

## Agro-ökorendszerek vizsgálata távérzékeléssel

ERDEINÉ KÉSMÁRKI-GALLY SZILVIA–PAPP ZOLTÁN–FENYVESI LÁSZLÓ  
FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő

### Összefoglalás

Az FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet rendelkezik egy csúcstechnológiát képviselő távérzékelési eszközzel, az AISA DUAL hiperspektrális szenzorral.

A berendezés 400–970 és 970–2500 nm hullámhossz tartományban tud érzékelni, ezen belül igen nagy (2–10 nm-es) felbontásban. A berendezés képes egy adott hullámhossz tartományon belül képet készíteni, ahol a denzitás eltéréssel a reflexió változását képszerűen is láthatjuk. A felvett objektum bármely pontjáról a spektrum függvényében fel tudjuk rajzolni a reflektancia változását.

A nyersen rögzített képek radiometriás korrekciója, valamint georektifikációja (pl. a repülőgép billegéséből adódó hibák kiszűrését) speciális CaliGeo program segítségével végezhető el. A detektált képek további célirányos feldolgozását az ENVI 4.1 térinformatikai szoftver biztosítja. A képi információkat GIS-ben tárolhatjuk, így a terepi munkák, a mintavételezés pontosan végrehajtható. A berendezés hatékonyan használható képalkotó-berendezés és spektrofotométerként egyszerre.

A precíziós mezőgazdaság és a környezetgazdálkodás területén egyre nagyobb szerepet fog betölteni a hiperspektrális távérzékelési technika. Az AISA DUAL rendszer hazai alkalmazása új lehetőségeket teremt mind a gyakorlati alkalmazás, mind a kutatás területén.

**Kulcsszavak:** hiperspektrális, növény, talaj, távérzékelés

## Examination of agro-ecosystems with remote sensing

SZ. ERDEINÉ KÉSMÁRKI-GALLY-Z. PAPP-L. FENYVESI

Hungarian Institute of Agricultural Engineering  
of the Ministry of Agriculture and Rural Development, Gödöllő

### Summary

The Hungarian Institute of Agricultural Engineering of the Ministry of Agriculture and Rural Development uses a high technology remote sensing device called AISA DUAL hyperspectral sensor.

The device works in the wave-length ranges 400–970 nm and 970–2500 nm, at a rather high resolution (2–10 nm). The device is able to produce a picture within a given wave-length range, where we can see the change of reflection in the picture by density difference. Depending on the spectrum, we can draw the change of reflectance on any point of the object of which we took picture.

The radiometric correction and georectification (e.g. filtering the errors arising from the movement of the airplane) of raw pictures can be done by a special software called CaliGeo. The detected picture can be further processed with the GIS software ENVI 4.1. The picture information can be stored in GIS, therefore field work and sampling can be accurately carried out. The device can be effectively used both as an imaging device and spectrophotometer.

Hyperspectral remote sensing technology will have an increasing role in precision agriculture and environmental management. The use of AISA DUAL will provide new opportunities in Hungary in the areas of both the practical usage and research.

**Key words:** hyperspectral, plant, soil, remote sensing

### Bevezetés és irodalmi áttekintés

A közeljövő és talán már a jelen mezőgazdasága az elvárásoknak megfelelően a fenntarthatóság, a környezetvédelem, valamint az optimális alkalmazkodás követelményeit a gazdaságos termeléssel összhangban, a biodiverzitás megőrzése mellett kívánja megteremteni (*Várallyay és Láng 2000, Várallyay 2006*). Ehhez alapvetően fontos a talaj-növény-klíma-kártevő rendszert komplex agro-ökoszisztémaként értelmezni, térben és időben táblaszinten megismerni,

melyre a távérzékelési módszer kínálja a legkézenfekvőbb lehetőséget (Dobos *et al.* 2002, Csete és Láng 2004, Rakonczai és Kovács 2006).

A Mezőgazdasági Gépesítési Intézetben közel húsz éve foglalkozunk mezőgazdasági és környezetvédelmi célú távérzékeléssel. A távérzékelési kutatás-fejlesztési projektjeink célja egyrészt a technikai eszközrendszer kialakítása és fejlesztése, másrészt ezek alkalmazása a mezőgazdaság és a környezetgazdálkodás területén, különös tekintettel a talaj-növény-víz-klíma-kártevők összefüggéseinek vizsgálatára.

A kutatás-fejlesztési témák keretében kialakításra került egy kombinált, hamis színes infra, valamint termális infra felvételeket készítő egység, amely lehetővé teszi a vizsgált terület egyidejű elemzését a 0,5–0,9  $\mu\text{m}$ , illetve a 3,5–5,6  $\mu\text{m}$  spektrális sávban.

Az intézet műszerparkja 2006-ban új, csúcstechnológiát képviselő távérzékelő eszközzel gyarapodott. A Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszékével közösen a Gazdasági Versenyképesség Operatív Program (GVOP) keretében Európai Unió támogatással beszerzésre került a légi AISA DUAL hiperspektrális képalkotó szenzor, amely 0,4–2,5  $\mu\text{m}$  spektrális tartományával új lehetőséget biztosít a hazai távérzékelés gyakorlatában, mind a mezőgazdaság, mind a környezetgazdálkodás területén.

A távérzékelési módszereket illetően meg kell említeni a műholdfelvételeket is, amely a gyakorlati alkalmazást illetően a legelterjedtebb távérzékelési adatforrás. Magyarországon hozzáférhető műholdfelvételek többek között a LANDSAT TM és MSS, SPOT, NOAA és AVHRR. Ezek felhasználási lehetőségei sokoldalúak például a mezőgazdaság, erdészet, hidrológia és meteorológia területén. A mezőgazdasági célú felhasználást illetően a LANDSAT TM és MSS műholdfelvételek felhasználása a termésbecslés, a parcellaazonosítás vonatkozásában már elterjedt gyakorlat.

### Anyag és módszer

A légi termális infra felvételek készítésére szolgáló AGA 782-es kamerát a hozzá tartozó tükrrendszerrel, illetve a színes infra felvételek készítésére szolgáló Nikon F3/T kamerát rezgéscsillapítóval ellátott keretszerkezetben helyeztük el, amely elhelyezhető a repülőeszközön kialakított padlónyílásba, illetve a földi referenciaméréseknél a mérőkocsin kialakított keretszerkezetre (1. és 2. ábra). A termális infra felvételeket modifikált képmagnetofonra rögzítettük, melynek feldolgozásához speciális szoftvert használtunk. A hőmérsékleti érté-

kek pontosításához földi referenciaértékek szolgáltak. A színes infra felvételeket Kodak Ektachrome Infrared 2236 filmen rögzítettük, melynek érzékenységi tartománya  $0,5\text{--}0,9\text{ }\mu\text{m}$ -ig terjedt. A felvételek készítésekor Kodak Wratten NR 22 (narancs) szűrőt használtunk. A műholdfelvételek előnye a sokoldalú felhasználás, nagy területről rendszeres adatszolgáltatás, digitális hozzáférhetőség, valamint a geokódolt adatok, melyek térinformatikai rendszerek bemenő adataiként felhasználhatóak, illetve a kiforrott feldolgozási módszerek. Hátrányai a kis felbontás (LANDSAT TM és MSS:  $15 \times 15$ ,  $30 \times 30$  m), kevés és széles spektrális sáv, valamint a ciklikus felvételezés lehetősége 15–18 nap.

1. ábra. A kialakított mérőrendszer (1) AGA 782 termális kamera, (2) tükör rendszer, (3) Nikon F3/T kamera

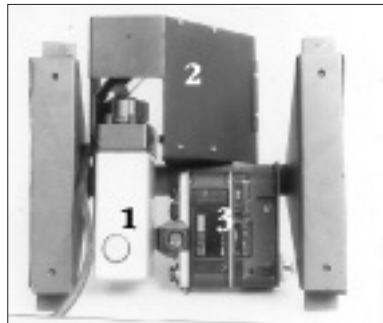


Figure 1. The measuring system. AGA 782 thermovision camera (1), Mirror system (2), Nikon F3/T camera (3).

2. ábra. A kialakított mérőrendszer elhelyezése a mérőkocsi keretszerkezetén



Figure 2. The measuring instrument on the frame of the vehicle.

Az elmúlt években egyre hangsúlyosabb szerepet kapnak a távérzékelésben a légi felvevők speciális szenzorai, a hiperspektrális képalkotók. Ezek a távérzékelés új lehetőségeit jelentik a reflektancia spektrum igen finom felbontású felvételezése alapján. A hiperspektrális érzékelő berendezések a vizsgált hullámhossztartományt folyamatosan fedik le egyenletes szélességű és nagyon keskeny (2,5–10 nm széles) spektrum-csatornákkal. Ennek köszönhetően a hiperspektrális szenzorok a felszín spektrális tulajdonságairól igen részletes adatokat szolgáltatnak.

A beszerzett AISA DUAL hiperspektrális képalkotó spektrométer lényegében két szenzor, az EAGLE és HAWK összeépítéséből áll (3. ábra). Az EAGLE 0,4–1,0  $\mu\text{m}$  (400–970 nm) és a HAWK a 1,0–2,5  $\mu\text{m}$  (970–2500 nm) spektrális tartományban 244–244 csatornán rögzíti a mért reflektanciát. A repüléshez erre a célra átalakított Piper Pa-23–250 „AZTEC” kétmotoros repülőgépet használtuk. A légi hiperspektrális felvételezés elvét a 4. ábrán mutatjuk be.

3. ábra. AISA DUAL szenzor

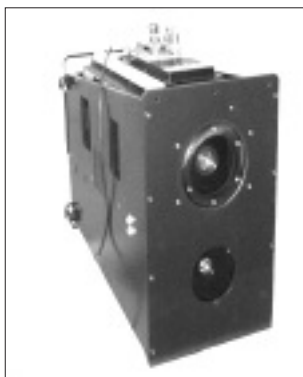


Figure 3. AISA DUAL sensor.

Az AISA DUAL szenzor spektrális felbontását összehasonlítva a jelenleg használatos űrfelvételekkel (LANDSAT TM, LANDSAT MSS, SPOT) az 5. ábra szemlélteti. Az AISA EAGLE szenzor és a LANDSAT TM műholdképe közötti térbeli felbontási különbséget ugyanarról a mezőgazdasági területről a 6. ábrán láthatjuk.

A hiperspektrális felvételek feldolgozása az alábbi lépések szerint történt: 1. Légi és földi felvételezés. 2. Radiometriai és geometriai korrekciók. 3. Szűrés és adatcsökkentés. 4. Célspektrumok kiválasztása. 5. Osztályozás. 6. Ábrázolás. 7. Ellenőrzés.

4. ábra. A hiperspektális felvételezés elve

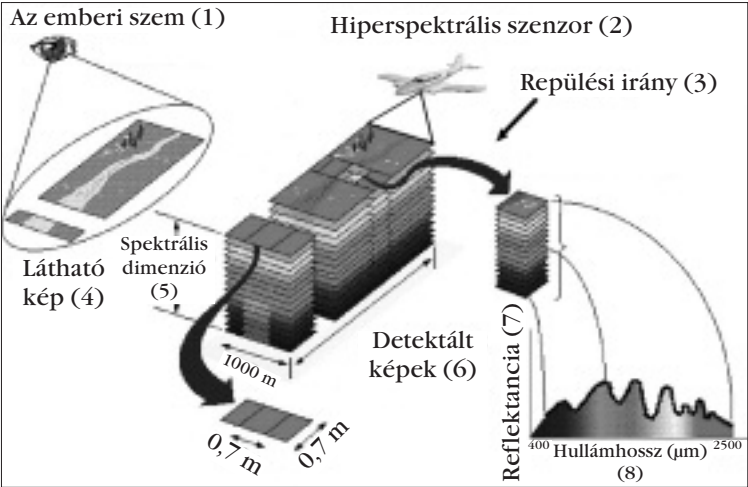


Figure 4. Illustration for the hyperspectral aerial remote sensing. (1) Human eye, (2) Hyperspectral sensor, (3) Flight direction, (4) Visible picture, (5) Spectral dimension, (6) Detected pictures, (7) Reflectance, (8) Wave-length ( $\mu\text{m}$ ).

5. ábra. Spektrális felbontás a reflektancia függvényében

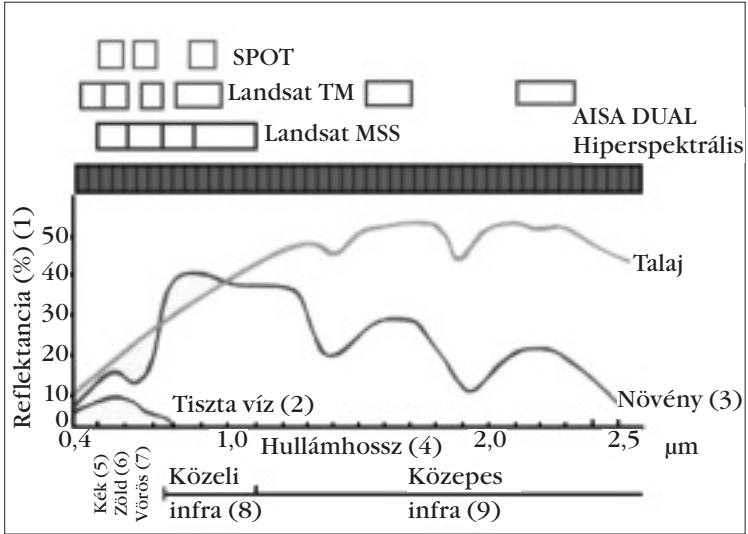


Figure 5. Spectral resolution as a function of reflectance. (1) Reflectance (%), (2) Clear water, (3) Plant, (4) Wave-length, (5) Blue, (6) Green, (7) Red, (8) Close infra, (9) Mean infra.

6. ábra. Az AISA EAGLE és a LANDSAT TM műholdképe ugyanarról a mezőgazdasági területről

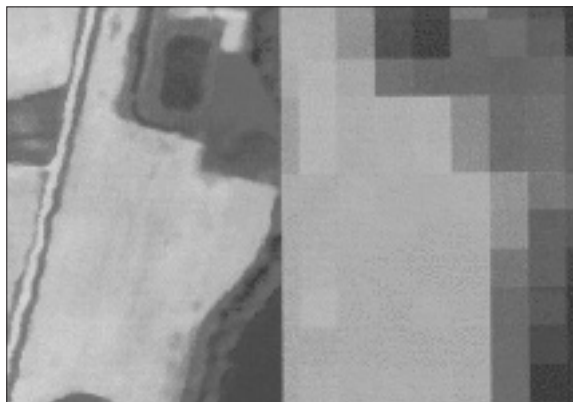


Figure 6. Picture of an agricultural area taken by AISA EAGLE and LANDSAT TM systems.

A fenti lépések elvégzése a rendszerhez kapcsolódó speciális programok, valamint az ENVI térinformatikai számítógépes programok segítségével történt.

Az RSCube szoftver az adatgyűjtő számítógépre telepített. A Windows alapú szoftver a rendszer működésének folyamatos követésére és irányítására szolgál, amely valós idejű képkijelzést biztosít. A repülési vonal irányában detektált kép ENVI kompatibilis formátumban kerülnek mentésre. A repülés paramétereit tartalmazó információk a GPS/INS szenzorról egy társfájlban tárolódnak.

Az AISAComm szoftver szintén Windows alapú, amely a kamera paramétereinek beállítására szolgál.

A CaliGeo szoftvercsomag az ENVI képfeldolgozó szoftverhez biztosítja a képek radiometriás korrekcióját, valamint georektifikációját.

A közeli infravörös tartományban végzett kísérleti és tesztméréseket Gödöllő és térségében (Kartal, Tura), a hiperspektrális felvételeket pedig Gödöllő, Keszthely, Szeged, Mosonmagyaróvár, Heves városok környezetében lévő mezőgazdasági területeken végeztük helyszíni bejárással és mintavételezéssel kiegészítve, melyek teljes feldolgozását és kiértékelését a megrendelő végezte.

## Eredmények, következtetések

### *Színes infrafelvételek*

A színes infrafelvételek (CIR) más terepi módszerekkel együtt alkalmazva igen hatékonyan használhatók a talaj és a növényzet állapotának meghatározására. Ezen felvételeknek rendkívüli előnye, hogy párás időjárás esetén is kontrasztos, színekben gazdag felvételek készíthetők. Jellegzetességük, hogy az élő, egészséges vegetáció élénk vörös színben, míg a beteg károsodott növényzet a fehértől a zöld szín különböző árnyalataiban jelenik meg a „hamis színes” felvételeken. Segítségükkel mind a talaj, mind a növény állapotát illetően nagyon sok hasznos információhoz jutunk (pl. talaj esetében: humusztartalom, talajszerkezet, az erózió mértéke, mésztartalom stb.; növény esetében: érettségi állapot, általános kondíciók, betegségek, tápanyag ellátottság stb.).

A 7. ábrán egy alma ültetvény légi felvétele látható, ahol a klorózisban szenvedő egyedek világos tónusúak (az eredeti CIR felvételen ez a szín a fehér és a rózsaszín különböző árnyalata).

Ezen távérzékelési módszer hátrányai: elkészítésük idő és munkaigényes, interpretálásuk sok szubjektív elemet tartalmaz, valamint a gyakorlati és operatív felhasználást elősegítő térinformatikai rendszerekhez közvetlenül nem használhatók fel.

### *Légi termovíziós felvételek (hőfényképek)*

Segítségével a talaj, a növény felületi hőmérséklete állapítható meg (8. ábra), melyből a környezet hőmérsékletének, illetve a napsugárzás intenzitásának ismeretében vonhatók le következtetések (pl. a talaj hő- és vízháztartása, a növényi transzspiráció állapota, rendellenességei stb.). A módszer előnye, hogy a mérés könnyen és gyorsan elkészíthető, az eredmények digitálisan kezelhetők. A módszer hátránya: egyedül csak a termográfiával kimutatott hőmérsékletváltozás nem szükségszerűen vezethető vissza a kórokozó hatására. A pontos diagnosztika felállításához a növényi állomány és a talaj hőképeinek alapos interpretációja, valamint az aktuális időjárási és természeti feltételek konkrét figyelembevétele is szükséges.

Légi hiperspektális felvételek. A történeti hűséghez tartozik, hogy az első magyarországi hiperspektrális légi felvételezésre a HySens projekt keretében 2002. augusztusában került sor a 79 spektrális sávot tartalmazó 6 méter/pixel felbontású DAIS műszerrel (Hargítai et al. 2006). A projektben résztvevő kutatóknak akkor még csak távlati elképzelése realizálódott az AISA DUAL szenzor magyarországi üzembeállításával, amely mind spektrális, mind térbeli



felbontásában felülmúlja a DAIS műszert (488 spektrális sáv, a repülési magasságtól függően 1–4 méter/pixel felbontás).

7. ábra. Idared és Starking almaültetvény Turán

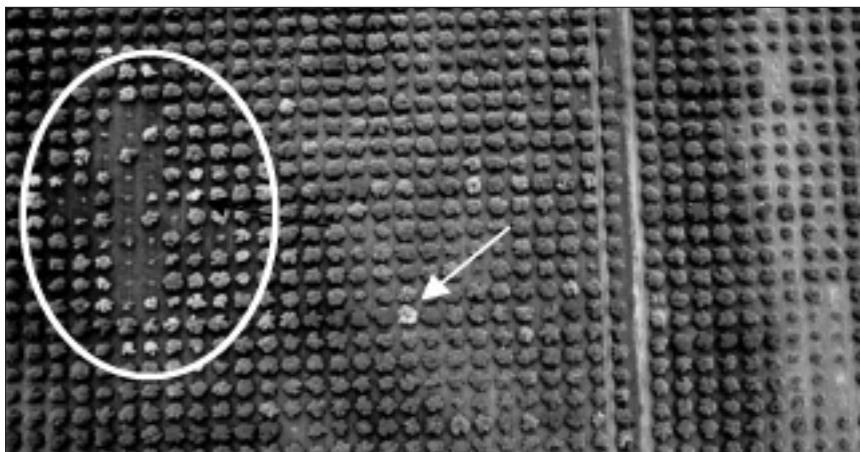


Figure 7. Apple plantation in Tura.

8. ábra. Mezőgazdasági terület hőfényképe.

(Az „A” területen belül a nyíllal jelölt területen a magasabb hőmérséklet oka: gombafertőzés. A hőmérséklet-különbség: 1,2 °C)

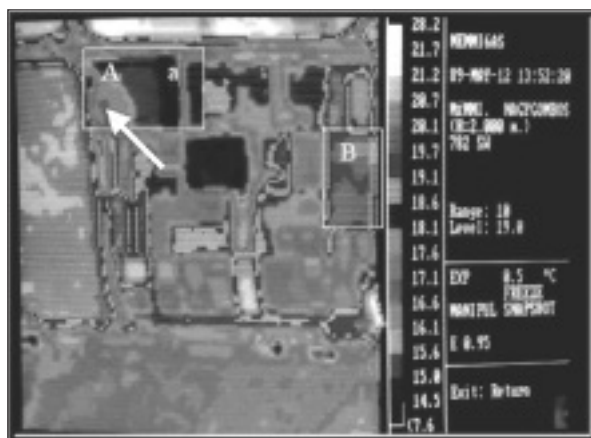


Figure 8. Thermal picture of an agricultural area. (The reason of higher temperature within the “A” area marked with arrow: mycosis. Temperature difference: 1,2°C)

A 2007-ben végzett nagyszámú hiperspektrális légi felvételezés feldolgozása során szerzett tapasztalatok, valamint az irodalmi adatok alapján a következő megállapítások tehetők:

1. A hiperspektrális légi távérzékelés a jelenleg használatos módszerekhez képest jelentős minőségi ugrást jelent mind a térbeli, mind a spektrális felbontást illetően. Ennek köszönhetően táblaszinten olyan felvételek készíthetők, amelyek operatív módon felhasználhatók a precíziós növénytermelés területén a talaj- és gyomterképek készítésére (Neményi et al. 2001).

2. Az AISA DUAL rendszerrel az adatok (pixelek) térinformatikai rendszerbe (GIS) helyezett pontossága a jelenleg alkalmazott módszer szerint 3–5 méter, amely a DGPS alkalmazásával 1–3 méterre csökkenthető.

3. A reflexiós spektrumok pontos ismerete alapján a helyszíni mintavételezés felhasználásával a minőségi jellemzőkön kívül mennyiségi paraméterek meghatározására is alkalmas (pl. biomassza zöldtömeg, szemes termés minőségi paraméterei, a talaj nitrogén koncentrációja, a vízben lévő lebegőanyag-koncentráció stb.) (Milics et al. 2008abc).

4. A hiperspektrális felvételek másik nagy felhasználási területe lehet a környezetszennyezések kimutatása és ásványterképezés (Jung et al. 2005).

A hiperspektrális felvételek előnyeiként a következők állapíthatók meg: nagy a spektrális és térbeli felbontás. A geokódolt adatok, térinformatikai rendszerekhez közvetlenül felhasználhatók bemenő adatként. A használhatóság rugalmas és nagy határfokú a speciális adatfeldolgozási lehetőségek kihasználásával. A 9. ábrán Heves város környezetében lévő mezőgazdasági területről 2007. július 2-án készült felvétel látható három spektrális sáv felhasználásával.

9. ábra. Hevesi mezőgazdasági terület hiperspektrális képe



Figure 9. Hyperspectral picture of an agricultural area near Heves.

A 10. ábra az összes spektrális sávot tartalmazó ún. hiperspektrális adatkockát szemlélteti, amely a légifelvételzés során nyert összes spektrális adatot tartalmazza. Felhasználásával minden térbeli képponthoz egy folyamatos spektrális görbe rendelhető, amelynek segítségével a felszínt borító anyag azonosítható illetve jellemezhető (spektrális ujjlenyomat).

Összegezeként megállapítható, hogy a nem mérőkamerás légi színes infra és termális infra felvételek csak részben elégítik ki a kor követelményeit. Legnagyobb hátrányuk, hogy térinformatikai rendszerekben közvetlenül nem használhatók fel.

A műholdas multispektrális távérzékelés továbbra is vezető szerepet fog betölteni, különösen a globális, nagy területekre kiterjedő felmérések és vizsgálatok területén.

A precíziós mezőgazdaság és a környezetgazdálkodás területén egyre nagyobb szerepet fog betölteni a hiperspektrális távérzékelési technika.

10. ábra. *Hyper adatkocka*

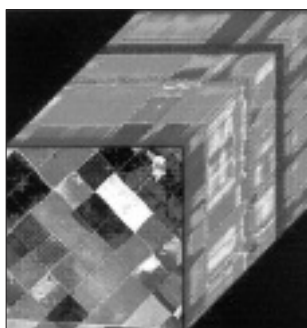


Figure 10. "Hyper data cube".

Alkalmazásának gyakorlata Magyarországon még nem elterjedt, aminek oka a felvevő rendszer hiánya volt. Az AISA DUAL rendszer üzembe helyezésével új lehetőségek nyílnak meg mind a gyakorlati alkalmazás, mind a kutatás területén. Alkalmazásuk a következő területeken javasolt:

*Mezőgazdaság:*

- Növényállapot meghatározás-betegség, kártevő, érettségi állapot, tápanyaghiány;
- Termésbecslés, vegetációs index meghatározása;
- Fajták elkülönítése, gyomtérkép készítése;

- Precíziós növénytermesztési technológiáknál a tematikus térképek bemenő adatként történő felhasználása;
- Talajtérképezés (erózió, humusztartalom, nitrogénellátottság stb.);

#### *Vízgazdálkodás:*

- vízminőség meghatározás (zavarosság, szervesanyag-tartalom, algásodás);
- Vízi vegetáció vizsgálata;
- Olaj és egyéb szennyeződések behatárolása;

#### *Erdészet:*

- Állományfelmérés;
- Fajtaelhatárolás;
- Betegség és kártevő lokalizálás;

#### *Környezetállapot felmérés:*

- Lokális szennyeződési területek behatárolása a talaj, a növény, valamint a víz állapotának figyelembevételével;
- Allergén növények területi eloszlásának meghatározása 1–2 méteres pontossággal, különös tekintettel a parlagfűre – tematikus térkép (*Kőmíves et al.* 2006);
- Belvízborítottság, mocsaras, vizenyős területek pontos lehatárolása.

## **Összefoglalás**

A Mezőgazdasági Gépesítési Intézetben közel húsz éve foglalkozunk mezőgazdasági és környezetvédelmi célú távérzékeléssel. A távérzékelési kutatás-fejlesztési projektjeink célja egyrészt a technikai eszközrendszer kialakítása és fejlesztése, másrészt ezek alkalmazása a mezőgazdaság és a környezetgazdálkodás területén, különös tekintettel a talaj-növény-víz-klíma-kártevők összefüggéseinek vizsgálatára.

A légi infrafényképezést és termális képalkotást lehetővé tevő berendezések mellett az intézet műszerparkja 2006-ban új, csúcstechnológiát képviselő távérzékelő eszközzel gyarapodott. A Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszékével közösen a Gazdasági Versenyképesség Operatív Program (GVOP) keretében Európai Unió támogatással beszerzésre került a légi AISA DUAL hiperspektrális képalkotó szenzor. A berendezés 400–970 és 970–2500 nm hullámhossz tartományban tud érzékelni, ezen belül igen nagy (2–10 nm-es) felbontásban. A berendezés képes adott hullámhossz tartományon belül képet készíteni, ahol a denzitás eltéréssel a reflexió változását képszerűen is láthatjuk. A felvett objektum bármely pontjáról a spektrum függvényében fel tudjuk rajzolni a ref-

lektancia változását. A nyersen rögzített képek radiometriás korrekciója, valamint georektifikációja (pl. a repülőgép billegéséből adódó hibák kiszűrését) speciális CaliGeo program segítségével végezhető el. A detektált képek további célirányos feldolgozását az ENVI 4.1 térinformatikai szoftver biztosítja. A képi információkat GIS-ben tárolhatjuk, így a terepi munkák, a mintavételezés pontosan végrehajtható. A berendezés hatékonyan használható képalkotó berendezés és spektrofotométerként egyszerre.

A precíziós mezőgazdaság és a környezetgazdálkodás területén egyre nagyobb szerepet fog betölteni a hiperspektrális távérzékelési technika. Az AISA DUAL rendszer hazai alkalmazása új lehetőségeket teremt mind a gyakorlati alkalmazás, mind a kutatás területén.

## IRODALOM

- Csete L.–Láng I.: 2004. Agroökoszisztéma, regionalitás, biodiverzitás. AGRO-21 füzetek. 37: 186–204.
- Dobos, E.–Normann, B.–Worstell, B.–Montanarella, L.–Johannsen, C.–Micheli, E.: 2002. The use of DEM and satellite data for regional scale soil databases. *Agrokémia és Talajtan*. 51: 263–272.
- Hargitai H.–Kardeván P.–Horváth F.: 2006. Az első magyarországi képalkotó spektrométeres repülés és adatainak elemzése erdőtípusok elkülönítésére. *Geodézia és Kartográfia*. 21: 21–33.
- Jung, A.–Kardeván, P.–Tókei, L.: 2005. Detection of urban effect on vegetation in a less built-up Hungarian city by hyperspectral remote sensing. *Physics and Chemistry of the Earth*. 30: 255–259.
- Kőmives T.–Lehoczy É.–Béres I.–Tamás J.–Reisinger P.–Csornai G.–Nádor G.–Kardeván P.–Mikulás J.–Gólya G.–Molnár J.: 2006. A parlagfű elleni integrált védekezés új stratégiai programja. 57. [http://www.fvm.hu/doc/upload/200605/ambel\\_konceptcio.pdf](http://www.fvm.hu/doc/upload/200605/ambel_konceptcio.pdf)
- Neményi M.–Pecze Zs.–Mesterházi P.–Németh T.: 2001. A precíziós-helyspecifikus növénytermesztés műszaki és térinformatikai feltételrendszere. *Növénytermelés*. 50: 419–430.
- Rakonczai J.–Kovács F.: 2006. A padkás erózió folyamata és mérése az Alföldön. *Agrokémia és Talajtan*. 55. 2: 329–346.
- Milics, G.–Burai, P.–Lénárt, Cs.: 2008a. Pre-harvest prediction of spring barley nitrogen content using hyperspectral imaging. *Cereal Research Communications*. 36: 1863–1866.
- Milics, G.–Burai, P.–Lénárt, Cs.–Tamás, J.–Papp, Z.–Deákvári, J.–Kovács, L.–Fenyvesi, L.–Neményi, M.: 2008b. Comparison of multispectral and hyperspectral vegetation indices for prediction of yield and grain quality of spring barley in Hungary. *AgEng 2008 International Conference on Agricultural Engineering*. Hersonissos. Crete. June 23–25. 2008. Conference CD.

- Milics G.–Csiba M.–Burai P.–Lénárt Cs.–Tamás J.–Neményi M.*: 2008c. Szemtermés minőségi paramétereinek előrejelzése és térképezése hiperspektrális légifelvételéssel (Prediction of grain quality and quality mapping by hyperspectral imaging). MTA AMB XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő. Konferencia CD. 134–138.
- Várallyay, Gy.*: 2006. Soil degradation processes and extreme soil moisture regime as environmental problems in the Carpathian Basin. *Agrokémia és Talajtan*. 55. 1: 9–18.
- Várallyay Gy.–Láng I.*: 2000. A talaj kettős funkciója: természeti erőforrás és termőhely. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Agrártudományi Közlemények. 5–19.

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

Erdeiné dr. Késmárki-Gally Szilvia–dr. Fenyvesi László–Papp Zoltán  
FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet  
Gödöllő  
Tessedik S. u. 4.  
H-2100