



Spektrális indexek szerepe a tájváltozás, táji érzékenység megfigyelésében

Ladányi Zsuzsanna, Kovács Ferenc

1. Bevezetés

A földrajzi információs rendszerek adta lehetőségekkel a térbeli információnyerés jelentősen felgyorsult, hatékonysága meghaladja a hagyományos módszerekkel történő térképi értékeléseket. Léptéke lehetőséget ad lokális, regionális és globális vizsgálatokra is, valamint segítségükkel olyan területek is megfigyelhetők, amelyeket hagyományos vizsgálati módszerekkel veszélyességük vagy megközelíthetlenségük miatt tanulmányozni nem lehetett. A távérzékelési adatok alapján elvégzett tér- és időbeli elemzésekkel különböző jelenségekre, körülményekre, összefüggésekre, trendekre vonatkozó kérdéseinkre kaphatunk választ (1. táblázat).

1. táblázat. A tájváltozás térinformatikai vizsgálatainak lehetőségei
(Kennedy et al. 2009)

Vizsgált tulajdonságok, indikátorok	A vizsgált folyamat, veszély
A vonatkozó felszínborítási kategória feltjainak méretének (kiterjedésének) és alakjának vizsgálata	Növények terjeszkedése, gap-ek betöltése, erózió
A keskeny, vonalas elemek jellegének, szélességének változása	Utak/útvonalak forgalmának hatása, árvíz események a folyó menti vegetációra, a szárazföldi és a partvidéki vízi vegetáció dinamikája
A felszínfedettség illetve a fajösszetétel lassú változása	Szukcesszió, versengés, eutrofizáció, idegenhonos növényekkel való betelepülés
Hirtelen változások a felszínborításban	Zavarás, humán térhódítás, táj-menedzsment
Egyes felszínborítási típusok állapotában történő lassú változások	Klímával kapcsolatos változások a vegetáció produktivitásában, a rovarok vagy más betegségek miatti erdőpusztulások lassú folyamata, változások a vízháztartásban
A szezonális folyamatok ütemezésében és kiterjedésében történő változások	Hóborítás dinamikája, vegetációs fenológia

A tájkutatásban a '90-es évek óta egyre nagyobb szerepet játszó nagyfelbontású-, erőforrás megfigyelő-, és hiperspektrális műholdfelvételek folyamatosan fejlődő idő- és térbeli felbontása hozzájárul a kiértékelések pontosságának és időbeli kiterjeszhetőségének javulásához. Az adatok alkalmazhatóságát fokozza a lehetőség, hogy az egyébként költséges felvételek jelentős hányada nyílt adatbázisokból ingyenesen elérhető (2. táblázat).

2. Spektrális indexek és alkalmazásaik a táji környezet értékelésében

Az 1970-es években a felszín spektrális tulajdonságai alapján kezdtek kifejleszteni radiometriai mérőszámokat (indexeket) azzal a céllal, hogy minél pontosabb kvantitatív kapcsolat jöjjön létre a távérzékelési értékek és a valóság között. Az egyik ilyen index csoport a vegetációs indexek, melyek a látható fény (általában a vörös) és az infravörös (általában a közeli infravörös) hullámhossztartomány között mérhető, a növényzet klorofilltartalmán és levélszerkezetén alapuló kontrasztos reflektancia-különbségre építenek. Mivel egy vegetációs index arányos az olyan biofizikai paraméterek mérhető értékeivel, mint a LAI^* , GVF^* , NPP^* , $APAR^*$, így általánosan használhatóak a vegetáció mennyiségének és minőségének vizsgálatára (Ji és Peters, 2006). Egy ideális vegetációs indexnek rendkívül érzékenynek kell lennie a biofizikai paraméterekre, ellentétben a különböző forrásokból keletkező képi zajokkal, mint a légkör, a talaj stb. Bevezetésüknél fő cél volt a globális és regionális vizsgálatokat megalapozó, hosszú időtartamú stabil adatsorok kialakítása. Ezt a feladatot sikeresen teljesítették is, hiszen valamennyi régi (AVHRR, LANDSAT, SPOT) és új szenzor (pl. MODIS, IKONOS) felvételei bevonhatók a vizsgálatokba.

Az elmúlt közel 40 évben számos vegetációs indexet dolgoztak ki, melyek általában két-három spektrális csatorna alapján számíthatók. A legismertebbek ezek közül az egyszerű viszonyszám SR (Jordan 1969), a normalizált vegetációs index (NDVI) (Rouse et al. 1974), a talajjal korrigált vegetációs index (SAVI) (Huete 1988), transzformált SAVI (TSAVI) (Baret és Guyot 1991), a légkörrel korrigált vegetációs index (ARVI) (Kaufman és Tanré 1992), a talajjal és légkörrel korrigált vegetációs index (SARVI) (Kaufmann és Tanré 1992), a módosított SAVI (MSAVI) (Qi et al. 1994), javított/bővített vegetációs index (EVI) (Huete et al. 1994), optimalizált SAVI (OSAVI) (Rondeaux et al. 1996), módosított normalizált vegetációs index (MNDVI) (Liu és Huete 1995), a generalizált SAVI (GESAVI) (Gilbert et

* Leaf Area Index (LAI), Green Vegetation factor (GVF), Net Primary Productivity (NPP), Absorbed Photosynthetically Active Radiation (APAR).

al. 2002), módosított nem lineáris vegetációs index (MNLI) (Gong et al. 2003), linearizált vegetációs index (LVI) (Ünsalan és Boyer 2004). Sajátos a TM, ETM+ szenzorokra kifejlesztett Tasseled Cap kompozitindex (Kauth és Thomas 1976), mely hat hullámhossz-tartomány értékeinek súlyozásával számol. Eredményei közül számunkra itt a növényzet mennyiségét leíró második réteg (greenness) érdekes.

A felsorolt lehetőségeket tovább gyarapítják azok az összetett alkalmazások, melyek egy meglévő index idősorára alapuló statisztikai elemzést tesznek lehetővé (pl. relatív NDVI érték elemzések).

A másik tájváltozás-vizsgálatokban alkalmazott indexcsoport a nedvességi indexek, melyek segítségével víztartalomra, vízborításra vonatkozó információkat nyerhetünk a környezetre vonatkozóan. Ezek közül fontosabbak a talaj-nedvességi index (SWI) (Basist et al. 1998), topográfiai nedvességi index (TWI) (Beven and Kirkby 1979) a már említett tasseled cap index harmadik rétege a nedvességi index (TCW), a normalizált nedvességekülönbség index (NDMI) (Hardisky et al. 1989), talajnedvesség változatosság index (SWVI) (Lacava et al. 2005), a növényi vízstressz index (CWSI) (Jackson 1982), Water Mask index (Dobson é.n.).

2. táblázat. A táji vizsgálatokhoz használt leggyakoribb multispektrális adatforrások (*Ingyenes adatbázisok)

	Rendszer	Geometriai felbontás
Kis-felbontás	*MODIS	1000–500–250m
	*NOAA AVHRR	1100 m
	*SPOT 4/5 VGT	1000 m
Közepes felbontás	*Landsat TM (ETM)	30–120m (15–30–60m)
	IRS LISS	23
Nagy felbontás	SPOT	5–10–20m
	Ikonos	4m
	QuickBird	2,44 m
	Orbview–3	4 m

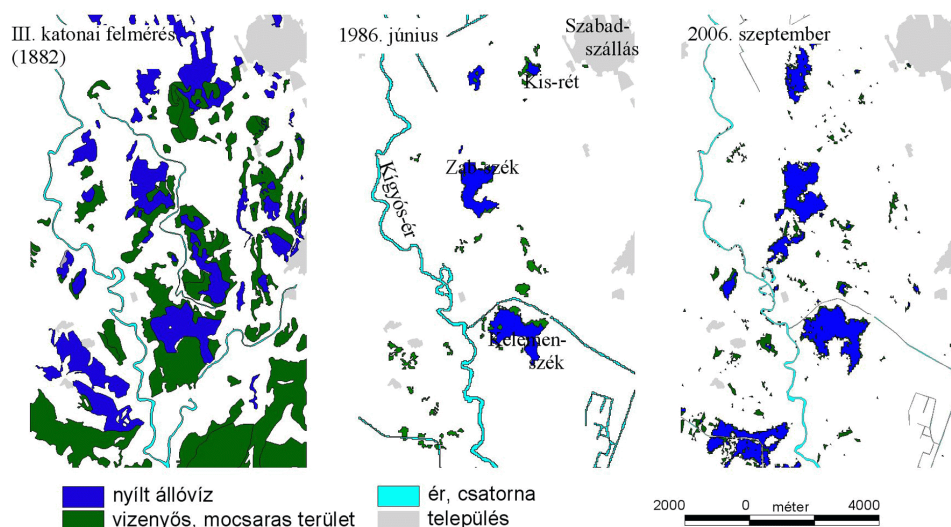
Sokrétű alkalmazásaik szerte a világon a terménybecsléstől kezdve a közegészségügyi- és tájdegradációs vizsgálatokon át a bio- és geokémiai modellekig sorolhatók. Magyarországon is egyre inkább szaporodnak a multi- és hiperspektrális távérzékelés nyújtotta lehetőségeket kihasználó kutatások: például a szikes talajok tekintetében (Tóth et al. 1991, Burai és Tamás 2005), invazív növények terjedésének vizsgálatában (Kardeván et al. 2005), táji vizsgálatokban (Kovács et al. 2004, Krisztof 2005., Molnár et al. 2007, Szatmári 2006, Kovács 2009a), vízminőség vizsgálatában (Sváb 2009) területhasználat és beépítettség térképezésében (Kovács 2009b), az erdészeti alkalmazások tekintetében (Márkus et al. 2000), mezőgazdasági

vonatkozásokban (Csornai 2001, Martinovich et al. 2003, Bognár 2004, Tamás 2009), különböző károk felmérésének tekintetében (Csóka és Nádor 2006, Nagy és Tamás 2008) városi területek vizsgálatában (Gábor et al. 2006., Mucsi et al. 2008). A műholdas távérzékelés elméleti alapjai, alkalmazásai, tájváltozás vizsgálatokban használható adatforrásai az egyetemi oktatásban is megtalálhatók (Czímber 2001, Mucsi 2004).

Jelen tanulmányunkban a klímaváltozás földrajzi hatásait vizsgáló, Duna-Tisza közí vizsgálataink eredményeit mutatjuk be. A Duna-Tisza közén zajló folyamatok tanulmányozásának kiemelt fontosságát a megfigyelt jelentős talajvízszint-süllyedés és csapadékcsökkenés is indokolják. Spektrális indexek segítségével végzett kutatásaink a szárazodási folyamatok következményeképpen fellépő táji érzékenységet, táji változásokat értékelik.

3. Vizes élőhelyek, vizenyős területek monitorozása

Számos értékes vizes élőhely esett át jelentős változásokon az elmúlt évtizedekben a Duna-Tisza közén. Ennek bizonyítására hosszabb időtartamú, LANDSAT TM (ETM+) műholdkép alapú adatsoron vizsgáltuk meg Duna-menti szikes tavak kiterjedésének változását, változékonyságát (1. ábra). A vizes élőhelyeket az NDVI, TCW és WaterMask indexeredmények összetett lekérdezésével határoltuk le. A vizes, vizenyős és száraz területek térbeli-időbeli elkülönítésével határoztuk meg a szárazodás mértékét.



1. ábra. Vizes területek csökkenése és az ökológiai hálózat változása.

Az ábrázolt mintaterület 40 %-a bizonyult veszélyeztetettnak az aridifikáció által. A mintaterületen belüli szigorúan védett részen az egykori vizes területek több, mint 80 %-a kiszáradt, illetve szárad.

4. Tájváltozás, a vegetáció veszélyeztetettsége

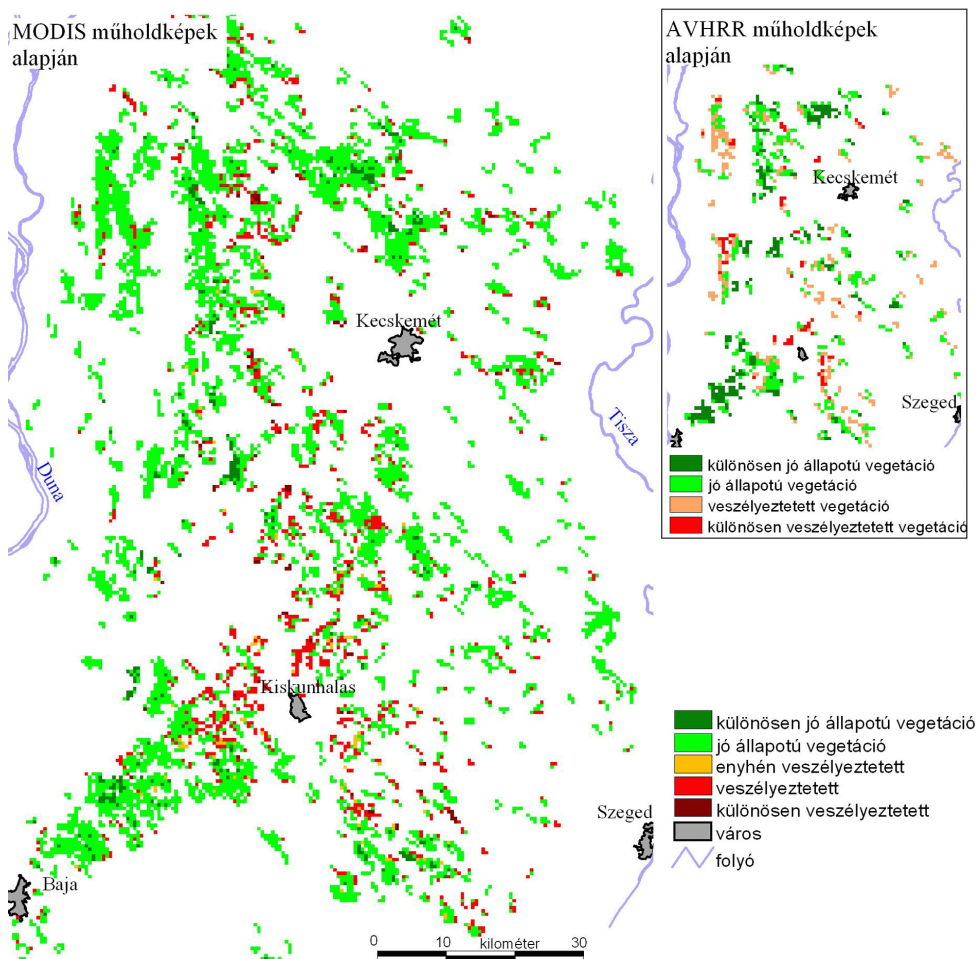
A vegetációs indexek hosszú időfelbontású adatai lehetőséget nyújtanak a vegetációban bekövetkezett változások monitorozására, mely változás-vizsgálatok általában a természetes dinamikára irányulnak. Kérdésként merülhet fel, hogy felismerhető-e trend-jellegű változás egy-két évtizedes adatsorok alapján. Kutatásunkban AVHRR és MODIS felvételek 15 éves NDVI vegetációs index adatsora alapján Duna-Tisza közí erdők és gyepek veszélyeztetettségét értékeltük. Arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a több mint egy évtized alatt milyen változások ismerhetők fel a biogén tényező jellemzőiben és van-e összefüggés az eltérésekben?

Adatsorunk szerint a lombos erdő kivételével az NDVI átlagok 2003-ig trend jellegű csökkenést mutatnak. A fásszárú vegetáció ilyen rövid időtartamon belüli 10–15 %-os változása több veszélyt is hordoz magában. Az egyes hónapokat tekintve 2003-ig áprilisban, júliusban, szeptemberben egyre kisebb érték figyelhető meg. A fásszárúaknál ősszel 2-szer, 3-szor nagyobb a csökkenés üteme, mint áprilisban, júliusban. Július hónap jelentős csökkenésének fontosságát növeli, hogy az erdőknél ekkor jellemző a legtöbb biomassza. A kevés biomasszát mutató területek növekedése kezdetben, júliusban és szeptemberben, majd az ezredforduló után már augusztusban is jellemző.

Az összesített térbeli elemzés szerint 1992–2001 között a Duna-Tisza köze területének 1/3-án a vegetáció veszélyeztetett (2. ábra). Az erdők területének mintegy 1/4-e érzékeny a változásokra. Elsősorban a Fülöpházi- és Tázlári-homokbuckák és a Pírtói erdőssztyepp védett területeken van szükség hatékony kezelési tervekre. Pozitív változásokat a Kiskunság vegyes- és lombos-erdeinél, Bácska erdőinél találunk. A 2001-től kezdődő adatsor szerint az erdők területének 1/5-e viszonyul kedvezőtlenül a változásra. E veszélyeztetett erdők több, mint a fele vegyes erdő, 1/4-e lombos erdő. A vegyes- és fenyőerdők elsősorban a déli és középső területeken, a lombos erdők az északi felszíneken rossz minőségűek. A gyp-rét-legelők 14 %-a minősíthető veszélyeztetettnak. A jó és rossz osztályba tartozó növényzet a két különböző műholdképes elemzés szerint térben hasonlóan határolható le.

Az indexértékek különböző szempontú elemzéseit összegezve látható, hogy májust kivéve valamennyi hónapban számolnunk kell a növényzet csökkenő aktivitásával. Az augusztus-szeptemberi időszak például minden tekintetben (változékonyság, átlagérték, eltérések) veszélyeztetett a klímaváltozás által. Különösen aggasztó jelenség, hogy a biomasszatermelés csúcspontját mutató júniusban, júliusban vagy

az átlagtól való eltéréseknél, vagy az index átlagok vizsgálatában figyelhetünk degradációs folyamatokat. Az ilyen kulcsszerepű időszakok kedvezőtlen jellege különös fontossággal bír. Az erdőknek ugyan csak az 1/5-e rossz állapotú, de azok a mintaterület minden pontján megtalálhatók. A vizsgált 14 év alatt csak 1995 és 2004 nevezhető jó éveknak, amikor egy hónapban sem volt jelentős hiány a biomasszázt tekintve.

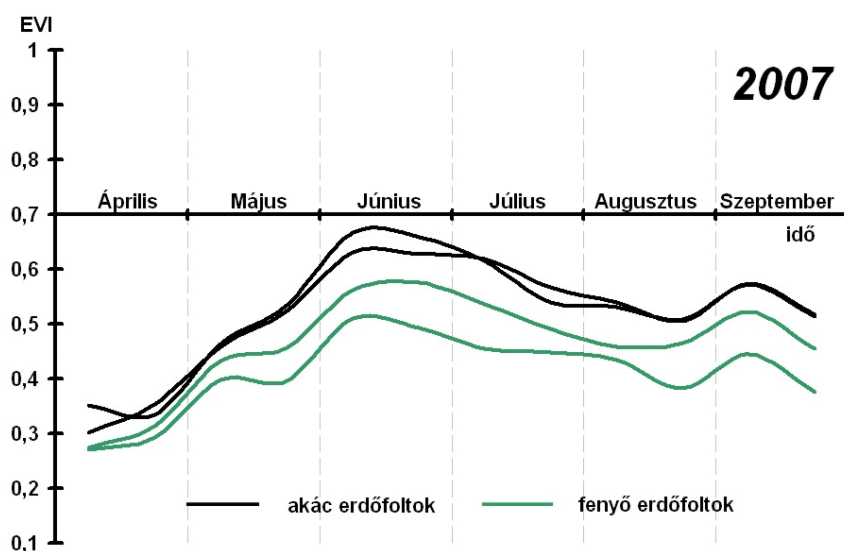


2. ábra. Klímaváltozás szempontjából veszélyeztetett területek lehatárolása az átlagtól való eltérés alapján.

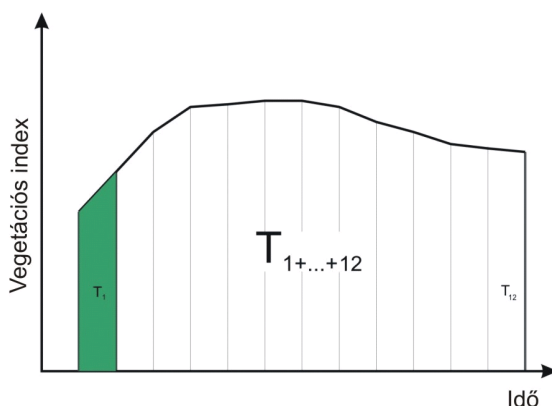
Trendszerű csökkenés érinti a gyp-rét-legelő területek közel felét, ami alól csak egyes védett területek jelentenek kivételt. Terepi megfigyelések szükségesek azokon a mocsárréteken, szikeseken, ahol a vegetációs index értékei kedvezőek, ami a természetes vizek hiányát mutatja.

5. Táji érzékenység

A hosszú időfelbontású adatok nem csak változás-elemzésekre alkalmazhatóak, segítségükkel a tájat befolyásoló tényezők összefüggései, tulajdonságai is vizsgálhatóak. Az igen változatos csapadékeloszlás, valamint a termőhelyi adottságok különbségei ugyanazon vegetációtípus esetében is változatos vegetációs index görbéket (függvényeket) eredményeznek egy vegetációs periódusra (3. ábra). Azért, hogy az ezek által detektált vegetációs aktivitást össze tudjuk hasonlítani, meghatároztuk a vegetációs index értékekből rajzolt görbék alatti területet, ami gyakorlatilag a vizsgált időszakban képződött biomassa mennyiségét mutatja – függetlenül annak időbeli alakulásától (4. ábra). Ez a dimenzió nélküli mérőszám összehasonítást tesz lehetővé a különböző években (más csapadékeloszlás mellett) képződött biomassa értékek között.



3. ábra. EVI vegetációs index átlagértékekből rajzolt vegetációs görbék illancsi fenyő és akác erdőfoltok esetén (2007).



4. ábra. A biomassza-mennyiség számítása egy vegetációs periódusra.

250 m-es, 16 napos kompozit képekből álló MODIS EVI és NDVI adatsorokat (2000–2008) elemeztünk ezzel a módszerrel, összefüggést keresve a növények által „termelt” biomassza és csapadékmennyiség között. Egyik mintaterületünk a homokhátság legmagasabb részén található (illancsi fenyő- és akácerdők), ahol – a klímaváltozásnak tulajdonítható csapadécsökkenésnek illetve antropogén beavatkozásoknak (belvízrendezés, folyószabályozás stb.) köszönhetően – az 1970-es évekhez képest jelentős, 5–7 m-es talajvízszint-süllyedés figyelhető meg. Referenciaként egy olyan területet választottunk (Gemenci erdő), melynek vízellátottságát a közelében lévő folyó jelentősen befolyásolja.

3. táblázat. a csapadék és a vegetációs indexek kapcsolata illancsi fenyő és akácerdők esetén

Erdő típus	Korrelációs koefficiens (r) EVI	Meghatározó időszak (hónap) EVI	Korrelációs koefficiens (r) NDVI	Meghatározó időszak (hónap) NDVI
fenyő	0,80	III–V	0,90	III–V
fenyő	0,73	III–V	0,77	III–VI
akác	0,89	III–VI	0,84	III–VI
akác	0,80	III–VI	0,76	III–VI

Elemzésünkéből kiderül (3. táblázat), hogy a biomassza és a csapadék igen erős kapcsolatban áll a vizsgált illancsi erdők esetében. A kapcsolat szorossága arra utalhat, hogy ezek a fák valóban kis mértékben, vagy egyáltalán nem táplálkozhatnak egyéb más (pl. talajvíz) vízkészletekből. Ezen homoktalajon ültetett erdők számára a tavaszi-nyári eleji csapadék bizonyult a legmeghatározóbb időszaknak, ellentétben például a vizsgált ártéri erdővel (Gemenc), ahol semelyik hónapok csapadékössze-

geivel nem tudtunk szoros korrelációt kimutatni. A vizsgált ártéri erdő tehát csapadék szempontjából (az Illanccsal ellentétben) nem tekinthető környezeti változásokra érzékeny területnek. Mivel a Kárpát-medencei klímaszcenáriók a nyarak melegedését és a csapadék mennyiségének további csökkenését prognosztizálják az elkövetkező évszázadra, a szárazodás fokozódni látszik, így bizonyos területeken az élővilág még jelentősebb alkalmazkodásra kényszerül a jövőben.

6. Összefoglalás, az alkalmazhatóság korlátai

Az irodalmi adatok, illetve a cikkben bemutatott esettanulmányok alapján látható, hogy a spektrális indexek és a térinformatika lehetőségei igen tág területeken alkalmazhatóak. A hagyományos terepi méréseknek különböző speciális előnye lehet, azonban látható, hogy a távérzékelte adatokból származtatható információval, változatosságából adódóan térben és időben is részletes vizsgálatokra adódik lehetőség. Azonban az adat minősége mindig korlátozó tényezőnek bizonyul. A nagy térbeli felbontású adatok drágán hozzáférhetőek, az ingyenesen elérhető kisebb felbontású adatok nagyobb hibákkal terheltek (lásd atmoszféra, talajból adódó különbségek), de segítségükkel a trend jellegű változások és az összefüggések kimutathatóak. A tér- és időbeli elemzések csak a még hosszabb időtartamú monitoring figyelembevételével pontosíthatók, ami különösen igaz a nagy területekre kiterjedő értékelésekben, ahol az index érték alapú eredmények nem validálhatók korlátlanul terepi mérésekkel. A hiányosságokat szem előtt tartva a megelőzést szem előtt tartó döntéshozástámogatás érdekében a rendelkezésre álló adatsor szerint például a valószínűsíthető kritikus felszíneken (különösen az értékes, védett területeken) gyors tervezési intézkedések alkalmazhatók.

A tanulmányt az OTKA 78349 kutatási program támogatta.

Irodalom

- BARET, F.; GUYOT, G. 1991: Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing of Environment* 35 pp. 161–173.
- BASIST, A.; GRODY, N. C.; PETERSON, T. C.; WILLIAMS, C. N. 1998: Using the Special Sensor Microwave/Imager to monitor land surface temperatures, wetness, and snow cover. *J. Appl. Meteorol.*, 37 pp. 888–911.
- BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J. 1979: A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. Bull.* 24 pp. 43–69.
- BOGNÁR P. 2004. Műholdas termésbecslési eljárások fejlesztése. Doktori (PhD) értekezés. ELTE. p. 136.
- BURAI P.; TAMÁS J. 2005: Talajdegradációs folyamatok vizsgálata nagy felbontású távérzékelési adatforrások alapján. *Agrártudományi Közlemények*. 16. pp. 145–148.
- CZIMBER K. 2001. Geoinformatika – elektronikus jegyzet, Sopron.
<http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/fotogrammetria/GeoInfo/index.htm>
- CSORNAI G. 2001: Termésbecslés űrfelvételekkel. *Természet Világa* 132. évf II. Különszám. pp. 5–8.
- CSÓKA GY.; NÁDOR G. 2007: A gyapjaslepke-kártétel monitorozása távérzékeléssel Veszprém, Somogy és Nógrád megye területén 2005-ben. *Gyakorlati agroforum*, 6. pp. 4–10.
- Dobson, E. é.n.: Water Mask modell. <http://www.erdas.com>
- GÁBOR P.; JOMBACH S.; ONGJERT R. 2006: Budapest zöldfelületi állapotfelmérése űrfelvételek feldolgozásával. 4D: Tájépítészeti és kertművészeti folyóirat. 4. sz. pp. 14–22.
- GILBERT, M. A.; GONZÁLEZ-PIQUERAS, J.; GARCIA-HARO, F. J.; MELIÁ, J. 2002: A generalized soil-adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment* 82 pp. 303–310.
- GONG, P. PU, R.; BIGING, G. S.; LARRIEU, M. R. 2003: Estimation of forest leaf area index using vegetation indices derived from hyperion hyperspectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 40 pp. 1355–1362.
- HARDISKY, M. A.; KLEMAS, V.; SMART, R. M., 1983: The influence of soil salinity, growth form, and leaf moisture on the spectral radiance of *Spartina alterniflora* canopies. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 49 pp. 77–83.
- HUETE, A. R. 1988: A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment* 25 pp. 295–309.
- HUETE, A.; JUSTICE, C.; LIU H. 1994: Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. *Remote Sensing of Environment* 49 pp. 224–234.
- JACKSON, R. D. 1982: Canopy temperature and crop water stress. *Advances in irrigation*, Vol 1, Academic Press, New York, 43–85.
- Ji, L.; PETERS, A. J. 2006: Performance evaluation of spectral vegetation indices using a statistical sensitivity function. *Remote Sensing of Environment* 106 pp. 59–65.
- JORDAN, C. F. 1969: Derivation of leaf-area index from quality of light on the forest floor. *Ecology* 50 pp. 440–551.
- KARDEVÁN P.; REISINGER P.; TAMÁS J.; JUNG A. 2005: A parlagfű detektálás távérzékelési módszereinek vizsgálata: 1. rész a távérzékelési képek osztályozási hatékonyságának növelése a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.) reprezentatív spektrumainak terepi DGPS mérésekkel történő kiválasztásával. *Magyar Gyomkutatás és Technológia*, 2. pp. 53–67.
- KAUFMAN, Y. J.; TANRÉ, D. 1992: Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 30 pp. 261–270.

- KAUTH, R. J.; THOMAS, G. S. 1976. The tasseled cap – a graphic description of the spectral temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. (Czímber K. 2001. Geoinformatika – elektronikus jegyzet <http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/fotogrammetria/GeoInfo/index.htm> hivatkozása alapján).
- KENNEDY, R. E.; TOWNSEND, P. A.; GROSS, J. E.; COHEN, W. B.; BOLSTAD, P. ET AL. 2009: Remote sensing change detection tools for natural resource managers: understanding concepts and tradeoffs into the design of landscape monitoring projects. *Remote Sensing of Environment* 113 pp. 1382–1396.
- KOVÁCS, F.; RAKONCZAI, J.; KISS, T. 2004. Possibilities of remote sensing in the investigation of aridification processes – Case study on the Great Hungarian Plain, Hungary. In.: Goossens, R. (ed.) *Remote Sensing in Transition, Proceedings of the 23rd EARSeL Symposium*, Millpress. pp. 409–415.
- KOVÁCS F. 2009.A Változékonyság értékelése vizes élőhelyeken műholdképek alapján. *Hidrológiai Közöny* 89. évf. 2. sz. pp. 57–61.
- KOVÁCS F. 2009.B Területhasználati változások a településgyűttes térségében – távérzékelési módszerek interpretációja. In.: Rich J. – Salamin G. – Sütő A. – Hoffmann Cs. – Gere L. 2009. Koordinálatlan városnövekedés az együtt tervezhető térségekben: A települések lehetséges tervezési válasza. Kutatási jelentés. VÁTI, Budapest. pp. 58–78.
- KRISTÓF D. 2005. Távérzékelési módszerek a környezetgazdálkodásban. Doktori (PhD) értekezés. SZIE.
- LACAVA, T.; GRECO, M.; DI LEO E. V.; MARTINO, G.; PERGOLA, N.; ROMANO, F.; SANNAZZARO, F.; TRAMUTOLI, V. 2005: Assessing the potential of SWVI (SoilWetness Variation Index) for hydrological risk monitoring by means of satellite microwave observations *Advances in Geosciences*, 2, pp.221–227.
- 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 pp. 457–465.
- 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, Proceedings Vol. 1* pp. 401–407.
- MÁRKUS, I.; KIRÁLY, G.; CZIMBER, K.; SZENTESI, L. 2000: Research of the Application of Remote Sensing and GIS in Forestry. In III. International Symposium: Application of Remote Sensing in Forestry. *Proceedings, Zvolen*, pp. 41–48.
- MOLNÁR, ZS.; BARTHA, S.; SEREGÉLYES, T.; ILLYÉS, E.; BOTTA-DUKÁT Z., ET AL. 2007: A Grid Based, Satellite-Image Supported, Multi-Attributed Vegetation Mapping Method (MÉTA). *Folia Geobotanica*. 42, 225–247.
- MUCSI L. 2004. Műholdas távérzékelés. *Libellus*, Szeged. p. 237.
- MUCSI L.; KOVÁCS F.; HENITS L.; TOBAK Z.; B. VAN LEEUWEN; SZATMÁRI J.; MÉSZÁROS M. 2007. Városi területhasználat és felszínborítás vizsgálata távérzékelési módszerekkel. In: Mezősi G. (szerk.) *Városökológia*. Földrajzi Tanulmányok, Vol.1. JatePress, Szeged. pp. 19–42.
- NAGY A.; TAMÁS J. 2008: Nehézfémekkel szennyezett területek értékelése távérzékelési adatok alapján. In: Simon L. (szerk) *Talajvédelem* pp. 291–300.
- QI, J.; CHEHBOUNI; A. HUETE, A. R.; KERR, Y. H.; SOROOSHIAN, S. 1994: A modified soil-adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment* 48 pp. 119–126.
- RONDEAUX, G.; STEVEN, M.; BARET, F. 1996: Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* 55 pp. 95–107.

- ROUSE, JR., J. W.; HAAS, R. H.; SHELL, J. A.; DEERING, D. W. 1974: Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third earth resources technology satellite-1 symposium, Vol. 1. pp. 309–317.
- SVÁB E. 2009. Sekélyvízű tavak vízminőség-vizsgálata, állapotfelmérése műholdas távérzékelés segítségével. Doktori (PhD) értekezés. ELTE TTK. p. 106.
- SZATMÁRI J. 2006. Geoinformatikai módszerek és folyamatmodellek alkalmazása a szélrózsiós vizsgálatokban. Doktori (Ph.D.) értekezés. SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tszk. p. 112.
- TAMÁS J. 2009. Térinformatika oktatása. In.: FÉNY-TÉR-KÉP 2009 konferencia előadásanyagai. www.geoiq.hu.
- 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 of Environment 37 pp. 167–180.
- ÜNSALAN, C.; BOYER, K. L. 2004: Linearized vegetation indices based on a formal statistical framework. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 42 pp. 1575–1585.