



Tájmetriai vizsgálatok lehetséges adatbázisai

Szabó Szilárd

1. Bevezetés

A tájmetriai vizsgálatok a táji mozaik alkotóelemeit, a foltokat, a folyosókat és a mátrixot helyezik a középpontba (Csorba 1999; Mezősi – Fejes 2004). Ezek közül a kutatások döntő hányada a foltok tulajdonságainak az értékelésével foglalkozik, mivel a tájmetriai szoftverek csak ezt tudják automatizáltan feldolgozni, nem képesek különbséget tenni a tájelem-típusok között. A folyosók kiértékelése geoinformatikai eszközökkel megoldható, de ehhez szükséges az elemzést végző közreműködése is (a folt és folyosó közötti funkcionális különbség megállapításához, az azonosításhoz), vagyis ez egy interaktív folyamat. A mátrix megállapítása pedig kifejezetten szaktudásigényes lépés, ami ilyen jellegű tapasztalatot is feltételez, részben sem automatizálható.

Láthatjuk tehát, hogy a tájmetriai elemzésekben a foltok kulcsszerepet töltenek be, így nagyon fontos a megjelenésük. Megjelenés alatt egyrészt érthetjük azt, hogy adott, a valóságban létező folt egyáltalán megjelenik-e az elemzett állományban, vagy pl. túl kis mérete miatt nem; másrészt ide tartozik a folthatár futásának a kérdése. Mindkettő lényegi befolyással van az elemzések kimenetelét tekintve. A foltok jelenléte a szomszédossági és konnektivitási mérőszámok értékére van hatással. A határvonal részletessége befolyásolja a folt területét és kerületét, amik pedig sok foltalakra vonatkozó mérőszám számlálójában, vagy nevezőjében szerepelnek (pl. kerület/terület, fraktáldimenzió, a folt köré húzható legkisebb sugarú kör stb.).

Az, hogy adott folt megjelenjen az elemzett térképen döntő mértékben függ attól, hogy mi volt az adatgyűjtés technikája, alapanyaga. A legrészletesebb térbeli adatbázis a terepen botanikusok által felvételezett térkép, amit a légifotó és a műholdfelvétel követ. Léteznek már olyan felszínborítottsági adatbázisok is, melyeket készen kaphatunk különböző léptékben. Belátható, hogy mást várhatunk egy 0,5 m-es felbontású légifotótól, illetve egy 30 m felbontású műholdfelvételtől.

E munka keretében a tájmetriai elemzések lehetséges adatbázisait tekintem át, kifejezetten abból a célból, hogy felhasználásuk esetén milyen eredményre számíthatunk, milyen bizonytalansági tényezőkkel kell számolnunk és egyáltalán javasolható-e felhasználásuk.

2. Adatbázisok

2.1. Légifotók

A légifotók tájmetriai hasznosításáról csak azóta beszélhetünk, hogy a légifotók felhasználhatóvá váltak tudományos kutatás céljára is széleskörűen. A potenciális légifotó-adatbázis erre a célra létezik – és ma már hozzá is férhető több forrásból is.

A HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténeti Térképtárában (a továbbiakban HIM) légifotók a 2. világháborút követő időszakról állnak rendelkezésre fekete-fehér felvételek formájában az 1980-es évek végéig – de a tájmetriai célú hasznosítására még csak elvétve (Oroszi – Kiss 2006) találunk példát. Sokkal elterjedtebbek a felszínborítottság időbeli változását elemző vizsgálatok (pl. Sándor – Kiss 2008). A HIM térképtárában a felvételek kontaktmásolatai férhetők hozzá. A további feldolgozás előtt szkennelni és ortorektifikálni kell a felvételeket.

A Honvédelmi Minisztérium Térképészeti Közhasznú Társaságának Légifilm-tárában 1950–2004 között készült légifotókhoz juthatunk hozzá. A légifotók döntő hányada fekete-fehér, a méretarány a repülési magasság függvényében 1:30000 és 1:50000. Ezeket a felvételeket már ortokorrigált formában is meg lehet vásárolni, de a nyers felvételek is hozzáférhetők.

A Földmérési és Távérzékelési Intézetben 2000-ben indult meg a MADOP (Magyarország Digitális Ortofotó Programja) megvalósítása. Ennek keretében az előzetes tervek szerint az ország teljes területére 3 évente elkészítik a légifotó állományát (ami – legalábbis eddig – nem valósult meg ebben a formában). Így hazánk teljes területének légifényképezése elérhető 2000-ből és 2005-ből. 2007-ben az analóg fényképezés helyett egy újabb, digitális rendszerű kamerát kezdtek alkalmazni, mely nemcsak a látható, hanem a közeli infra tartományban is képes képet rögzíteni. Az új technika viszont egy felvétellel kisebb területet fed le a korábbiaknál, így kb. háromszor annyi időbe telik lerepülni az ország teljes területét. 2007-ben az ország nyugati, 2008-ban a keleti harmada került felvételezésre, 2009-ben pedig a középső harmad következik (Winkler 2007). E felvételek háromféle felbontásban vásárolhatók meg: 0,5–1–2 m, melyek közül bármelyik megfelelő lehet a tájmetriai kiértékeléshez.

Hagyományos technikával látható és infra (IR) tartományban készült felvételek szórványosan az ország több területéről is rendelkezésre állnak. Az országos lefedettsége a hamisszínes IR felvételeknek a legkisebb, pedig a felszínborítás térképezésénél hasznos többletinformációkat tartalmaz a látható tartományhoz képest. Az IR felvételek alkalmazását javasolja a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer Élőhely-térképezés c. kötete, konkrét alkalmazási példát pedig Fülöp et al. (2006) munkájában, a mocsári vegetáció felmérésére kapcsán találhatunk.

Abban az esetben, ha az adott felszínborítottsági kategória egyértelműen elválik a környezetétől, elképzelhető a digitális kiértékelés is. Ez esetben viszont nem létezik biztos módszer, mindig adott területhez mérten kell a megfelelő algoritmust kiválasztani. Ígéretes technika a szegmentálás, de sokszor a legegyszerűbb módszerek is célravezetőek lehetnek. Csípőszűnyog tenyészőhelyek azonosítása során sikeresen alkalmaztunk nyújtással (stretch) és nem ellenőrzött osztályba sorolással (cluster) kombinált módszert, aminek eredményeként 90%-os pontosságot lehetett elérni (Szabó et al. 2008).

Nem lenne teljes a kép, ha nem beszélnénk napjaink egyik legígéretesebb módszeréről, a hiperspektrális távérzékelésről. A hiperspektrális szenzorok optimális időpontban történő légi lerepülések alkalmazása az eddigi alkalmazási területek és az eredmények (Hargitai et al. 2006, Nagy et al. 2007, Burai et al. 2008, Milics et al. 2008) fényében új távlatokat nyithatnak a tájmetriai vizsgálatokban is. Ezeknek a felvételeknek a felszínborítottsági kategóriák pontosabb térképezésében lehet szerepe, de egyelőre nagy területeken való alkalmazhatósága a feldolgozás erőforrás-igénye miatt nem valószínű.

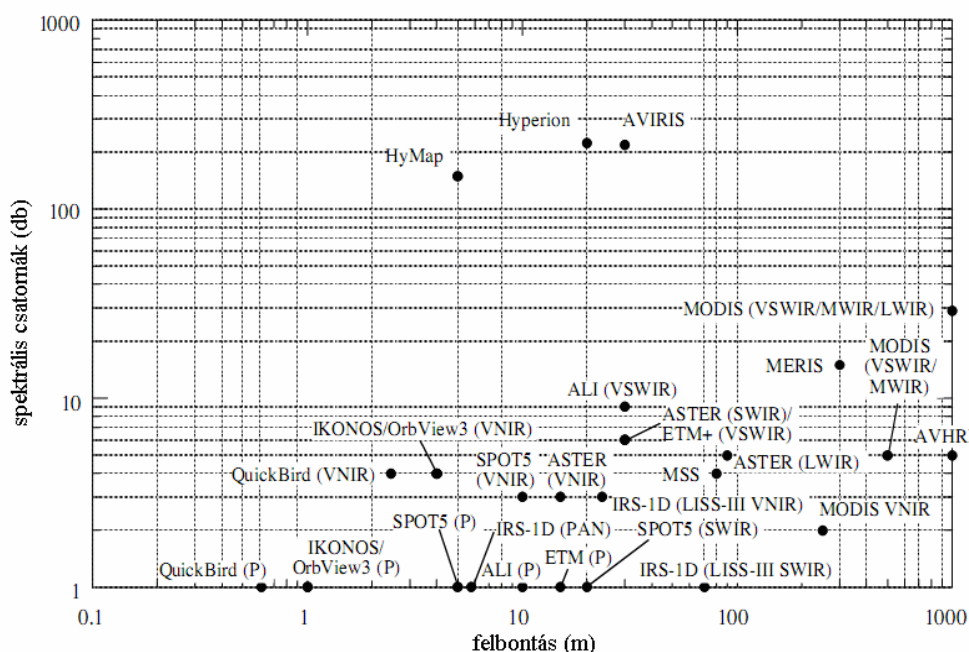
Osztályba sorolási hibák így is előfordulhatnak, de ez a legbiztosabb és legellenőrzöttebb módja annak, hogy megfelelő felszínborítottsági adatokat nyerjünk. A pontosság helyismerettel, illetve terepbejárással fokozható.

2.2. Műholdfelvételek

A műholdfelvételek a légifotókkal ellentétben az elektromágneses sugárzási tartomány látható és közeli infravörös tartományánál szélesebb spektrumban rögzítik a földfelszínről visszaverődő – a felszín anyagától, növényzeti fedettségétől, beépítettségétől stb. eltérő mértékben transzformált – visszaverődő napsugárzást.

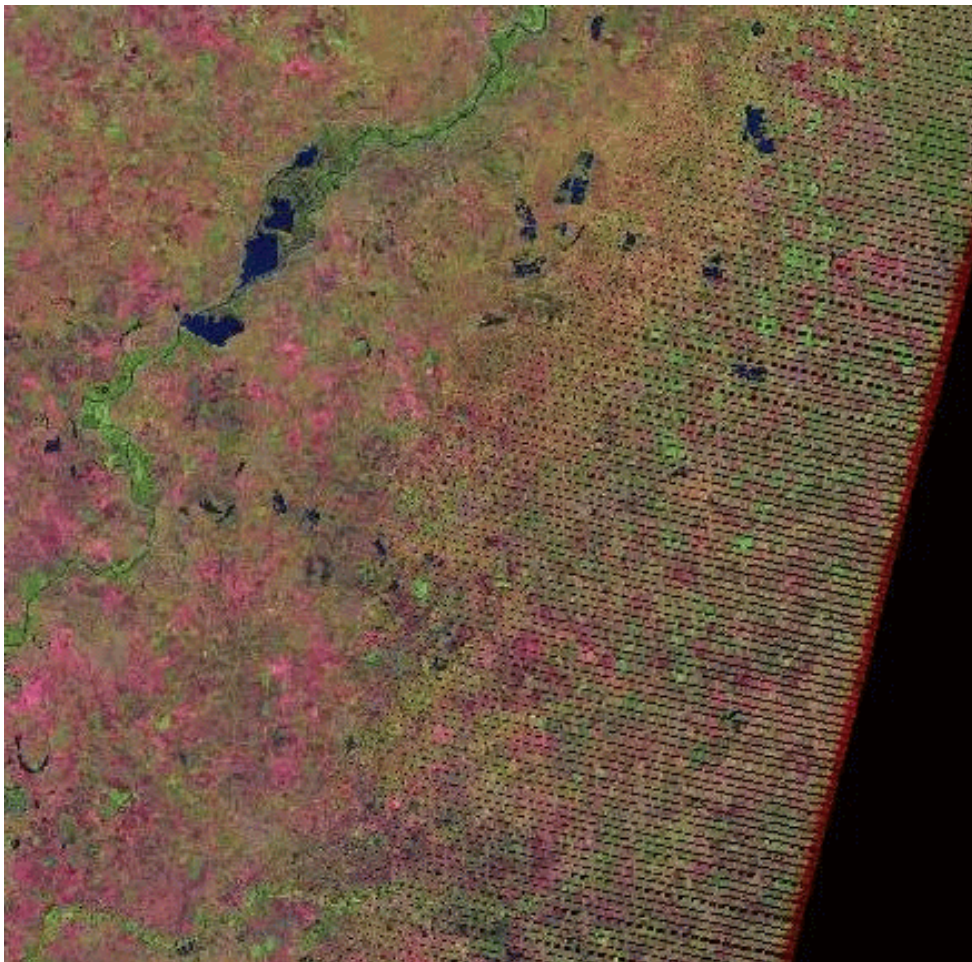
Az analóg légifotókhoz képest feltétlen előnyt jelent az, hogy a műholdfelvételeket digitálisan és több csatornán rögzítik a szenzorok, melyek sokrétűsége az *I. ábrán* látszik.

A geometriai és spektrális felbontás az idők folyamán folyamatosan javul (*I. ábra*). Az 1972–1978 között felbocsátott LANDSAT 1–3 MSS szenzorok 80 méteres felbontású, 5 csatornán (zöld, vörös, közeli infra 1–2, termális) rögzített felvételeiből legfeljebb regionális szintű felszínborítottsági adatokat lehetett nyerni. A LANDSAT–1 felvételekből kézi feldolgozással nyert kategóriák pontossága 1:250 000 méretarányban a CARETS program tanulsága szerint 85%-os volt (Fitzpatrick-Linz – Chambers 1977; Fegeas – Kewer 1977). Meg kell jegyezni azt is, hogy a szép eredményt kissé árnyalja, hogy az interpretációhoz kiegészítő adatként nagy magasságból készített színes infra felvételeket is használtak.



1. ábra. Erőforrás-kutató műholdak spektrális és geometriai tulajdonságai.
 (Rövidítések: V: látható, NIR: közeli infra, LWIR: hosszú hullámú infra, MWIR: középhullámú infra, SWIR: rövidhullámú infra, P: pánkromatikus, az AVIRIS és HyMap szenzorok nem műholdas rendszerek)(Schowengerdt, 2007)

A sorban következő LANDSAT TM és ETM+ szenzorok geometriai felbontása és megbízhatósága, valamint radiometriai pontossága az MSS-hez képest igen sokat javult: e műholdak (LANDSAT 4–6) az új technikának köszönhetően 5 helyett 7 csatornán rögzítik felszínről érkező jeleket és a spektrális szétválasztás is határozottabb, a geometriai felbontás pedig 30 méter lett. 1999-ben bocsátották fel a LANDSAT-7 műholdat az ETM+ szenzorral, melyet egy 15 méteres felbontású pánkromatikus csatornával egészítettek ki. Ez utóbbi műhold egy 2003. május 31-én történt műszaki meghibásodás miatt csak SLC-off (Scan Line Corrector) módban tud felvételeket rögzíteni. Ezzel a technológiával tudták kompenzálni a műhold mozgásából eredő hibákat, ami nélkül a rögzített adatok megduplázódnak és a felvételek szélét használhatatlanná teszik (2. ábra). Azonban a felvételek közepe még így is használható, átlagosan(!) minden felvételnek kb. 22%-a használhatatlan (Wulder et al. 2008).



2. ábra. A LANDSAT-7 képe SLC-off módban. (Forrás: <http://glovis.usgs.gov>)

A francia SPOT műholdak is sokat fejlődtek a SPOT-1 műhold 1986-os fellövése óta. Jelenleg a SPOT-2, SPOT-4 és SPOT-5 műholdak üzemelnek. A SPOT felvételek mindig jobb geometriai felbontásúak voltak, mint a LANDSAT-ek – a multispektrális tartományban 20 m (a SPOT-5-nek 5 m), illetve pánkromatikusan 10 m (a SPOT-5-nek 3 m) –, azonban a szenzorok spektrálisan kevesebb, csak 3, majd a SPOT4-tól kezdődően 4 csatornán rögzítik a jeleket (Mucsi 2004). Ez a felbontás már a tájmetriai vizsgálatok igényeit is messzemenően kielégíti.

Az indiai IRS műholdcsalád 1988 óta szolgáltat távérzékelt adatokat. Az IRS 1C és 1D műholdak ugyanolyan technikai paraméterekkel rendelkeznek, céljuk hogy növeljék a visszatérési időt. A pánkromatikus felvételek felbontása 5,8 m a multi-

spektrálisoké pedig 23,5 m. Joshi és mtsai (2008) az IRS LISS III szenzora által készített felvételeket gyengébbnek találták a vegetációs osztályok elkülönítésében a LANDSAT ETM+-hoz képest.

Ha a több csatorna, vagyis a hiperspektrális távérzékelés irányába mozdulunk el, akkor a MODIS felvételek jöhetnek szóba, de ez esetben csak az első kettő csatorna felbontása 250 méteres, a 3–7-é 500 m, a 8–36-é pedig 1000 m (Justice – Townsend 2002; Morisette et al. 2002). A 250 méteres felbontás már önmagában megkérdőjelezhető, hogy tájmetriai célokra egyáltalán használható-e, de az 500 és 1000 méteres felbontás biztosan meghaladja az alkalmazhatóság határát.

Ha jobb geometriai felbontású felvételekkel szeretnénk dolgozni, akkor az IKONOS, vagy a Quickbird felvételek állnak rendelkezésre (Schowengerdt 2007). Az IKONOS pánkromatikus felbontása 0,82 m, multispektrálisan pedig 3,2 m. A Quickbird pánkromatikus felbontása 0,61 m, multispektrálisan pedig 2,44 m. Ezek a felvételek minden tájökológiai jellegű adatigényt kielégítenek, az egyetlen gond az lehet velük, ha nem készült még megfelelő belőlük az adott területről. 2008-ban például még nem volt elfogadható minőségű felvétel a Tisza-tótól északra elhelyezkedő települések környékéről (Harbula Éva, FÖMI – szóbeli közlés).

A tájmetriai analízisekben kulcskérdésként kezelt felbontás tehát a műholdfelvételek és légifotók között mára kezd eltűnni. A légifotók jobb felbontása nem jelent feltétlen előnyt a kiértékelésnél, mivel az árnyékhata is nehezítheti a kiértékelést. A műholdfelvételek mára már a nagyfelbontású kiértékelésekhez is elegendő információt nyújtanak, ráadásul akár több hullámhosszon is.

A kiértékelés során alkalmazhatunk vizuális (kézi) és automatikus interpretációt. A tematikus pontosság sok tényező függvénye:

- elsősorban a spektrális tulajdonságok számítanak, ezen belül is a kiértékelésbe bevonható csatornák száma;
- a felvétel készítésének ideje, mivel a különböző vegetációs periódusokban eltérő a növények reflektanciája (gondoljunk csak egy szántóra, vagy egy lombhullató erdőre egy kora tavaszi és egy nyár közepi időpontban);
- a kiértékelő tapasztalata és helyismerete vizuális kiértékelés esetén;
- az alkalmazott szoftver és a beépített algoritmusok pontossága: jelentős eltérést kapunk egy paralelepipedon, minimum distance, maximum likelihood, spectral angular mapping (SAM), cosine of the angle classification (CAC) a szegmentáció, vagy a neurális hálózatok alkalmazása során; melyek közül a szakirodalom a szegmentációt és a SAM, illetve CAC módszert tartja a legjobb eredményt adó megoldásnak (Barsi 1996, 2000; Girouard et al. 2004; Lucier 2004; South et al. 2004; Frauman – Wolff 2005; Neubert et al. 2006; Möller et al. 2007).

Az automatizált kiértékelés helyett a lehetséges bizonytalanságok elkerülése érdekében sokszor a kézi, vizuális módszert választják. Így volt ez a későbbiekben ismertetésre kerülő Corine Land Cover projekt esetében is (Mari – Mattányi 2002). Meg kell említeni azt is, hogy a kutatóközpontokban folyamatosan próbálják az élőmunka-igényt lecsökkenteni, de az emberi háttértudás bizonyosan nem lesz kihagyható a jövőben sem. A következőkben néhány sikeres próbálkozást ismertetek ezek közül.

Stoltz és mtsai (2005) a maximum likelyhood algoritmus fuzzy alapokon történő továbbfejlesztését (ENPOC – ENvironmental POSSibility Classifier) alkalmazták Landsat TM felvételeken. A kiértékelésbe olyan kiegészítő adatokat is bevontak, amelyek befolyásolják a felszínborítási kategóriák térbeli eloszlását (magasság, lejtés, talajtani és klimatikus adottságok). Az eredményt terepbejárással, meglévő terület-használati térképekkel, valamint IR-légifotókkal ellenőrizték és eszerint 88%-os összes pontosságot értek el. Liénou és mtsai (2006) bizonyos CLC kategóriák esetében alkalmasnak találták a MAP-MRF (Maximum a Priori – Markov Random Field) kombinációjú automatikus feldolgozási módszert. Xiajun és mtsai (2005) városi környezetben tesztelt három klasszifikációs módszert és legjobbnak az ECHO-t (Extraction and Classification of Homogeneous Objects) találták (73,4% pontosság), a GML (Gaussian Maximum Likelyhood – 73,1% pontosság) és már említett SAM (66,8%-os pontosság) mellett. Megjegyzik azt is, hogy a SAM esetében a gyümölcsös és erdőterületek elkülönítése okozta a hibát, a többi kategóriában sokkal jobb eredményt produkált – összhangban a korábbiakban tett kijelentéssel.

A sokféle kiértékelési módszer és a feldolgozott felvétel jellege, készítésének időpontja tehát különböző eredményeket fog produkálni, ami a generált folthatárok esetlegességét, bizonytalanságát jelentheti. Azt is kijelenthetjük, hogy nincs olyan módszer, aminek alkalmazásával biztosak lehetnénk abban, hogy a kapott eredmény a legpontosabb. A gond az osztályozás megismételhetősége, pontosabban megismételhetetlensége (Shao – Wu 2008). Nem tudjuk pontosan ugyanazt végrehajtani két eltérő időpontban készült műholdfelvételen. Több kutató is felismerte ezt a problémát és keresték a megoldást. Lang és mtsai (2008) egy új nem ellenőrzött osztályozási (DALA) és néhány hagyományos más (ISODATA, minimum distance, maximum likelyhood) módszert teszteltek a megismételhetőség szempontjából. Az általuk Erdas Imagine környezetbe implementált módszer hozta a legjobb eredményt, amivel az egyetlen probléma az, hogy nem terjedt el (még?) és nem hozzáférhető. Ju és mtsai (2006) az osztályozást ún. PIF (Pseudo Invariant Feature) pontok előállításával kezdték, vagyis olyan helyeket (pixeleket) kerestek a különböző időpontban készült felvételeken, amelyeknek a korrelációja meghaladta a 0,85-öt. Ehhez PCA-t használtak és az első főkomponens (PC1) e feltételnek eleget tevő pontjait használták fel egy ellenőrzött osztályba sorolási eljárásban. Az elért pontosság 82–85% volt. A szakirodalmat tanulmányozva további módszereket is találhatunk (pl.

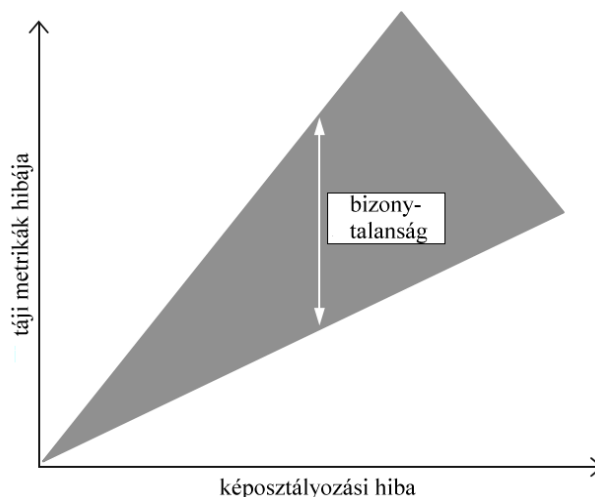
Stehman – Wickham 2003; Burai 2006; Thapa – Murayama 2009), amik nagyban hozzájárulnak a felszínborítottsági térképek pontosabb előállításához.

A különböző klasszifikációs módszerek a felszínborítottság szempontjából megbízható, ám tájmetriailag bizonytalanabb adatot állítanak elő: a képződő kategóriák foltjainak a pontos határa bármilyen jó módszerrel is esetleges lesz a felvételek eltérő információtartalma miatt. Hiába készül a felvétel a soron következő években pontosan ugyanabban az időpontban, a tenyészedőszak kezdete, a hőösszeg, a csapadék időbeli eloszlása, a talaj nedvességtartalma stb. függvényében a növényzet biztosan eltérő fejlettségi állapotban lesz. Épp ezért kell nagyon vigyázni a műholdfelvételekből származtatott felszínborítási térképekkel, amikor kitűzzük a vizsgálat célját. Az így kapott térkép jó lehet arra, hogy a tájváltozásokat kategóriák szintjén évenként összehasonlítsuk, azonban a körvonalak bizonytalansága miatt óvatosan kell kezelni az alakra, az alak módosulására vonatkozó elemzéseket: nem tudhatjuk, hogy a néhány pixelnyi változás valóban változás-e, vagy csak az osztályozás bizonytalanságát látjuk. Emellett persze azt is látni kell, hogy a műholdfelvételek (és légifotók) biztosíthatják a legmegfelelőbb alapot a felszínborítottsági adatbázisokhoz. Ha egy pillanatnyi állapotot akarunk rögzíteni, akkor a fenti problémák nem jelentenek gondot, ha viszont az évek során lezajlott változásokat akarjuk megállapítani – ami gyakori igény –, már el kell gondolkodni a különböző időpontokra kapott eredmények összevethetőségén. Az is igaz, hogy mindez kategóriafüggetlen: egy erdő esetében kevésbé problémás, mint egy olyan felszínborítási osztálynál, melynek a levélfelületi indexe az év folyamán jelentősen változik.

Feltűnő, hogy a szakirodalomban kevés az olyan témájú cikk, melyek célkitűzése a különböző osztályozási technikákkal nyert tájfoltok alakjaterületi, vagy elhelyezkedésük jellegzetességeinek a vizsgálata lenne. Ezekből mutatok be – mint gyakorlati alkalmazást – néhány jelentősebbet. Mas és mtsai (2010) egy 2003-ban készült LANDSAT felvételen végeztek el a képosztályozást különböző paraméterezésű szegmentációs és pixel alapú (maximum likelihood) technikával, majd megvizsgálták, hogy a kapott eredmények milyen hatással vannak a tájmetriai mérőszámokra. Megfigyelésük szerint az egyes klasszifikációkban a kisebb foltok eltűnhetnek, megjelenhetnek, a nagyobbak szeparálódhatnak, vagy összeköttetésbe kerülnek egymással, ami természetesen hatással van a táji metrikákra is, olyan mértékben, ami már az elemzések hitelességét is megkérdőjelezi. Brown és mtsai (2004) LANDSAT MSS és TM felvételek nem ellenőrzött osztályozással (ISODATA) nyert kategóriáit interpretálták, majd dolgozták fel tájmetriai szempontból. A kapott eredményeket befolyásolta (azaz növelte a táji metrikák variabilitását) a levegő páratartalma (a felvétel készítésekor) és az eltérés növényzet szezonális változásai miatt (lásd bővebben az előző bekezdésben), emellett az utólagos átalakítások (pl. a különálló szórt pixelek szűrése) nem javították a pontosságot, sőt még akár rontották is. Felhívják a figyelmet arra, hogy az összehasonlításhoz elengedhetetlen, hogy a felszínborítási kate-

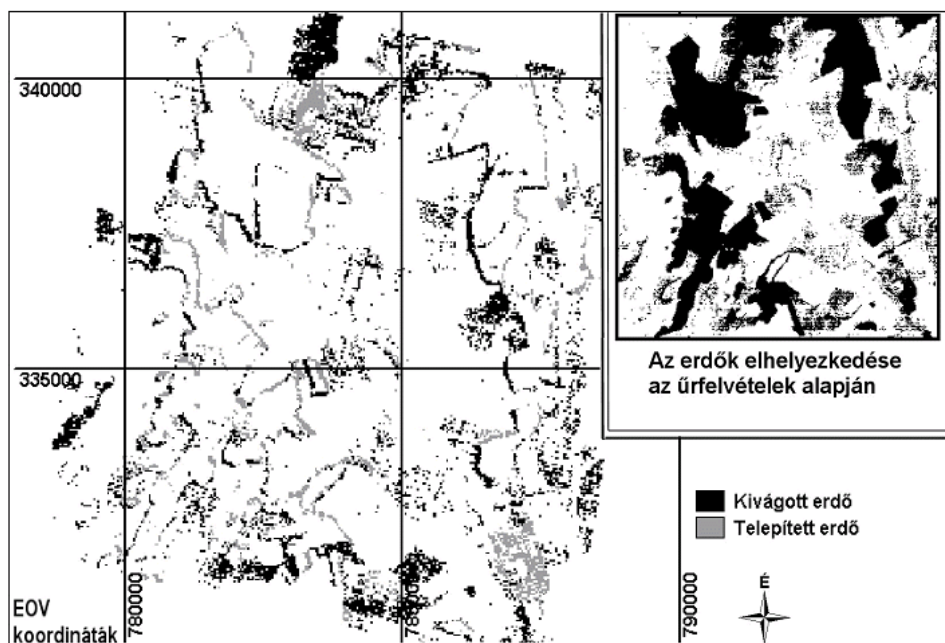
góriák pontosan ugyanazt jelentsék minden esetben: pl. mi számít erdőnek, vagy bokros területnek, ligetnek, gyepeknek (pl. hány százaléka lehet/legyen fa).

Ezek a pontatlanságok természetesen különböző mértékben befolyásolják a táji metrikákat is. Shao és Wu (2008) szerint az osztályozásból származó hiba exponenciális hibát eredményez a mérőszámokban (így ezzel együtt a bizonytalanságban; 3. ábra). Kifejezetten azok a mérőszámok érintettek, melyek figyelembe veszik a foltok területét (a folt határának a változatai a különböző interpretációkban), vagy a foltok közötti távolságokat (a foltok szeparáltan/elkülönülten jelennek meg, vagy egyáltalán megjelennek-e az egyes osztályozási módszerek eredményeként).



3. ábra. A képosztályozás és a tájmetriai mérőszámok hibájának kapcsolata (az y tengely szemilogaritmikus skálájú; Forrás: Shao – Wu 2008).

A légifotók és műholdfelvételek lehetséges tartalmi hibái mellett meg kell említeni a georeferálás és/vagy ortorektifikáció miatti hibát is. Sík területen nem befolyásolja lényegesen a geometriai pontosságot a domborzat miatti torzulás, azonban élénk reliefű területeken már igen. Ilyen esetekben a domborzat figyelmen kívül hagyása (vagyis az ortorektifikáció elmaradása) cleve geometriai hibát okozhat. Emellett szintén pontatlan adatbázis kialakításához vezethet az, ha nincs elegendő illesztő pontunk (GCP), ami nagy, egybefüggő erdőségek esetében nem ritka. Ha az adatbázist csak egy időpontban akarjuk feldolgozni, akkor ezek a hibák kevésbé fontosak a tartalmi pontossághoz képest, azonban amikor több időpontban akarjuk a változás mértékét meghatározni, hamis eredményt kapunk. Szabó (2006) munkájában erre találhatunk példát: a helytelen georeferálás miatt tapasztalható hibára hívja fel a figyelmet az általa 10 év (1986 és 1996) eltéréssel vizsgált erdőfoltokban (4. ábra – míg az egyik oldalon erdőtelepítés, a másik oldalon erdőirtás látszik, holott csak a két LANDSAT-TM felvétel nem fedi egymást tökéletesen).



4. ábra. Helytelen georeferálás eredménye egy cserhádi mintaterületen. (Forrás: Szabó 2006)

2.3. Corine Land Cover Program

Légifotók és műholdfelvételek interpretációjával vektoros digitális adatbázisok állíthatók elő. Hazánkban a CORINE Land Cover (a továbbiakban CLC) program keretében készült felszínborítottsági adatbázisok érhetők el különböző árfekvésben a méretarány függvényében. Az adatbázis kialakítását az Európai Unió indította el 1985-ben azzal a céllal, hogy hozzanak létre egy olyan felszínborítottsági adatbázist, mely alkalmas az időbeli változások nyomon követésére.

A program a CLC100 elkészítésével kezdődött. A „100” az $M = 1:100\,000$ méretarányra utal, a feldolgozás alapját pedig az 1990–1992 közötti időszakból származó LANDSAT TM műholdfelvételek képezték (az elkészült adatbázis a későbbiekben a CLC1990 nevet kapta az állapotfelvétel éveire utalva). Az interpretáció főliákra történt, amit aztán beszkenkeltek és ezt vektorizálták. A legkisebb térképezet egység 25 hektáros, vagyis pl. 500×500 méteres mezőgazdasági táblák kerültek térképezésre. A vonalas elemek esetében 100 méteres szélesség kellett ahhoz, hogy rákerüljenek a térképre. Nemzetközi szinten 44 területhasználati kategória elkülönítése történt meg, amiből hazánkban nem fordul elő mindegyik: pl. olajfa ültetvény; han-

gafüves, harasztos terület; homokos tengerpart. A geometriai pontosság, a megengedhető RMS hiba mértéke 100 méter, a tematikus pontosság 85%-os. A hivatalos közlések szerint az adatbázis pontossága 87%-os (Mari – Mattányi 2002; Büttner – Mari 2004; European Commission DGXII, 2000 in Schmit et al. 2006)

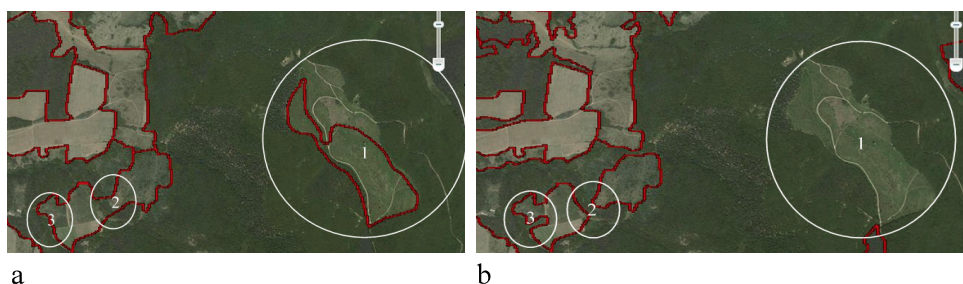
A felszínborítottság térképezésében a következő lépcső a CLC50 elkészítése volt, mely 1998–1999-ben készült el SPOT-4 felvételek interpretációjával. Ez az adatbázis 1:50 000 méretarányú, legkisebb térképezett egysége 4 hektár, vagyis szabályos alakzatokban gondolkodva egy 200×200 méteres mezőgazdasági parcella, vagy egy 225 méter átmérőjű kerek erdő kerülhetett fel a térképre; állóvizek esetében ehhez már elegendő volt az 1 hektáros méret is. A lineáris elemek minimum 50 méteres szélességtől kerültek be az adatbázisba (ne feledjük, hogy az 1:50 000 lépték mellett ez 1 mm széles elemeket jelent). A CLC100 44 kategóriáját egy további (4.) szinttel egészítették ki, így összesen 79 kategóriára bővült a tematikus tartalom. A megengedett RMS hiba mértéke 20 méter alatti, a tematikus pontosság 90%-os (Büttner et al. 2004). Továbblépést jelentett a CLC100-hoz képest a külső minőség-ellenőrzés, melyet a nemzeti park igazgatóságok, valamint a növényegészségügyi és talajvédelmi szolgálatok végeztek el (Büttner et al. 2002).

2000-ben, a CLC1990 sikeres és széleskörű alkalmazása nyomán merült fel annak igénye az EU döntéshozóiban, hogy fel kellene újítani a meglévő 1:100 000 méretarányú adatbázist és elkészíteni a változások térképét is (de Lima 2005). A változások kimutatásához előbb – alkalmazkodva a fejlettebb feldolgozási környezet-hez – az 1990-es felvételeket újrakorrigálták: az RMS hiba maximális értéke 25 méter alatti lehetett és a felvételek ortokorrekciónak is elvégezték, míg 1990-ben még csak hasonlósági transzformációt alkalmaztak. Az adatbázist 1999–2001 közötti ortokorrigált Landsat-7 felvételek alapján készítették el, felhasználva a CLC50-et, generalizálva annak tartalmát. A CLC2000 kategóriáinak a megbízhatósága $87 \pm 0,8\%$ -os, melyen belül a folyók, tavak, szántók, erdők, gyepek pontossága kiváló és jó, a szőlőké elfogadható, a gyümölcsösök és komplex mezőgazdasági területeké alacsony (Büttner – Maucha 2006).

A szakirodalomban számos példa van a CLC-adatbázisok alkalmazására (Kovács 2006; Csorba 2007; Erdős et al. 2007; Jombach 2007; Balázs 2008; van Dessel et al. 2008; Szilassi 2007; Szilassi 2008; Durai 2009, Feranec et al. 2009), ezek közül Kollányi (2008) és Barczy et al. (2008) munkáiban konkrét javaslatot találunk a CLC100 és CLC50 tájértékelésben való felhasználására. Csorba (2008) a CLC-adatbázisok megjelenését a tájökológiai kutatások mérföldköveként értékeli.

A CLC adatbázisok tájmetriai hasznosítása elterjedt, azonban azt is látnunk kell, hogy még az újabban készülőekkel is vannak problémák. Tudjuk, hogy a kisebb lépték felé óhatatlanul generalizálni kell a térképi tartalmat, így nem lehet kétséges, hogy eltérő eredményeket fogunk kapni a különböző adatbázisok használata mellett. Az 5. ábrán ugyanazt az Aranyospusztát melletti területet mutatom be a CLC2000

(a) és a CLC50 (b) esetében a Google Earth-re vetítve (melynek helyzeti pontossága Európában kb. 21 m; *Potere*, 2008).



5. ábra. Példa a CLC2000 (a) és a CLC50 (b) adatbázisból. 1: hiányzó területhasználati egység; 2: egybefüggő és különálló foltok; 3: geometriai pontosság (Forrás: Google Earth, CLC2000, FÖMI)

Az 1-es számú körön belül jól látszik, hogy a Google Earth 2003-as felvételén egy nagy tisztás van, ami a CLC2000-re részben, a CLC50-re egyáltalán nem került fel. Példaként bemutatom, hogy mi az oka: helytelen interpretáció, vagy az azóta bekövetkezett változások? Egy 2000-ben készült légifotón a tisztás látszódik, bár nem ugyanabban a kiterjedésben, mint a Google Earth 2003-as felvételén (6. ábra/a). A CLC2000 alapjául szolgáló Landsat-7 felvételen (mely ingyenesen letölthető az Image2000 Project honlapjáról) látszódik a tisztás, azon belül is határozottan elkülönül az adatbázisba is bekerült rész, azonban jól lehatárolható az 6. ábrán (c) látszó maradvány rész is – igaz más színnel. Az oka nehezen deríthető ki, de feltehetően a légifotón is látható eltérő fajösszetételű vegetáció jelenik meg a multi-spektrális felvételen. A régebbi, 1998–1999-es SPOT-4-es felvételeket használó CLC50 esetében azonban a tisztásnak nyoma sincs (6. ábra/a), az viszont itt is látszik, hogy a még meglévő erdő fajösszetétele eltér környezetétől.



6. ábra. A kérdéses tisztás egy 1998-as SPOT-4-es felvételen (a), egy 2000-ben készült légifotón (b) és egy 2000-es Landsat-7-es felvételen (c). (Forrás: FÖMI, Image2000)

Ebből az egyszerű vizuális értékelésből is jól látszik, hogy mind a geometriai, mind a tematikai pontosság az adott időpontban jó, azonban az 1–2 éves időbeli különbsége a felhasznált adatoknak már a felszínborítás változásait mutatja.

A 2-es számú körrel jelzett területen ugyanaz a folt a CLC2000-ben egy foltot képez, a CLC50-ben kettőt. Ennek oka az, hogy a CLC2000-ben a minimális térképezett terület 25 ha, így a 17 és 18 ha területű foltok csak együtt, egy 36 ha-os poligonként jelenhetnek meg (a különbség oka a közbülső terület és a határvonalak eltérése).

A 3-as számú körön belül a geometriai pontosságra hívom fel a figyelmet: a CLC50 kidolgozottabb eredményt ad, a CLC2000 kevésbé pontosan követi a foltok körvonalát, bár a legtöbb esetben tökéletes az átfedés a két adatbázis között. A kis különbségek azonban befolyásolják a végeredményt, gondoljunk csak egy egyszerű kerület, vagy terület/terület számításra.

Az eredmény megnyugtató a pontosság szempontjából, azonban a korábbiakban előre vetített számításbeli különbségeket fogja eredményezni a tájmetriai vizsgálatokban: egyes tájrészekben akár szignifikánsan eltérő eredményeket kaphatunk az elemzések során. Mindez persze csak megközelítés kérdése is lehetne: két időpontból származnak az adatbázisok, tehát változásként is felfoghatjuk a különbséget. Azonban az alapul szolgáló felvételek között időbeli átfedés van, így egyes területeken nem lesz változás, más helyeken – mint példánkban is – markáns különbségek vannak. Emellett ne feledjük, hogy a legkisebb térképezett egységek miatt eleve különbségeket találunk.

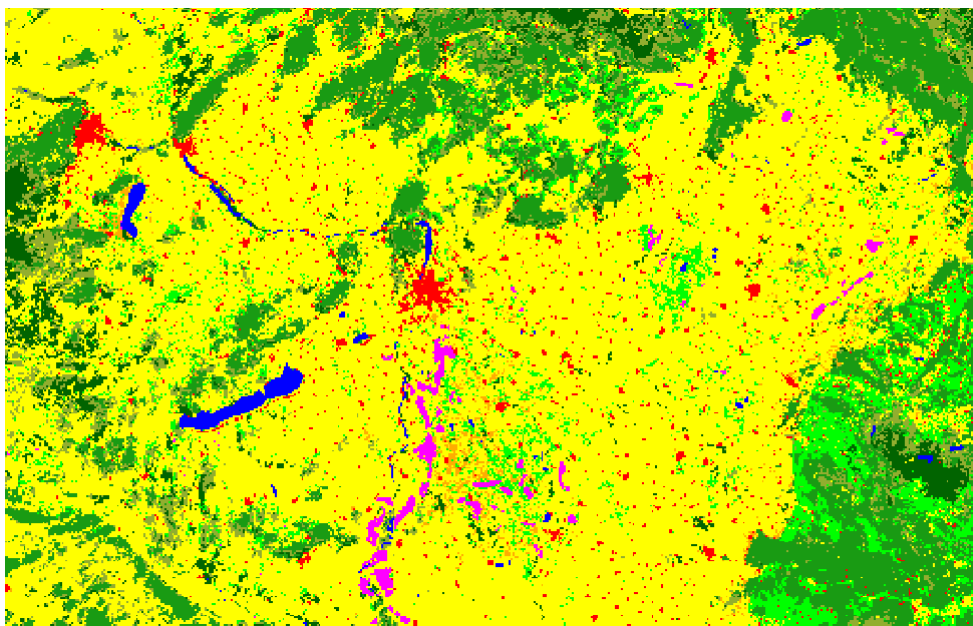
3. Egyéb adatbázisok

Nem lenne teljes a felszínborítottsági adatokról alkotott kép, ha nem szólnánk arról, hogy léteznek egyéb adatbázisok is. Ezek egy része a lépték miatt tájmetriai célokra kevésbé használható, másoknak inkább a tematikája, vagy éppen a hozzáférhetősége szab határt.

3.1. PELCOM (Pan-European Land Cover Monitoring)

Ezt az adatbázist 1996–1999 között hozták létre NOAA-AVHRR felvételek alapján 1 km-es felbontással (7. ábra) az EU 4. Keretprogram (FP4) Környezet és Energia szekciójának támogatásával. A készítés során a CORINE kategóriák homogén területei alapján jelölték ki a tanulóterületeket és használták fel a műholdfelvételek spektrális tulajdonságait a projektben alkalmazott ellenőrzött osztályba soroláshoz. Kritikaként fogalmazható meg az adatbázissal szemben, hogy az osztályba sorolás pontossága a fragmentált és kis területű foltok esetében igen kicsi (Mücher *et al.* 1998).

Az 1 km-es felbontás véleményem szerint teljesen alkalmatlan bármilyen tájmetriai vizsgálathoz, mivel éppen a foltok határvonalának a szabálytalan futása válik követhetetlenül leegyszerűsítetté, emellett a kis területű foltok éppúgy a táj részét képezik, mint a nagyok, de ezek értelemszerűen kimaradnak az ábrázolható méretből. A tájmetriai mutatók egy része abból indul ki, hogy bizonyos állatok hajlandók megtenni egy bizonyos távolságot azért, hogy eljussanak egy másik nekik megfelelő folthoz, ami sokszor csak kis területű közbülső foltokon keresztül valósul meg (stepping stones – *Kerényi 2007, Kerényi – Szabó 2007*). Ha éppen ezek nem kerülnek ábrázolásra, akkor nemcsak a foltok geometriájából kiinduló mérőszámok nem határozhatók meg, hanem a térbeli konfigurációra vonatkozók sem.



7. ábra. Magyarország területe a PELCOM adatbázisban.

3.2. *MEPAR* (Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer)

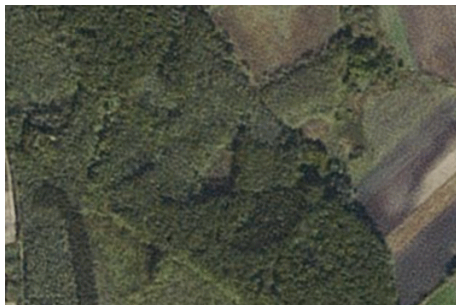
Az adatbázis a 115/2003. FVM rendelet nyomán jött létre, melynek elsődleges célja, hogy az Európai Unió és hazai forrásból finanszírozott agrár- és vidékfejlesztési támogatásokhoz biztosítson egy olyan rendszert, mely alkalmas a beérkező támogatási igények területi alapon történő nyilvántartására, valamint adatszolgáltatásra, ellenőrzésre. Alapegysége a fizikai blokk, mely időben állandó, többnyire azonos művelés alatt álló terület és terepen jól azonosítható határai vannak. A blokkon belül vannak a parcellák, amik az egy termelő által megtermelt növényfaj alapján le-

határolt összefüggő területet jelentik (tehát itt nem a tulajdonos, hanem a föld használója számít). Ez utóbbit kell a támogatási igényeknél feltüntetni, ez az ún. azonosítási alapegység. Mivel azonban a földhasználók személye, a parcellákon termelt növények fajtája, ezzel együtt a parcella területe évről évre változhat és a változás nyomon követése nem megoldható, a földterület azonosításának kerete mégis a nagyobb területű, de kevésbé változékony fizikai blokk (Csornai *et al.* 2004; Mikus *et al.* 2007).

Tematikailag 6 típusba sorolták a fizikai blokkokat: szántóföld; önálló blokkot alkotó legelő, gyepek, fás legelő (ahol a fáktól a terület 90%-a még legeltethető); gyümölcs, szőlő, faültetvények; a volt zártkerteknek megfelelő vegyes állandó mezőgazdasági művelésű területek; összefüggő erdő (gyeppel, legelővel együtt); beépített területek (Csornai *et al.* 2004). A tematikus tartalom tehát megfelel a rendszer céljának, de a tájmetriai vizsgálatokhoz túl általános. Egy-egy felszínborítási egység sokkal jellemzőbb alakú, ha több kategóriára bontva vizsgáljuk. Ha például egy kategóriába vonjuk össze az összes erdőtípust csak azért, mert összefüggő nagy területet borít, akkor ide fognak kerülni az ültetett nyárasok (melyek körvonala rendszerint szögletes – 8. ábra) és a természetközeli erdők (melyek határvonala lekerekített – 9. ábra), ami az osztályszintű tájmetriai mutatóknál az értékek torzulásához vezet (mivel azok rendszerint a foltszintű értékek számtani vagy súlyozott közepei).



8. ábra. Példa a telepített erdők körvonalára.
(Forrás: Google Earth)



9. ábra. Példa a természetközeli erdők körvonalára. (Forrás: Google Earth)

A MePAR fizikai blokkjai nem minden esetben tesznek eleget a tájmetriai vizsgálatokban elvárt geometriai kívánalmaknak. A nyilvántartásban érthető okokból a művelt területekre összpontosítanak, míg a művelés alatt nem állók kevésbé igényesen kerültek be. Az elemzés szempontjából félrevezető lehet, ha pl. az erdőön belüli tisztások, vagy éppen a tisztáson belüli erdőfoltok kimaradnak az elemzésből. A 10. ábrán látható 1-es számú körben a blokkon belül egy nagy területű tisztást nem ábrázoltak, ami nyilvánvalóan hibás eredményt adna az elemzések során. A 2-es számú körrel egy olyan területet jelöltem meg, ahol a blokkhatárok nem követik a terü-

lehasználatot (ez esetben a felszínborítottságot sem), ami a geometriai tulajdonságok mérőszámainak kérdőjelezi meg a használhatóságát. A 3-as számú körön belül kék színnel vannak jelölve a nem támogatható területek határai, amiknek a geometriai pontossága korrekt, ám tematikailag nem tudni mi a folt típus. A 4-es számú körrel jelölt területen azonos területhasználatú területek vannak több blokkra bontva – a tájmetriai vizsgálatok szempontjából (legalábbis ebben a formában) indokolatlanul.



10. ábra. Részlet a MePAR fizikai blokkjairól. 1: a blokkon belül nincs elkülönítve a tisztás; 2: a blokkok határa nem követi a felszínborítottságot; 3: a blokkon belül a bokros-fás területek jól el vannak határolva; 4: azonos területhasználatú terület több blokkban.

(Forrás: www.mepar.hu)

A MePAR, mint adatforrás tehát sem geometriailag, sem tematikailag nem alkalmas arra, hogy tájmetriai vizsgálatokat végezzünk vele, bár léptéke alapján megfelelő lehetne még a nagyméretarányú vizsgálatokhoz is. Meg kell jegyezni azonban, hogy még ha alkalmas lenne, akkor sem használhatnánk, mivel az adatbázis nem nyilvános, nem megvásárolható, az interneten hozzáférhető verzió pedig nem alkalmas arra, hogy geoinformatikailag feldolgozható legyen.

4. Összegzés

Mint láthattuk számtalan lehetőségünk van arra, hogy felszínborítottsági adatbázist állítsunk elő, vagy vásároljunk. Az is világossá válhatott, hogy minden szempontnak megfelelő eredmény nem érhető el, a hibalehetőség mindig fennáll, melynek mértékét ismernünk kell a kutatás tervezési fázisában. Az alkalmazhatóságra és lehetséges hibákra nézve a következő összegző megállapításokat tehetjük:

- légifotók esetén a hibák a szkennelést követő georeferálás/ortorektifikáció hibájából (geometriei pontosság) szubjektivitásból (osztályba sorolási hiba) adódhatnak,
- műholdfelvételek esetén az alkalmazhatóság határa kb. 30 m, a hibák oka georeferálás/ortorektifikáció (geometriei pontosság) és a feldolgozáshoz használt módszer (osztályba sorolási hiba ÉS a pixelek besorolásával együtt a foltok geometriei hibája);
- a CLC adatbázisok hibája a kisebb lépték felé fokozatosan nő a térképi generalizáció miatt.

A fenti problémák nem kerülhetők meg csak azzal, ha mi magunk interpretáljuk a vizsgálandó területet, de ennek a módszernek is vannak hibalehetőségei:

- nagy helyismeretre és rendszeres terepbejárásra van szükség a helyes tematika előállításához;
- csak kisebb területeken kivitelezhető, nagy területre akár éveket is igénybe vehet;
- soha nem kerülhető meg a szubjektivitás a legnagyobb körütekintés mellett sem.

A tanulmány a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

Irodalom

- BALÁZS B. 2008. A Corine LC 50 felszínborítási adatbázis használhatóságának vizsgálata egy kis kiterjedésű mintaterületen, Heves külterületén. In: Szabó V. – Orosz Z. – Nagy R. – Fazekas I. szerk: IV. Magyar Földrajzi Konferencia kötete. Debrecen, pp. 258–262.
- BARCZI A., CSORBA P., LÓCZI D., MEZŐSI G., KONKOLYNÉ GYÚRÓ, É., BARDÓCZYNÉ SZÉKELY E., CSIMA P., KOLLÁNYI L., GERGELY E., FARKAS SZ. 2008: Suggested landscape and agri-environmental condition assessment. *Tájökológiai Lapok* 6: 77–94.
- BARSI Á. 1996: Thematic Classification of a Landsat Image Using Neural Networks. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* 31 (B3): 48–52
- BARSI Á. 2000: The impact of data compression and neighborhood information on the classification accuracy of artificial neural networks. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* 33 (B7/1): 140–147.

- BROWN, D. G., ADDINK, E. A., DUH, J.-D., BOWERSOCKS, M. A. 2004: Assessing uncertainty of in spatial landscape metrics derived from remote sensing data. In: Lunetta, R., Lyon, J. G. eds.: *Remote Sensing and GIS Accuracy Assessment*, CRC Press, Boca Raton
- BURAI P. 2006: Földhasználat-elemzés és növény-monitoring különböző adattartalmú és térbeli felbontású távérzékelte felvételek alapján. *Agrártudományi Közlemények* 22: 7–12.
- BURAI, P., LÉNÁRT, CS., BÍRÓ, T. 2008: Spectral characterization and mapping of sugar beet disease. *Cereal Research Communications* 36: 811–814.
- BÜTTNER GY., MARI L. 2004: A felszínborítás változásának fő típusai a Corine Land Cover európai adatbázisa alapján. II. Magyar Földrajzi Konferencia, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, CD-kiadvány 12 p.
- BÜTTNER, G., MAUCHA, G. 2006. The thematic accuracy of Corine Land Cover 2000: Assessment using LUCAS (land use/cover area frame statistical survey). EEA Technical Report No 7/2006 85 p.
- BÜTTNER, G., MAUCHA, G., BÍRÓ, M., KOSZTRA, B., PETRIK, O. 2004: National CORINE Land Cover mapping at scale 1:50.000 in Hungary. In: Workshop CORINE Land Cover 2000 in Germany and Europe and its use for environmental applications, 20–21 January 2004, Berlin, UBA Texte 04/04, ISSN 0722–186X, pp. 210–216.
- BÜTTNER, GY., BÍRÓ, M., KOSZTRA, B., MAUCHA, G., PATAKI, R., PETRIK, O. 2002: Construction of a large scale (1:50k) land cover database in Hungary. GSDI 6 „From Global to Local”, Budapest <http://www.gsdi.org/gsdiconf/gsdiconfproceedings/gsd-6/gsd-6.php> (letöltve: 2009. július)
- BÜTTNER, GY., MAUCHA, G., BÍRÓ, M., KOSZTRA, B., PATAKI, R., PETRIK, O. 2004: National land cover database at scale 1:50000 in Hungary. *EARSeL eProceedings* 3 (3): 8 p.
- CSORBA P. 1999. Tájökológia. KLTE, Debrecen, 113 p.
- CSORBA, P. 2008. Potential applications of landscape ecological patch-gradient map sin nature conservational landscape planning. *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment Series* 2 (2): 160–169.
- CSORNAI G., CSONKA B., ZELEI GY., MARTINOVICH L., KOCSIS A., TIKÁSZ L., LÁSZLÓ I., BOGNÁR E., CSEKŐ Á. 2004. A Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer (MePAR). *GIS Open Konferencia*, CD-kiadvány
- DE LIMA, M. V. N. 2005: Image2000 and CLC2000 Products and Methods – CLC updating for the year 2000. DG – Joint Research Centre, Ispra p. 150.
- DE SMITH, M. J., GOODCHILD, M. F., LONGLEY, P. A. 2008. Geospatial Analysis – a comprehensive guide to principles, techniques and software tools. 2nd edition, online version: <http://www.spatialanalysisonline.com/output/>
- DURAI B. 2009: Tájdinamikai vizsgálatok – A tájhasználat-változás és regenerációs potenciál összefüggéseinek modellezése. PhD dolgozat, Szegedi Egyetem, Szeged 136 p.
- EEA Technical Report No 17/2007: CLC2006 technical guidelines. ISSN 1725–2237. 66 p.
- EIONET website: European Topic Centre on Land Use and Spatial Information. Corine Land Cover 2006. <http://etc-lusi.eionet.europa.eu/CLC2006/> (letöltve 2009. május)
- ERDŐS S., SZÉP T., BÁLDI A., NAGY K. 2007: Mezőgazdasági területek felszínborításának és tájszerkezetének hatása három hazai madárfaj gyakoriságára. *Tájökológiai Lapok* 5 (1): 161–172.
- European Commission DGXII, 2000: PELCOM: development a consistent methodology to derive land cover information on a European scale from remote sensing for environmental modelling. Final Report. 299 p.
- FEGEAS, R. G., KEWER, P. M. 1977. Transfer of land use and land cover and associated maps into digital format. *Remote Sensing of Electro Magnetic Spectrum* 4 (4): 55–66.

- FERANEC, J., KOPECKA, M., VATSEVA, R., STOIMENOV, A., OTAHEL, J., BETAK, J., HUSAR, K. 2009: Landscape change analysis and assessment (case studies in Slovakia and Bulgaria). *Central European Journal of Geosciences* **1** (1): 106–119.
- FITZPATRICK-LINZ, K., CHAMBERS, M. J. 1977: Determination of accuracy and information content of land use and land cover maps at different scales. *Remote Sensing of Electro Magnetic Spectrum* **4** (4): 41–54.
- FRAUMAN, E., WOLFF, E. 2005: Segmentation of very high spatial resolution satellite images in urban areas for segments-based classification. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. **36**: 4 p.
- FÜLÖP S., DÖMÖTÖRFY Zs., POMOGYI P. 2006: A mocsári növényzet állapotának GIS alapú térképezése a Kis-Balaton Védőrendszer Ingói-berkében. *Földrajzi Értesítő* **55** (1–2): 37–51.
- GIROUARD, G., BANNARI, A., DESROCHERS, A. 2004: Validated Spectral Angle Mapper Algorithm for Geological Mapping: Comparative Study between Quickbird and Landsat-TM. *ISPRS Congress*, Istanbul.
- HARGITAI H., KARDEVÁN, P., HORVÁTH, F. 2006: Az első magyarországi képkalkáló spektrométeres repülés és adatainak elemzése erdtípusok elkülönítésére. *Geodézia és Kartográfia* **58** (9): 21–34. http://www.geo.info.hu/gisopen/cd_2004/eloadasok/Csornai_G.pdf (letöltve 2009. május)
- JOMBACH S. 2007 : Adalékok tájkarakter térképezéséhez Firtos térségében. Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, BCE Tájépítészeti Kar, Budapest, pp. 84–85.
- JOSHI, P. K., GUPTA, B., ROY, P. S. 2008. Spectral evaluation of vegetation features using multi-satellite sensor system (Terra ASTER, LANDSAT ETM+ and IRS 1D LISS III) in man made and natural landscape. *Sensors* **28** (1): 52–61.
- JU, C-L., CHEN, C-F., CHANG, L-Y., CHANG, H. Y. 2006: Multi-temporal satellite image classification using spectral class database. *Proceedings of 27th Asian Conference on Remote Sensing*. Ulanbataar, Mongolia
- JUSTICE, C. O., TOWNSEND, J. 2002: Special issue on the moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): a new generation of land surface monitoring. *Remote Sensing of Environment* **83** (1–2): 1–2.
- KERÉNYI A., SZABÓ G. 2007: Human impact on topography and landscape pattern in the Upper Tisza Region, NE-Hungary. *Geografica Fisica et Dinamica Quaternaria* **30**: 193–196.
- KERÉNYI A. 2007: Tájvédelem. Pedellus Tankönyvkiadó, Debrecen, 184 p.
- KOLLÁNYI L. 2008: Tájí indikátorok alkalmazási lehetőségei a környezetállapot értékeléséhez. Környezetállapot értékelés program – A környezetállapot értékelésének módszertani és fejlesztési lehetőségei, hatótényezőkinek vizsgálata, BKAE Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék, Budapest 30 p.
- KOVÁCS F. 2006: Tájváltozások értékelése geoinformatikai módszerekkel a Duna-Tisza közén különös tekintettel a szárazodás problémájára. PhD dolgozat, Szegedi Egyetem, Szeged 105 p.
- LANG, R., SHAO, G., PIJANIWSKI, B. C., FARNSWORTH, R. L. 2008: Optimizing unsupervised classifications of remotely sensed imagery with a data-assisted labeling approach. *Computers & Geosciences* **34**: 1877–1885.
- LIÉNOU, M., MAITRE, H., DATCU, M. 2006: Is it possible to automatically produce a Corine Land Cover map from a single Spot Image. *4th Conference on Image Information Mining*. Madrid, http://earth.esa.int/rtd/Events/ESA_EUSC_2006/page.htm (letöltve: 2009. május)
- LUCIEER, A. 2004: Uncertainties in image segmentation and their visualization. PhD Thesis. Rotterdam, Netherland, 176 p.

- MARI L., MATTÁNYI ZS. 2002: Egységes európai felszínborítási adatbázis a CORINE Land Cover program. *Földrajzi Közlemények* **126** (1–4): 31–38.
- MAS, J-F., Gao, Y., Pachecao, J. A. N. 2010: Sensitivity of landscape pattern metrics to classification approaches. *Forest Ecology and Management* **259** (7): 1215–1224.
- MEZŐSI G., FEJES CS. 2004. Tájmetria. In: Dövényi Z. – Schweitzer F. szerk. *Táj és környezet*. MTA FKI, Budapest pp. 229–242.
- MILICS, G., BURAI, P., LÉNÁRT, CS. 2008: Pre-harvest prediction of spring barley nitrogen content using hyperspectral imaging. *Cereal Research Communications* **36**: 1863–1866.
- MIKUS G., CSORNAI G., BOGNÁR E., LÁSZLÓ I., MARTINOVICH L., WIRNHABOT CS., FÉNYES D. 2007: A MePAR feladata a kölcsönös megfeleltetési rendszer (cross-compliance) térinformatikai bázisának kialakításában. In: Tóth T. – Tóth G. – Németh T. – Gaál Z. szerk.: *Földminőség, földértékelés és földhasználati információ*, Keszthely, MTA TAKI, pp. 271–275.
- MORISSETTE, J. T., PRIVETTE, J. L., JUSTICE, C. O. 2002: A framework for the validation of MODIS land products. *Remote Sensing of Environment* **83** (1–2): 77–96.
- MÖLLER, M., LYMBURNER, L., VOLK, M. 2007: The comparison index: A tool for assessing the accuracy of image segmentation. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* **9**: 311–321.
- MÜCHER, C. A., STEINNOCHER, K., CHAMPEAUX, J. L., GRIGUOLO, S., WESTER, K., LOUDJANI, P. 1998: Land cover characterization for environmental monitoring of pan-Europe. In: Proc. 18th EARSEL Symp. on Operational Remote Sensing for Sustainable development, ITC, Enschede, 11–13th May 1998, pp. 107–113.
- MUCSI, L. 2004. Műholdas távérzékelés. Libellus, Szeged, 237 p.
- NAGY, A., TAMÁS, J., BURAI, P. 2007: Application of advanced technologies for the detection of pollution migration. *Cereal Research Communications* **35**: 805–808.
- NEUBERT, M., HEROLD, H., MEINEL, G. 2006: Evaluation of Remote Sensing Image Segmentation Quality – Further Results and Concepts. In: Lang, S.; Blaschke, T. & Schöpfer, E. (Eds.): *Proceedings 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006)*, 4.–5. July 2006 Salzburg, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **36** (4)/C42, 6 p. <http://www.commission4.isprs.org/obia06/index.html>
- OROSZI V. GY., KISS T. 2006: Területhasználat változás a Maros hazai szakasza mentén a XIX. századtól napjainkig. *II. Magyar Tájökológiai Konferencia* absztrakt kötet, Debrecen, p. 19.
- POTERE, D. 2008. Horizontal position accuracy of Google Earth's High Resolution Imagery Archive. *Sensors* **8**: 7973–7981.
- SÁNDOR A., KISS T. 2008: A területhasználat változás hatása az üledék felhalmozódására, közép-tiszai vizsgálatok alapján. In: Szabó V. – Orosz Z. – Nagy R. – Fazekas I. (szerk.) *IV. Magyar Földrajzi Konferencia*. Debreceni Egyetem, Debrecen pp. 1–10.
- SCHMIT, C., ROUNSEVELL, M. D. A., LA JEUNESSE, I. 2006: The limitations of spatial land use data in environmental analysis. *Environmental Science & Policy* **9**: 174–188.
- SCHOWENGERDT, R. A. 2007: Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Elsevier, p. 515.
- SHAO, G. WU, J. 2008: On the accuracy of landscape pattern analysis using remotely sensed data. *Landscape Ecology* **23**: 505–511.
- SOUTH, S., QI, J., LUSCH, D. P. 2004. Optimal classification methods for mapping agricultural tillage practices. *Remote Sensing of Environment* **91**: 90–97.
- STEHMAN, S. V. – WICKHAM, J. D. 2003: Assessing accuracy of land-cover change data aggregated to a fixed spatial support. *Proceedings of the 7th International Conference on GeoComputation*, University of Southampton, UK

- <http://www.geocomputation.org/2003/index.html> (letöltve 2009. május)
- STOLTZ, R., BRAUN, M., RROBECK, M., WEIDINGER, R., MAUSER, W. 2005: Land use classification in complex terrain: the role of ancillary knowledge. *EARSeL sProceedings* 4 (1): 94–105.
- SZABÓ G. 2006: Kartográfiai és térinformatikai módszerek pontosságának földrajzi szempontú vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem, Debrecen, 144 p.
- SZABÓ SZ., KENYERES Z., BAUER N., GOSZTONYI GY., SÁRINGER-KENYERES T. 2008: Mapping of mosquito (*Culicidae*) breeding sites using predictive geographic information methods. *Dissertation Comissions Of Cultural Landscape – Methods of Landscape Research* 8: 255–270.
- SZILASSI P. 2007: A földhasználat és az agroökológiai potenciál közti kapcsolat elemzése GIS módszerekkel a Balaton vízgyűjtőterületén. In: Tóth T. – Tóth G. – Németh T. – Gaál Z. szerk.: *Földminőség, földértékelés és földhasználati információ*, Keszthely, MTA TAKI, pp. 169–175.
- SZILASSI P. 2008: A területhasználat változása és az agroökológiai potenciál kapcsolata a Balaton vízgyűjtőjén in CSORBA P, FAZEKAS I, (szerk) *Tájkutatás – Tájökológia* Debrecen, pp. 103–111.
- THAPA, R. B., MURAYAMA, Y. 2009: Urban mapping, accuracy, & image classification: A comparison of multiple approaches in Tsubaka City, Japan. *Applied Geography* 29 (1): 135–144.
- VAN DESSEL, W., VAN ROMPAEY, A., POELMANS, L., SZILASSI, P., JORDAN GY., CSILLAG G. 2008: Predicting land cover changes and their impact on the sediment influx in the Lake Balaton catchment. *Landscape Ecology* 23: 645–656.
- WINKLER, P. 2007: Magyarország digitális ortofotó programjai és az 1:10000 országos vektoros adatbázis. In: Tóth T. – Tóth G. – Németh T. – Gaál Z. szerk.: *Földminőség, földértékelés és földhasználati információ*, Keszthely, MTA TAKI, pp. 161–168.
- WULDER, M. A., WHITE, J. C., GOWARD, S. N., MASEK, J. G., IRONS, J. R., HEROLD, M., COHEN, W. B., LOVELAND, T. B., WOODCOCK, C. E. 2008: Landsat continuity: Issues and opportunities for land cover monitoring. *Remote Sensing of the Environment* 112 (3): 955–969.
- www.aars-acrs.org/acrs/proceeding/ACRS2006/Papers/P-3_P64.pdf
- XIAJUN, Y., ZHI, L., LIDING, C. 2005: An assessment of three image classification methods for urban landscape characterization. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 36 (8)