

Az objektum alapú képosztályozás és a vizes élőhelyek kutatása

Kollár Szilvia

1. Bevezetés

A távérzékelés fejlődése a térbeli és a spektrális felbontás rohamos növekedését eredményezi. Ezáltal a feldolgozandó adatok mennyisége exponenciálisan nő, valamint a képpontok mérete az ábrázolt objektumokhoz viszonyítva csökken. Ezekkel a tendenciákkal a képfeldolgozó eljárásoknak lépést kell tartaniuk, melynek során a következő kérdések merülnek fel:

- hogyan lehet a távérzékelésből származó bemeneti adatokat részletesebben jellemezni, mely által a kiértékelés is pontosabb lesz és a felhasználók számára több hasznos információval szolgál?
- hogyan lehet az így kapott eredményt a leghatékonyabban felhasználni a további elemzésekhez?

A tanulmányban az objektum alapú távérzékelési képkiértékelő eljárást mutatom be, amely a fenti kérdésekre igyekszik választ adni. A felvett először objektumokra bontja a valóság komplex rendszerének leírása céljából. Azt modellezi, ahogyan az emberi agy, az emberi érzékelés a képből kiszűri a lényeges információt. Ez egy olyan automatizált (vagy fél-automatizált) képelemzés, amelyet elsősorban nagyméretarányú felvételekre koncentrálni fejlesztettek ki, és a spektrális, szerkezeti (texturális), térbeli és topológiai szempontokat egyaránt figyelembe veszi (Lang, 2008).

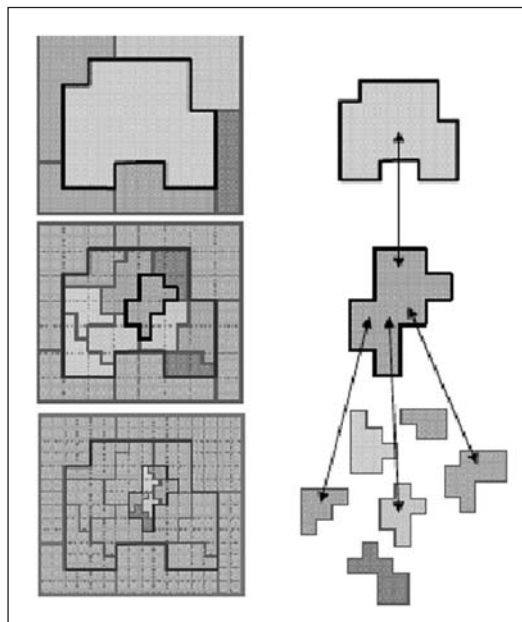
2. A módszer főbb jellemzői

A hagyományos, pixel alapú képvizsgálattal összehasonlítva, ami a spektrális tulajdonságok és a textúra (pl. 3×3 pixel területe) jellemzésén alapul, az objektum alapú osztályozásnál a térbeli viszonyok (alakzat, szomszédsági viszonyok, kontextus) is fontos szerepet játszanak. Egy képbjektumon belül tehát a spektrális és térbeli viszonyok figyelembevétele egyaránt

megtörténik. A képbjektumot felépítő pixelek jellemzésénél közvetlenül szerepet játszik a „földrajz első törvénye”, melyet Waldo Tobler (1970) úgy fogalmazott meg, hogy az objektumok minden másik objektummal összefüggnek, de a közelebbiek kapcsolatának, összetartozásának nagyobb a valószínűsége (Lang et al., 2006). Míg a pixel alapú osztályozás esetében a fakoronák napos és árnyékos oldalai, melyek spektrális szempontból nagyon különböznek, külön osztályba kerülnek, addig az objektum alapú osztályozás ennek kiküszöbölésére képes (Csató & Kristóf, 2002). A létrejövő pontosabb információ tartalom lehetőséget nyújt a földrajzi információk szélesebb körű felhasználására, például a globális klímaváltozás, a természetes erőforrások kezelése, a területfelhasználás, a területi fedettség elemzéséhez kapcsolódó területeken (Hay & Castilla, 2008).

Mindemellett az objektum alapú képosztályozás erősségeként említendő, hogy az így kiértékelt adatok vektoros térinformatikai rendszerekbe való integrációja technikailag könnyebben megoldható, mint a pixel alapú raszteres térképeknél (Hay & Castilla, 2008). A szegmentáció után a vektorizáló funkció teszi lehetővé a poligonoknak, illetve a képbjektumok vázainak kialakítását, különböző méretarányokban is (Benz et al., 2004), így lehetőség van több méretarány együttes kezelésére, amely előrelépést jelent az űrfelvételek kiértékelésében. A képbjektumok egy olyan „többszintes” rendszerben jönnek létre, amelyben földrajzi helyzetük, szomszédsági, valamint alá- és fölérendeltségi viszonyuk meghatározott, és így a kutatás céljától, a szükséges méretaránytól függetlenül lehetőség nyílik arra, hogy a képbjektumokat különböző felbontásokban kezeljük (Hay & Castilla, 2008). Ennek logikai háttere szorosan

kapcsolódik a képjelöltek közötti hierarchikus kapcsolathoz (1. ábra), amely azon alapul, hogy a különböző méretarányokban szereplő képjelöltek logikus struktúrát alkotnak. Az objektumokat a velük egy szinten lévő, valamint alsó és felső szomszédok is meghatározzák (Benz et al., 2004).



1. ábra A képjelöltek közötti hierarchikus kapcsolat (Lang et al., 2006)

A felső és alsó objektumok között egy egyértelmű 1:n kapcsolat jön létre. Azon objektumok határai, melyek a méretarányoktól függetlenül objektumhatárok maradnak, nem kerülnek generalizálásra, míg a többi határ a felsőbb szintek valamelyikén eltűnik (Lang, 2008).

3. A képosztályozás lépései

Az objektum alapú képosztályozás szegmentációra épül, majd a kialakított objektumok osztályozása történik meg.

3.1. Szegmentáció

Az első lépés gyakorlati célja a keletkező képjelöltek és a leképezett földfelszíni objektumok közötti kapcsolat optimális leírása.

Három fő típust különböztetünk meg: a hisztogram (vagy pixel), az él, valamint a régió alapú szegmentációt.

A hisztogram alapú szegmentáció a jelenségter vizsgálatán alapul, ami azt jelenti, hogy a spektrálisan hasonló pixelek építenek majd fel egy objektumot. Itt tehát a térbeliség bevonásáról még nincsen szó.

Az él alapú módszer a (viszonylag) homogén területeket elválasztó éleket keresi (Lang et al., 2006). A képszegmentumokat tehát a szomszédos pixelek hirtelen intenzitás-változásai definiálják. Ez általában a kép élkiemelő szűrőkkel való előzetes feldolgozásán alapul. A detektált élek, melyek először csupán pixelcsoportok elválasztásai, kombinálás útján válhatnak igazi határvonalakká. Gyakran hátrányt jelenthet azonban a kép túlszegmentálása (Kristóf, 2005).

A harmadik típusú eljárás a régió alapú szegmentálás, amely további három típusra bontható: régió-növelő („region growth”), régió-összevonó („region merging”) és régió-szétválasztó („region splitting”).

A régió-növelés néhány kiindulási pixellel kezdődik, amelyhez a szomszéd pixelek hozzáadódnak egészen addig, amíg egy előre megadott homogenitási kritériumnak megfelelnek az így létrejövő képjelöltek. Az alappixel kiválasztása történhet véletlenszerűen („bottom-up”), illetve előismeretek alapján, előre meghatározott módon („top-down”). A homogenitási kritérium, illetve a homogenitás-heterogenitás elválasztásának lényege, hogy a képjelölten belüli heterogenitás kisebb legyen, mint a szomszédos területekkel összehasonlított heterogenitás (Lang et al., 2006). A heterogenitás leírása mellett az alaki jellemző vizsgálata is fontos, melynek leírására a kompaktság (az objektum kerületének és a befoglalt képpontszám négyzetgyökének hányadosa) és a simaság (az objektum kerületének és az objektumot befoglaló téglalap kerületének a hányadosa) állnak rendelkezésre (Brolly et al., 2007). A homogenitás fokát jellemzi a méretarány-tényező („scale parameter”), amely nagyobb érték esetében, nagyobb képjelölteket jelöl, akkor ugyanis az adott képjelöl-

mokhoz tartozó pixelek közötti spektrális eltérés nagyobb lehet.

A régió alapú eljárások másik típusa a régiók összevonása, ahol a kezdeti régiók, melyeket akár egy-egy pixel is alkothat, folyamatosan összevonásra kerülnek, ameddig egy méretaránytól függő, méretbeli küszöbértéket elérnek.

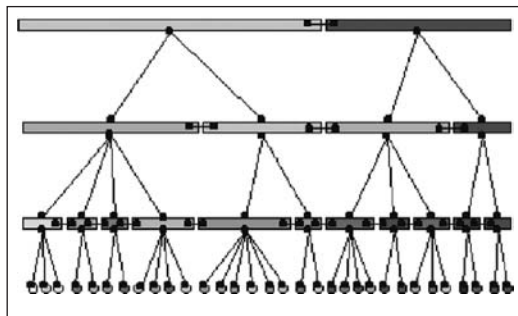
A régió-szétválasztó módszernél pedig a kép szabályos alrégiókra (például négyzetekre) való felosztása történik, amely alrégiók a homogenitási kritériumnak megfelelően továbboszthatnak. Ez az ún. quadtree (négyfás) szegmentáció.

Lehetséges a régió-összevonó és régió-szétválasztó eljárások kombinációja, melynél az első lépcső a meghatározott méretű négyzetekre való felosztás, majd a homogén négyzetek összevonásra kerülnek, a heterogének továbboszthatnak (Lang et al., 2006).

A piacon megjelent első, általános jellegű objektum alapú képelemző szoftver az eCognition volt (Benz et al., 2004), melynek 2009. november elején jelent meg a legújabb, 8-as verziója. Ezen szoftveren belül a leggyakrabban használt képszegmentáció régió alapú (régió-összevonó, „bottom-up”) algoritmusra épül (2. ábra, l. a címlapon), ahol a spektrális tulajdonságok és az alakkonceptió kombinációjáról van szó. Ez az ún. „multiresolution segmentation”, amelyre példa a 2. ábrán látható. (Ez, valamint az alábbiakban bemutatott példák eCognition Developer 8 szoftverben készültek, melyet egyéni kutatási célra használhattam fel.)

Az imént látott szegmentációnál lehetőség van a „többszintes” rendszer kialakítására egyetlen kép esetében is (Lang et al., 2006). Mindemellett kézi „átdolgozásra” is lehetőséget nyújt a program. A régió-összevonás mellett lehetőség van másik típusú szegmentációra is, ahol az egész kép felbontása történik meg először, a sakktáblás (chessboard) vagy a négyesfa (quadtree) szegmentációval. Ebben az esetben kis méretarány felől közelítünk, „top-down” eljárásról beszélünk. (A program 8-as verziójában ezeken kívül további eljárások is bevezetésre kerültek, mind a „bottom-up”, mind a „top-down” módszert tekintve, melyek most a jobb átláthatóság érdekében nem kerülnek bemutatásra.)

A „multiresolution” szegmentációt követően kialakult hierarchikus felépítés jellemzői, hogy az egyes képbjektumok határai követik az alattuk lévő szint objektumhatárait (az összevonásra került objektumok határvonalát), és meghatározóak a fentebbi szint objektumhatárai is (3. ábra).



3. ábra A hierarchia-szintek absztrakt megjelenítése (Benz et al., 2004)

3. 2. Az objektumok osztályozása

A második fő lépés a képszegmentáció eredményeként kapott képbjektumok osztályokba sorolása. Az osztályozás előre meghatározott szabályokon alapul, melyeket a spektrális, térbeli és/vagy hierarchikus viszonyok leírása határoz meg. Az eCognition Developer 8 kétféleképpen indítható, QuickMap és RuleSet Mode-ban, ahol a QuickMap Mode a bonyolultabb szabályok, osztályozási módszerek felépítése helyett egyszerűbb elemzéseket tesz lehetővé. Az osztályozás alapját képezheti mintaobjektumok megadása (mint általában a felügyelt osztályozásnál), vagy egyszerű szabály felépítése küszöbérték megadásával. Mintaobjektumok alapján működik a „Nearest Neighbor” algoritmus, ahol az egyes osztályokhoz kiválasztott minták alapján szín vagy szín és textúra, vagy szín és kontextus vizsgálata történik meg és így határozhatók meg a mintákhoz e tekintetben közel eső további képbjektumok. Szabályhoz rendelt küszöbérték képezi az osztályozás alapját, amikor a fényerő határértékeinek („Brightness Threshold”) megadásáról van szó.

A program másik alkalmazási módjában (Rule Set Mode) bonyolult szabályrendszerek felépítésére van már lehetőség azáltal, hogy különböző tulajdonságok vonhatók be az osztályozásba, a

logikai operátorok és a hierarchikus osztályok rendszerének leírásával komplex jellemzők vizsgálhatók. Itt kerül előtérbe a „fuzzy” osztályozási módszer, amely nem éles határokat használ, és ezáltal képes az emberi gondolkodás „mintázására” és „finom” osztályozási eredmények elérését teszi lehetővé. A fuzzy logika a programban „Membership” funkcióként jelenik meg (Lang et al., 2006).

4. Vizes élőhelyek vizsgálata

A vizes élőhelyek Földünk legkomplexebb ökoszisztémái közé tartoznak és számos antropogén hatás (vízelvezetés, átalakítás, szennyezés és kiaknázás) következtében a legveszélyeztetettebbek is. A biodiverzitás megőrzésének és a fenntartható fejlődés biztosításának (Ramsari Egyezmény, 1971) támogatása csak a vizes élőhelyek pontosabb monitorozása útján lehetséges (Davidson & Finlayson, 2007). Napjainkban ezeken az igen érzékeny, gyakran bejárhatatlan, védett területeken a monitorozás költséghatékonyan végezhető el az egyre több és jobb felbontású távérzékelési felvételek (űrfelvételek, légifelvételek, LiDAR-felvételek) automatizált vagy fél-automatizált elemzésével.

4. 1. Vizsgálat objektum alapú módszerrel

Az objektum alapú módszert általános előnyei mellett számos specifikus tulajdonság teszi alkalmassá a vizes élőhelyek monitorozására.

A vizes élőhelyek ökoszisztéma-kutatásának fontos része a tájegységek térbeli eloszlásváltozásainak követése, különösképpen nagy méretarányban. Nagy szükség van arra, hogy ez a komplex rendszer hierarchikus felépítésben jelenjen meg. Kiváló alapot nyújthat ehhez légifényképek idősoros elemzése, melynek során a légifelvételek idősorából előállítható a képbjektumok hierarchikus rendszere az adott ökoszisztéma komplexitásának jó közelítésével (Langanke et al., 2007). Ha általában véve a körülöttünk lévő természet hierarchikus felépítését vesszük alapul, legalább három hierarchia-szint használata javasolt (Lang et al., 2006 hivatkozása alapján: O’Neill et al., 1986), melynek segítségével jelentős mértékben leegyszerűsíthető az ökológiai rendszer komplexitása. Itt

meg kell említeni a földtudományok egyik fontos és nagy kihívást jelentő kérdését, a méretarányok közötti átjárhatóságot (Wu, 1999). Ennek részletes elemzése azonban már túlmutatna e tanulmány keretein. A többméretarányú szegmentáció és az ehhez köthető objektumkapcsolatok modellezése (eredetileg: „multi-scale segmentation/object-relationship modelling”, Burnett & Blaschke, 2003) megoldást jelent az „ökoszisztéma-elemek” (a képosztályozásban: képbjektumok) méretarányokon átnyúló kapcsolatrendszerének leírására.

Légifelvételek helyett (vagy mellett) nagyfelbontású űrfelvételek (mint például IKONOS vagy Quickbird) is megfelelő alapjai lehetnek egy vizes élőhely feltárásának. Egy folyó menti terület Quickbird-képeinek elemzésével foglalkozó tanulmányban Gergel és társai (2007) különös hangsúlyt fektettek a térképezési pontosságra, amely az adott ökoszisztémák megfelelő menedzsmentjének, megőrzésének és restaurációs tevékenységeinek alapja, valamint a költségeket is jelentősen befolyásolja. Ennek megfelelően összehasonlító elemzést is készítettek, az eredeti felvétel csökkentett méretarányban (2,8 m/pixel helyett 30 m/pixel) való kiértékelésének elvégzésével, amivel a nagy felbontás pontossági előnyeit egyértelműen bizonyították.

Az objektum alapú módszerrel foglalkozó tanulmányok többsége nagyméretarányú felvételek feldolgozásán alapul. Emellett fontos hangsúlyoznunk a közepes és kis méretarányú feldolgozások eredményeit is.

Az iraki mélyföldeket megfigyelő rendszer (Iraqi Marshlands Observation System) esetében a képkiértékelés a közepes felbontású IRS és Landsat ETM, valamint a kisfelbontású MODIS felvételeken alapul (UNEP, 2006). A MODIS felvételek időbeli felbontása (naponkénti) meglehetősen jobb, mint a Landsat és az IRS felvételeké, míg az utóbbi két műhold felvételeinek sokkal jobb térbeli felbontása segít a durvább felbontású felvételek kiértékelésében. Itt az objektum alapú kiértékelés előnyei között kiemelték a pixel alapú technikánál előforduló „só és bors” hatás kiküszöbölését a felszínborítás ábrázolásában. Előny továbbá az objektum alapú módszer

által biztosított osztályozási lehetőségek gazdag tárháza, valamint, hogy a felszínborítási kategóriák megfelelő logikai és hierarchiai rendbe állítása is megvalósulhatott. Fontos megemlíteni, hogy a megfigyelt terület nagysága több ezer négyzetkilométer.

Lényeges lehet – amint azt az előző példában is láttuk –, hogy egy nagyobb területet először átfogóan vizsgáljunk, ahol fontos szempont általában a költséghatékonyság is. Erre a közepes méretarány (pl. a 30×30 m-es pixelméret) alkalmas. Ilyen átfogó, nagyobb területre (375 km²) kiterjedő vizsgálatot végeztem űrfelvételen, a Földmérési és Távérzékelési Intézetnél az eCognition 8-as verziójával, amelynek célja a hullámtéri növényzet változásainak detektálása volt a Szigetközben. Az űrfelvételek közül Landsatból (28,5 × 28,5 m/pixel) állt rendelkezésre megfelelő idősor. Két időpontot hasonlítottam össze: a 2004.08.05-én és 2007.08.14-én készült felvételeket, melyek azonos vegetációs időszakot mutatnak három éves eltéréssel. Az első lépés a szegmentáció paraméterezése és elvégzése volt. Ezt követően az osztályozáshoz a vegetációs indexek közül az NDVI-t (Normalized Difference Vegetation Index) használtam, amely a vegetációváltozás jellemzésének általánosan elfogadott és robusztus mutatója (Jensen, 2005). Mindkét időpontra, három kategória (vízfelület, ritka és sűrű növényzet) alkalmazásával elkészültek az osztályozott térképek, NDVI határértékek megadásával. Ezután a sűrű vegetációra vonatkozó változások detektálása következett, a negatív és pozitív változások, valamint a változatlan területek feltüntetésével. Az eredményt ugyan jelentős mértékben befolyásolta a szegmentáció módszere, általánosan elfogadható megállapítás, hogy a mezőgazdasági területeken a művelésből származó változások szembetűnőek, a hullámtéren pedig a legjellemzőbb a növényzet térhódítása az egykori holtágakban.

4. 2. A vizsgálatok folytatása

Az eddigi vizsgálat alkalmasnak bizonyult a vegetációváltozás kimutatására közepes méretarányban. Ezt követően van lehetőség azon területek kiemelésére, amelyeket nagyobb változás ért: a

hullámtérré koncentrálna ez az egykori folyókanalyarulatok térségét jelenti elsősorban. A vizsgálat tehát kisebb területre fókuszálva, nagyobb méretarányban folytatható, mely különös jelentőséggel bír a komplex vegetációval rendelkező területek térképezhetősége szempontjából. Ez a komplexitás különösen ott jellemző, ahol a víz-elöntés alá került és a szárazon maradt területek találkoznak. Ez az ökotonok előfordulási helye, amelyek két társulás határterületén kialakult élőhelyek, többnyire néhány speciális (reliktum) fajjal is kiegészülve. Komplex mintázattal rendelkező ökológiai rendszert alkotnak (Szabó, 2006), melyek részletes elemzését a nagyobb térbeli és/vagy spektrális felbontású felvételek vizsgálata tesz lehetővé.

IRODALOM

- Benz, U. C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., Heynen, M. (2004): Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 58. 239–258.
- Brolly G., Király G., Márkus I. (2007): Légi lézerszkennelés és QuickBird űrfelvétel integrált elemzése határon átnyúló területeken. *Geomatikai Közlemények X. MTA GGI, Sopron.* 251–256.
- Burnett, C., Blaschke, T. (2003): A multi-scale segmentation/object relationship modelling methodology for landscape analysis. *Ecological Modelling* 168. 233–249.
- Csató É., Kristóf D. (2002): űrfelvételek felhasználása az erdőgazdálkodásban. *Geodézia és Kartográfia*, 2002/09. 10–21.
- Davidson, N. C., Finlayson, C. M. (2007): Earth Observation for wetland inventory, assessment and monitoring. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 17(3): 219–228.
- Gergel, S., Stange, Y., Coops, N., Johansen, K., Kirby, K. (2007): What is the Value of a Good Map? An Example Using High Spatial Resolution Imagery to Aid Riparian Restoration. *Ecosystems* 10. 688–702.
- Hay, G. J., Castilla, G. (2008): Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): A new name for a new discipline. In Blaschke, T. – Lang, S. – Hay, G. J. (Eds.): *Object-Based Image Analysis – Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications*. 2008 Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 77–83.
- Jensen, J.R. (2005): *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 3rd Edition. Pearson Prentice Hall.
- Kristóf D. (2005): *Távérzékelési módszerek a környezetgazdálkodásban*. Szent István Egyetem. Gödöllő. Doktori értekezés. 1–146.
- Lang, S., Albrecht, F., Blaschke, T. (2006): *Introduction to Object-based Image Analysis – OBIA-Tutorial V 1.0*, Salzburg. 1–96.

- Lang, S. (2008): Object-based image analysis for remote sensing applications: modeling reality – dealing with complexity. In Blaschke, T. – Lang, S. – Hay, G. J. (Eds.): Object-Based Image Analysis – Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications. 2008 Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 3–28.
- Langanke, T., Burnett, Ch., Lang, S. (2007): Assessing the mire conservation status of a raised bog site in Salzburg using object-based monitoring and structural analysis. *Landscape and Urban Planning* 79. 160–169.
- Szabó M. (2006): Tájszerkezeti változások a Szigetközben a mező- és erdőgazdálkodás, és a Duna elterelésének hatására. Táj, környezet és társadalom. Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona tiszteletére. Szeged. 643–655.
- Tobler, W. (1970): A computer model simulating urban growth in the Detroit region. *Economic Geography*, 46(2): 234–240.
- UNEP (2006): Iraqi Marshlands Observation System. International Environmental Technology Centre (DTIE/IETC). <http://imos.grid.unep.ch/> 2009.12.15.
- Wu, J. (1999): Hierarchy and scaling: Extrapolating information along a scaling ladder. *Canadian Journal of Remote Sensing* 25. 367–380.

Összefoglalás

A fentiekben ismertetett objektum alapú képiértékelő módszer alkalmazása segít a cikk elején feltett kérdések megválaszolásában. Azáltal, hogy a bemeneti képeket felépítő pixeleknek nem csupán a spektrális tulajdonságát vesszük figyelembe, pontosabb információkhoz jutunk. A hierarchikus rendszerben létrejövő képobjektumok lehetővé teszik, hogy a további felhasználás a különböző szakterületeknek megfelelően különböző méretarányokban folytatódjon. A létrejött poligonok, képobjektumok rendszere pedig ideális összekötő kapocs az eddigi raszter alapú távérzékelés és a vektor alapú térinformatikai rendszerek között.

Mindemellett a vizes élőhelyek vegetációökológiai kutatásaiban is nagy előrelépést jelent az ismertetett eljárás alkalmazása, a közepes-től a nagy méretarány felé haladva. A közepes méretarányban detektálható változások jó alapot adnak arra, hogy egy nagyobb területen kijelölhessük azon térségeket, ahol jelentős változás mutatható ki adott időszakban és ezt követően a vizsgálat részletesebb felvételek felhasználásával és terepi felvételezéssel finomítható.

Summary

The object based image analysis and the research of wetlands

The aim of the paper is to present the object-based image classification method from two perspectives: how it helps (a) to characterize the input image better and get a more-detailed interpretation with more useful information for the end-users, (b) to be applied in the best way to further analyses. Since not only the spectral characteristics of the pixels in an image are taken into account, we get more accurate information. Through the hierarchical system of image objects researches can be worked out in different scales, according to the various specialities. Image objects (polygons) give a good connection between the raster image and the vector based GIS.

Nevertheless, the research field of vegetation ecology regarding wetlands can apply this technique in a progressive manner, from the medium to high resolution. Therefore the Danubian floodplain Szigetköz in North-West Hungary was chosen as research area with Landsat TM imagery. In the paper the detected changes in medium scale were shown, regarding the comparison between 2004 and 2007. These representative changes could be a good basis to delineate areas of high-level change in a certain time-period and after that the examination can be refined with the use of larger scale imagery and ground truth data.



Kollár Szilvia
doktorandusz hallgató

Nyugat-magyarországi Egyetem,
Geoinformatikai Kar
kszylvy@gmail.com