

Újabb típusú multispektrális erőforrás-figyelő műholdak alkalmazhatósága az agrár-környezetvédelemben

Takács Péter – Tamás János

Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,
Mezőgazdaságtudományi Kar,
Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen
ptakacs@gissserver1.date.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A térinformatika, ezen belül pedig a távérzékelés igen nagy segítséget nyújt az agrár-környezetvédelemmel kapcsolatos feladatok elvégzéséhez. Egyrészt képes nagytömegű adatok rendezett feldolgozására, valamint információnyerésre is kiválóan alkalmas, mindezt úgy, hogy az adatok földrajzi koordinátákhoz kötött információit megőrzi és kezeli. A távérzékelés adatok felhasználása az egyik legkorszerűbb és leghatékonyabb eszköze a közvetlen környezetünkben a mezőgazdaság által érintett szférákban (talaj, víz, levegő) lezajló bonyolult, térben és időben folyamatosan változó jelenségek megfigyelésének, elemzésének, megértéséhez, a különböző környezeti paraméterek változásának követésének, monitoringjának. Elsőként bemutatunk néhány indexeket, melyeket távérzékelés adatokból lehet előállítani, majd bemutatunk egy viszonylag új, műholdas hiperspektrális érzékelőt, a MODIS-t, mely adatai inputként szolgálhatnak az agrár-környezetvédelemmel kapcsolatban végzett kutatásokban, valamint egy olyan meteorológiai előrejelző műholdat (MSG-1), amely adatai elérhetők, és így szintén segíthetik a kutatásokat.

Kulcsszavak: térinformatika, távérzékelés, indexek, MODIS, MSG-1

SUMMARY

GIS, and especially remote sensing, offers great help in performing agro-environmental protection tasks. It can process a large amount of data to an arranged set of databases, and is also an excellent source of information. Moreover it keeps the geographical coordinates of all data during processing. The usage of remotely-sensed data is one of the most up-to-date and effective ways to observe, analyze and understand the complex phenomena taking place in all the spheres of agricultural production (soil, water, air), and also to track and monitor the changes of different environmental parameters, as they constantly change in time and space. Several indices will be described, which can be derived from remote sensed data. Next, a relatively new hyperspectral satellite sensor (MODIS) will be introduced, as it can be a input data source in research performed in agri-environmental protection. Last, a new meteorological satellite (MSG-1) will be introduced, as its data are available for public usage, and it could be an important data source.

Keywords: GIS, remote sensing, indices, MODIS, MSG-1

BEVEZETÉS

A környezeti modellezés, mint az agrár-környezetvédelem egyik fontos területe, mind a térinformatika mára egy jól kidolgozott, elfogadott és alkalmazott kutatási és gyakorlati terület, amelynek

összekapcsolódása napjainkban kézenfekvő. A legtöbb környezetvédelmi probléma rendelkezik térbeli dimenziókkal. Ezeket a környezeti problémákat a környezeti modellezéssel próbáljuk megérteni, és megoldást találni. Másrészt a földrajzi információs rendszerek képesek összegyűjteni, integrálni, kezelni, elemezni a georeferenciával rendelkező térbeli adatokat (Tamás, 2005). A DE-ATC-MTK Víz és Környezetgazdálkodási Tanszékének munkatársai több integrált GIS rendszert állítottak fel, és rámutattak az input adatok, ezen belül a multi és hiperspektrális adatok használatának fontosságára, valamint az integrált adatbázisok használatának előnyeire (Takács et al., 2003; Burai és Pechmann, 2003). Indokolt először áttekinteni azokat a különböző indexszámokat, melyeket a környezeti állapot, ezen belül jellemzően valamilyen egzakt jellemző (növényállomány sűrűsége, talajtípus, földhasználati kategória, felszíni vagy légköri hőmérséklet stb.) értékelésére használnak.

Bíró és Tamás (2003) több GIS alapú talaj és vízgazdálkodási modellt és adatbázist állított fel. Ezek elemzése során megállapították, hogy a megbízható, lehetőleg minél kisebb hibával terhelt input adat a GIS rendszerek kritikus pontja. Ahhoz, hogy adataink megfeleljenek ezeknek a kritériumoknak, egy olyan folyamatos adatforrásra is szükség lehet, amely széles spektrumban tartalmaz információkat, és könnyen integrálható a térinformatikai rendszerekbe. A MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) érzékelőcsalád megfelel e feltételeknek. Az érzékelőt a NASA Földmegfigyelő Programjának keretében (Earth Observing System, EOS) a Terra és Aqua műholdakra telepítették, és 2000. február 24-e óta szolgáltat feldolgozható jeleket (Salomonson et al., 1989). Fő feladata a légkör, a szárazföld, valamint az óceánok folyamatos megfigyelése, az ott lejátszódó folyamatok jobb megértése céljából. Mérési adatai néhány napos késéssel elérhető minden potenciális felhasználó számára.

Magyarországon a szélsőséges időjárási jelenségek (hosszan tartó aszályos időszakok, árvizek, szélviharok) előfordulási valószínűsége térben és időben nőtt, valószínűleg a klímaváltozás miatt. A különböző klimatikus modellek többféle eredményt mutatnak a téren, hogy a jövőben milyen sűrűn fognak e jelenségek megisméltódni (Nováky, 2000). A számítások megbízhatóságának javításához szükség van egy olyan adatforrásra, mely napi szinten képes bemenő adatokat szolgáltatni, nem csak

a klimatikus modelleknek, hanem más számításoknak (hidrológia, vízgazdálkodás, GIS stb.). Hazánkban a rendszerváltás követően a meteorológiai mérőállomások sűrűsége 50 km-ről 150 km-re csökkent. Az állomások által szolgáltatott adatok nem elégségesek ahhoz, hogy mérjék és előre jelezzék a regionális időjárási anomáliákat, melyeket a nagyobb városok mikroklímája, vagy a gyorsan változó földhasználati mód okoz. A földi adatgyűjtés (gravimetrikus, TDR, pF tenziométer) időigényes, költséges, és az eredmények pontszerű, így nem georeferált adatok lesznek. A dinamikus változásokat csakis gyorsan frissülő mérési adatbázissal lehet lefedni, mely az egész vizsgált területet lefedi (Takács et al., 2004). 2002. augusztus 28-a óta ilyen adatokat szolgáltat az Eumetsat által működtetett MSG-1 (MeteoSat Second Generation) időjárás-előrejelző műhold. Ez az általánosan elterjedt NOAA AVHRR műholdképekhez képest jobb minőségű adatnyerésre alkalmas, mert a felvételek készítésének ideje gyakoribb (15 perc), több csatornát vizsgál (12), és térbeli felbontása is jobb (1, ill. 3 km).

SZAKIRODALMI FELDOLGOZÁS

A távérzékelés (remote sensing) mára szervesen beépült a térinformatika eszköztárába, de mint önálló tudományterület öntörvényű tudományos fejlődést követ, amelynek határait a számítógépes grafika, a hardveres képfeldolgozásra kifejlesztett grafikus kártyák lehetőségei, a képelemzés és tömörítés matematikai eljárásai, a spektrofizikai és kémia eredmények folyamatos bővítik. Az igen gyors, nagy területre kiterjedő ezért fajlagosan olcsó, nem invazív és egyre megbízhatóbb technológiát a térinformatika és alkalmazói területeinek, így a talajtani kutatások számára is stratégiaileg meghatározó területének tekinthetjük.

Erre mutat, hogy az adat/szoftver/hardver területén jelentős a fejlesztési alkalmazások növekedése, a költségcsökkenés és technikai avulás. Az elmúlt időszak nehézségei ellenére Magyarországon többen alkalmazták a távérzékelést talajtanhoz is kapcsolódó kutatásaikban sikerrel, így többek között földközeli légirepülés során Szász (1988) spektrális feldolgozásban; Zilinyi (1995), Micheli et al. (1989) talajok minősítésében; Tóth et al. (1991) szikes talajok értékelésében; Brüttner és Csornai (1989), Csató (2000) műholdas földhasználat értékelésben; Csornai és Dalia (1991), Kertész et al. (1997), Martinovich et al. (2003) műholdas termésbecslésben és mezőgazdasági földhasználatban; Kardeván et al. (2003) hiperspektrális földhasználat értékelésben. A kutatásainkban használt távérzékelési technológiát többféleképpen csoportosíthatjuk így a távolság szerint: terepi távérzékelés (TETRACAM), földközeli légifotózás (TETRACAM, színes légifelvétel), magas repülésből származó adatok (digitális ortofotó), erőforrás figyelő műholdak (SPOT, Landsat TM, ENVISAT).

A különböző érzékelőket többféleképpen csoportosíthatjuk: *Spektrális felbontás alapján:*

pankromatikus (SPOT), széles multispektrális (TETRACAM, Landsat TM), multispektrális (ENVISAT), hiperspektrális (DLR-DAIS, MODIS). *Visszatérési idő alapján:* valós idejű (TETRACAM), megrendelhető (DLR-DAIS) és ciklusidőhöz kötött.

A távérzékelte adatok feldolgozása során alkalmazott technológiák két nagy csoportja a képelőkészítés, ahol geometriai (rektifikálás) és spektrális (zajszűrés) korrekciókat végeztünk el, illetve a képfeldolgozás, ahol csatornák számának csökkentését, osztályba sorolást, spektrumok kombinációit (index számítások) végeztünk.

Az erőforrás-figyelő műholdak (pl. Landsat, SPOT) ezeket a csatornákat lefedve biztosítanak regionális idősoros adatokat a biomassza fenofázishoz kötött állapotáról (Kramer, 1994). A talajok környezetének spektrális elemzése növényvel nem fedett sivatagi területeken előnyös, mivel a növényzet spektrális tulajdonságai sokszor zavarják az értékelést, illetve speciális technikát igényel.

ANYAG ÉS MÓDSZER

1. Indexek a távérzékelésben

A távérzékelte adatokkal kapcsolatos műveletek közül első maga az adatnyerés, a nyers, vagy valamilyen szinten feldolgozott (vetületbe illesztett, radiometrikusan korrigált) felvétel beszerzése (vásárlás, letöltés). A második lépés lehet a kép értékelése, manipulálása (osztályba sorolás, kivágás, átosztályozás stb.). Ezután következik az adatok kiértékelése, a megfigyelni kívánt folyamatok, jellemzők, és a rendelkezésre álló háttér adatok segítségével, hiszen háttér adatok nélkül a távérzékelte adatok nem, vagy csak fenntartásokkal értékelhetők ki. Jellemző erre a lépésre a különböző indexek, jelzőszámok konkrét értékeinek kiszámítása, értékelése. Ez műholdas felvételek esetén jellemzően a különböző csatornák értékeinek valamilyen matematikai kombinációját jelenti. Ilyen index pl. az NDVI vagy SAVI. Ezek az indexek olyan tulajdonságokat jellemeznek, mint a növényborítottság, talajok nedvességtartalma, sziktartalma, vagy a különböző földhasználati kategóriák. Az elterjedtebb indexekre jellemző, hogy a főbb képfeldolgozó programokba (IDRISI, ERDAS, ENVI) szervesen beépültek, így számításuk egyszerű és gyors. A következőkben néhány, az agrár-környezetvédelemben elterjedt indexet ismertetünk röviden (Treitz és Howarth, 1999).

Normalizált Vegetációs Index (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)

A zöld biomassza mennyiségének, a klorofiltartalomnak, valamint levélfelületi víz stressz változását jelzi. Egyike a legelső, távérzékelte adatokból előállított indexeknek, használata széles körben elterjedt, a növényborítottságról ad tájékoztatást. Értéke -1 (nem eutróf jellegű vízfelület, kopár szikla) és +1 (dús erdő, esőerdők) közt változhat. Számítási képlete a következő:

$$\frac{(p_{kiv} - p_v)}{(p_{kiv} + p_v)},$$

ahol p_{kiv} = közeli infravörös csatorna reflektanciája, és p_v = vörös csatorna reflektanciája. Landsat szenzor esetén a 3. csatorna a vörös, a 4. a közeli infravörös, MODIS esetén ugyanez 1. és 2. Valamennyi további index az NDVI „továbbfejlesztésének” tekinthető, létrehozásuk célja legtöbbször empirikus úton nyert adatok alapján az index értékének pontosítása, a különböző zavaró tényezők (léggör és talaja reflektanciája stb.) kiszűrése volt (Rouse et al., 1974; Tucker, 1979; Cihlar et al., 1991; Sellers et al., 1992; Goward et al., 1994; Yoder és Waring, 1994).

Merőleges Vegetációs Index (Perpendicular Vegetation Index PVI)

Az index képes az NDVI index talaj által generált változásainak kiküszöbölésére. Alacsony levélfelületi index-szel (LAI) jellemezhető területeken (száraz és félszáraz területek) a legjobb eredményt hozza (Richardson és Wiegand, 1977; Wiegand et al., 1991). Képlete:

$$\frac{[s(p_{kiv}) - p_v + a]}{[1 + (s)^2]^{0.5}},$$

ahol a = talajfelszín reflektanciagörbéjének intercepciója, s = talajfelszín reflektanciagörbéjének változása.

Súlyozott Vegetációs Index (Weighted Difference Vegetation Index, WdVI)

A PVI-nek egy matematikailag leegyszerűsített változata, viszont a felvehető értékei nem korlátosak, így nehezebben interpretálható (Clevers, 1988). Képlete:

$$p_{kiv} - s * p_v$$

Vegetációs indexszám és földfelszín hőmérséklet (Vegetation indices and surface temperature)

A képlet értékének változása a regionális felszíni evapotranspiráció biofizikai interpretációjaként értelmezhető, mert a hőmérséklet és az evapotranspiráció szorosan összefügg, előbbi növekedésével az utóbbi is nő (Lambin és Ehrlich, 1995). Képlete:

$$\frac{T_s}{NDVI},$$

ahol T_s = földfelszín hőmérséklete.

Talajjal Korrigált Vegetációs Index (Soil Adjusted Vegetation Index, SAVI)

Az index minimalizálja a talaj fényvisszaveréséből eredő varianciát (Huete, 1988; Huete és Tucker, 1991; Qi et al., 1993). Képlete:

$$\frac{(p_{kiv} - p_v) * (1 + L)}{(p_{kiv} + p_v) * (1 + L)},$$

ahol L egy korrekciós faktor, értéke 0 és 1 közt változik: 0, ha igen nagy a növényborítottság, míg 1, ha nincs növényborítás.

Transzformált Talajjal Korrigált Vegetációs Index (Transformed Soil Adjusted Vegetation Index, TSAVI)

Huete (1988) által módosított SAVI, a szoláris eleváció, a levélfelület index, és a levél szögcsórás által okozott talaj variabilitás kompenzálására (Baret et al., 1989; Major et al., 1990; Richardson és Wiegand, 1977; Wiegand et al., 1991; Baret és Guyot, 1991). Képlete:

$$\frac{s[p - s(p) - a]}{[a * p + p - a * s + X * ((1 + s) * s)]},$$

ahol X = módosító tényező, a talaj által okozott zaj (reflektancia) minimalizálására (Qi et al., 1994).

Módosított SAVI (MSAVI)

Ez az index egy korrekciós változóval, az L -lel számol, mely az NDVI és WdVI indexekből számolható ki:

$$\frac{(p_{kiv} - p_v) * (1 + L)}{(p_{kiv} - p_v + L)},$$

ahol $L = 1 - 2 * s * NDVI * WdVI$.

Léggörrel Korrigált Vegetációs Index (Atmospherically Resistant Vegetation Index, ARVI)

Minimalizálja a léggör által okozott eltéréseket. A kék és vörös csatornák radianciájának különbségét használja fel a γ függvény segítségével, amely a vörös csatorna radianciáját korrigálja, és így stabilizálja az indexet és csökkenti a léggöri aeroszolok okozta eltéréseket (Kaufmann és Tanré, 1992). Képlete:

$$\frac{p_{kiv} - p_{vk}}{p_{kiv} + p_{vk}},$$

ahol $p_{vk} = p_v - \gamma(p_k - p_v)$, és p_k = a kék csatorna reflektanciája.

Talajjal és Léggörrel Korrigált Vegetációs Index (Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index, SARVI)

A léggörrel és a borítottsággal való korrigálás kombinálható; minimalizálja a talajfelszíni és léggöri zajt. A végeredmény egy stabilabb NDVI érték. Száraz területeken (Sahel-övezet) a legjobb eredményt adja (Kaufmann és Tanré, 1992). Képlete:

$$\frac{p_{kiv} - p_{vk} * (1 + L)}{p_{kiv} + p_{vk} + L}$$

Nem Lineáris Index (Non-Linear Index, NLI)

Miután a kapcsolat a felszíni biofizikai paraméterek, valamint több vegetációs index közt gyakran nem lineáris, az NLI olyan felszíni paraméterekkel teszi lineárisá a kapcsolatot, melyek általában nem lineárisak (Goel és Qin, 1994). Képlete:

$$\frac{(p_{kiv}^2 - p_v)}{(p_{kiv}^2 + p_v)}$$

Renormalizált Vegetációs Index (Renormalized Difference Vegetation Index, RDVI)

Szintén a nem lineáris földfelszíni paraméterekkel való kapcsolat lineárisra tételére fejlesztették ki (Roujean és Breon, 1995). Képlete:

$$(p_{kiv} - p_v) / (p_{kiv} + p_v)^{0.5}$$

Módosított Egyszerű Viszonyszám (Modified Simple Ratio, MSR)

Az MSR-t több kétszatos vegetációs index vizsgálata után számították ki, célja a RDVI megbízhatóságának növelése azáltal, hogy lineárisra teszi a kapcsolatot a viszonzszám és a biofizikai paraméterek közt (Chen, 1996) Képlete:

$$\frac{(p_{kiv}/p_v) - 1}{(p_{kiv}/p_v)^{0.5} + 1}$$

Módosított Normalizált Vegetációs Index (Modified Normalized Difference Vegetation Index, MNDVI)

Tovább csökkenti az atmoszféra, valamint a talaj zavaró hatását azáltal, hogy talajkorrekciós, valamint a légköri ellenállási elméleteket egy visszacsatolás alapú egyenletben egyesíti (Liu és Huete, 1995). Képlete:

$$\frac{NDVI * (1 + C_2 * H_2)}{1 + C_1 * H_1},$$

ahol H_1 és H_2 a kék, vörös és közeli infra csatornák reflektanciájának, valamint a légköri, borítottági és vegetációs visszacsatolási koeficiens függvényei; C_1 és C_2 súlyozott konstansok.

Talajjal és Légkörrel Korrigált Vegetációs Index 2 (Soil and Atmospherically Resistant Vegetation Index, SARVI2)

Az MNDVI egyszerűsítése, az NDVI tagok eltávolításával (Huete et al., 1997). Képlete:

$$\frac{2,5(p_{kiv} - p_v)}{(1 + p_{kiv} + 6p_v - 7,5/p_k)}$$

Talaj Nedvességi Index (Soil Wetness Index, SWI)

Mucsi (1994) Szeged környéki területek talajainak szárazságát vizsgálta, többek közt a Talaj Nedvességi Index (Soil Wetness Index, SWI) használatával. Ez az index a talajok nedvességtartalmáról ad tájékoztatást, és szoros összefüggésben áll az NDVI index-szel (Banninger, 1986; Crist, 1983). Képlete a következő:

$$0,3406(TM4) - 0,7112(TM5) - 0,4572(TM7),$$

ahol a $TM4$, 5 és 7 a LandSat TM szenzor megfelelő csatornái.

2. A MODIS érzékelő

A MODIS érzékelő $\pm 55^\circ$ -ban tapogat le, 36 csatornán, melyekből az első 19, és 26. a látható, és a közeli infravörös tartományba esik, a 0,4 és 3 μ m közötti tartományba, míg többi csatorna a termális infravörös (3 és 15 μ m közt) tartományba esik (Esaias et al., 1998). A MODIS felvételeket többek

közt felhasználják: földhasználati kategóriák mérésére és LAI (Levélfelület Index) becslésére (Cohen et al., 2003); rövidhullám infravörös vízstressz index (shortwave infrared water stress index, SIWSI) számítására (Fensholt és Sandholt, 2003); hófödte területek nagyságának mérésére (Zhou et al., 2005); sáskarajok követésére (Ji et al., 2004); a sarki jégsapkák állapotértékelésére és jéghegyek követésére (Pavelsky és Smith, 2004); vízminőségi indikátorok mérésére (Hu et al., 2004); szántóföldi területek vízpára és szén-dioxid körforgalmának mérésére (Houborg és Soegaard, 2004); regionális és városi levegőtisztaság mérésére (Engel-Cox et al., 2004).

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Tanszékünkön megvizsgáltuk a hiperspektrális MODIS műholdas felvételek használhatóságát. A felvételek több igen előnyös tulajdonsággal rendelkeznek. A műhold visszatérési ideje 1 nap, így az év valamennyi napján készül felvétel, ami alkalmassá teszi a felvételeket idősoros elemzések elvégzésére, noha ezt a gyakori felhőborítás nehezítheti. Hazánkról jellemzően a délelőtti órákban (9:00-11:30) készül felvétel. Nagy előnyük a felvételeknek, hogy a GES DAAC honlapról (<http://daac.gsfc.nasa.gov/data/>) ingyenesen letölthetők ftp-n keresztül. A 36 csatorna számos elemzésre ad lehetőséget, amit viszont korlátoz az a tény, hogy a felvételek térbeli felbontása a többi elterjedt erőforrás-figyelő műhoddal (LandSat, SPOT, JERS-1) ellentétben alacsony (250 méter az 1.-2., 500 méter a 2.-7. és 1000 méter a 8.-36. csatornában), így főleg regionális elemzésekre alkalmas.

A MODIS felvételek EOV vetületbe való illesztése után előállítottuk a Bihari-sík NDVI indexét 2002. áprilisa és októbere közt, minden hónapból 1 időpontot vizsgálva. Ehhez az 1. MODIS csatornát alkalmazzuk, mely a vörös tartományba esik, valamint a 2., mely a közeli infravörösbe. Mivel e két csatorna különböző felbontásban is elérhető (250 m, ill. 500 m és 1 km), megvizsgáltuk, hogy mekkora eltérést okoz az index alakulásában a felbontások közti különbség. Az index alakulása alapján kiválasztottunk 4 osztályközt, és az összes felvételt ebbe a 4 osztályközbe átosztályoztuk. Az 1 km*1 km felbontású felvételek az 1. ábrán láthatóak, a 4 osztályközzel együtt. Jól megfigyelhető az április eleji időszak relatíve alacsony borítottsága, ellentétben a májusi közepi időszak sűrű borításával. A június-júliusi felvételek mutatják, hogy a Bihari-sík nyugati részén a búza és a legelők dominálnak, míg a keleti felén a tavaszi vetésű kapások (kukorica, napraforgó). A 250*250 méter felbontású felvételek 16-szor részlet információt szolgáltatnak ugyanarról a területről. A 2. ábrán ezek a felvételek láthatóak. Ezek megerősítik az 1 km-es felvételekből levont következtetéseket, sokkal nagyobb részletességgel ábrázolva azokat.

1. ábra: NDVI index alakulása a Bihari-síkon 2002. áprilisa és októbere közt (1 km*1 km pixelméret)

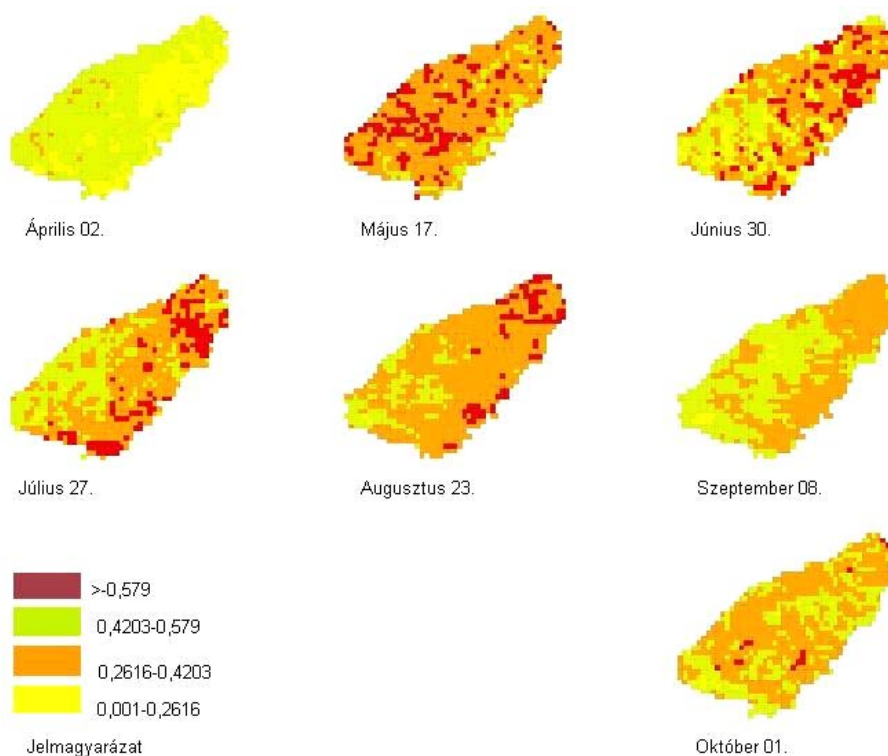


Figure 1: NDVI index in the Bihar Plain between April and October, 2002 (pixel size 1 km*1 km)

2. ábra: NDVI index alakulása a Bihari-síkon 2002. áprilisa és októbere közt (250 m*250 m pixelméret)

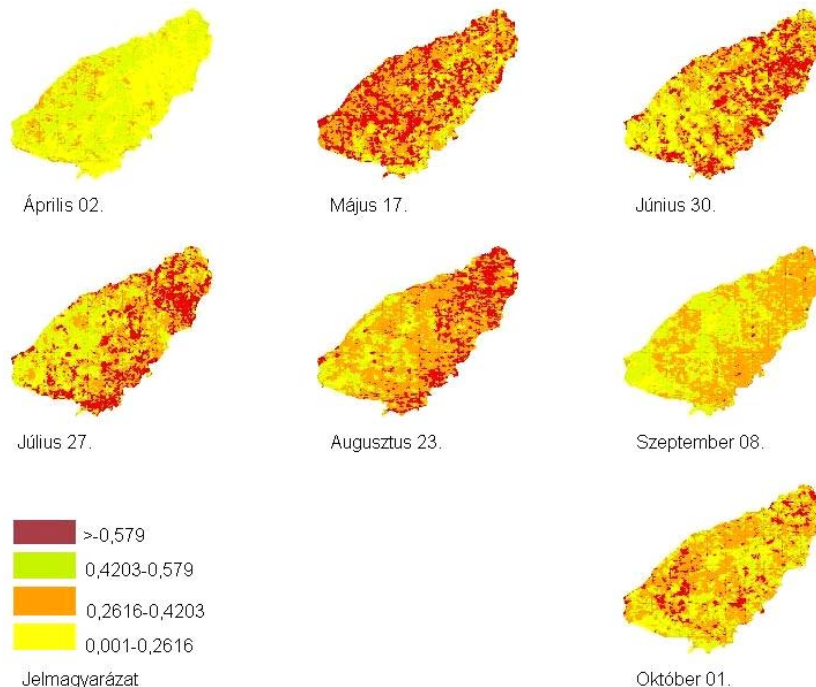


Figure 2: NDVI index in the Bihar Plain between April and October, 2002 (pixel size 250 m*250 m)

A 1. és 2. táblázat a két felbontás mellett mutatja a pixelek eloszlását az osztályok közt. A 3. táblázat pedig százalékos formában ábrázolja azt, hogy mekkora mértékben változott százalékosan a különböző osztályközökbe eső pixelek száma az 1 kilométeres felbontás esetén, a 250 métereshez

képest. A különböző pixelszámok a maszkolási algoritmusból erednek, mértéke az 1 százalékot se haladja meg, így az adatok összehasonlíthatóak. A 3. táblázat adatai rámutatnak, hogy a legtöbb osztályköz esetében az eltérés 10 százalék alatt marad.

1. táblázat

A 250 méteres felbontású felvételek osztályközeinek eloszlása

Osztályköz(1)	0,001-0,2616	0,2616-0,4203	0,4203-0,579	>0,579	Összes pixelszám(2)	Százalékos eloszlás osztályközönként(3)			
Április	4877	8070	1171	0	14118	34,5	57,2	8,3	0,0
Május	363	2702	6502	4587	14154	2,6	19,1	45,9	32,4
Június	1734	3700	5246	3451	14131	12,3	26,2	37,1	24,4
Július	713	4849	5238	3325	14125	5,0	34,3	37,1	23,5
Augusztus	376	2986	7975	2755	14092	2,7	21,2	56,6	19,6
Szeptember	820	6460	6798	459	14137	5,6	44,4	46,8	3,2
Október	1266	4865	6664	1313	14108	9,0	34,5	47,2	9,3

Table 1: Dispersion of the classes at the resolution of 250 m
Class(1), Total number of pixels(2), Pixel dispersion in classes, percentage(3)

2. táblázat

A 1 kilométeres felbontású felvételek osztályközeinek eloszlása

Osztályköz(1)	0,001-0,2616	0,2616-0,4203	0,4203-0,579	>0,579	Összes pixelszám(2)	Százalékos eloszlás osztályközönként(3)			
Április	246	616	18	0	880	28,0	70,0	2,0	0,0
Május	0	105	603	170	878	0,0	12,0	68,7	19,4
Június	80	238	425	143	886	9,0	26,9	48,0	16,1
Július	6	272	471	140	889	0,7	30,6	53,0	15,7
Augusztus	2	140	660	85	887	0,2	15,8	74,4	9,6
Szeptember	14	433	440	0	887	1,6	48,8	49,6	0,0
Október	17	313	545	15	890	1,9	35,2	61,2	1,7

Table 2: Dispersion of the classes at 1 kilometer resolution
Class(1), Total number of pixels(2), Pixel dispersion in classes, percentage(3)

3. táblázat

Az 1 kilométeres és a 250 méteres felbontású felvételek pixeleloszlásának különbségei

Osztályköz(1)	0,001-0,2616	0,2616-0,4203	0,4203-0,579	>0,579
Április	6,6	-12,8	6,2	0,0
Május	2,6	7,1	-22,7	13,0
Június	3,2	-0,7	-10,8	8,3
Július	4,4	3,7	-15,9	7,8
Augusztus	2,4	5,4	-17,8	10,0
Szeptember	4,1	-4,4	-2,8	3,2
Október	7,1	-0,7	-14,0	7,6

Table 3: The differences of pixel dispersion in the classes at 1 kilometer resolution, according to 250 meter
Class(1)

Kivétel ez alól a 0,4203-0,579 közti osztályköz. Ebből az osztályközből „megy át” a legtöbb pixel a szomszédos osztályokba. eltérő tartományú osztályközök (és esetleg nagyobb számú) esetén valószínűleg itt alacsonyabb lenne a változás százalékos mértéke. Bár a relatív alacsony értékek elsőre ellentmondásban vannak a két felbontás közti méretaránytal (16-szoros különbség), a magyarázat egyszerű: az egy kilométeres felvételek 1. és 2. csatornájának pixelértékeit a 250 méteres felvételek értékeiből aggregálják. Összefoglalásként kijelenthetjük, hogy az 1 kilométeres felvételek NDVI index értékeinek eltérése a 250 métereséhez képest alacsony, így a legtöbb esetben érdemben nem befolyásolja egy adott kutatás eredményeit.

Természetesen bizonyos felhasználás során ragaszkodni kell a 250 méteres felbontás adta nagyobb adatsűrűséghez.

MSG-1 műhold

Tanszékünk a 2005. év első negyedévében fel fog állítani egy vevőállomást, amely a MeteoSat-8 időjárás-előrejelző műhold (MSG-1) által sugárzott jeleket fogja venni és feldolgozni. Ez a geostacionárius pályán mozgó műhold 15 percenként készít felvételeket, 12 csatornán. A csatornakiosztást a 4. táblázat szemlélteti. A műhold 4 csatornája a látható tartományba esik, ezek felbontása pixelenként 1 kilométer, míg a többi nyolc csatorna a közeli infra és infra tartományba esik, felbontásuk 3 kilométer. A vevőrendszer kiépítése után megkezdjük a felvételek rögzítését és kiértékelését, így ezek hasznos háttér-információkat fognak szolgáltatni a tanszék, az egyetem, vagy akár az egész régió számára.

4. táblázat

A MSG-1 műhold csatornakiosztása

Csatorna(1)	Hullámhossz(2)	Csatorna(1)	Hullámhossz(2)
1	560-710 nm	7	8300-9100 nm
2	740-880 nm	8	9380-9940 nm
3	1500-1780 nm	9	9800-11800 nm
4	3480-7360 nm	10	11000-13000 nm
5	5350-7150 nm	11	12400-14400 nm
6	6850-7850 nm	12	400-1100 nm

Table 4: Bands and wavelengths of the MSG-1 satellite
Band(1), Wavelength(2)

ÖSSZEGRZÉS

Az agrár-környezetvédelemmel kapcsolatos feladatok elvégzése során óriási segítséget nyújtanak a különböző térinformatikai rendszerek, valamint a távérzékeléssel nyert raszter alapú adatok. Ezek kiértékelése segít megérteni a környezetben lezajló folyamatokat, mind térben (földfelszín, víz, levegő), mind időben. Ehhez gyakran különböző indexeket állítanak fel, melyek földi mérésekkel kalibrált

távérzékelte felvételek adatain alapulnak. A MODIS szenzor által készített felvételek 36 csatornája, könnyű és költséghatékony elérhetősége, és 1 napos visszatérési ideje számos területen nyújt lehetőséget a különböző természeti jelenségek, folyamatok elemzéséhez, monitoringjához, míg a MSG-1 műhold az időjárás jelenségek megfigyelését és kiértékelését teszi lehetővé. A kutatást az OTKA T043179. és T047366. számú pályázata támogatta.

IRODALOM

- Banninger, C. (1986): Relationship between soil and leaf meta lcontent and Landsat MSS and TM acquired canopy reflectance data. Symposium on Remote Sensing for Res, Development and Environmental Management, Enschede, 195-200.
- Baret, F.-Guyot, G. (1991): Potentials and limits of vegetation indices of LAI and APAR assessment. Remote Sensing of Environment, 35. 161-173.
- Baret, F.-Guyot, G.-Major, D. (1989): TSAVI: a vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI or APAR estimating. Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'89)/12th Canadian Symposium on Remote Sensing, July 10-14, 1989, Vancouver, BC: 1355-58.
- Bíró, T.-Tamás, J. (2003): GIS Based Water Quality Model of the Berettyó River. ECO-GEOWATER EuroWorkshop „GIS and Water Use Management”, March 18-22, 2003, Genova, Italy, 35.
- Burai P.-Pechmann I. (2003): Különbözö spektrális felbontású távérzékelte adatforrások alkalmazási lehetőségei az agrár-környezetvédelemben. Agrártudományi Közlemények, Acta Agraria Debreceniensis, Debreceni Egyetem, Debrecen
- Brüttner, Gy.-Csornai, G. (1989): Comparative study of crop and soil mapping using multitemporal and multispectral SPOT and Landsat Thematic Mapper data. Remote Sensing of Environ, 29. 241-249.
- Chen, J. M. (1996): Evaluation of vegetation indices and a modified simple ratio for boreal applications. Canadian Journal of Remote Sensing, 22. 229-242.
- Cihlar, J.-St-Laurent, L.-Dyer, J. A. (1991): Relation between the normalized difference vegetation index and ecological variables. Remote sensing of Environment, 35. 279-298.
- Clevers, J. G. (1988): The derivation of simplified reflectance model for the estimation of leaf area index. Remote Sensing of Environment, 35. 53-70.
- Cohen, B. W.-Maiersperger, K. T.-Yang, Z.-Gower, T. S.-Turner, P. D.-Ritts, D. W.-Berterreche, M.-Runnung, W. S. (2003): Comparisons of land cover and LAI estimates from ETM+ and MODIS for four sites in North America: a quality assessment of 2000/2001 provisional MODIS products. Remote sensing of Environment, 88. 233-255.
- Crist, E. P. (1983): The Thematic Mapper Tasselled Cap – A preliminary formulation. Poroceedings of the 9th International Symposium of Machine processing remotely sensed data, Pardue University, W. Lafayette, Ind. 357-363.
- Csató É. (2000): Műholdadatokat térképészeti alkalmazása. Ph.D. értekezés, ELTE, Budapest
- Csornai G.-Dalia O. (1991): Távérzékelés. Főiskolai jegyzet, Erdészeti és Faipari Egyetem Földmérési és Földrendezői Főiskolai Kar, Székesfehérvár
- Engel-Cox, J. A.-Holloman, C. H.-Coutant, B. W.-Hoff, R. M. (2004): Qualitative and quantitative evaluation of MODIS satellite sensor data for regional and urban scale air quality. Atmospheric Environment, 38. 2495-2509.
- Esaias, W. E.-Abbott, M. R.-Barton, I.-Brown, O. W.-Campbell, J. W.-Carder, K. L.-Clark, D. K.-Evans, R. L.-Hoge, F. E.-Gordon, H. R.-Mégier, J. (1998): Imaging Spectrometry – A Tool for Environmental Observations. ECSC, EEC, EAEC, 71-87.
- Fensholt, R.-Sandholt, I. (2003): Derivation of a shortwave infrared water stress index from MODIS near- and shortwave infrared data in asemiarid environm ent. Remote Sensing of Environment, 87. 111-121.
- Goel, N. S.-Qin, W. (1994): Influences of canopy architecture on relationships between various vegetation indices and LAI and FPAR: a computer simulation. Remote Sensing Reviews, 10. 309-347.
- Goward, S. N.-Haemmrich, K. F.-Waring, R. H. (1994): Visible-near infrared spectral reflectance of landscape components in western Oregon. Remote Sensing of Environment, 47. 190-203.
- Houborg, M. R.-Soegaard, H. (2004): Regional simulation of ecosystem CO₂ and water vapor exchange for agricultural land using NOAA AVHRR and Terra MODIS satellite data. Application to Zealand, Denmark Remote Sensing of Environment, 93. 150-167.
- Hu, C.-Chen, Z.-Clayten, D. T.-Swarzenski, P.-Brock, C. D.-Muller-Karger, E. F. (2004): Assessment of estuarine water-quality indicators using MODIS medium-resolution bands: Initial results from Tampa Bay, FL Remote Sensing of Environment, 93. 423-441.
- Huete, A. R. (1988): A soil adjusted vegetation index (SAVI). International Journal of Remote Sensing, 9. 295-309.
- Huete, A. R.-Liu, H. Q.-Batchily, K.-Van Leeuwen, W. (1997): A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. Remote Sensing of Environment, 59. 440-451.
- Huete, A. R.-Tucker, C. J. (1991): Investigation of soil influences in AVHRR red and near infrared vegetation index imagery. International Journal of Remote Sensing, 12. 1223-1242.
- Ji, R. B.-Xie, Y. D.-Li, M.-Li, Z.-Zhang, X. (2004): Use of MODIS data to monitor the oriental migratory locust plague Agriculture. Ecosystems & Environment, 104. 615-620.
- Kardeván P.-Fügedi U.-Stefan S.-Tamás J.-Gruiz K.-Thomas K.-Jordán Gy.-Róth L.-Hargitai H.-Zelenka T. (2003): Légi hiperspektális távérzékelési módszerek alkalmazása korábbi bányászati tevékenységek környezeti felmérésében. In: Proc. Lippay-Ormos-Vas Tudományos Ülés, Szent István Egyetem, Budapest, Budai Karok, 2003. november 6-7.

- Kaufmann, Y. J.-Tanré, D. (1992): Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30. 261-270.
- Kertész, Á.-Márkus, B.-Tózsá, I. (1997): Land Use Change Analysis by GIS. In: *Land Use and Soil Management* (Edited by Filep, Gy.), Debrecen, 265-283.
- Kramer, H. J. (1994): Observation of the Earth and its Environment, Survey of mission and sensors. *Soringler-Verlag, Berlin*, 563.
- Lambin, E. F.-Ehrlich, D. (1995): Combining vegetation indices and surface temperature for land-cover mapping at broad spatial scales. *International Journal of Remote Sensing*, 16. 573-579.
- Liu, H. Q.-Huete, A. R. (1995): A feedback based modification of NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33. 457-465.
- Major, D. J.-Baret, F.-Guyot, G. (1990): A ratio vegetation index adjusted for soil brightness. *International Journal of Remote Sensing*, 11. 727-740.
- Martinovich, L.-Winkler, P.-Iván, Gy.-Doroszlai, T.-Kiss, M. (2003): GIS support for the vineyard register of the Hungarian Ministry of Agriculture and Rural Development. In *Proc. EFITA Conference, Debrecen*, 401-407.
- Micheli, E.-Stefánovits, P.-Fenyvesi, L. (1989): Infrared reflectance of artificially prepared organo-mineral complexes. *Int. Agrophys. E.* 99-105.
- Mucsi, L. (1994): Soil erosion and sand movement in the southern part of Hungary. Remote sensing from research to operational applications in the new Europe. *Proceedings of the 13th EARSeL Symposium, Dundee, Scotland, U.K. 28 June-1 July, 1993*, Szerk.: Vaughan R. Springer Hungarica, Budapest
- Novák B. (2000): Az éghajlatváltozás vízgazdálkodási hatásai. *Vízügyi Közlemények, LXXXII.* 3-4. 419-444.
- Pavelsky, M. T.-Smith, C. L. (2004): Spatial and temporal patterns in Arctic river ice breakup observed with MODIS and AVHRR time series *Remote Sensing of Environment*, 93. 328-338.
- Qi, J.-Chehbouni, A.-Huete, A. R.-Kerr, Y. H. (1994): Modified soil adjusted vegetation index (MSAVI). *Remote Sensing of Environment*, 48. 119-126.
- Qi, J.-Moran, M. S.-Chehbouni, A.-Jackson, R. D. (1993): Interpretation of vegetation indices derived from multi-temporal SPOT images. *Remote Sensing of Environment*, 44. 89-101.
- Richardson, A. J.-Wiegand, C. L. (1977): Distinguishing vegetation from soil-background information. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43. 1541-1542.
- Roujean, J. L.-Breon, F. M. (1995): Estimating PAR absorbed by vegetation from bidirectional reflectance measurements. *Remote Sensing of Environment*, 51. 375-384.
- Rouse, J. W.-Haas, R. H.-Schell, J. A. (1974): Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Editors:*
- Freden, S. C.-Mercanti, E. P.-Becker, M. A. *Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, December 10-14, 1973, NASA SP-351, Washington, D. C.: Goddard Space Flight Center and Washington, D. C.: NASA, Scientific and Technical Information Office, 309-317.*
- Salomonson, V.-Barnes, W.-Maymon, P.-Montgomery, H.-Ostrow, H. (1989): MODIS: advanced facility instrument for studies of the Earth as a system. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 27. 2. 145-153.
- Sellers, P. Jp.-Berry, J. A.-Collatz, G. J.-Field, C. B.-Hall, F. G. (1992): Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. III. A re-analysis using improved leaf models and a new canopy integration scheme. *Remote Sensing of Environment*, 42. 1-30.
- Szász G. (1988): A mezőgazdasági távérzékelés jelentősége az agrometeorológiában. *Időjárás*, 91. 2-3. 88-103.
- Takács P.-Tamás J.-Lénárd Cs. (2003): Virtuális talajinformációs rendszer kialakítása a Bihari-sík és a Tedej Rt. területén. *Agrártudományi Közlemények, Acta Agraria Debreceniensis, Debreceni Egyetem, Debrecen*, 185-189.
- Takács, P.-Tamás, J.-Juhász, Cs. (2004): Application of dynamic data exchange in regional water management *Proceedings of the III: Alps-Adria Scientific Workshop, AKAPRINT, Budapest*
- Tamás J. (2005): *Környezetinformatika az agrár-környezetvédelemben. Szaktudás Kiadó, Budapest*
- Tóth, T.-Csillag, F.-Biehl, L. L.-Micheli, E. (1991): Characterisation of semi-vegetated salt affected soils by means of field remote sensing. *Remote Sensing Environment*, 37. 167-180.
- Treitz, M. P.-Howarth, J. P. (1999): Hyperspectral remote sensing for estimating biophysical parameters of forest ecosystems. In. *Progress In Physical Geography. Arnold, London*, 23. 3. 359-390.
- Tucker, C. J. (1979): Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8. 127-150.
- Wiegand, C. L.-Richardson, A. J.-Escobar, D. E.-Gerbermann, A. H. (1991): Vegetation indices in crop assessment. *Remote Sensing of Environment*, 35. 105-119.
- Yoder, B. J.-Waring, R. H. (1994): The normalized difference vegetation index of small douglas-fir canopies with varying chlorophyll concentrations. *Remote Sensing of Environment*, 49. 81-91.
- Zhou, X.-Xie, H.-Hendrickx, J. M. H. (2005): Statistical evaluation of remotely sensed snow-cover products with constraints from streamflow and SNOTEL measurements. *Remote Sensing of Environment*, 214-231.
- Zilinyi V. (1995): Természetes felszínek spektrális reflektációs tulajdonságai és hasznosításuk az optikai távérzékelés interpretációjában. *Doktori értekezés, Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen*