilag. A repülést és az adatok kalibrálását a német űrkutatási iroda távérzékelési csoportja, a DLR Imaging Spectroscopy Working Group of the Remote Sensing Data Centre folytatta. Mivel a repülés idején, 2002-ben Magyarországon nem volt olyan terepi spektrométer, mely az 400–1100–2500 nm tartományban is érzékelt volna, ezeket a berendezéseket – ASD FieldSpec, GER 3700 és PIMA típusú spektrométerek – a külföldi partnerek (ITC, JRC) biztosították (*Kardeván et al.* 2003, *Kardeván* 2006). Később a VITUKI (Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóközpont) (kutatói: *László Ferenc*, *Jolánkai Géza*) is bekapcsolódott a programba. A nemzetközi partnerek közt az ITC mellett a JRC-t (Joint Research Centre, Európai Unió, Ispra, Olaszország) kell kiemelni (kutatói: *Stephan Sommer* [egyben a HySens projekt bíráló bizottságának tagja] és a MÁFI részéről *Jordán Győző*), mely a repülés alatt terepi spektrométeres mérésekkel járult hozzá a projekthez (*Kardeván* 2006).

A célterületek kiválasztása

A projektben eredetileg a felhagyott bányák környezeti hatásának kimutatása volt a cél. Így esett a választás a recski és gyöngyöSOROSZI területre (elsődleges kutatók: MÁFI, ITC, JRC, DEATC), ahol a felhagyott bányaművelés meddőhányói illetve patakokban elszállított hordalékaiból a nehézfényszennyezés kimutatása volt a cél. Eredetileg a következő terület a Tisza ártere lett volna, az üledékben a ciánszennyezés nyomainak kimutatására, de egy későbbi áradás iszapja elfedte ezeket az üledékeket, így a folyóvízi célterület végül a Sajó Hernád-torkolat feletti szakasza lett (elsődleges kutató: ITC) (Kardován et al. 2003). Külön kiemelő a hajdúsági (Debrecen-) látóképi és a (Hajdúnánás-) tedeji terület (elsődleges kutatók: ITC, DEATC), amelyeken a spektrális távérzékelés mezőgazdasági és környezetvédelmi hasznosításait kutatták. Az ezen területekről szerzett adatok kiértékelését a DEATC Víz- és Környezetgazdálkodási Tanácskén Tamás János ill. Pechmann Ildikó vezetésével végezték.

A HYSENS 2002 megvalósítása

A 2002-es kísérletben repülőgépről működött képalkotó spektrométerek készítették a hiperspektrális légifelvételeket. Két spektrométer volt a fedélzeten: a német Geophysical Environmental Research Corp. (GER) által kifejlesztett, 1994 óta működtetett DAIS 7915 (Digital Airborne Imaging Spectrometer) a látható és az infravörös fény hullámhosszain 79 sávban érzékelt (a DAIS műszer legújabb változata a DAIS 2115 már 211 sávban érzékelt). A Dornier Satellite Systems és a DLR által kifejlesztett ROSIS (Reflective Optics System Imaging Spectrometer) a látható fénytartományban, 115 sávban készített felvételeket. A DAIS hiperspektrális felvételek térbeli felbontása 6 m/pixel volt. A terepi referenciamérésekhez általunk használt GER

3700 terepi spektrométer a 325 nm – 2500 nm hullámhossz tartományban 646 sávban érzékelt.

A repülés előkészítése a térképi alap megteremtését, a vizsgált helyszínek kiválasztását, a repülés és vele egyidejű terepi mérések elvégzésének logisztikai megszervezését jelentette. Az előkészítés során topográfiai térképek, a területek digitális terepmodellje, korábbi pánkromatikus és színes légifotók, korábbi LANDSAT TM felvételek, geokémiai adatok, geofizikai adatok, környezetvédelmi tanulmányok, vegetációs adatok, hidrográfiai adatok, meteorológiai idősorok stb. kerültek beszerzésre (Vekeydy et al. 2002).

Bár a légifelvételezés csak néhány órát vett igénybe, a terepi munka 2002 egész augusztusában folyt. Az időjárás nem volt kedvező: a mérésekhez teljes napfény kell, a terepi munka első kétharmadában pedig esős idő volt – a repülés utolsó lehetséges napjára azonban teljesen kiderült az idő, így a sok izgalom után a mérések tökéletes minőségben (felhőtlen égbolttal) készültek el.

A hiperspektrális távérzékeléses légi felvételezéssel egyidejű földi adatgyűjtéshez illetve a spektrométeres földi mérésekhez külön eljárás mód-leírást dolgoztak ki (pl. Zomer és Uston 2002). Ez a helyszíntől, a méréstípusoktól és a használt műszerektől is függ. A fényképezett területen történt minden adat- vagy anyagvételi pontban GPS mérés; ahol szükséges volt, talaj-, növény-, vízminta-vétel; a célobjektumokról terepi spektrum felvétele; valamint vízminőségi jellemzők megállapítása (Secchi mélység, turbiditás, klorofill, lebegőanyag-koncentráció) (Vekeydy et al. 2002). Minden spektrum felvétele előtt fehér-referencia mérés készült, az aktuális beérkező napsugárzás mint a reflektanciaérték megállapítására; valamennyi pontban készült digitális fotó és ahol szükséges volt, a nehézfémek összetételének megállapítására a DEATC röntgenfluoreszcens spektrométeres (Kovács és Tamás 2003) mérés készült.

A DAIS 7915 mérési tartományai

Hullámhossztartomány	Összesen: 400 nm – 12600 nm, 79 csatorna		
400 – 1000 nm	32 csatorna	sávszélesség = 15-30 nm	detektor : Si
1500 – 1800 nm	8 csatorna	sávszélesség = 45 nm	detektor: InSb
2000 – 2500 nm	32 csatorna	sávszélesség = 20 nm	detektor: InSb
3000 – 5000 nm	1 csatorna	sávszélesség = 2000 nm	detektor: InSb
8000 -12600 nm	6 csatorna	sávszélesség = 900 nm	detektor: MCT

Az első képek feldolgozása

A képek előfeldolgozását (atmoszférikus, domborzati, geometriai korrekció) a DLR végezte. Sajnos a domborzati hatás kiegyenlítése túlkorrigált lett, ezért ezek a képek nem használhatók teljes értéküként.

A 2002-ben készült felvételek feldolgozásának célja a bányászati és ipari eredetű nehézfém szennyezések térképezési lehetőségeinek kutatása volt. Megfelelő előkészítés után a képekkel egyszerre nagyobb területen lehet „automatikusán” a szennyezést kimutatni, térképezni, nincs szükség a teljes terep földi bejárására.

Mivel a bányászati szennyeződések hordozója a víz, ez volt a kutatás egyik fő célterülete. A felszíni vizek minőségének térképezésében gondot jelent, hogy a mérhető jellemzők értékei mind térben, mind időben jelentősen változnak. Nem csak a folyókban, ahol az áramlási viszonyok és a vízállás szembetűnő különbségeket okoznak, de még a tavakban is, ahol pedig az elkeveredés viszonylag lassú. A mágoly rendszeresen is végzett pontszerű mérésekkel és mintavételezéssel csak korlátozott információ szerezhető a vízminőségi jellemzők térbeli eloszlásáról. Néhány, a spektruma alapján jól azonosítható komponens esetében, mint például a lebegőanyag, a klorofill és az oldott szerves anyag, a hiperspektrális távérzékelés megoldást jelenthet a térképezésben, amit a hazai kísérlet eredményei is bizonyítottak.

A látóképi és részben a tedeji és gyöngyöroszri területet leszámítva a terepi méréseket és az adatok elsődleges feldolgozását az ITC diákjai készítették: ezek voltak szakdolgozati témáik, *Vekerdy Zoltán* témavezetésével (*Hyde 2003, Rukezo 2003, Turdukulov 2003, Yin 2003*), melyek elérhetők az ITC honlapján.

A Sajó völgye az egyik legszennyezettebb ártéri terület az országban, melyet a folyó mentén működő nehézipari létesítmények okoztak 40 év alatt. Mára a nehézipar hanyatlásával a vízminőség megjavult. A légi felvételekből a víz klorofill tartalma térképezhető volt. (*Turdukulov 2003, Turdukulov és Vekerdy 2003*).

A meddőhányókon, szennyezett körülmények között élő növényekben felhalmozódó nehézfém-szennyeződés (közvetett) kimutatására összeállított vizsgálatból kiderült, hogy a gyöngyöroszri területen a nád stressz alatt áll, de nem volt egyértelműen meghatározható, hogy ezt a vízhiány avagy a szennyező nehézfémek okozzák-e (*Hyde 2003*).

A gyöngyöroszri területen a Toka-patak üledékében a bányából, a bányát elöntő vízből és a meddőhányókból származó arzén, kadmium, higany, ólom és cink magas koncentrációjú. Árvíz idején ez az iszap a környező területen is szétterül, ahol a növénytermesztésre is használt talajok közé ill. a talajvízbe is bekerül. Itt a hiperspektrális képek alapján a piritből (vas-szulfid) keletkező vas-hidroxid (goethit) és szulfácion (jarozit) elterjedési területét sikerült meghatározni (*Kardeván et al. 2003, Kardeván 2004*).

Látókép kísérleti gazdaságban hibrid gabonafajták termesztése folyik. Itt a DEATC végezte a megfigyeléseket (*Kardeván et al. 2003, Pechmann et al. 2004*).

A tedeji terület a Tedej Rt. kezelésében levő mintegy 1500 ha-os, intenzíven művelt mezőgazdasági terület, melynek több részén szikes található. A debreceni kutatócsoport célja egy, a háttér-információkon alapuló, speciálisan a szántóföldi növénytermesztés környezeti hatásainak elemzését segítő spektrális könyvtár felállítása volt (*Kardeván et al. 2003, Pechmann et al. 2004*). A légi adatgyűjtés időpontjára vonatkozó táblakiosztás alapján viszonylag egyszerű feladat egy spektrális könyvtár elkészítése, ám a megfelelő, maximális pontosságú osztályozási eljárás kiválasztása már nem triviális.

A fenti eredményekhez használt adatkockák felhasználása ma is nyitott; ezek a MÁFI-ból érhetőek el (*Kardeván 2006*).

Hazai kutatási témák és központok

A Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kara Talajtan- és Vízgazdálkodási Tanszéke 2001-től hiperspektrális módszereket használ a vegetáció-kutatásban tanszéki kereteken belül ill. együttműködésben a MÁFI-val. (*Jung et al. 2003, 2005, Jung 2005, Kardeván 2004, 2005, Kertészettudományi 2006*). A kutatás első témája a gyöngyöroszri képen található városi terület (Gyöngyös) vizsgálata volt. *Jung (2005)* megállapította, hogy városi stressz alatt álló növényzet egészségi állapotának felmérése hiperspektrális légifénykép esetén akár egyed szinten is lehetséges. A városi növények hőmérsékletet hűtő hatása is érzékelhető a hiperspektrális képek termális csatornájában. Ez volt az első alkalom, hogy hiperspektrális képeket alkalmazhattak magyarországi városi terület vizsgálatára.

A SZTE TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszékén *Mucsi László* vezetésé-

vel folyik munka *Hiperspektrális távérzékeléses módszerek alkalmazása térbeli folyamatok jellemzésére* címen. A talaj felszínén érzékelhető kőolajszennyezettség megállapítását hiperspektrális légi felvételezéssel tervezték megállapítani Algyő körzetében *Mucsi* és munkatársai (2000). Megállapították, hogy a növényzettel fedett helyszíneken a növényzetet indikátorként használva, a fedetlen talajon a nehézfémek és a kőolaj közvetlenül is kimutatható (*Mucsi* et al. 2000).

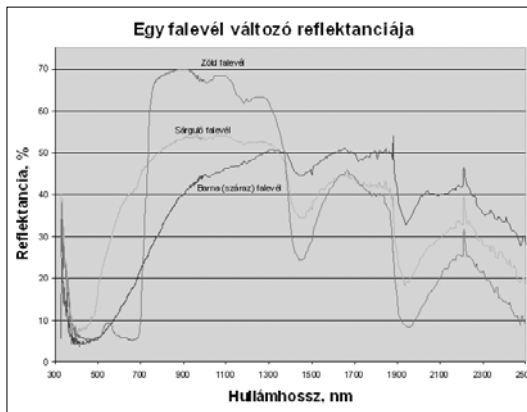
Egy kurrens és hazánkban is kétségtelenül szükséges alkalmazás a gyomdetektálás területéről a parlagfügőcök kimutatása távérzékeléses felvételekkel. A MÁFI-ban – a Nyugat-Magyarországi és a Debreceni Egyetemekkel közösen – is történtek vizsgálatok a parlagfü kimutatásával kapcsolatban, LANDSAT képek és in situ spektrométeres mérések segítségével, annak késői fenológiai fázisában, 2003-tól (*Kardeván* et al. 2004, 2005a, 2005b) *Auda* et al. (2002) az ASTER 1 B felvételein határozta meg sikerrel a terepi mérésekkel már előzetesen meghatározott területeken a parlagfüvel borított felszín. Főleg a homogén „monokulturás”, sűrűn benőtt parlagfümezőket tudták meghatározni.

A kutatás igazából csak akkor indulhat be, ha hiperspektrális felvételek készítésére rendszeres lehetőség lesz. Jelenleg tervben van egy finn AISA hiperspektrális kamera segítségével az első hazai hiperspektrális légi adatgyűjtési szolgáltatás beindítása, a Debreceni Egyetem és a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium Gépkiérletti Üzem közös vállalkozásában. (*Kardeván* et al. 2005b). Az AISA 286 sávban érzékel, 0,45–0,9 mikrométeres hullámhosszon, azaz csak a látható és közeli infravörösben, de e tartományban a jelenlegi egyik legjobb spektrális felbontásban.

Kísérlet erdőtüpusok meghatározására

A festőművész is jól tudja, hogy ha erdős hegyoldalt ábrázol, különféle színű festékeket választ, vagy különféle színűeket kever össze, s ezekből festett kisebb-nagyobb foltokkal ábrázolja az erdőt; s azt, hogy az erdő fáitavasszal, nyáron és ősszel eltérő színűek (4. ábra).

Az erdőtüpusok spektrális beazonosításakor ezt használhatjuk ki. A színbeli vagy spektrumbeli eltérések csak egy része a levelek eltérő színének (pigmentjeinek, anyagi összetételéből adódó elnyelési sávoknak) hatása: a spektrumra hatással van a mikroklóra vízhiánya, mikroklí-



4. ábra Egy fa egyidejűleg begyűjtött, változó állapotú leveleinek reflektanciája. Ahogy a levél szárad, spektrumgörbéje kiegyenlítődik (az elnyelési sávok intenzitása csökken: a levél klorofill és víztartalma csökken). A levél „három állapota” kiválóan elkülöníthető, hiszen a három állapot reflektancia-sorrendje három tartományban is megváltozik a spektrumgörbén.

mája, a lejtőkiettségéből és lejtésszögből adódóan eltérő megvilágítási viszonyok, melyek már homogén fafajú területen belül is változékonyságot okoznak. A növények egy része lehet beteg; az eltérő mikroklómatikus vagy talajösszetételi viszonyok miatt az egyes egyedek más fenológiai fázisban járhatnak; különféle nagyságú stresszhatást szenvedhetnek, mely tükröződik a róluk visszavert fény elnyelési sávjainak mélységében (pl. a víz vagy klorofill elnyelési sávokban). Az egyes fák spektrumának eltérése (szórása) a nyári időszakban lehet a legkisebb, s tavasszal és ősszel a legnagyobb, amikor már rövid idő alatt bekövetkező változás is jelentős spektrális változással jár (levélfejlődés, virágzás, termésérés, levélszineződés, levélhullás). Kérdés, hogy ilyenkor a szórás egy fafajon belül kisebb-e, mint különböző fafajok között. A fafajok közötti különbségek magyarázhatók a levelek elhelyezkedésének, a lombkoronaszint záródásának és szerkezetének faj különbségeivel (pl. árnyékhatás révén); de a fajon belül ugyanezek a tényezők okoznak spektrális változásokat az *eltérő körü* erdőterületek spektruma között. Finomabb térbeli felbontásban egyes jellemzők (pl. az aljnövényzet) már nem keveredik a fák spektrumába, hanem pixel szinten szétválasztható: ez más elemzési módszert igényel.

Az alábbiakban egy nyár végi periódusban készült egyetlen pillanatkép alapján, a gyöngyösi és a recski területen a Mátra erdőtüpusai-

nak illetve más növénytakarójának elkülönítésére tettünk* kísérletet, valamint a főbb lombos fafajok (kocsánytalan tölgy, cser, bükk, gyertyán) által uralt elegyetlen, illetve elegyes (erdő)állományainak elkülönítésére. A terepbejárás a képek elkészülte után három, illetve négy évvel, 2005 szeptemberében–2006 augusztusában történt; de lévén hogy az erdők állománya viszonylag lassan változik, valószínűleg a terepen ugyanazzal a felszínborítással találkozunk.

Az erdőterületek kataszteri nyilvántartása jóval durvább, mint ami egy légifényképezésből vagy műholdfelvétélről megállapítható. A jelenlegi adatbázisok (CÉT – Corine Élőhelytérkép, CLC – Corine Land Cover [Büttner et al. 2004a, 2004b; Mari és Mattányi 2002], erdőállomány adattár) az erdőkre tartalmaznak élőhely szintű (Fekete és m társai 1997) vagy fafaj szintű kategóriákat, ám az erdőterületeknek a meghatározása általában bizonytalan. Az 1:50 000 méretarányú CLC50 Magyarországon használt felszínborítási osztályai között a természetes erdők elkülönítésére a lombhullató, a fenyőerdő és az elegyes erdő kategóriákat használják ezek különféle zártságú osztályaival, valamint új erdőtelepítések/vágáserdők, bokorerdők és csemetekertek kategóriákat (Büttner et al. 2004a, 2004b; Mari és Mattányi 2002).

Az erdőtypusok meghatározásában két fő módszert követhetünk

- az erdőben előforduló fajok homogén spektruma alapján határozzuk meg az erdőtypust is, az egyes fajok előfordulását (teljes vagy részleges) spektrumsztválasztással ábrázolva. Így – ha működik a módszer – pontosan látható a társulások finom átmenete és pontos összetétele
- az erdőtypust egy célspektrumnak vesszük, és egy képelemet egy kategóriába sorolva osztályozunk pl. SAM módszerrel. Ez esetben fontos, hogy az erdőtypusok „átlagolt” pixelei között nagyobb eltérés legyen, mint az erdőtypuson belüli variancia.

A fenti két módszer használhatósága az endmemberek (végállású, szélsőértékű spektrumok) helyes meghatározásán múlik.

Az erdő társulások távérzékeléses meghatározásáról indokolja, hogy a topográfiai térképek már sok esetben elavultak; ezek a társulásokat nem tüntetik fel.

A CÉT élőhelykategóriák szerint ábrázolja a felszint. Ezek az élőhelyek vagy erdőtypusok

gyakran jellemezhetőek egy-egy fafaj dominanciájával. Itt akkor van esélyünk erdőtypusokat megkülönböztetni, ha a domináns fajokat el tudjuk különíteni. Az erdőszeti adatbázis (Országos Erdőállomány Adattár, Állami Erdészeti Szolgálat) jó pontossággal megadja a domináns fafajok elegyarányát, ez a megközelítés is a faji szintű megkülönböztethetőséggel adhatna jó párhuzamot (Horváth 2006). A CÉT leírt kategóriái idővel bizonyos helyeken jelentősen megváltozhatnak (pl. irtás). Egy monitoring esetén az erdőtypusok átalakulása is megfigyelhető volna.

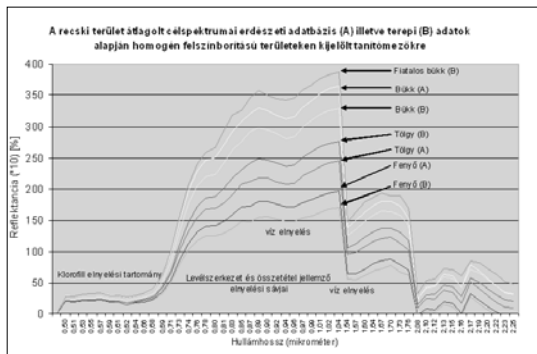
Eredmények

A lombhullató erdőtypusoknál létrehozott spektrális kategóriák csak részben tükrözik az erdőtypusok faji összetételét: a terepi ellenőrzés során kiderült, hogy ezeket a spektrális kategóriákat részben más tényezők is befolyásolják: az adott növényállomány kis területen domborzati és mikroklimatikus hatások miatt jelentkező eltérései, az erdő kora, a lombkoronaszint szerkezete, záródása és árnyékhataisai, a növényzet víztartalma, valamint további, ismeretlen tényezők, melyek egyes területeken erőteljesebben változtathatják meg a spektrumot, mint a faji bélyeg. A spektrumok fajon belüli szórása ill. abszolút értéke is lehet indikatív.

Az irodalmi (erdészeti adatbázisok) és a terepi adatok alapján végzett (más helyről vett tanítópontokat használó) osztályba sorolás hasonló eredményt adott, tehát valós spektrális osztályokat („spektrumtájakat”) tükröz; ám az eredmények csak további terepi ellenőrzéssel ültethetők át faji vagy erdőtypus osztályokra (referencia-spektrumokká).

Erdő esetén a terepen ill. laborban felvett spektrum különbözik: a spektrumkönyvtárhoz mindenképp terepen (magasból) felvett spektrumra van szükség, mert a növényzet labormérésekkel más megjelenésű, mint terepen (azaz az egészséges levelek spektruma nem azonos a fa fölülről felvett spektrumával). Ehhez különleges felszerelésre (pl. daru) vagy a légifelvételekre van szükség. Egy spektrumkönyvtárnál szerepeltetni kell, hogy a spektrum milyen térbeli felbontású képelemekről készült, és mik voltak a műszer optikai paraméterei.

A tölgyes és bükkös területek alapján a hiperspektrális képen kijelölt „tölgy” és „bükk” (spektrális) kategóriák tanítómezőiből nyert átlagspektrumspektrumok alapján a reflektancia maximuma



5. ábra: A recski területről felvett spektrumok átlagértékei

(1,035 mikrométeren) a tölgy esetén rendre 25–28, a bükk esetén 30–35% volt: e tekintetben a két kategória egyértelműen elkülöníthető volt (5. ábra). Ezek azonban csak azt tükrözik, hogy a Recs–Parád–Domoszlói kapu közötti terület homogén bükkös és tölgyes mintaterületei a 2002. augusztusi időszakban spektrálisan elkülönültek; az azonban még kérdés, hogy e két kategória spektruma *valójában* mi alapján különül el egymástól és más erdőtípusoktól (pl. lombkoronaszint szerkezete, lokális vízháztartás, fenofázis stb.)

Az elnyelési sávokat kiemelő kontinuum-el-távolítás után láthatóvá vált, hogy az egyes növényzeti osztályok lefutása jobbra megegyezik, de az elnyelési sávokban kisebb különbsé-

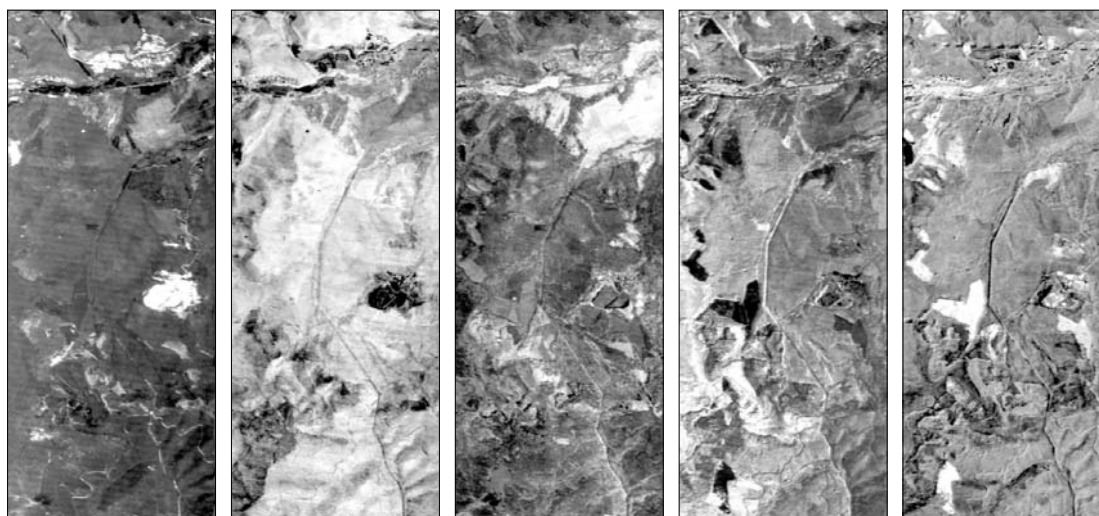
gek észlelhetők. Egyértelmű azonban, hogy az egyes kategóriák abszolút reflektanciája jobban elválasztja őket, mint elnyelési sávjaik klorofill-elnyelést vagy vízelnyelést tükröző kisebb különbségei (melyek nem biztos, hogy faji jellemzők).

A tölgy és bükk osztályoknál a reflektancia abszolút értékének eltérésén kívül a tölgy „vörös kútjában” 0,623 μm -es klorofill-elnyelési sávjában mutat nagyobb elnyelést, mint a bükk, 0,83–0,87 és 1,69–1,72, 1,75–2,08 és 2,10–2,115, 2,13–2,145 μm -en eltér a görbéjének lefutása. Ez utóbbi abszorpciós sávok a levelek kémiai összetételével kapcsolatosak.

Az egyes kategóriák a legjobban részleges spektrumszétválasztással voltak elkülöníthetők (6. ábra).

A spektrométer terepi kezelésével kapcsolatos kérdések

A terepi spektrométer jelentősége kettős: egyrészt a mindenkori fehér referenciát kell mérnie, hogy a légifényképezés alatt referenciaadatokat biztosítson a besugárzás aktuális állapotáról, másrészt terepi adatokat kell adnia ugyanazokról a területekről és vizsgált anyagokról, mely a légi fényképen is szerepel (ground truth). Utóbbi esetben felmerül, hogy hogyan lehet egy 6 méter átmérőjű területet egyetlen képelembe sűrítő



6. ábra Balról jobbra: mesterséges kategóriák, továbbá tölgy-, rét-, bükkös (fiatalos)-, fenyves-kategóriák spektrumszétválasztás (Matched filtering) részképei (világos: nagy megegyezés a célspektrummal; sötét: kisebb azonosság a célspektrummal). A kép jobb középső részén lévő folt a recski kőbánya. Jobbra fent Recsk, balra fent Parád-fürdő.

információt, még akár a spektrumszétkeverés módszerével is, megfeleltetni egy pár cm-es területről (pl. levelekről) készített spektrummal. Pl. a terepen az adott növényzet leveleit összegyűjtve a spektrométer látómezőjébe helyeztük és felvettük spektrumát. Ez a spektrum azonban valószínűleg nem azonos azzal, ami a légifelvételen szerepelhet: a megvilágítás, a növény leveleinek dőlésszöge (ezzel a beesési szög, az árnyék és a növény levelének színe/fonákja aránya), a felülről látszó levelek típusa (fénylevelek stb.), a fölülről látható ágak aránya mind módosíthat a spektrumon, nem is beszélve mindazon tényezőkről, melyek nem a vizsgált növény részei: a talaj, közet, más növények stb. Bár mi nem használtunk ilyen megoldást, *Kaderván* és munkatársai parlagfű-mérései során többféle hasonló technológiát is kipróbáltak: tűzoltólétrát és emelőkosaras darut használtak (*Kardeván et al.* 2004, 2005). *Laudien et al.* (2003) egy két méter magas botra erősített kinyúló rúdon („akasztófán”) tartották a spektrométert a mezőgazdasági területen lévő növények spektrumának felvételéhez. Így a látómezőben nem csak egy növény egyed adott levelei szerepeltek, hanem több növény együttesen, s velük együtt a talaj is. Ez nagyobb, közel 100%-os homogén növényborítás esetén, a cserje szintig jó eredményt adhat. A lombkoronaszint hasonló felvételezése más megoldást kíván: még ilyen módszerekkel is csak nehezen gyűjthetők be homogén képelemek spektrumai. Egy kifejezetten fajok elkülönítését célzó kutatás (*Jan* 2000) daruskocsit használt a megfelelő spektrométeres „rálátás” biztosítására.

Következtetések

A hiperspektrális technológia csak abban az esetben használható gazdaságosan, ha olyan felszínborítás-típusokat kell elkülöníteni, melyek a létező multispektrális képeken nem szétválaszthatók. Egy ilyen munka rutinszerű alkalmazását a munka első fázisában alap kutatásnak, azaz a spektrumok terepi és labor-meghatározásának kell megelőznie.

A helyes osztályba soroláshoz használható referencia-spektrumkönyvtárhoz célszerű egy teljes vegetációs perióduson át követni a cél-objektumok spektrumának változását, ahogy azt a multispektrális mezőgazdasági elemzéseknél is tesszük: erre ez esetben a mi régiókban még nem kerülhetett sor a technológia új volta miatt. Ha sikerült kijelölni egy olyan időpontot, amikor a

legnagyobb a spektrális különbség a célkategóriák között, ezt az időt célszerű a további felvételek elkészítésekor választani.

Érdemes olyan célterületet kijelölni, ahol homogén, de valamely paraméterében (lejtőkiettség, kor) eltérő erdőfoltok találhatóak. Így ellenőrzötten megállapítható, hogy a spektrumot mely paraméterek hogyan módosítják. Ha mindez többféle, fajra nézve homogén erdőtípusra is megtörténhet, az ezek közötti osztályozást egyértelművé teheti.

IRODALOM

- Auda, Y.–Blasco, F.–Gastellu-Etchegorry, J. P.–Marty, G.–Déchamp, C.* 2002: Essai préliminaire de détection des champs d'ambroisie par télédétection spatiale. *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique* 42 (2002) pp. 533–538.
- Bognár V.* 1999: Magyarország légi felmérése – megvalósíthatósági tanulmány. *Előadás szövege a tanulmány vezetői összefoglalójáról.* <http://www.otk.hu/cd99/szek2/bognarvilmos.htm> *Országos Térinformatikai Konferencia, Szolnok, 1999.*
- Büttner Gy.* 1990: Digitális légifelvételezési kampány a Szigetközben, Földfelszíni és meteorológiai megfigyelések a világűrből, pp.105–112, MANT.
- Büttner, Gy.–Feranec, J.–Jaffrain, G.–Mari, L.–Maucha, G.–Soukup, T.* 2004a.: The CORINE Land Cover 2000 Project. *EARSeL eProceedings* 3(3), 331–346.
- Büttner, Gy.–Maucha, G.–Bíró, M.–Koztra, B.–Pataki, R.–Petrik, O.* 2004b. National land cover database at scale 1:50,000 in Hungary. *EARSeL eProceedings* 3(3), 323–330.
- Hargitai H.–Vekerdy Z.–Turdukulov U.–Kardeván P.* 2004: Képkalkuló spektrométeres távérzékelési kísérlet Magyarországon. *Térinformatika*, 2004/6. pp. 12–15.–online: <http://terinformatika.geocentrum.hu/2004-6/cikk9.html>
- Horváth F.* 2006: személyes közlés
- Hyde, H. J.* 2003: Investigation of the relationship between chlorophyll concentration and high spectral resolution data of *Phragmites australis* in heavy metal contaminated sites. ITC, Enschede. Diplomamunka.
- Fekete G.–Molnár Zs.–Horváth F.* (szerk.) (1997): A magyarországi élőhelyek leírása, határozója és a Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer. MTMT. Budapest, 373 old.

- Jan, A. N. 2000: Spectral Separability among Six Southern Tree Species. *Thesis in Forestry*, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Jung A. 2005 Spektrális információk alkalmazása a városklíma-kutatásban. doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Doktori Iskola. Online elérhető: http://www.lib.uni-corvinus.hu/phd/jung_andras.pdf
- Jung A.–Kardeván P.–Tamás J. 2003: Hiperspektrális felvételek alkalmazása természeti erőforrások értékelésére In: Proc.Lippay – Ormos – Vas Tudományos Ülés, Szent István Egyetem, Budapest, Budai Karok, November 6–7.
- Jung, A.–Kardeván, P.–Tőkei, L. 2005a: Detection of urban effect on vegetation in a less built-up Hungarian city by hyperspectral remote sensing. *Physics and Chemistry of the Earth* 30 (2005) pp. 255–259.
- Kardeván P. (szerk.)1998a: Magyarország légi felmérése. Tanulmány. – Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság, Budapest, 123 p.
- Kardeván P. 1998b: Nagy-felbontóképességű légi-geofizikai módszerek és alkalmazási lehetőségeik. Országos Térinformatikai Konferencia. <http://www.otk.hu/cd9198/1998/kardevanpeter.htm>
- Kardeván, P. 2004: Use of remote sensing techniques for mining waste inventory and environmental assessment in Hungary. Workshop on Wasys and Novel Techniques to establish harmonised inventories of Waste Materials from mineral extraction across Europe 2004. okt. 21–22.–Pozsony
- Kardeván P. 2006. Személyes közlés
- Kardeván P.–Fügedi U.–Stefan S.–Tamás J.–Gruiz K.–Thomas K.–Jordán Gy.–Róth L.–Hargitai H.–Zelenka T. 2003: Légi hiperspektrális távérzékelési módszerek alkalmazása korábbi bányászati tevékenységek környezeti felmérésében In: Proc.Lippay – Ormos – Vas Tudományos Ülés, Szent István Egyetem, Budapest, Budai Karok, November 6–7.
- Kardeván P.–Reisinger P.–Tamás J.–Jung A. 2004: A parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) reflektancia spektrumainak meghatározása terepi mérésekkel. Magyar gyomkutatás és technológia, ISSN 1586–894X 2004. (V. évf.) 1. sz. 15–31. old.
- Kardeván P.–Róth L.–Vekerdy Z. 2000: Terepi spektroradiométeres mérések a 2000. márciusi, bányászati tevékenység okozta tisztai nehézfém szennyeződések hatásának vizsgálatára. Földtani kutatás, 2000. IV. negyedév pp 3–7.
- Kardeván, P.–Vekerdy, Z.–Róth, L.–Sommer, St.–Kemper, Th.–Jordan, Gy.–Tamás, J. Pechmann, I.–Kovács, E.–Hargitai, H.–László, F. 2003a: Outline of scientific aims and data processing status of the first Hungarian hyperspectral data acquisition flight campaign, 3rd EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy in Oberpfaffenhofen, 2003. május 13–16.
- Kardeván P.–Reisinger P.–Tamás J.–Jung A. 2005a: 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. (megjelenés alatt)
- Kardeván P.–Reisinger P.–Tamás J.–Nádor G.–Csornai G.–Jung A. 2005b: Parlagfű spektrumok terepi mérésének tapasztalatai. *Fény-Tér-Kép Konferencia és Műhelytanácskozás 2005* november 10–11.–Dobogókő
- Kertészettudományi Kar 2006: Tanszéki oldal. <http://talalat.kurzor.hu/Tarolt?id=0&id=66877&query=ISPA>
- Kovács E.–Tamás J. 2003: A minta víztartalmának hatása a terepi röntgenfluoreszcens spektrométer megbízhatóságára. „*A környezet-állapot értékelés korszerű módszerei*” – tudományos konferencia, Gyöngyösorszi, 2003. április 16.
- Laudien R.–Bareth, G.–Doluschitz R. 2003: Analysis of Hyperspectral field data for detection of sugar beet diseases. *EFITA 2003 Conference* 2003. július, Debrecen. pp. 375–381.
- Mari L. – Mattányi Zs. 2002. Egységes európai felszínborítási adatbázis a CORINE Land Cover program – Földr. Közl. CXXVI. (L.) 1–4. sz. pp. 31–38.
- Mucsi, L.–Varga, Sz.–Ferenczy, M. 2000: Introduction to research project organizing for characterization and monitoring of the environmental effect of petroleum industrial contamination in Hungary. *Acta Geographica Szegediensis XXXVII*. pp. 117–126.
- Pechmann I.–Tamás J.–Kardeván P.–Vekerdy Z.–Róth L.–Burai P. 2004: Hiperspektrális technológia alkalmazhatósága a mezőgazdasági talajvédelemben. Előadás. Megjelent: in: Proc. EU. Konform Mezőgazdasági és Élelmszerbiztonság pp. 98–103
- Rukezo, G. 2003: Drainage geochemistry of the Recsk – Lahóca mining area, Mátra Mountains, Hungary. ITC, Enschede. Diplomamunka.

- Turdukulov, U.–Vekerdy, Z.* 2003: Determination of water quality parameters using imaging spectrometry: case study for the Sajó floodplain, Hungary. 3. *EARSEL Workshop on Imaging Spectroscopy*, Herrsching, 2003. május 13–16.
- Turdukulov, U.* 2003: Determination of water quality parameters using imaging spectrometry: case study for the Sajó floodplain, Hungary. ITC, Enschede. Diplomamunka.
- Vekerdy L.–Kardeván P.–Róth L.–László F.* 2002: Hiperspektrális távérzékelési kísérlet Magyarországon. HunGEO 2002 konferencia előadás.
- Winkler P.* 2001: „Magyarország légifényképezése 2000”. Geodézia és Kartográfia 2001. július. Online: <http://www.fomi.hu/internet/magyar/szaklap/2001/07/4.htm>
- Yin, L.* 2003: Possibilities of assessing heavy metal contamination of soil in the Sajó river flood plains, Hungary, using reflectance spectroscopy, Water Resources Survey. ITC, Enschede. Diplomamunka.
- Zomer R.–Ustin, S.* 2002: Ground-Truth Data Collection Protocol for Hyperspectral Remote Sensing. (internetről letöltve: 2002.07.05. Nyomatott verzió).

The First Hungarian Airborn Imaging Spectrometry (Hyperspectral) Campaign and the Analysis of its Data for Separation of Forest Types

Hargitai, H.–Kardeván, P.–Horváth, F.

Summary

The first Hungarian airborn hyperspectral remote sensing campaign, made in the frame of the international Hysens 2002 program, was carried out on 17–18 August 2002 in North-East Hungary. The main output was a set of hyperspectral data cubes from the DAIS sensor at 6m/pixel spatial, 79 band spectral resolution. This paper presents how the campaign was organized and realized and it summarizes the various results from the analysis of these hyperspectral data cubes. The paper deals in more detail with analysis of deciduous forest spectra in the Recsk area (Mátra Mtn).

FÜGGELÉK

Angol-magyar szakszótár, a hazai hiperspektrális távérzékelési szakirodalomban előforduló magyar megfelelők alapján (ha egy-egy szerző különféleképp fordította, valamennyi változatot

feltüntetettük. Csillaggal jelöltük a véleményünk szerint helytelen alakokat).

- airborn imaging** légifelvelelés, légi adatgyűjtés
- at sensor calibrated data** szenzor kalibrált (kép)
- atmospheric haze** légköri fátyolosság
- band** csatorna, sáv
- Chlorophyll Absorptions Integral (CAI)** klorofill-abszorpciós integrál
- change detection** változásdetektálás
- confusion matrix** tévesztési mátrix
- classification** osztályozás, osztályba sorolás, osztályozási eljárás, osztályozási technika
- clustering** klaszterezés, osztályozás
- cross-plot** kereszt-diagram
- data cube** adatkocka, hiperkocka
- endmember** végállású spektrum, célspektrum, (célkategória), végállású összetevő/tag/komponens, szélsőpont
- fast fourier transformation (FFT)** Fast Fourier transzformáció, Fourier-transzformáció
- feature space** tulajdonságtér, intenzitástér*
- ground control point (GCP)** (terepi) referencia-pont
- ground truth** terepi kiegészítő- és referenciamérések, terepen mért alapadatok, ismert földi adat
- hyperspectral remote sensing** hiperspektrális távérzékelés => imaging spectroscopy
- image/data** információkép, úrfelvétel, légifénykép (filmre), légifelvelelés (digitális), adatbázis
- imaging spectroscopy = imaging spectrometry** képkötő spektrometria = hyperspectral remote sensing (NB: a spektroszkópia szóban a „látás”, a spektrometriában a „mérés” tag szerepel. Az angol irodalom szinonimként használja a két kifejezést).
- Imaging spectrometer** képkötő spektrométer
- irradiance** besugárzás, belépő sugárzás
- Leaf Area Index (LAI)** Levélfelületi index, fajlagos levélfelület
- (linear) spectral unmixing** (lineáris) spektrális kibontás, (lineáris) spektrumszétválasztás
- Matched Filtering** részleges unmixing, illesztétes szűrés
- maximum likelihood** legnagyobb valószínűség, legnagyobb valószínűség
- minimum distance (classification)** legközelebbi középpontú, minimális távolság
- Minimum Noise Fraction (MNF) transformation** MNF-transzformáció, legkisebb zaj-töradék transzformáció

multi-level többszintű
multi-scale többféle felbontású
nearest neighbour legközelebbi szomszéd
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Normalizált differencia vegetációs index, Normalizált különbségi vegetációs index, normalizált vegetációs index
pixel képelem, képpont
Pixel Purity Index (PPI) (nem találtam magyar fordítását)
Principal Component Analysis (PCA) főkomponens analízis, főkomponens-elemzés
radiant energy sugárzási energia
radiant exposure besugárzás
radiant flux (sugárzási) fluxus, sugárzásáram, áram(sűrűség)
radiance radiancia
red edge (position) (REP) vörös él (pozíció) (VÉP), vörös csúcs
red edge shoulder vörös él válla
red well vörös kút
reflectance reflektancia, reflexió, visszaverődés

Region of Interest (ROI) tanítóterület, tanítómező / tanítópont (amennyiben arra használt), érdeklődési tartomány
scanning pásztázó/letapogató
signature file (nem találtam magyar fordítását, esetleg referenciafájl)
Spectral Angle Mapper (SAM) spektrális szög térképező, spektrális szög osztályozó
Spectral Feature Fitting (SFF) spektrális jellemző illesztés
spectral library spektrumkönyvtár, spektrális könyvtár
spectral signature spektrális „ujjlenyomat”, spektrális lenyomat
spectroradiometer spektrométer, spektrális radiométer
supervised classification tanítópontos osztályozás, felügyelt osztályozás
topographic normalization (Körülírva: Magasság különbségek hatásának eltüntetése)
transmittance, atmospheric transmission transzmisszió, átereszt(ett energia)
Vegetation Index (VI) vegetációs index

A Geodéziai és Kartográfiai Egyesület megalakulásának 50. évfordulója alkalmából megjelentetni tervezett jubileumi kiadvány egyéni támogatói

Tisztelt Tagtársak!

Ismert tény, hogy Társaságunk jogelődje, a Geodéziai és Kartográfiai Egyesület 1956-ban alakult. Lapunk 2005/10. számában a Társaság vezetése egy felhívásban tájékoztatta tagságunkat, hogy az évforduló méltó megünneplésére készülünk. A felhívásban említés történik egy jubileumi Emlékkönyv kiadásáról is, amelynek előkészületei a felhívás megjelenésével egyidejűleg már meg is kezdődtek. A folyóirat januári számában **Zsámboki Sándor** tagtársunk, mint a kiadvány főszerkesztője, összefoglalta a tervezett Emlékkönyvvel kapcsolatos tennivalókat, és tájékoztatást adott a szerkesztési munka aktuális helyzetéről.

A hivatkozott felhívás vázolta a kiadvány költségeit is. Ebből megtudhattuk, hogy az addig már felajánlott szponzori támogatások mellett a vezetőség köszönettel vesz minden további intézményi vagy egyéni hozzájárulást, amely „Jubileumi támogatás” címmel a mellékelt csekken fizethető be. A támogatók nevét az Emlékkönyv tartalmazni fogja, de lapunk vállalkozott arra is, hogy itt és az ezt követő számokban is közli azok jegyzékét, akik – átérzve az évforduló méltó megünneplésének jelentőségét

– egyéni hozzájárulásukkal kívánják az anyagi feltételek megteremtését előmozdítani. Bízunk abban, hogy Tagtársaink segítő támogatása eredményeként ez a lista hónapról hónapra egyre bővül majd.

Szerkesztőség

Egyéni támogatók névsora

(a 2006. augusztusi számban megjelent lista kiegészítése, az azóta történt befizetések alapján)

Aninger László Dr. Ádám József Bartos István Bálint Károly Bella Gábor Bencze Tamás Bognár Edit Csonkáné Németh Klára Csorvási-Csuvár László Érdi-Krausz György Dr. Fűry Mihály Gácsi László Hodobay-Böröcz András	Kassai Ferenc Kovács László Dr. Máthay Csaba Németh Gábor Purger Zoltán Rátkainé Dr. Földvári Ágnes Simon Sándor Sztachó Ignác Uzsoki Zoltán Várnay György Viza István
---	---