

MULTISPEKTRÁLIS FELVÉTELEK ALAPJÁN KÉSZÜLŐ TEMATIKUS TÉRKÉPEK MINŐSÉGE, A TEREPI FELBONTÁS ÉS A KÉPMINŐSÉG FÜGGVÉNYÉBEN

BAKÓ Gábor

Szent István Egyetem – Interspect Kft.

2100 Gödöllő, Páter K. u. 1., e-mail: bakogabor@interspect.hu

Kulcsszavak: távérzékelés, felszínborítás térképezés, természetvédelem, tájgazdálkodás

Összefoglalás: A topográfiai, felszínborítási, élőhely elemzési térképek, és egyéb térinformatikai állományok túlnyomórészt különböző légi és űrfelvételek interpretálásával készülnek. Ezek az elemzések nem mentesek a torzításoktól, hibákat tartalmaznak. Vizsgálataim során arra kerestem a választ, hogy a különböző feltérképezni kívánt felszínborítási elemek milyen felbontás-tartományú felvételekről interpretálhatók megfelelő pontossággal.

Adott mintaterületen, azonos körülmények között, azonos képi minőségben, de különböző terepi felbontással előállított légifelvétel-térképek interpretálásával vizsgáltam 29 felszínborítási kategória észlelhetőségét és lehatárolásának pontosságát. A vizsgálatot 10, 20, 50 cm terepi felbontású légifelvétel-mozaikon végeztem el és az eredményeket összehasonlítottam egymással, valamint a CORINE Land Cover 2006 kiértékelési térképével.

Kutatásom kizárólag a térbeli felbontásból adódó interpretációs különbségek vizsgálatára épül. Javaslataim megfogalmazása során nem végeztem gazdaságossági szempontokat is figyelembe vevő optimalizációt a felvétel-típusok kiválasztásához. Ezért azt a felbontás-tartományt tekintem gazdaságos felbontásnak, ahol az adott felszínborítási kategóriára vonatkozó kiértékelési torzítás már elhanyagolható, és a felbontás további növelésével már nem tapasztalható jelentős torzítás csökkenés. A vizsgálat csupán diszkrét terepi felbontás-értékeken elvégzett kísérlet, amelynek legfontosabb tanulsága az, hogy az elemezni kívánt jelenség, objektum, élőhely szerint kell megválasztani a felvételezés felbontását, amennyiben ez lehetséges. Lakott területek feltérképezésénél 1 m-nél nagyobb, ökológiai jellegű vizsgálatokhoz, és mikroklima modellezéshez 10 cm-es, vagy annál részletesebb, a közút és vasúthálózat térinformatikai adatbázisba történő felvételéhez 20 cm, vagy annál nagyobb terepi felbontású felvételeket alkalmazunk. Amennyiben természetvédelmi szempontú kárfelemeléshez térképezzük fel a tájszabvány által érintett felszíneket, 20 cm körüli terepi felbontású légifelvételekkel lehet a leg gazdaságosabban elvégezni a feladatot. Az illegális hulladéklerakók – 10 cm terepi felbontásnál részletesebb légifelvételekről térképezhetőek fel. A vadgazdálkodás a 10 cm terepi felbontású felvételeket, vagy az annál részletesebb állományokat tudja érdemben felhasználni. A füves élőhelyek elemzése 3–7 cm terepi felbontást igényel. A mezőgazdaság számára elegendőek lehetnek a 20 cm terepi felbontású felvételek de, amennyiben igazán pontos adatokra van szükség a növénybetegségek által sújtott területek, a pontosabb terméshozambecslés, meliorációs munkák előkészítése, tervezése, a munkálatok eredményének ellenőrzése szempontjából, érdemes lehet 10 cm terepi pontosságú felvételeket választani. Az erdőgazdálkodás számára meglepően pontos információ-forrást jelentenek az 50 cm terepi pontosságú felvételek, amennyiben a lombos, örökzöld, bebokrosodó cserjés, és fiatal erdőrészeket elkülönítésére szorítokunk.

Bevezetés

A természetvédelmi vizsgálatok, a szennyező források felderítése, a környezeti állapot felmérés elősegítéséhez nagymennyiségű – általában nehezen beszerezhető – térbeli adatra van szükség. Az ilyen információk állománynak, a változások nyomon követhetősége érdekében naprakésznek és archiválhatónak kell lennie. A terepi vizsgálatoknak finansziális, jogi és térbeli (pl. megközelíthetőség) korlátai vannak, bár a legtöbb esetben kétség kívül ezek a helyszíni mérések vezetnek a legpontosabb eredményhez. Bizonyos területnagyság és részletesség-igény fölött kizárólag terepi módszerekkel lehetetlen naprakészen dokumentálni a térszín állapotát (LICSÓ 2005). A nagy területre kiterjedő területhasználati, felszínborítási adatok megszerzésének egyetlen hatékony módszere

a távérzékelés (LICSKÓ 1998), azonban ez a módszer kizárólag helyszíni ellenőrzéssel, mintavételezéssel együtt szolgáltat igazán megbízható adatokat. Bármilyen távérzékelte adatról legyen is szó, a kiértékelési lehetőségek nagymértékben függenek annak felbontásától. A tapasztalatok azt mutatják, hogy jelentős kiértékelési torzulásokat okoz, ha az egyes elemzéseket nem a keresett objektum-típusnak, az adott feladatnak megfelelő felbontás-tartományban készült távérzékelte állományon végzik el (BAKÓ 2010a).

A digitális fotó-térképek – melyekkel én is dolgoztam – merőleges kameratengelyű légi felvételek speciális feldolgozásával készülnek. Egyesítik a geometriailag pontos térkép és a részletgazdag fénykép előnyös tulajdonságait. A geometriai pontosság mellett megőrzik az adott időpont felszíni információit, amelyek számos módszerrel, a legkülönbözőbb elemzési szempontok szerint kiértékelhetők (BAKÓ 2010b). Archiválva hozzáférhetőek maradnak később felmerülő, új vizsgálati szempontok alkalmazása érdekében is, térbeli változások nyomon követését, retrospektív vizsgálatokat tesznek lehetővé. Objektíven tükröznek egy adott időpontra vonatkozó valóságot. A fotó-térképezés, mint a távérzékelés többi ágazata is az egyre növekvő geometriai felbontás irányában fejlődik. Ez a tendencia pontosabb megfigyeléseket, biztonságosabb lehatárolást hoz magával. (BURAI és TAMÁS 2007a)

Vizsgálataim mintaterületét egy környezetvédelmi problémákkal sújtott vízbázist választottam, Halásztelek város Duna parti külterületén. 29, a területen megtalálható felszínborítási elem esetében vizsgáltam az interpretálhatóság és a terepi felbontás összefüggéseit a különböző felbontású felvételekből nyert felszínborítási térképek összehasonlításával. A saját készítésű légifelvételekből nyert felszínborítási adatok mellé a vizsgálatba bevontam a CORINE Land Cover 2006 mintaterületemre vonatkozó vektoros állományát is. Konkrét célom az volt, hogy kimutassam milyen különbségeket mutat az így nyert adatbázis egy nagyfelbontású, részletesebben kiértékelte adatbázisaimhoz képest, az adott mintaterület esetében.

Vizsgálataimhoz passzív távérzékelési módszerrel készítettem felvételeket. Passzív távérzékelésről beszélünk, ha nem használunk külső energiaforrást csak érzékelőket (CSORNAI és DALIA 1991) A távérzékelte adatok kiértékelési lehetőségei függenek a felvétel geometriai, radiometriai és a spektrális felbontásától (WINKLER 1975). Növeli az elemzés pontosságát, ha többféle spektrális tartományban, különböző spektrális ablakok szimultán elemzésével végezzük el azt. A spektrális ablakok olyan hullámhossz-tartományok, amelyeknél kevésbé jelentős a légkör elnyelése. (CSORNAI és DALIA 1991).

Csatornaszám alapján megkülönböztetünk

- ▶ egy csatorna: pankromatikus (PAN)
- ▶ több csatorna: multispektrális (MSS)
- ▶ kis sáv szélességű (2–10 nm), nagy csatornaszámú hiperspektrális felvételeket.

A pankromatikus felvételeknél – azonos terepi felbontás és pontosság mellett – több információt, és széleskörű kiértékelési lehetőségeket hordoznak a multispektrális és hiperspektrális felvételek. A hiperspektrális felvételek terepi felbontása általában kisebb, a multispektrális felvételek elkészítése, beszerzése viszont kevésbé költséges. A multispektrális felvételek kevesebb számú, de szélesebb sáv szélességű csatornát tartalmaznak a hiperspektrális felvételekkel szemben (BURAI és TAMÁS 2007b).

A digitális felvételek esetében is fontos a dinamikai tartomány, az árnyalatterjedelem szélessége. Amennyiben a képen található legsötétebb és legvilágosabb pont közti különbség nem elég nagy, nem létezik helyes expozíció, a felvételeken beégett, vagy árnyékos

területek jelentkeznek. Ezeken a területeken a kiértékelési lehetőségek korlátozottak. Rendkívül fontos a színhelyesség, a színvisszaadás pontossága. A normál valósszines digitális felvételek három csatornából épülnek fel. A vörös (R), zöld (G) és kék (B) csatornák együtt tartalmazzák a ~380–780 nm hullámhosszúság tartománybeli értékeket (a képkalkáló szenzor spektrális érzékenységtől, és az expozíció során beérkező sugarak hullámhosszától függően). Ezeknél a felvételeknél minden pixel színét ez a három alapszín adja. A számítástechnika és az internet jelenlegi fejlettségi szintje még csak a 24 bites színes digitális felvételek használatát teszi lehetővé szélesebb körben. A 24 bites felvételek három 8 bites csatornából épülnek fel, ahol 0–255 értéket vehet fel minden csatorna. Ezért akár $255^3=16777216$ féle színárnyalatú is lehet egy adott pixel egy 24 bites digitális felvételen. (MARKELIN és HONKAVAARA 2004)

Korunk digitális fényképezőgépei, scannerei és a modern számítógépek képesek 12–14 bites csatornákat rögzíteni és kezelni. A 3×16 , azaz 48 bites RGB felvételek esetében egy pixel 3×65536 , azaz 196608 féle színértéket vehet fel. A multispektrális felvételek esetében legtöbbször több csatornánk van háromnál, növelve a detektálható objektumok, jelenségek számát, és a kiértékelés pontosságát.

A légkör zavaró hatásai alapvetően befolyásolják a felvételek minőségét, különbségek mutakozhatnak kiértékelési lehetőségek szempontjából a levegő páratartalmának függvényében. Az ultraibolya, a látható és közeli infravörös tartományban az atmoszférikus szórás hatása jelentős. (BELÉNYESI et al 2008)

Fontos megemlíteni, hogy a különböző spektrális ablakok másként érzékenyek a légköri hatásokra. A közeli infravörös tartomány esetében például jelentősebb információcsökkenést okozhat a borult időjárás, mint a látható tartományban készült felvételek esetében. (IPAC 2007)

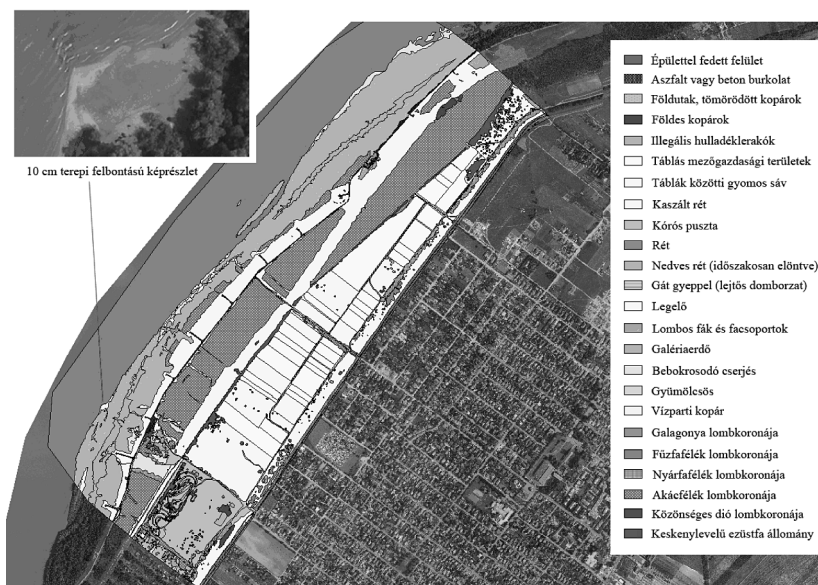
További nagyon fontos minőségi tényező a kép minősége és a kiértékelési pontosság szempontjából a jel-zaj viszony, a képvándorlás-mentesség, a geometriai pontosság, a felvételezés időszakában érvényes időjárási viszonyok, a közeghatás és a függőleges kameratengelytől való eltérés (L1 szabályzat 1977)

Anyag és módszer

A mintaterület légifényképezése

Mintaterületül Halásztelek város egyik 256 hektáros külterületi részét választottam (1.ábra), ahol a Budapest ivóvizét szolgáltató csápos kutak egy része található. A területet számos környezeti probléma terheli: illegális hulladék elhelyezés, invazív növényfajok terjedése, egy – a vízbázissal közvetlenül határos – cross versenypálya zaj és légszennyező, valamint tájatalakító hatása. Szintén terhelést jelent a juhlegeltetésből származó nitrát szennyezés.

Mivel vizsgálataim során arra kerestem a választ, hogy a terepi felbontás miként befolyásolja a valósszines és a közeli infravörös felvételek esetében a fotó-mozaikok kiértékelési pontosságát, azonos eljárással készített légifelvétel-térképet interpretáltam különböző terepi felbontások mellett 2008. július 2-án, 9:41 és 10:38 között, 13 repülési soron, 800 m relatív repülési magasságból (~900 m abszolút repülési magasság) légi-fényképeztem Halásztelek várost, és a tőle délre található repülőteret. Az összes képkockára jellemző fényképezési adatok: 50 mm fókusz távolság, 1/1500 sec záridő, 4.8 blende, és



1. ábra A mintaterület 10 cm terepi felbontású légifelvétel-mozaikjának interpretációjával előállított felszínborítási térképe

Figure 1. Land Cover Map of the sample area made by interpreting of the 10 cm field resolution aerial mosaics

ISO 200 érzékenység. A területről ekkor készült 382 felvételtől fotómozaikot készítettem, amit síkfotogrammetriai módszerrel, az 1:10.000 méretarányú EOVS topográfiai térképhez transzformáltam. Az újramintavételezésnél köbös konvolúciót alkalmaztam. A korlátozott anyagi források miatt geodéziai mérésekre nem volt lehetőség, a felvételeket kizárólag a referencia-térkép segítségével tudtam geometriailag helyesbíteni. Ezért nem ortofotó minőségű térképet, de 10 cm terepi felbontású, egy méteres terepi pontosságú légifelvétel-mozaikot nyertem. 2008. szeptember 2-án, 2009. november 25-én és 2010. március 31-én megismételt légifényképezést végeztünk. Erre azért volt szükség, hogy ellenőrizni tudjam, hogy a júliusi légifelvétel-mozaikek elemzésekor levont következtetések három hónap távlatában, és több mint egy évvel később is helytállóak-e. A 3. és 4. felvételezésre szándékosan lombmentes időszakban került sor, hogy vizsgálni tudjam a lombos és lombmentes időszakban készített légifelvételek elemzési lehetőségeinek különbségeit is. Az első és a 4. repülésre Cessna 182, a másodikra Antonov An 2, míg a harmadikra Cessna TU 206 típusú repülőgépről került sor. Az első alkalommal Nikon D 3 digitális fényképezőgéppel és Nikkor 50 mm 1.4 D objektívvel, a második alkalommal Canon EOS 1Ds Mark III, a negyedik alkalommal pedig Nikon D3X típusú digitális fényképezőgéppel és AF-S Nikkor 50 mm 1.4 G objektívvel végeztem a felvételezést. 2009. november 25. esetében Váradi Zsolt által végzett felvételezésből származó képeket használtam, a Telecopter Kft. engedélyével, és azok a felvételek RC-30 típusú analóg mérőkamerával készültek 23×23 cm méretű filmre, 152 mm fókusz távolságú objektívvel. (A 152,0 ±3 mm nagyformátumú objektív nagy látószögű objektívnek minősül a 23×23 cm filmnél (SPECIFICATION FOR AERIAL SURVEY PHOTOGRAPHY 1982), míg az 50 mm fókusz távolságú objektív normál objektív kisformátum esetében).

A CORINE 2006 felszínborítási adatbázisából származó állomány

A naprakész felszínborítási adatbázis felállítása egész Európában fontos követelmény. Mivel a CORINE Land Cover (CLC) célja Európa felszínborításának feltérképezése egységes elvek alapján 1:100.000 méretarányban, európai szinten ez a felszínborítási adatbázis szolgáltatja jelenleg az elérhető legnagyobb tematikus és geometriai felbontású információt a földfelszínborításról ([http1](http://1)). Az adatbázis gazdája az European Environment Agency (EEA). A számítógépes tematikus térkép (adat-bázis) a mesterséges felszínek, mezőgazdasági területek, erdők és félig-természetes területek, vizenyős területek és vízfelületek öt fő csoportban 44 kategóriát tartalmaz. Az adatbázis létrehozása geometriailag korrigált űrfelvételek (űrfotó-térképek) vizuális, számítógéppel segített interpretációjával történik (BÜTTNER 2004). A program átfogó térbeli adatokat szolgáltat az országos és Európai szintű döntésekhez, de sokszor nem elégíti ki a helyi szervezetek és gazdálkodók információigényét, méretarányából, így terepi felbontásából adódóan. A CORINE Land Cover 2006 esetében 20 m terepi felbontású 4 csatornás űrfelvételekből nyerték a felszínborítási információkat a mintaterületem esetében. A legkisebb térképezett terepi folt mérete 25 ha, a legkisebb térképezett vonalas elem szélessége 100 m.

A különböző terepi felbontású légifelvétel-mozaikok és a CLC 2006 összehasonlító vizsgálata

A cikk terjedelme nem teszi lehetővé, hogy nagyszámú jelenség és objektum észlelhetőségét, azonosíthatóságát, lehatárolhatóságát tárgyaljam, ezért vizsgálataim és eredményeim bemutatásánál csak néhány példára szorítkozom.

A vizsgálat kulcskérdésének megválaszolásához összehasonlítottam egymással a mintaterületről ugyanabban az időben, de eltérő térbeli felbontással általam készített légifelvételekből származtatott tematikus felszínborítási térképeket, valamint a 2006 nyarán készült űrfelvétel alapján interpretált CORINE Land Cover 2006 tematikus felszínborítási térképrészletet. A légifelvétel-térképeket Arcview 3.2 InterView 2000 szoftverrel értékeltem ki, vizuális módszerrel. A szoftvert a Földmérési és Távérzékelési Intézet Környezetvédelmi Távérzékelési Osztálya bocsátott a rendelkezésemre. A CLC 2006 felszínborítási térképrészlet felhasználását a FÖMI Környezetvédelmi Távérzékelési Osztálya engedélyezte. A kiértékelés során többszöri terepbejárást és helyszíni ellenőrzést végeztem. Ha elfogadjuk, hogy a 10 cm terepi felbontású fotó-térkép interpretációjával nyert vektoros állomány a legpontosabb jelenleg elérhető térbeli adatbázis a területről, akkor ehhez viszonyíthatjuk a kisebb terepi felbontású (20 és 50 cm) azonos időpontban készült fotó-térképek kiértékelési torzulásait.

Az interpretált légifelvételek terepi pontossága jobb, mint 1 m, ezért a minimális térképezett terepi folt (MMU) méretét 1 m²-ben, a legkeskenyebb térképezett elem szélességét pedig 0,5 méterben állapítottam meg. A CORINE Land Cover 2006 esetében az MMU nagyon meghatározza a vektoros felszínborítási térkép részletességét. A CORINE térképek tekintetében elmondhatom, hogy a mintaterületemre vonatkozóan meglepően pontos volt az erdők lehatárolása, ugyanis a kis terepi felbontást valamelyest ellensúlyozza az alkalmazott űrfelvétel közeli infravörös spektrális csatornája, a terepi mintavételezés, a modern feldolgozási eljárás és az energia, amit a kiértékelésbe fektetnek. Sajnálatos azonban, hogy a CORINE esetében a felbontás és az MMU szabta korlátok miatt elvész, azaz más kategóriába sorolódik be minden 25 hektárnál kisebb felszínborítási elem. Így

egyes felszínborítási kategóriák területe nagyobb lesz, más kategóriáké csökken, vagy meg sem jelenik, a terepi valósághoz képest.

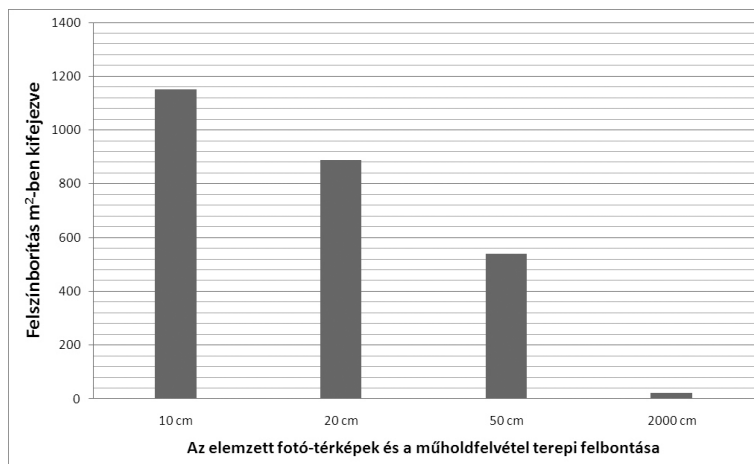
A 2008.07.02-án készített 10 cm terepi felbontású légifelvételimből előállított EOVS légifelvétel-mozaik képi minősége kiváló, ami azt jelenti, hogy észlelhető felhőárnyék, képzaj, színtorzulás nem terheli az elemzett raszter állományt. A felvételeknek kizárólag a felbontását csökkentve 20 és 50 cm terepi felbontású légifelvétel-mozaikokat nyertem, amelyeken elvégeztem az interpretációt, ahogyan az eredeti 10 cm terepi felbontású légifotó-mozaikon is. A 2006-os CORINE felszínborítási adatbázisból a mintaterületre leválogatott, teljesen kész, vektoros felszínborítási térkép két évvel korábbi állapotot rögzít, de 2006 és 2008 között (a CORINE 1:100.000-es léptékében szemlélve) nem történt a területen jelentős változás.

Eredmények

Az interpretálhatóság összefüggése a felbontással

Vizsgálataim eredménye többféle hiba és torzítás-lehetőségre hívja fel a figyelmet, melyeket felszínborítási típusonként mutatok be.

Az épületek és mesterséges objektumok által lefedett felületek összegének tekintetében megállapítható, hogy nagyon félrevezető eredményt nyújthatnak a kisfelbontású távérzékelte állományokból nyert alapadatok. A 2. ábrán a négy diszkrét felbontási érték esetén jól megfigyelhető, hogy minél nagyobb földfelszíni terület képződik le egy pixelen, az ember alkotta objektumok (épületek, vízügyi műtárgyak és egyéb építmények) annál jobban belemosódnak a környezetükbe, kevert pixelek formájában.



2. ábra Az épületek által fedett területek felismerésének, lehatárolásának eredménye különböző terepi felbontású felvételekből kiindulva

Figure2. Area of identified buildings on aerial photographs at different field resolution

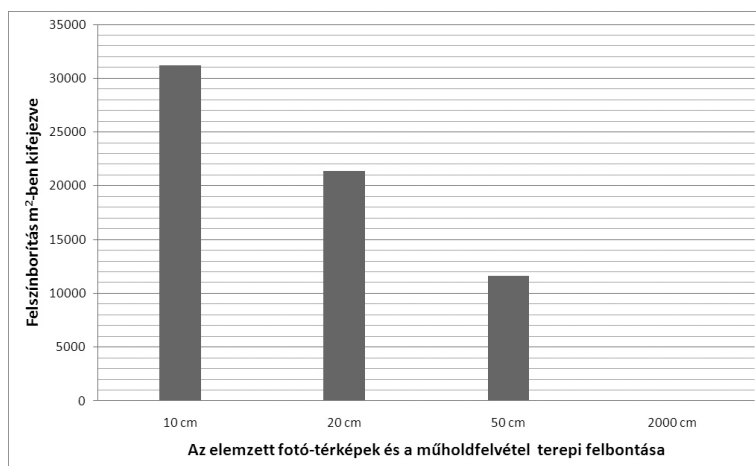
Amennyiben nem az egyes épületeket, hanem a lakott területeket, ipartelepeket, úthálózattal és épületekkel sűrűn borított felszíneket vizsgáljuk, az elemzés hibái ellenkező irányba tolódnak el. Az épületek közötti zöldfelületek, kopárok és egyéb,

kis-, vagy keskeny területet lefedő kategóriák kerülnek szilárd burkolattal és épülettel lefedett talaj kategóriába a kis felbontású felvételek elemzése során. Pedig az ilyen felszínnek területösszege jelentős lehet ökológiai, vagy esetleg mikroklíma folyamatok modellezésekor.

Az aszfaltozott, vagy beton burkolattal lefedett utak, terek, gyárudvarok esetében még több elemzéstorzítási lehetőség adódhat, hiszen annál a terepi felbontásnál, ahol a vonalas létesítmények szélessége már kisebb, mint a legkisebb térképezett vonalas elem szélessége, ez a felszínborítási kategória nem felismerhető, és ezáltal nem lehatárolható. A vonalas létesítmények térképi szimbóluma általában adott vastagságú vonal. Ügyelni kell arra, hogy amennyiben egy kisebb felbontású felvétel elemzésekor integrálni szeretnénk a végeredményhez egy úthálózati térképet, arányosan olyan szélességet adjunk meg az útszakaszoknak, amilyen szélesek a valóságban. Amennyiben nem hívjuk segítségül a topográfiai, út és vasúthálózat térképeket a felszínborítás elemzésénél, akkor is ügyelnünk kell arra, hogy a vonalas létesítmények arányosan, a valódi szélességükből adódó, megfelelő területtel jelentkezzenek az elemzés során. A lombkorona által fedett területeken az útszakasz szélessége és pontos helye csak a szakaszt környező, folytatólagos részekből becsülhető. Ilyenkor ezek az egyébként összességükben jelentős méretű objektumok azon túl, hogy nem jelentkeznek saját felszínborítási kategóriájuknál a végeredményben, más felszínborítási kategóriák területét növelik meg, hibásan. Úgy tapasztaltam, hogy amikor ennek a hibának az elkerülése érdekében segítségül hívjuk például az úthálózatot megjelenítő térinformatikai réteget, a torzulás a másik irányba tolódik el: nagyobb értéket kapunk az utak által fedett összes területre, mint a valóságban. Ez természetesen a vonalas létesítményt ábrázoló vektoros állomány pontosságától is függ.

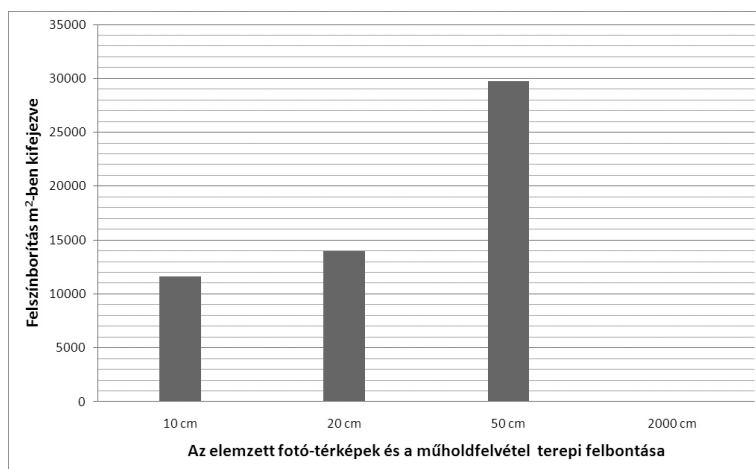
Az elemzéseim során a burkolt utak vizsgálatával párhuzamosan vizsgáltam földutakat, az ösvényeket és azok a földes kopárokat, ahol a talaj szerkezete a felszínen erősen tömörödött volt, nem kedvezve a csapadék beszívárgásnak és egyéb folyamatoknak. Azért választottam így a felszínborítási kategóriát, hogy egy ökológiai szempontokat előtérbe helyező vizsgálat során is értékes térbeli adatot nyújtson a tematikus kiértékelési térkép. (Például evaporáció számítása, hidrológiai térképek, stb.). Megfigyelhető, hogy amíg az aszfalttal burkolt autópályák szélessége nagyjából szabványos – és ezért az észlelhetőség határa eléggé meghatározott – addig a földutak és ösvények esetében – a nagyon változó szélesség miatt – lineárisan csökkent az észlelt és lehatárolt felületek területösszege (3. ábra).

A következő vizsgált felszínborítási kategória a tájsebeket, az előzőnél lazább talajszerkezetű földes kopárokat, azaz olyan talajfoltokat foglal magába, amelyeket nem fednek növények, és a humuszréteg jelentős része eltűnt a felszínről. A 4. ábrán bemutatott eredmények azt mutatják, hogy a 10–50 cm felbontású légifelvételek esetében minél kisebb felbontású fotó-mozzaikból nyertem a felszínborítási térképet, annál nagyobb felszíneket soroltam ebbe a kategóriába. Ennek oka, hogy a viszonylag sűrűn elhelyezkedő, de a térszint még nem totálisan elfedő lágyszárú növények egyre kevésbé látszanak a felbontás csökkenésével. A kevert pixelek színe pedig gyakran a kopár földfelszín színe felé tolódik el kis felbontásnál (20–50 cm) még akkor is, ha a felszínrészletet 50%-nál jobban uralja a növényzet. Tapasztalatom szerint tehát 50–100 cm terepi felbontás között a kisebb (2 m–60 m átmérőjű) földes kopárok észlelhetősége romlani kezd.



3. ábra A földutak és tömörödött kopárok által fedett területek lehatárolásának eredménye különböző terepi felbontású felvételekből kiindulva

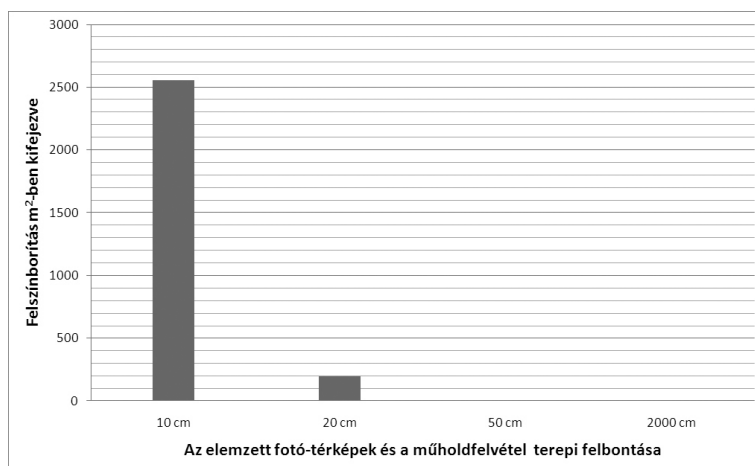
Figure 3. Area of identified dirt roads and solid bare soils on aerial photographs at different field resolution



4. ábra A tájsebek, humuszos réteget vesztett talajfelszínek (kopárok) által fedett területek lehatárolásának eredménye különböző terepi felbontású felvételekből kiindulva

Figure 4. Area of identified degraded (damaged) landscapes and bare soils (lost topsoil) on aerial photographs at different field resolution

A hulladékkal sűrűn borított, hulladékkupacokkal fedett felszíni foltok észlelésével és lehatárolásával kapcsolatban egyértelműen megállapítható, hogy a pontos meghatározás és területlehatárolás 50 cm terepi pontosságú felvételek esetében már nem lehetséges (5. ábra). A 0,5–20 m átmérőjű illegális hulladéklerakók pontos helye és területe légi-felvétel-térképek elemzésével csak 20 centiméternél nagyobb terepi felbontású légi-felvételek alapján határozható meg.

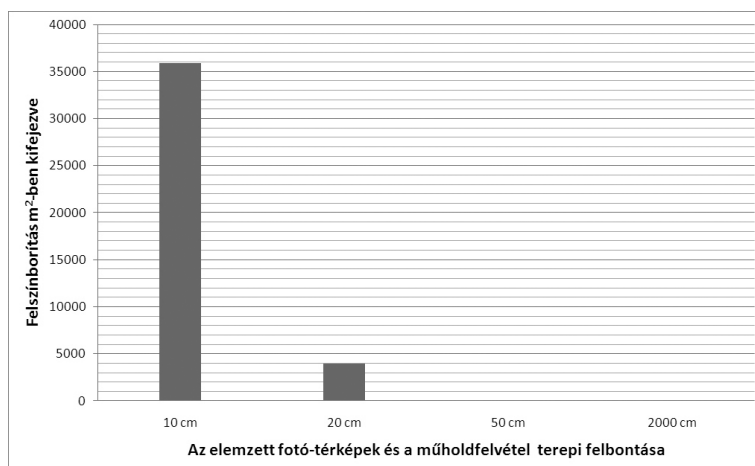


5. ábra Az illegális hulladék elhelyezéssel sújtott felszínek lehatárolási eredménye különböző terepi felbontású felvételekből kiindulva

Figure 5. Area of identified illegal waste deposits on aerial photographs at different field resolution

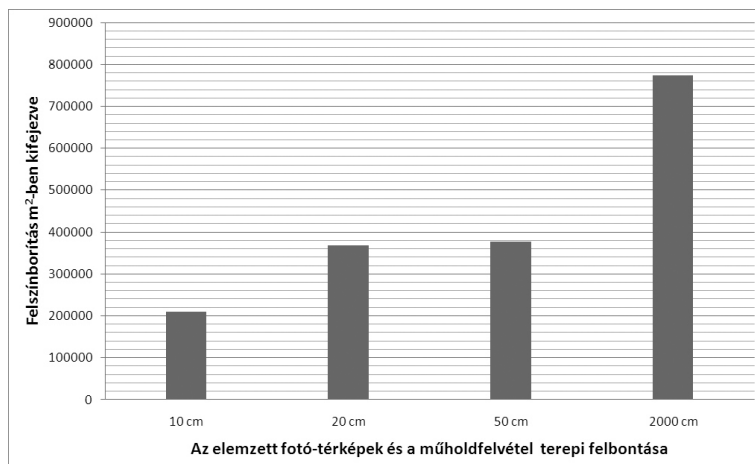
A táblás mezőgazdasági művelés által érintett területek a kisfelbontású felvételekből nyert tematikus térképeken kevésbé összetett módon jelennek meg, mint a részletesebb fotó-térképek elemzésével készített térképeken. Ennek oka, hogy a táblák közötti gyomos sáv és a gazdasági utak, rosszabb esetben a fasorok is a mezőgazdasági táblák területét növelik. Pedig ezek a kisebb „ökológiai folyosók” meghatározóak az élővilág szempontjából. A gyomos sávok eltűnése a mezei életterben élő apróvadfajaink (fácán, fogoly mezei nyúl) állomány csökkenését eredményezi. Az 6 –7. ábra a felbontás függvényében szemlélteti a mezőgazdasági táblák között húzódó mezsgyék és a mezőgazdasági táblák interpretálható területeit. Megfigyelhető, hogy a táblák közötti gyomos sáv és a kisebb gyalogutak észlelhetőségének csökkenésével hogyan növekszik a táblához sorolt terület és, hogy 50 cm terepi felbontásnál kisebb felbontás esetében már a kisebb mezővédő erdősávok is a táblák területét növelik.

Ha egybefüggő, nagy (néhány hektár) területeket borító felhagyott mezőgazdasági területek, kaszálók és legelők vannak a mintaterületen, akkor ezek 50 cm terepi felbontású és annál jobb minőségű fotó-mozaikok alapján viszonylag jól és pontosan azonosíthatóak, lehatárolhatóak és elemezhetőek. Minél elszórtabban és tagoltabban helyezkednek el, annál inkább érdemes nagyobb felbontású felvételeket készíteni az elemzéshez. A 8. 9. és 10. ábra összehasonlításával jól érzékelhető, hogy a sok 20–50 m átmérőjű terepi foltként jelentkező, alapvetően pusztai terület azonosíthatósága romlik a felbontás csökkenésével, míg a néhány nagyobb (50–500 m) terepi foltként megjelenő hasonlóan pusztai terület észlelése viszonylag könnyű, még fél méteres felbontás esetén is. Ha a tagolt felszínborítási elem részterületei között a távolság is nagyobb, az azonosíthatóság még jobban romlik a kisebb felbontás-tartományban.



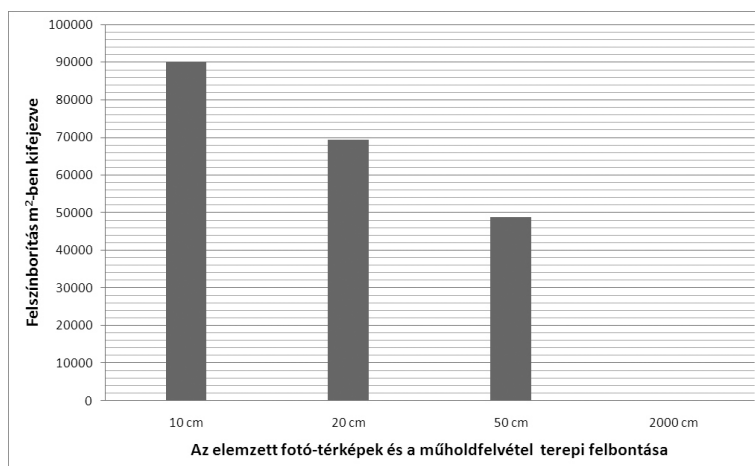
6. ábra A mezőgazdasági táblák közötti gyomos sávok által fedett területek lehatárolási eredménye különböző terepi felbontású felvételekből kiindulva

Figure 6. Area of identified weedy strips between agricultural fields on aerial photographs at different field resolution



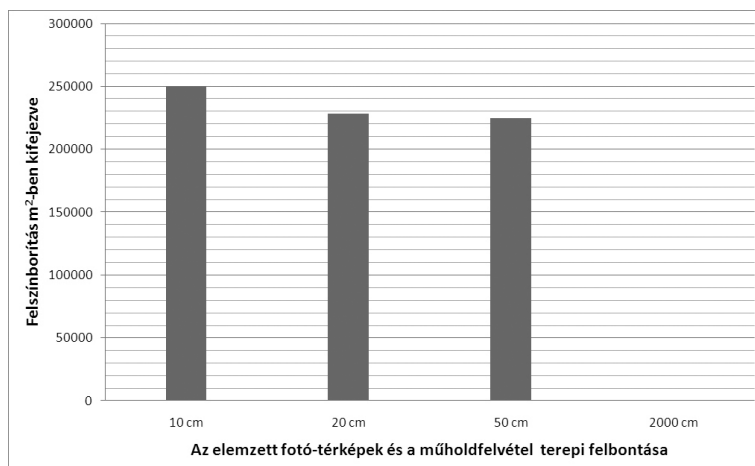
7. ábra A táblás mezőgazdasági területek által fedett földfelszín lehatárolási eredménye különböző terepi felbontású felvételekből kiindulva

Figure 7. Area of identified agricultural fields (plough-land) on aerial photographs at different field resolution



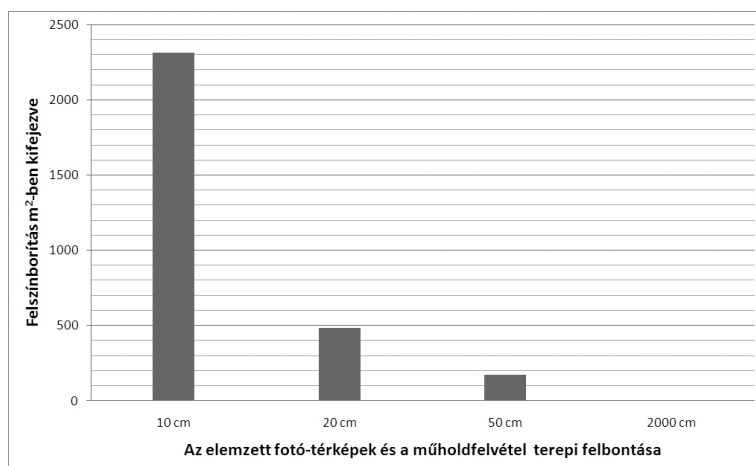
8. ábra A tagoltabb, nagyterjedésű felhagyott mezőgazdasági területek észlelhetősége a felbontás függvényében

Figure 8. Area of identified large-scale abandoned agricultural land on aerial photographs at different field resolution



9. ábra A tagoltabb, nagyterjedésű felhagyott mezőgazdasági területek észlelhetősége a felbontás függvényében

Figure 9. Area of identified large-scale abandoned agricultural land on aerial photographs at different field resolution



10. ábra Egybefüggő, nagykiterjedésű kaszálók észlelése a felbontás függvényében

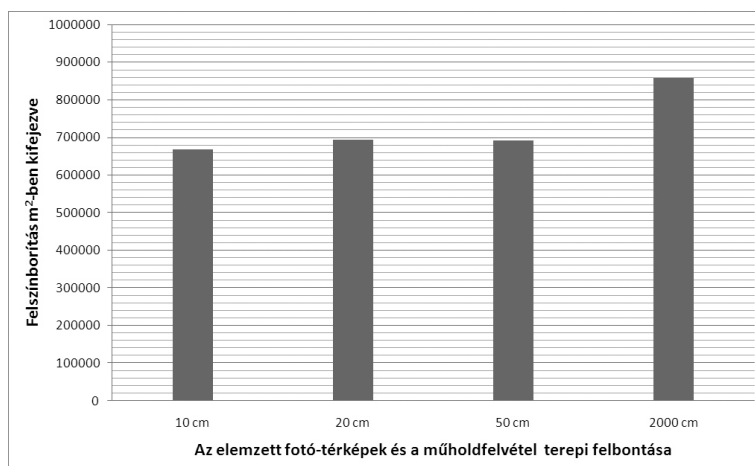
Figure 10. Area of identified large scale meadows on aerial photographs at different field resolution

A táblák felmérésekor, a termésbecslés során is jelentős hibát okoz a kiértékelési torzítás. A mezőgazdasági táblák között és a táblák belsejében elhelyezkedő egyéb felszínborítás kategóriák, (vagy növénybetegségek által károsított táblafoltok) tévesen növelik az egészséges táblák területére vonatkozó adatokat. A megállapítás ugyanúgy érvényes az RGB és a közeli infravörös csatornára is.

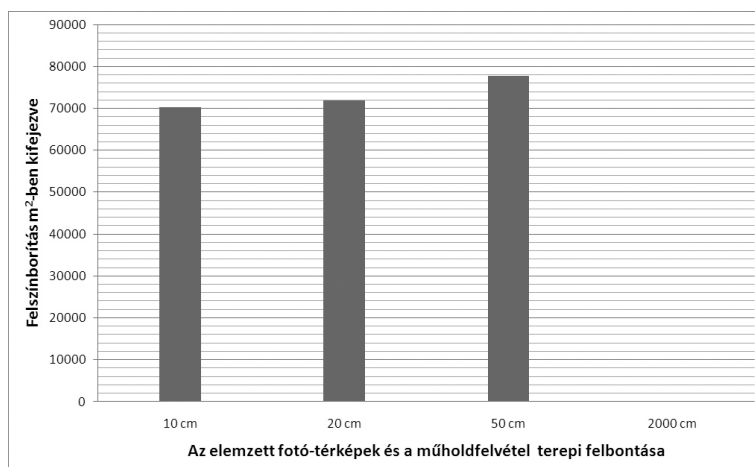
A kisebb területet lefedő felszínborítási elemek lehatárolásában az egyik legnagyobb hibaforrás az árnyékok félreértelmezése. A nedves, helyenként vízzel elárasztott rétek és a kaszálók területét tévesen csökkentheti a környező facsoportok területének javára a fák árnyéka, amikor a felvételeken nem tudjuk pontosan megkülönböztetni az árnyékokat a lombkorona szélétől. 50 cm terepi felbontásnál és annál kisebb felbontású felvételek esetén ez a hibalehetőség nehezebben szűrhető ki. 20 cm terepi felbontásnál nagyobb felbontású légifelvétel-térképek esetében az árnyékok könnyen felismerhetők, ezért hatásuk nem jelentkezik az eredményben.

A lombos fák lombkoronája által fedett területek meghatározása 10, 20 és 50 cm terepi felbontású légifelvételek alapján egyaránt jól kivitelezhető (11. ábra), több méteres terepi felbontású űrfelvételek esetében azonban hibás eredményekhez vezet. A lombkorona által fedett területek aránya nagyon megnövekszik a valósághoz képest a kisfelbontású felvételekről interpretált felszínborítási térképeken, ezért az ökológiai vizsgálatok során érdemes nagyfelbontású felvételekből gyűjteni a térbeli információkat. Ez a tendencia a globális térinformatikai rendszerek esetében is megfigyelhető.

Összefüggő erdőterületek esetében a kisfelbontású űrfelvételek hibája azért nem vezet nagyobb tévedésekhez, mert a kisebb facsoportokat, és erdősávokat nem tekintik valódi erdőknek, ugyanakkor a tisztásokat az erdőterülethez interpretálják. Ha azonban ökológiai, vagy erdőgazdálkodási szempontból értékeljük a helyzetet, az ilyen eredmények rendkívül rosszul tükrözik a valóságot (12. ábra).



11. ábra Lombs fák és facsoportok által borított terület az egyes elemzéseknél a felbontás függvényében
Figure 11. Area of identified deciduous trees and groves on aerial photographs at different field resolution



12. ábra A bebokrosodó cserjések és a fiatal erdőrészek elkülönítése az erdőktől, csak nagy és közepes felbontású felvételek alapján oldható meg
Figure 12. Area of identified scrubland and young forests on aerial photographs at different field resolution

Az eddig bemutatott kategóriáknál jóval részletesebb elemzéssel is megpróbálkoztam. A nagyfelbontású légifelvételek lehetővé teszik a fás szárú növényfajok elterjedésének vizsgálatát, a flóratérképezést is. Úgy találtam, hogy a 10 cm közeli terepi felbontástartományban nagyon pontos fajmeghatározás végezhető fák esetében. Itt már a szín, textúra, méret, és morfológiabeli különbségek is jelentkeznek az egyes fafajok között. Bizonyos fajokat teljes biztonsággal el lehetett különíteni a mintaterületen. Ilyenek voltak a keskenylevelű ezüstfa (*Elaeagnus angustifolia*), a közönséges dió (*Juglans regia*), vagy a galagonya (*Crataegus oxyacantha*). A különböző akácfélék egymástól nem, de minden más fafajtól jól megkülönböztethetőek 10 cm terepi felbontásnál. Ugyanezt

tapasztaltam a hárs (*Tilia*), nyár (*Populus*) és fűzfafélékkel (*Salix*), vadgesztenye (*Aesculus hippocastanum*), közönséges platán (*Platanus acerifolia*) és tiszafa (*Taxus baccata*) esetében. A felsorolt fajok azonosítása 20 cm terepi felbontásnál még elég pontos volt, de a felbontás csökkenésével arányosan nőtt a korrekt azonosításhoz szükséges terepbejárások száma. A facsoportok lehatárolása tekintetében elmondható, hogy a felbontás csökkenésével – 50 cm terepi felbontástól – jelentősen leromlott a fajazonosítás és a lehatárolás pontossága is.

Javaslatok a felszínborítási elemek meghatározásánál használt felvételek felbontására

A vizsgálat általános tanulsága, hogy a nagyterjedésű, homogén textúrájú és színvilágú területek észlelése kevésbé felbontás függő, mint a tagolt, összetett tájak felszínborítás elemeinek észlelése. Azok a tagolt, kisebb területet lefedő felszínborítási elemek, amelyek több szempontból (intenzitás, szín, textúra) eltérnek a környezetüktől, könnyebben észlelhetők, mint a csupán egy szempontból eltérő kisebb területek. Ebből következik, hogy az elemezni kívánt jelenség, objektum, élőhely szerint kell megválasztani a felvételezés felbontását, amennyiben ez lehetséges azaz a gazdasági szempontok is megengedik. Egy-egy felszínborítási kategória esetében létezik karakterisztikus méret (terület vagy szélesség), amit figyelembe kell venni elemezhetőség szempontjából.

A felbontás kiválasztásának fontos szempontjait a következőkben foglalhatjuk össze: az adott felszínborítási elem észlelhetősége, lehatárolhatósága, a gazdasági szempontok, az információk kinyerésére rendelkezésre álló idő, és a vizsgálatok pontosságigénye, valamint az alkalmazott kiértékelési módszer.

Amennyiben épületek, mesterséges objektumok pontos lehatárolása a cél, 50 centiméternél nagyobb terepi felbontású képállományt válasszunk. Abban az esetben, ha ökológiai jellegű vizsgálatokhoz, és mikroklíma modellezéshez szeretnénk adatot kinyerni a képekből, 10 cm terepi felbontású, vagy annál részletesebb állományokat válasszunk. Lakott területek természet közeli állapotú felszínektől való elkülönítéséhez akár 20 – 100 m terepi felbontás is elegendő lehet. Ha természetvédelmi szempontú kárfeltérítéshez térképezzük fel a tájsebek által érintett felszíneket, 20 cm körüli terepi felbontású légifelvételekkel lehet a leggazdaságosabban elvégezni a feladatot, ezen a felbontás-értéken már megfelelő pontosságú térképet nyerünk. A közút és vasúthálózat térinformatikai adatbázisba történő felvétele történhet nagy pontosságú vektoros térképek vagy alaprajzok segítségével, amennyiben azok mindenhol a vonalas létesítmények valódi szélességét és állapotát mutatják. Amennyiben kizárólag fotó-térképről interpretáljuk ezeket a létesítményeket 20 cm terepi felbontású, vagy annál nagyobb részletességű felvételek használata ajánlott. Az illegális hulladéklerakók, külterületi szeméthalmok biztonságos észleléséhez 10 cm terepi felbontásnál részletesebb légifelvételekre van szükség. A vadgazdálkodás szempontjából is előnyösek a 10 cm terepi felbontású felvételek, mert a mezőgazdaság által használt területeken ezeken már jól elkülöníthetők a táblák közötti gyomos sávok, és az erdők és egyéb élőhelyek is jól felmérhetők. Az erdők fafajtainak összetétele, a nádasok, mocsarak és vízpartok élőhely típusai jól elemezhetők. Az eljárás szabványosításával (azonos kameratípus alkalmazása, megfelelő időjárási körülményekhez igazított felvételezési időpont, és az utómunkálatok állandósága esetén) elérhető, hogy az egyes fafajták mindig jól elkülöníthetők legyenek, mert a különböző időpontban és munkaterületeken készített felvételeken nagyon hasonló színvilággal,

textúrával rendelkeznek az egyes fajok. A füves élőhelyek elemzése még részletesebb felvételezést igényel, 3–7 cm terepi felbontásnál jól lehatárolhatóak a homogén társulások foltjai. A mezőgazdaság számára elegendőek lehetnek a 20 cm terepi felbontású felvételek de, amennyiben igazán pontos adatokra van szükség (növénybetegségek által sújtott területek felderítése, pontosabb terméshozambecslés, meliorációs munkák előkészítése, tervezése, a munkálatok eredményének ellenőrzése, stb.), érdemes lehet 10 cm terepi pontosságú felvételeket választani. Az erdőgazdálkodás számára meglepően pontos információ-forrást jelentenek az 50 cm terepi pontosságú felvételek, ha csupán a lombos és örökzöld erdőket, és a bebokrosodó területeket kell elkülöníteni az egyéb felszínborítási kategóriáktól. Amikor a flóra részletesebb vizsgálatába bocsátkozunk, és az erdők, valamint facsoportok faji összetételét is meg kell határozni, ehhez 5–25 cm terepi felbontású légifelvételeket érdemes beszerezni. A felbontást az érdeklődés középpontjában lévő fajoktól függően kell megválasztani.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni Licskó Béla (Vituki Nonprofit Kft.), Dr. Belényesi Márta (Szent István Egyetem), Dr. Büttner György és Maucha Gergő (FÖMI Környezetvédelmi Távérzékelési osztály) javaslatait, tanácsait és útmutatásait.

Irodalom

- BAKÓ G. 2010a: Nagyfelbontású légifényképezés alkalmazása a települési szintű környezetvédelemben, és a természetvédelemben, Diplomadolgozat, p. 30–53
- BAKÓ G. 2010b: Ingen nagyfelbontású légifelvétel-mozaikok készítése kis- és középformátumú fényképezőgépekkel – Geodézia és kartográfia 2010/6 LXII. p. 21–29,49
- BELÉNYESI M., KRISTÓF D., MAGYARI J. 2008: Távérzékelés a környezetgazdálkodásban elméleti jegyzet, p. 11
- BURAI P. és TAMÁS J. 2007a: Távérzékelési módszerek összehasonlító elemzése mezőgazdasági mintaterületeken, Interdiszciplináris Agrár- és Természettudományok Doktori Iskola, Debrecen, p. 3
- BURAI P. és TAMÁS J. 2007b: Távérzékelési módszerek összehasonlító elemzése mezőgazdasági mintaterületeken, Interdiszciplináris Agrár- és Természettudományok Doktori Iskola, Debrecen, p. 16
- BÜTTNER GY. 2004: Környezetállapot értékelés távérzékelés segítségével, informatikai vonatkozások. Környezetállapot értékelés Program Munkacsoport tanulmányok 2003-2004, Földmérési és Távérzékelési Intézet, Budapest, p.7
- CSORNAI G. és DALAI O. 1991: Távérzékelés, főiskolai jegyzet. Erdészeti és Faipari Egyetem Földmérési és Földrendezői Főiskolai Kar, Székesfehérvár
- LICSKÓ B. 1998: A Szigetköz környezetállapot változásának légifelvételek kiértékelésével történő vizsgálata. VITUKI Beszámoló, Budapest, kézirat, p. 2
- LICSKÓ B. 2005: Az 1999-2000 évi belvizek légi felmérésének tapasztalatai. Vízügyi közlemények Különszám IV. kötet.
- MARKELIN L. és HONKAVAARA E. (2004): Procedures for radiometric quality control of scanned CIR images. In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 35(B1) 249–254.
- SPECIFICATION FOR AERIAL SURVEY PHOTOGRAPHY, CANADA, 1982: Interdepartmental Committee on Air Surveys p. 13.
- WINKLER P. 1975: Légifényképek minőségének javítása, FÖMI kutatási beszámoló, FÖMI Könyvtár
- L1. Szabályzat a mérőkamerás légifényképezések megrendelésére, előkészítésére, vizsgálatára és szolgáltatására. 1977.
- http1: Corine2006 felszínborítási adatbázis. <http://terrestrial.eionet.europa.eu/CLC2006/>
- http2: IPAC STAFF. „Near, Mid and Far-Infrared”. NASA ipac. Retrieved 2007.04.04. <http://www.ipac.caltech.edu/Outreach/Edu/Regions/irregions.html>. ISO 20473:2007

QUALITY OF THEMATIC MAPPING BASED ON MULTISPECTRAL IMAGES DEPENDING ON THE FILED RESOLUTION

Gábor. BAKÓ

Szent István University- Interspect Ltd.
2100-Gödöllő, Péter k. u. 1., e-mail: bakogabor@interspect.hu

Keywords: remote sensing, land cover mapping, nature conservation, land management

Highly detailed spatial data and thematical map databases are necessary for ecological, climatic and hidrological models, as well as for modern administrative and environmental decision making. The topography, land cover and habitat maps are made by interpreting different air and space images. These interpretations are not free of distortions. I tried to find the best resolution range for interpreting the different land cover elements. Determining optimal resolution range for the restriction of certain surface-cover categories, habitats and plant species has emerged as a demand during the research, by examining the extent of analysis distortion. I have restricted the basic qualitative characteristics and resolution necessary for the analytical methods of different thematic surface-covers. I found that the mapping of inhabited areas requires 1 m or higher field resolution of the basic raster image. Mapping of road and rail network, land farming areas, conservation perspective, extent of the damage assessment mapping requires 20 cm or higher resolution. 10 cm or higher geometric resolution basic image-maps good for thematic mapping of illegal waste deposal, areas of wildlife management, information for micro-climate modeling and the analysis of grassland habitats.

Different land cover categories require basic images with different special resolution ranges. The quality of the basic photo-map determines the distortions of the interpretation.