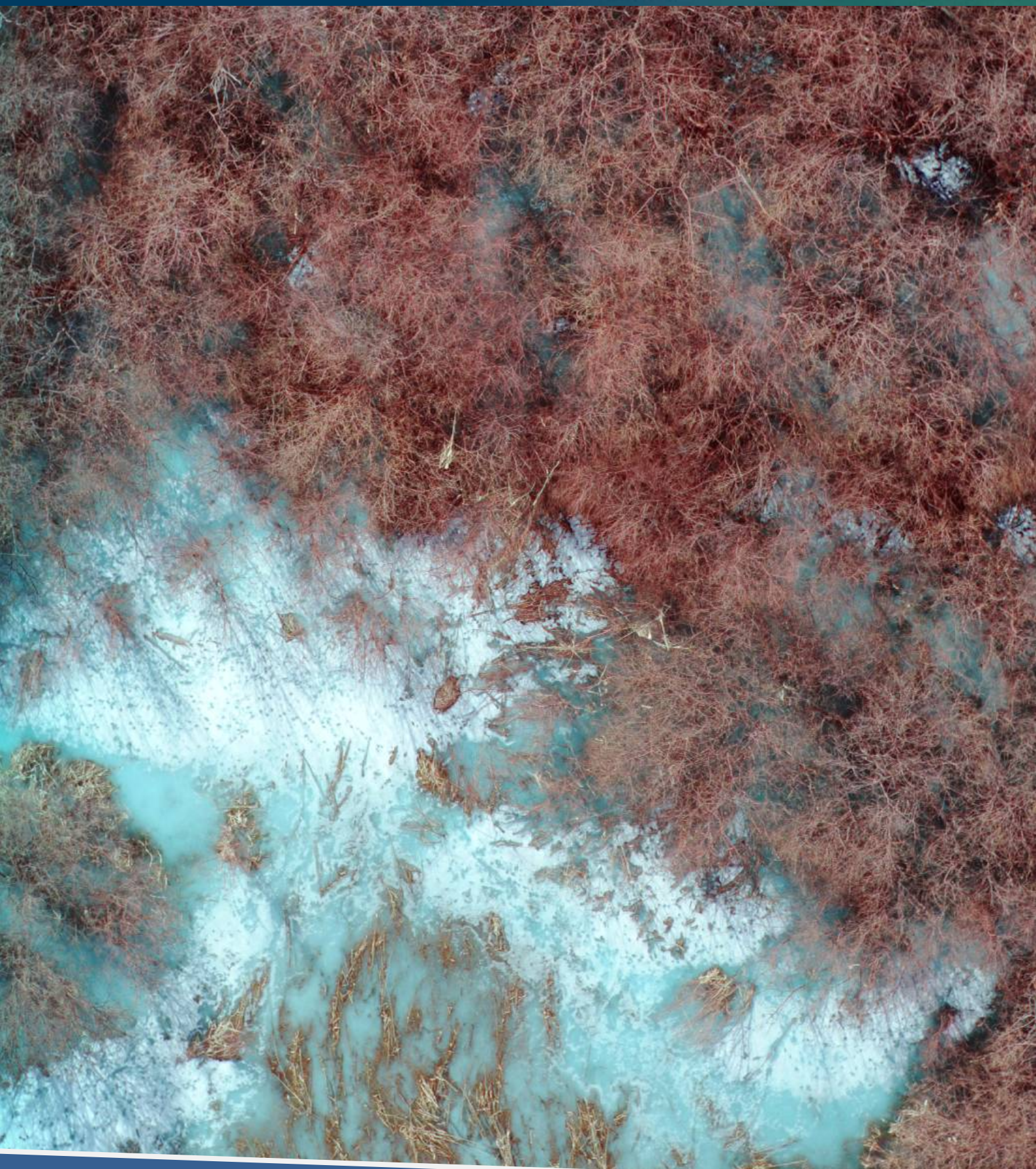
RS&GIS

Távérzékelési Technológiák és Térinformatika Online



RS&GIS - I. évfolyam / 1.

2011 / 1. Június *Távérzékelési, fotogrammetriai és térinformatikai szakfolyóirat*

www.rsgis.hu

A Távérzékelési technológiák és térinformatika online, a szolgáltatók és felhasználók online folyóirata. Megjelenik évente két alkalommal.

Kiadja az **Eötvös Loránd Tudományegyetem Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszéke**
(1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/APostacím: 1518 Budapest, Pf. 32.)
és a Szent **István Egyetem Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar Növénytani és Ökofiziológiai Intézete** (2103 Gödöllő, Páter K. u. 1.)
HU ISSN 2062-8617

Alapító főszerkesztő:

Bakó Gábor

Szerkesztők:

Bartha Csaba
Eiselt Zoltán
Kardeván Péter
Kovács Gábor
Kristóf Dániel
Lelleiné Kovács Eszter
Licskó Béla
Nagy János
Szerdahelyi Tibor
Zentai László

Hirdetésszervezés:

Feldhoffer Zsófia - 06 70 327 4376

További munkatársak:

Mészáros János
Molnár Zsolt

Design: Göttinger Erika

Szerkesztőség:

2310, Szigetszentmiklós, Csokonai köz 1/1.

Telefon: 06 70 615 7223

E-mail: magazin@rsgis.hu

www.rsgis.hu

Címlapon: 0,5 cm terepi felbontású digitális színes közeli infravörös légifelvétel-térkép részlet (Bakó Gábor – INTERSPECT)

Hátsó borító: A Haraszt-hegyi Tanösvény összetett társulástani térképe (Gulyás Gábor – Pannon Egyetem)

Tartalom

3. Szerkesztői köszöntő

5. Vegetáció térképezés és mikroklíma elemzés nagy felbontású légifelvételek segítségével - Gulyás Gábor

34. Kolontár és Devecser településszerkezeti elemzése a vörösiszap-katasztrófa után, nagyfelbontású légifelvétel-térképek segítségével - Kirisics Judit, Harsányi Melinda

42. A Tihanyi-félsziget Külső-tavának hosszú idejű vízszintváltozásainak elemzése távérzékelt állományok retrospektív elemzésével - Dömötör Dóra

54. Hiperspektrális Technológia - Kardeván Péter

65. Archív légifelvételek digitalizálása - Bakó Gábor

84. Szigetszentmiklós Felsőtag bányató-rendszerének kialakulása és a jelenlegi helyzetnek térinformatikai alapú áttekintő vizsgálata - Balla Réka

92. Távérzékelési, fotogrammetriai és térinformatikai fogalomtár - Bakó Gábor

Szerkesztői köszöntő

A távérzékelés, bár fiatal tudományterület, rendkívül fejlett eszközparkkal, és népes fejlesztőtáborral rendelkezik. A digitális utófeldolgozás korszakában, a kilencvenes évekre új stádiumba érkezett. Már nem elégedhetünk meg a minőségi és mennyiségi információk töménytelen áradatának begyűjtésével, felszínekhez, pontos geometriai egységekhez kell kapcsolnunk azokat. Ezt a lehetőséget a fotogrammetria adja meg számunkra, és a térinformatika fogja adatbázisokba rendszerezni a hasznos, válogatott, archiválandó információkat. Így ez a három fogalom mára elválaszthatatlanná vált egymástól.

A távérzékelés elektromágneses hullámokkal, esetlenként hanghullámokkal operál, a fotogrammetria és a térinformatika eszköztárát alkalmazza a legkülönfélébb műszerekkel, különböző spektrális és geometriai felbontással, különböző platformokról nyert információk rendezéséhez.

Előnyei a nagykiterjedésű területek gyors és viszonylag objektív, kiterjesztett felvételezésében, a vizsgált rendszer zavartalanságát és az érzékelő rendszer sértetlenségét szavatoló távolságban, valamint az idősoros felvételezés lehetőségében rejlenek. Az ide sorolható módszerek néhány esetben nemcsak olcsóbbak, de lényegesen hatékonyabbak is a helyszíni beavatkozást igénylő méréseknél.

Érdemes foglalkoznunk vele, és új közelítéssel kezelni az így szerzett információkat. Folyóiratunkban, és állandó lexikális részeiben összekapcsoljuk a vonatkozó ágazatokat, hogy a környezetvédelmi, közigazgatási és területi távérzékelési programoknál a tervezéstől a végtermékig segítséget nyújthassunk az érdeklődők számára.

Bakó Gábor· -· 2011. április 19.

Új folyóiratunk fő célja a Föld felszínének megfigyelésében alkalmazott passzív és aktív távérzékelési alkalmazások fejlesztésének elősegítése.· A legmodernebb passzív technológiákban a spektrális információk gyűjtése és kiértékelése került előtérbe, mivel a hagyományos és klasszikus légi fotózás térképezési és felderítési célokat szolgáló módszerén kívül egyre inkább a felszíni folyamatokban résztvevő felszínborítási objektumok sokoldalú, kvantitatív jellemzésének igénye merült fel a környezetvédelmi, természetvédelmi, ökológiai, mezőgazdasági feladatok során.· Ez a tendencia érvényesül az optikai sávon kívül a termális sávokban alkalmazott technológiákra is, sőt, a passzív mikrohullámú módszereknél is, amelyek meteorológiai alkalmazásai is jelentősek. A hazai technológiai adottságok ma lehetővé teszik, hogy hazánk is bekapcsolódjon e módszerek – az un. optikai multi- és hiperspektrális módszerek - alkalmazásainak fejlesztésébe az említett és más szakterületeken is.

A modern távérzékelést ma joggal egy új, interdiszciplináris tudományágnak tekintik, amelynek technikai és alkalmazási oldalai között azonban - az egyetemi képzések jelenlegi rendszerében - hatalmas szakadék tátong: a technikai oldal fejlesztő-mérnökei nem képesek a lehetséges alkalmazások teljes körét feltárni, az alkalmazott tudományok képviselői pedig nem ismerik a távérzékelés új technológiáiban rejlő lehetőségeket. Ez az egyik oka annak, hogy a legperspektivikusabbnak látszó alkalmazási területen, a szárazföldi természeti erőforrás gazdálkodásban, és a mezőgazdaságban a vártnál csak sokkal lassabban bővül a távérzékelés

operatív alkalmazási köre. A fő problémát világszerte az említett két tudásbázishoz egyaránt kapcsolódó humánerőforrások szűkössége jelenti, ami az információ áramlás folyamatában az interaktív adatfeldolgozások és kép értelmezések szűk keresztmetszetét okozza.

Most induló folyóiratunkban igyekszünk a fenti szűkös keresztmetszeteket szélesíteni. Egyrészt a technológia mérési folyamatával kapcsolatos alapfogalmak, a magyar és angol műszaki terminológia, a fizikai és matematikai modellek és feldolgozási eljárások ismertetésével az ipari alkalmazói oldal innovációs kapacitását szeretnénk növelni, másrészt az alkalmazott tudományok kutatóit az adott technológiai eszközök új alkalmazásainak ismertetésére, ·új esettanulmányok publikálására buzdítjuk.

Reméljük, hogy a folyóirat a technológiai szolgáltatóknak és alkalmazóknak a kívánt célokat jól szolgáló közös fóruma lesz.

Dr. Kardeván Péter·· - 2011 április 25.

Vegetáció térképezés és mikroklíma elemzés nagy felbontású légifelvételek segítségével

RS&GIS - 2011 / 1. Gulyás Gábor

Kulcsszavak: Távérzékelés, RGB felvételek előfeldolgozása, osztályozása, erdőgazdálkodás, vegetáció térképezés.

Összefoglalás: A magyar erdőgazdálkodás mindig is megpróbálta az adott kor technikai lehetőségeit kiaknázni, saját céljaira felhasználni. Már a XX. század elején, a légi fotogrammetria hazai megjelenésének kezdetén is felismerték, hogy megfelelő anyagi áldozatok meghozatala után a kor színvonalához mért modern technika bevezetése jelentős mértékben hozzájárul hazánk erdőállományának az addigiaknál gyorsabb és pontosabb feltérképezéséhez. „ A megszokott rendszerhez való – sok esetben indokolatlan – ragaszkodás vagy más érzelmi kapcsolat szálait, bizony szétszakítja a haladás győzedelmes ereje.” (FODOR 1935)
Az azóta eltelt idő során a légi felvételezésben végbement haladás olyan távlatokat nyitott, melyek kiaknázása a mai kor kutatóira és haladó gondolkodású gazdálkodóira vár. A hagyományos módon, helyszínbejárással készülő belvíztérképek esetén például már régen bebizonyosodott, hogy számos hibalehetőséget rejtenek magukban. (LICSKÓ 1999) A fotótérképezés esetében is érdemes kihasználni, hogy a távérzékelés az egyre növekvő geometriai felbontás irányába fejlődik. Ez a tendencia pontosabb megfigyeléseket és biztonságosabb lehatárolást hoz magával. (BURAI és TAMÁS 2007) Vizsgálataim során a mai értelemben is modernnek számító nagyfelbontású légi felvételek segítségével végeztem faji- és társulástani szintű elemzéseimet. Ennek során rá szeretnék világítani a digitális vegetáció térképezés egyik legfontosabb előnyére, mely az emberi szubjektivitást próbálja az interpretáció során jelentős mértékben csökkenteni.

1. Bevezetés

A Vértes déli részén található Haraszt-hegyi tanösvény szolgált a következőekben ismertetett módszertani kutatás alapjául. A felhasznált légifelvétel felbontása 10 cm/ terepi pixel nagyságú, mely IS2 frame rendszerű kamerával készült, csatornánként 14 bites színmélységgel. A felvételt az Interspect Kft. készítette 2010. június 11.-én. Ez a felbontás már elegendő, hogy növénytani tekintetben hasznos és új információkat is sikerüljön kinyerni távérzékelési módszerek segítségével. (Bakó 2010) Bár a terület flóra elemei ebben a vegetációs időszakban egységes zöld színárnyalatokban mutatkoznak, a felvétel készítésének az időpontja szándékosan úgy lett időzítve, hogy az egybeessen a MADOP[1]1-ra jellemző tenyészidőszakkal. (WINKLER 2003)
Az Interspect Kft. által szervezett kutatás során (Bakó, Gulyás 2011) az volt a célom, hogy növénytani értelemben a lehető legtöbbet sikerüljön kihoznom a légi felvételből, kihasználva a felvétel felbontása és dinamikája által nyújtott új lehetőségeket. A jövő egyre inkább a digitális módszerek botanikai kutatásban való kombinált alkalmazása felé mutat, ezért ezeket a nagyfokú automatizálást jelentő lehetőségeket a lehető legnagyobb mértékben próbáltam a kutatás során kihasználni. A digitális vegetációtérképezés egyik legfontosabb előnye, hogy az emberi szubjektivitást az interpretáció során jelentős mértékben csökkenti, viszont az átfogó terepi munka szükségessége a mai napig elengedhetetlen egy komoly elemzés elvégzéséhez. Az egyik legfontosabb cél egy elemezési munka

1 - MADOP – Magyar Digitális Ortofotó Program

során, hogy a távérzékelési és terepi munka mennyiségét optimalizáljuk, ezáltal megteremtsük a feltételeket ahhoz, hogy a kutatási időt lerövidítve megfelelő elemzési eredményeket érhessünk el. A vizsgálat további részét a területen található különböző vegetáció típusok egymás melletti mikroklimatikus elemzése jelentette. Ennek során hőmérséklet és páratartalom mérésekkel alátámasztott eredmények segítségével szeretnék a területre jellemző egyedi mikroklimatikus jellemzőkre rávilágítani. A kapott mérési eredmények segítségével már érdemi következtetéseket lehet levonni a helyi domborzati- és kőzettani jellemzők és a velük szoros kapcsolatban álló helyi mikroklimatikus tulajdonságok között.

2. Módszertan

A legfontosabb feladat az előfeldolgozási-osztályozási módszertan elkészítése és az elemzésekbe való minél nagyobb arányú integrálása. Ahol ez nem lehetséges ott hagyományos kiértékelést kell alkalmazni.

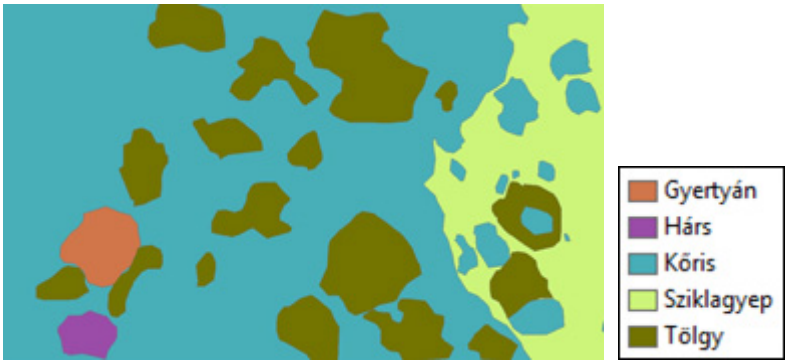
2.1. Vizuális interpretáció

Az egyes fajok felismerése, ezután pedig az erre vonatkozó információ területi eloszlásának pontos kinyerése az interpretáció (adatértékelés) legfontosabb része. A fafajok illetve ezekkel szoros összefüggésben lévő vegetáció típusok elkülönítését a köztük lévő különbségek szabják meg.

Ilyen különbségek:
- színárnyalatok,
- alakzat,
- kiterjedtség,
- mintázat,
- textúra,
- árnyék/ok hatása,
- illetve ezen egyedi jellemzők kombinációja.

Ahhoz, hogy ezek a tulajdonságok minél inkább láthatóvá váljanak, megfelelő képminőséggel kell rendelkeznünk. A tapasztalat azt mutatja, hogy minimum 10 cm terepi pixel felbontású felvétel elegendő ahhoz, hogy kellő elemzési tapasztalat mellett az állományalkotó fajok még heterogén színvilágú részeken is elkülöníthetők legyenek egymástól. 10 cm terepi pixelnél kisebb felbontásnál a pixelméret növekedésével párhozamosan, nagymértékben csökkennek az elemzési lehetőségeink és az adatbázis pontossága.

1. ábra Vizuális interpretáció eredménye 20 cm felbontáson



2. ábra Vizuális interpretáció eredménye 10 cm felbontáson

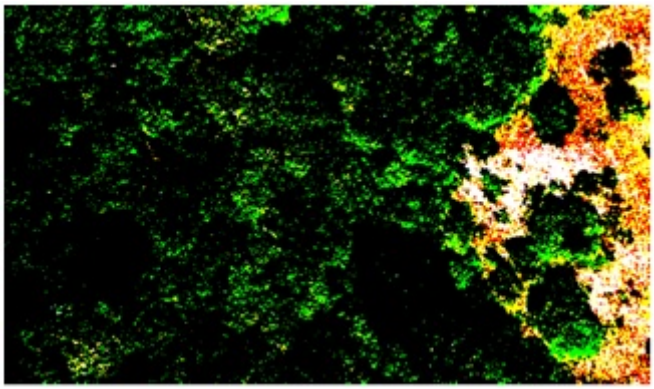
Ugyanazon terület (1. ábra) 20 cm,- illetve (2. ábra) 10 cm terepi pixel felbontás melletti vizuális interpretációjából nyert információ halmaz. A nagyobb felbontás nemcsak árnyaltabb, de torzításoktól kevésbé terhelt térkép fedvényt eredményez.

2.2. Digitális előfeldolgozási módszertan

A mintaterület növénytani, domborzati és mikroklíma értelemben is nagyon heterogénnek tekinthető. A különböző fás és lágy szárú foltok mellett dolomit kibúvások is tarkítják a területet.
Mivel a felvételen található vegetáció típusok színárnyalatban, azaz a szélessávú spektrális reflektancia tulajdonságokban sok esetben nagyon közel esnek egymáshoz, ez jelentősen korlátozza a hagyományos szélessávú spektrális osztályozáson alapuló elemzési lehetőségeket. Első lépésként arra törekedtem, hogy a nagyobb kategóriákat digitális előfeldolgozás során sikerüljön egymástól elválasztanom. Ezt úgy valósítottam meg, hogy az egyedi kategóriákra külön-külön dolgoztam ki paraméteres előfeldolgozási módszereket, melyek során az adott kategória egyedi spektrális tulajdonságait a lehető legjobban kiemeltem. Ezt követően spektrális algoritmuson alapuló tanítóval végzett (felügyelt) osztályozással készítettem el a kategóriák tematikus térképét vektoros állomány formájában. Osztályozáshoz az ENVI 4.7-es verziójú szoftverét használtam, míg a polygonok kezelését és szerkesztését ArcMap 9.2-vel oldottam meg.

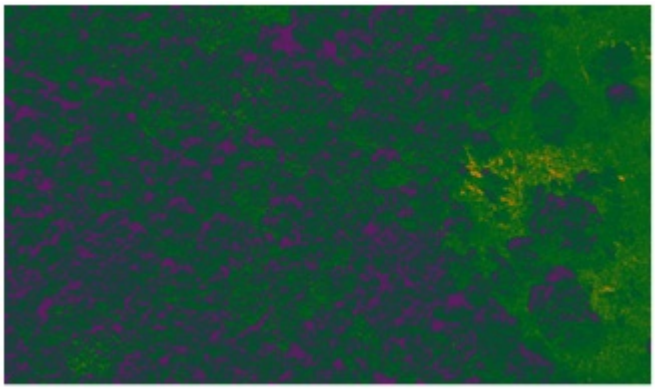
Lágyszárú és fás szárú részek elkülönítése esetén egy nagyon erős kontrasztemelést alkalmaztam. Ennek eredményeként (4. ábra) a két kategória között erős spektrális különbségek jelentkeztek, melyek ennek köszönhetően kedvező osztályozási tulajdonságokat nyertek.

3. ábra Az eredeti légi felvétel részlete



4. ábra A lágyszárúval borított részek spektrális kiemelésének az eredménye

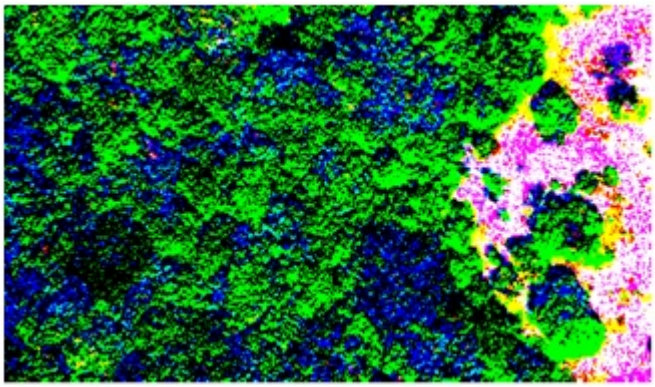
A dolomit karrok kiemelését monokromatikus színátmenet segítségével oldottam meg. Az árnyalatok közül az ibolya-zöld-narancssárga összetételt választottam. Így jól láthatóan, csak a dolomit karrokra korlátozódik a kapott narancssárga színárnyalat (5. ábra). Ezt követően a már ismertetett módon a dolomitos részekre is elvégeztem az osztályozást.



5. ábra Narancssárga színárnyalattal kiemelt dolomit karrok

A karsztbokorerdő két fő állományalkotó fafaja a virágos kőris és a molyhos tölgy. Általánosságban elmondható, hogy a két faj között megfigyelhető némi színárnyalatbeli, reflektancia spektrumbeli különbség.

Módszerem során elsősorban arra törekedtem, hogy ezt a kis különbséget minél jobban felerősítsem. Erős kontrasztemelés és színhelyreállítás követően komoly élénkség- és telítettség emelést hajtottam végre. A kék színt kiemeltem, végül kontrasztkiemelés és keménység beállítás következett. (6. ábra)

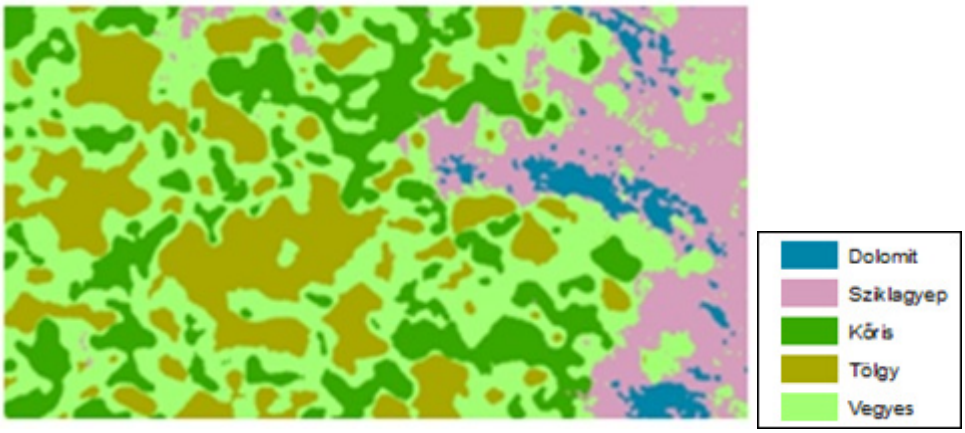


6. ábra Tölgy és kőris kiemelése

A különböző kategóriák poligonjait kivontam egymásból a kategória átfedés elkerülése végett, végül ahol kellett kézzel korrigáltam a poligonokat.

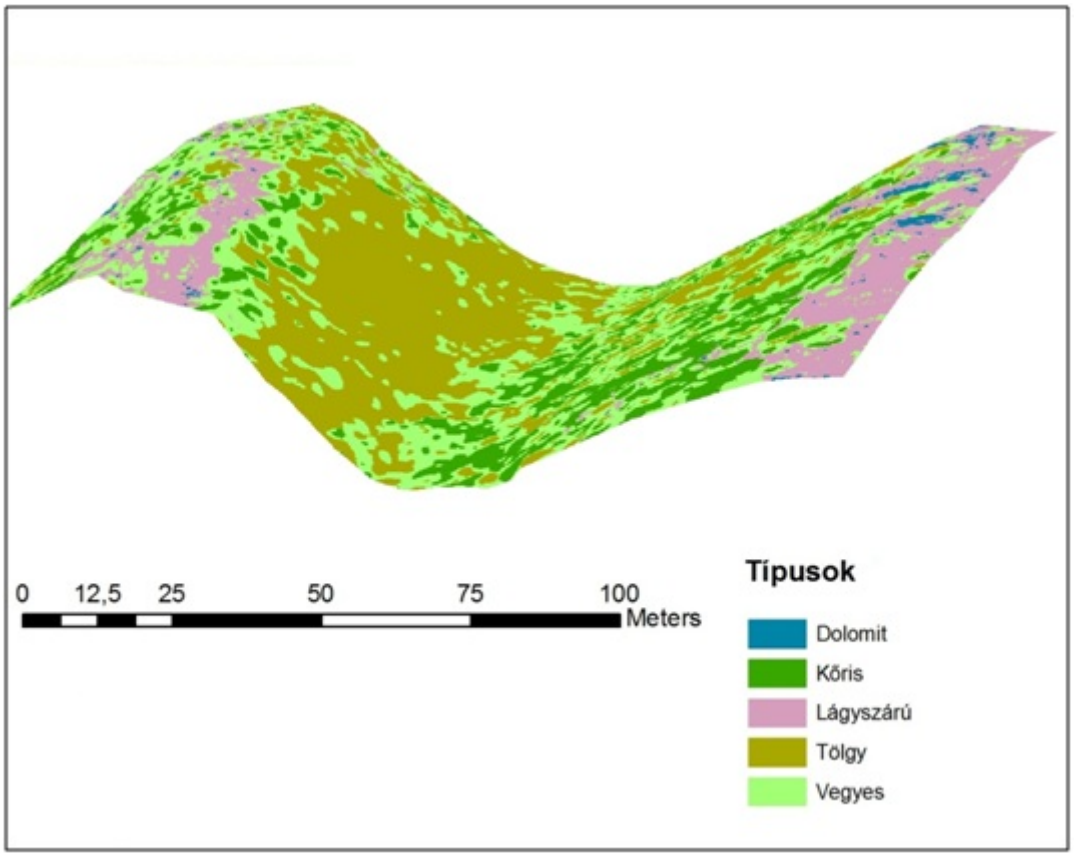
3. Eredmények

Megfelelő mintaszám esetén sokkal gyorsabb eredményt tudtam elérni ezzel a módszerrel, mintha vizuális interpretációval végeztem volna a munkát. (7. ábra) A gyorsaság emellett nem megy a pontosság rovására sem, amit a visszaellenőrzések is igazoltak.



7. ábra A végeredményül kapott összevont kategóriák

A kapott fedvényeket ezután a domborzati modellre is interpoláltam (8. ábra), mely amellett hogy látványosan bemutatja az eredményeket, további elemzési lehetőségeket nyújt: kitettség-, árnyékhatás- és lejtésfok elemzéshez.



8. ábra A domborzati interpolálás eredménye

4. Mikroklimatikus vizsgálat

A Vértes klimatikus tulajdonságait jelentősen befolyásolják annak térbeli vonulatai. Lokális mikroklíma szempontjából ezért még bőven van kutatnivaló a területen. (BÉNI és VISZLÓ 1996) A florisztikai kép is követi a helyi mikroklíma változatos eloszlását. Ez a jelenség a tanösvény tekintetében is megfigyelhető, hiszen a kis területen elhelyezkedő különböző vegetáció típusok, mind a helyi mikroklíma változatosságára utalnak. Ez a tény arra ösztönzött, hogy műszeres méréseket végezzek különböző kitettségű területeken, mely mérések tudományosan is alátámasztják a domborzati viszonyok által meghatározott különbségeket. Ezzel együtt pedig a már említett lokális mikroklíma kutatást is előkészítjük.

4.1. A vizsgálat menete

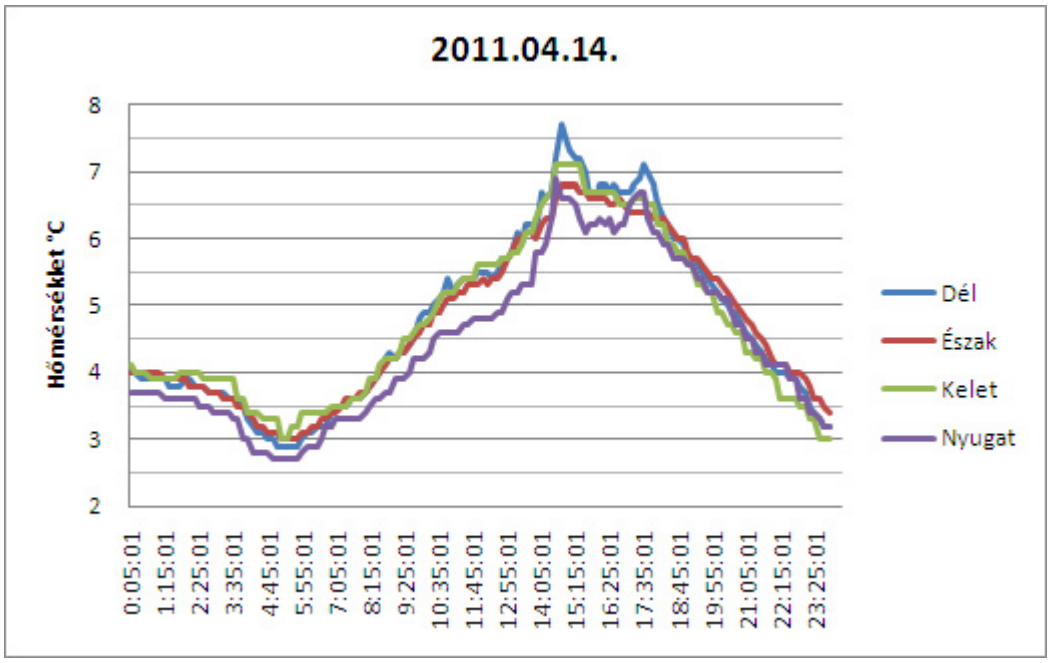
A vizsgálat során 2 darab Voltcraft DL-100T típusú hőmérséklet adatgyűjtőt, valamint 2 darab Voltcraft DL-120TH típusú hőmérséklet- és páratartalom adatgyűjtőt használtam. A beállítások alapján 10 percenként mérték és tárolták az értékeket.

A kihelyezést úgy valósítottam meg, hogy nagyjából egy mérési magasságban, minél közelebb helyezkednek el egymáshoz a műszerek. (1. táblázat) Az volt a célom, hogy mind a 4 égtájra jusson egy-egy adatgyűjtő, hiszen a domborzati kitettség szemmel láthatóan a legkomolyabb vegetáció eloszlást befolyásoló tényező a területen.

Mérési pont	1.	2.	3.	4.
X	604199	604210	604030	603957
Y	228108	227700	227641	227627
Magasság	279 m	267 m	248 m	247 m
Kitettség	Észak	Dél	Nyugat	Kelet
Lejtszög	32,5°	34,8°	29,8°	37,1°
Növényzet	Törmeléklejtő erdő	Cserszömörcés karsztbokorerdő: nyitottabb	Cserszömörcés karsztbokorerdő: zártabb	Vegyes állomány: gyertyán, molyhos tölgy, virágos kőris, cser tölgy

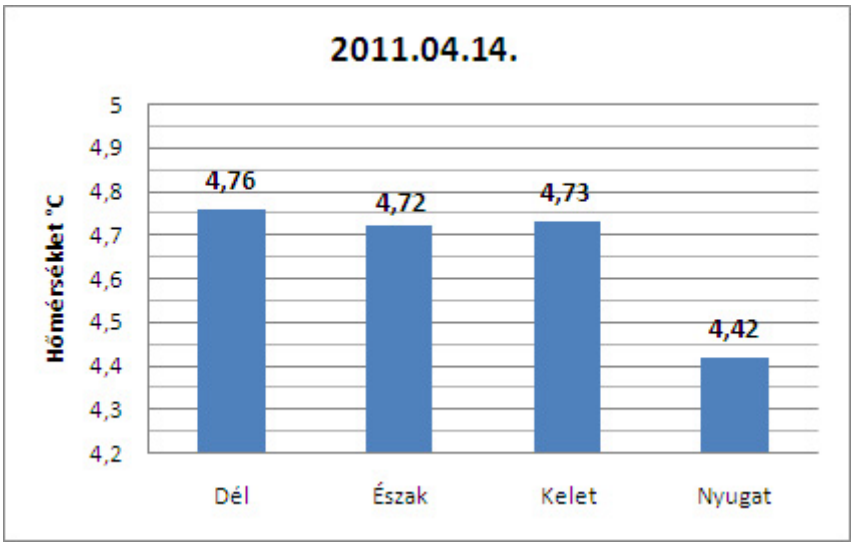
1. táblázat A mérési pontok domborzati tulajdonságai

4.1.1. Hideg tavaszi nap

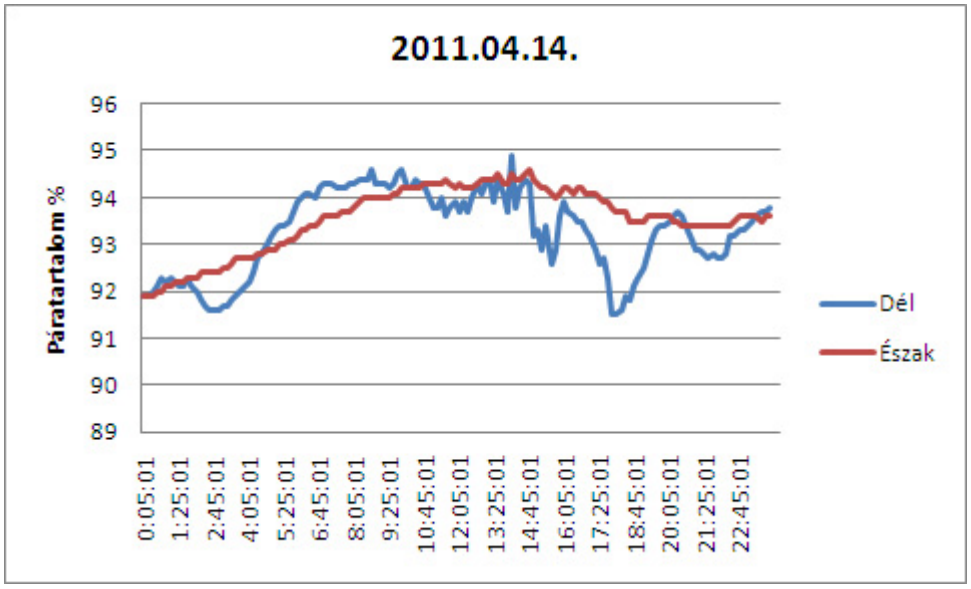


1. diagram Napi hőmérsékletingadozás 2011.04.14.

Ezen a napon egy hidegfront betörés befolyásolta a hőmérsékleteket. Erős napsugárzásnak a mintaterület nem volt kitéve, így jól látható hogy az egyes tagok nagyjából együtt mozogtak. Az kiugró adatok egyedül a nyugati kitettségen figyelhetők meg, melyet az ÉNY-i irányú szél hűtőhatásának a számlájára lehet írni. Az is megfigyelhető, hogy az É-i kitettségű mély völgy egész nap stabil futást produkált. Érdemes még megfigyelni délutáni időszakot is, ekkor elkezdett szakadozni a felhőzet, mely a K-i és D-i tag kiugrásait eredményezte, ami arra utal, hogy azok szél által védettebben helyezkedtek el.



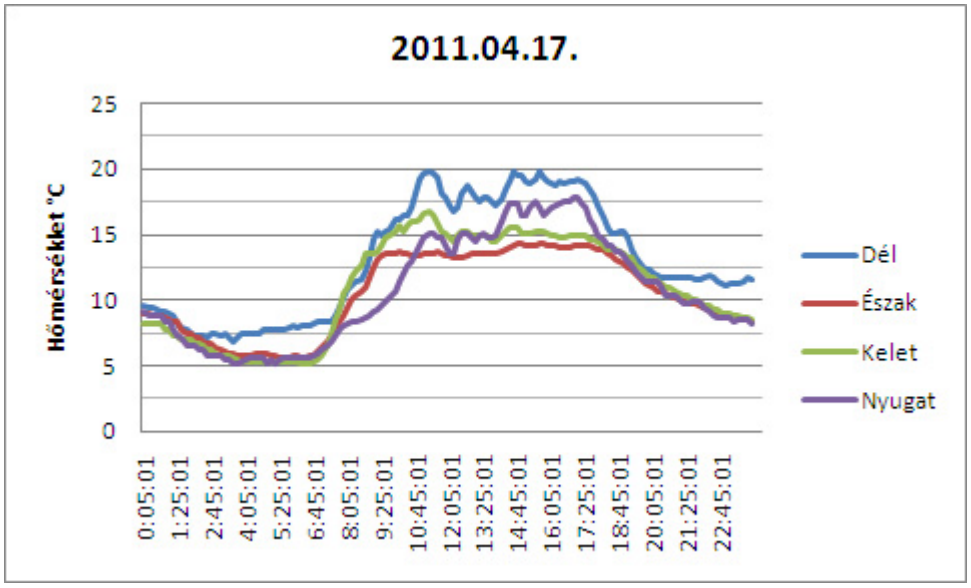
2. diagram Napi átlaghőmérséklet 2011.04.14.-én, mely jól szemlélteti a szél hűtőhatásának a mértékét



3. diagram Páratartalom ingadozás 2011.04.14.

Páratartalom tekintetében az átlagértékben nincs szembetűnő különbség a két típus között. A tagok futása ennek ellenére szembetűnő, hiszen a D-i kitettségen sokkal nagyobb kilengések tapasztalhatók, mint az É-in, annak ellenére, hogy a D-i rész a legszélvédettebb terület ilyen időjárási körülmények között. A délutáni kilengéseket valószínűleg a szakadozó felhőzet mögül kibúvó nap sugarai eredményezték.

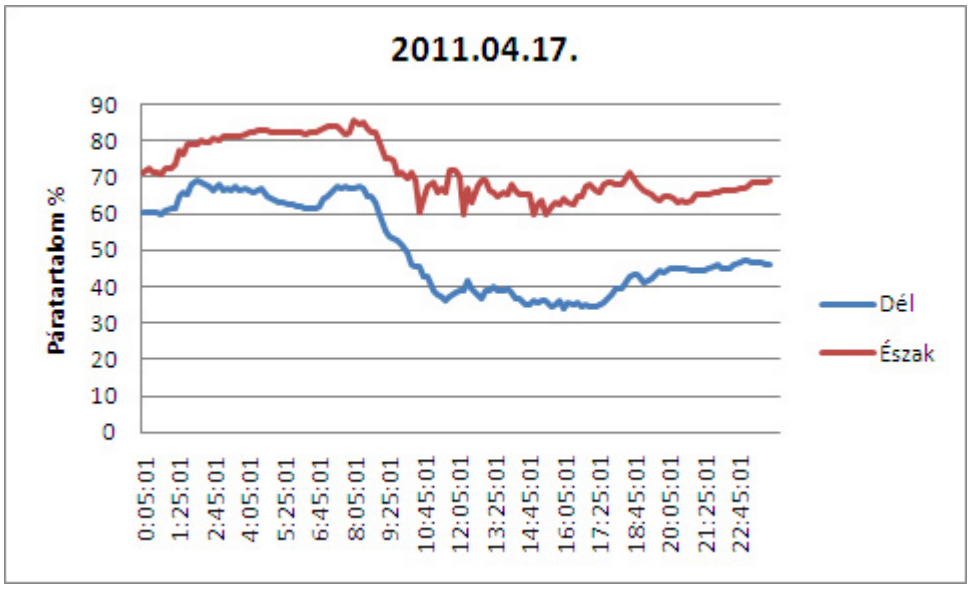
4.1.2. Átlagos tavaszi nap



4. diagram Napi hőmérsékletingadozás 2011.04.17.

Éjjel jól láthatóan egy ideig együtt futnak a tagok. A D-i kitettségen viszont nem csökken 7,5 °C alá a hőmérséklet, aminek nagy valószínűséggel az az oka, hogy az előző napi folyamatos napsütésének

hatására „feltöltődik” hővel az ott található dolomit, és a hővisszatartó képességének köszönhetően éjjel melegebben tartja ezeket a részeket. Az É-i kitettségen egész nap nagyon stabil a hőmérséklet, a kora délelőtti órákban csaknem eléri a napi maximumot, melyet egész nap folyamatosan képes tartani. A K-i kitettség kora délelőtt a leginkább hőnek kitett terület, majd kora délután, mihelyst egyre inkább leárnyékolja azt a domboldal, valamivel nagyobb hőmérsékleten, hasonló stabilitást mutat, mint az É-i kitettségű terület. Jelen adatok ismeretében, feltételezésem szerint a fő vegetációbefolyásolási tényező K és NY tekintetében nem a napi átlaghőmérséklet nagysága, mert ebben nem fedezhető fel akkora különbség a két kitettség között. A nagyobb különbség a napi maximum hőmérsékletekben, és maximum közeli értékek idő intervallumában rejlik. Ez a különbség már magyarázatot adhat társulások közötti növénytani eltérésekre is. A K-i kitettségen a napi maximum 16,8 °C, amit délelőtt ér el és rövid ideig tart csak. A NY-i kitettségen a maximum érték 17,8 °C, melyet 3 órán át képes tartani.

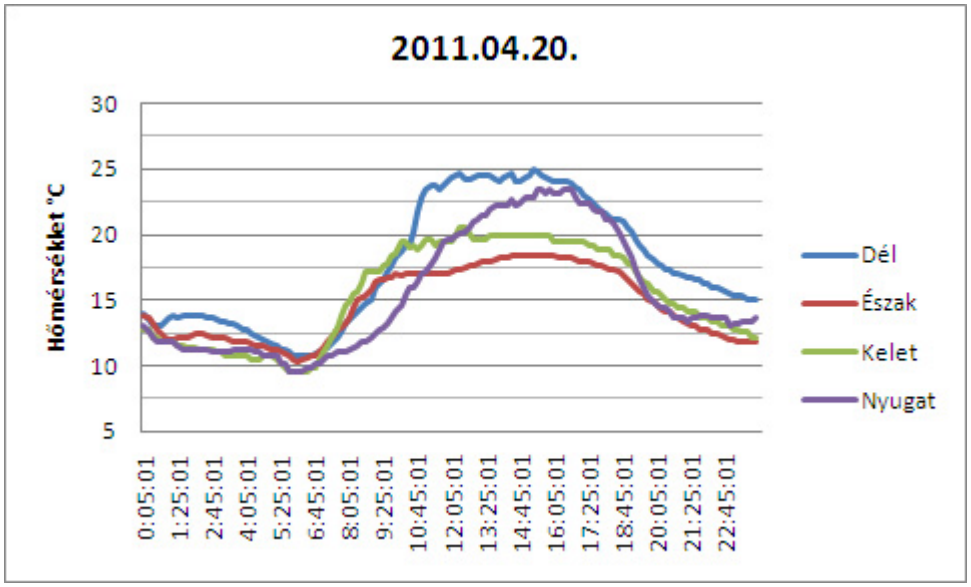


5. diagram Páratartalom ingadozás 2011.04.17.

A páratartalomban nagy különbségek fedezhetők fel a 2 kategória között. Éjszaka az értékek valamelyest közelebb vannak egymáshoz, nappal viszont majdnem 30%-os különbségek is kialakulhatnak. A futásuk ingadozása nagyjából megegyezik, ami azt jelenti, hogy hasonló mértékben reagálnak a nap behatásának. Éjszaka az É-i, napközben a D-i kitettség produkál kisebb ingadozást.

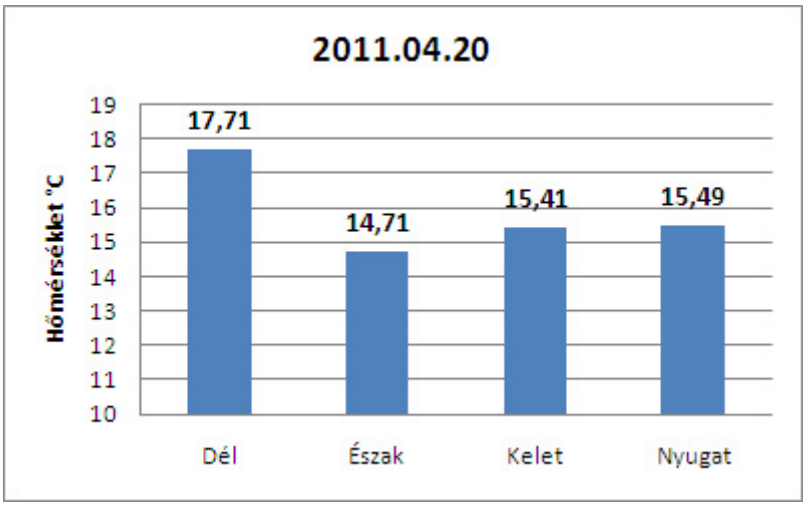
A napi átlag:	Maximum:	Minimum:
• Dél: 50,3 %	• Dél: 68,9 %	• Dél: 34,1 %
• Észak: 71,8 %	• Észak: 85,5 %	• Észak: 59,7 %

4.1.3. Melegebb tavaszi nap



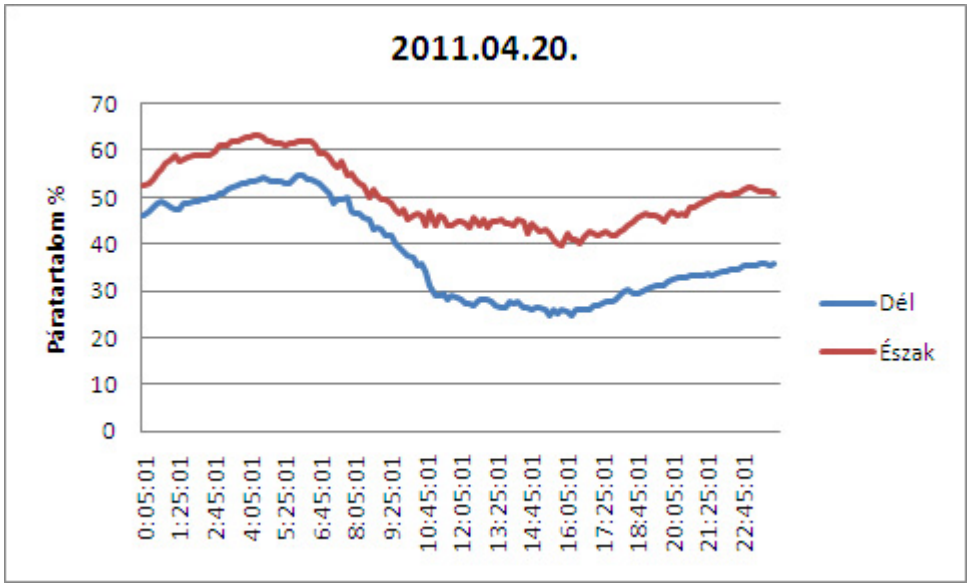
6. diagram Napi hőmérsékletfutás 2011.04.20

Hasonlóan a bemutatott mérési naphoz a D-i kitettségű részeken ismét megfigyelhető a dolomit hővisszatartó hatása. K és Ny között körülbelül délben felcserélődnek a szerepek és a Ny-i részek jóval nagyobb maximumot produkálnak. Az É-i kitettség 9 óra körül beáll egy magasabb szintre, amely napközben csekély mértékben emelkedik, összességében nagyon stabilnak tekinthető. A futás végén, kicsivel éjfél előtt pedig az is látszik, hogy pár nap komolyabb napsugárzás hatására, már a NY-i kitettségen is jelentkezik a hővisszatartó hatás.



7. diagram Napi átlag hőmérsékletek 2011.04.20.

A napi átlag hőmérséklet alakulásában érdemes megfigyelni a D és É között összességében kijövő 3 °C-os különbséget. A déli órákban ez a differencia még magasabb. Akár 7 °C különbség is megfigyelhető, ami jól szemlélteti a domborzati viszonyok markáns mikroklímára gyakorolt hatását. K és Ny tekintetében megint csak nem figyelhető meg jelentősebb különbség, hiszen a napi átlag hőmérséklet különbsége kevesebb mint 0,1 °C. Ha viszont a napi maximum tekintetében szemléljük a diagramot (6. diagram), akkor ismét nagy eltérések jelentkeznek a két tag futása között.

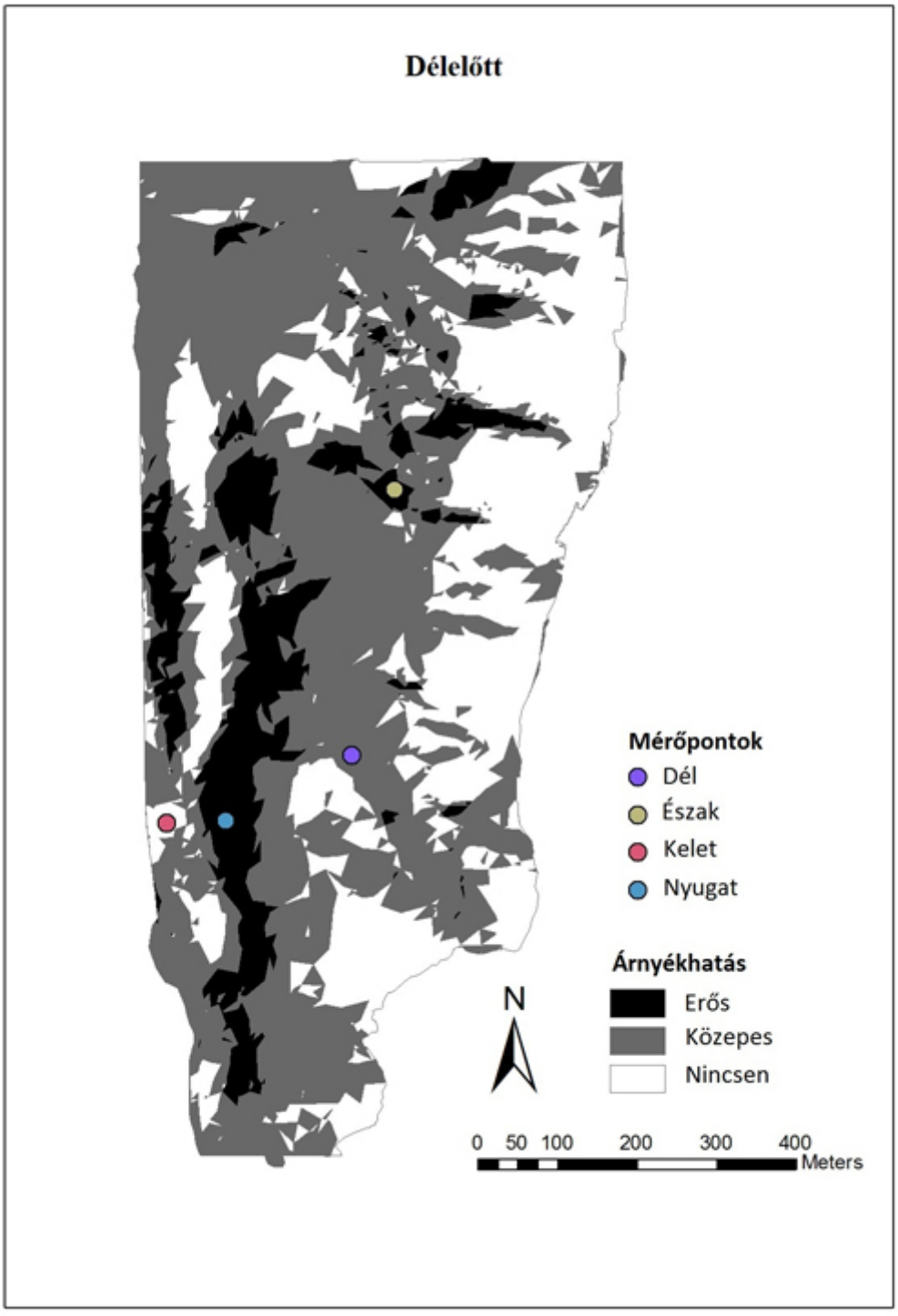


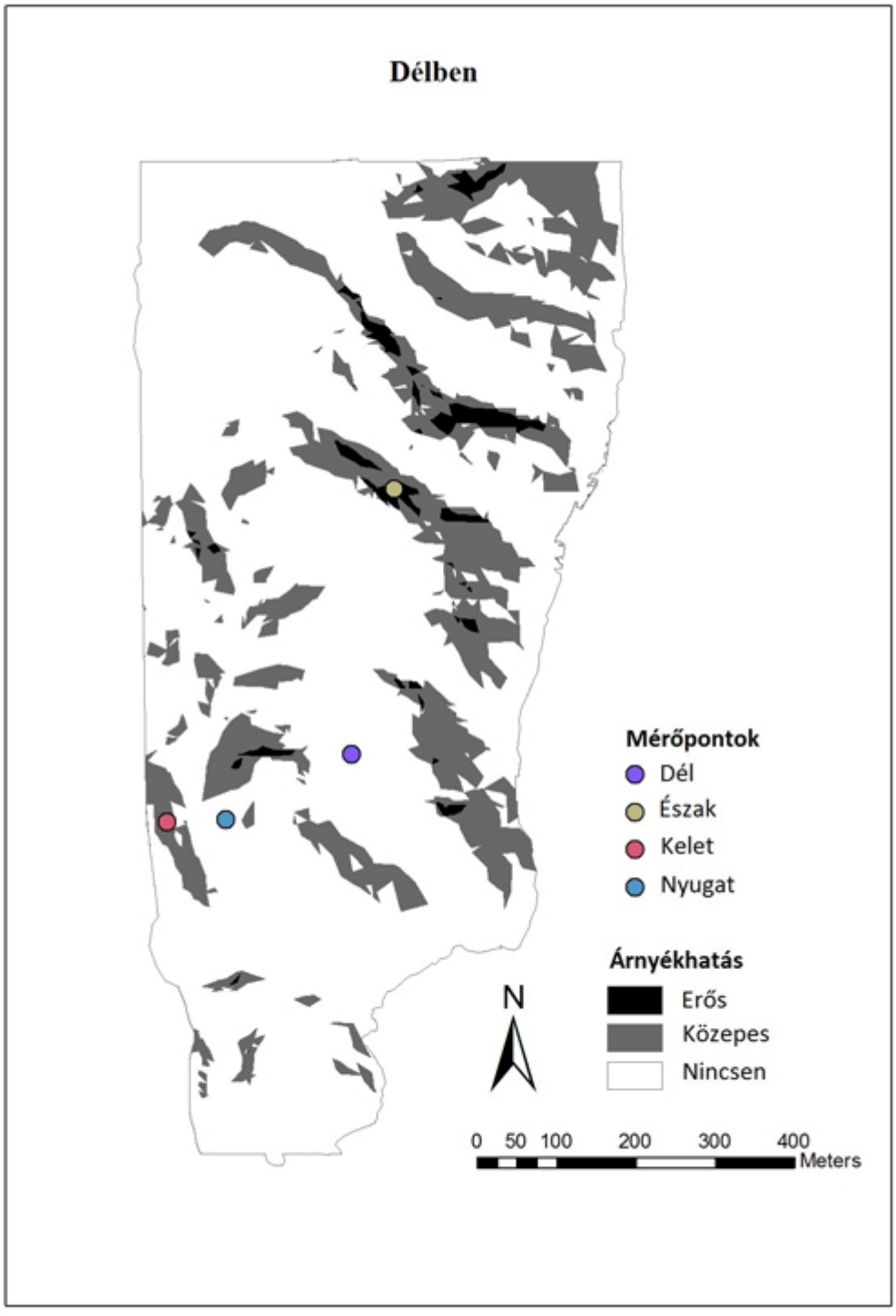
8. diagram Páratartalom ingadozás 2011.04.20.

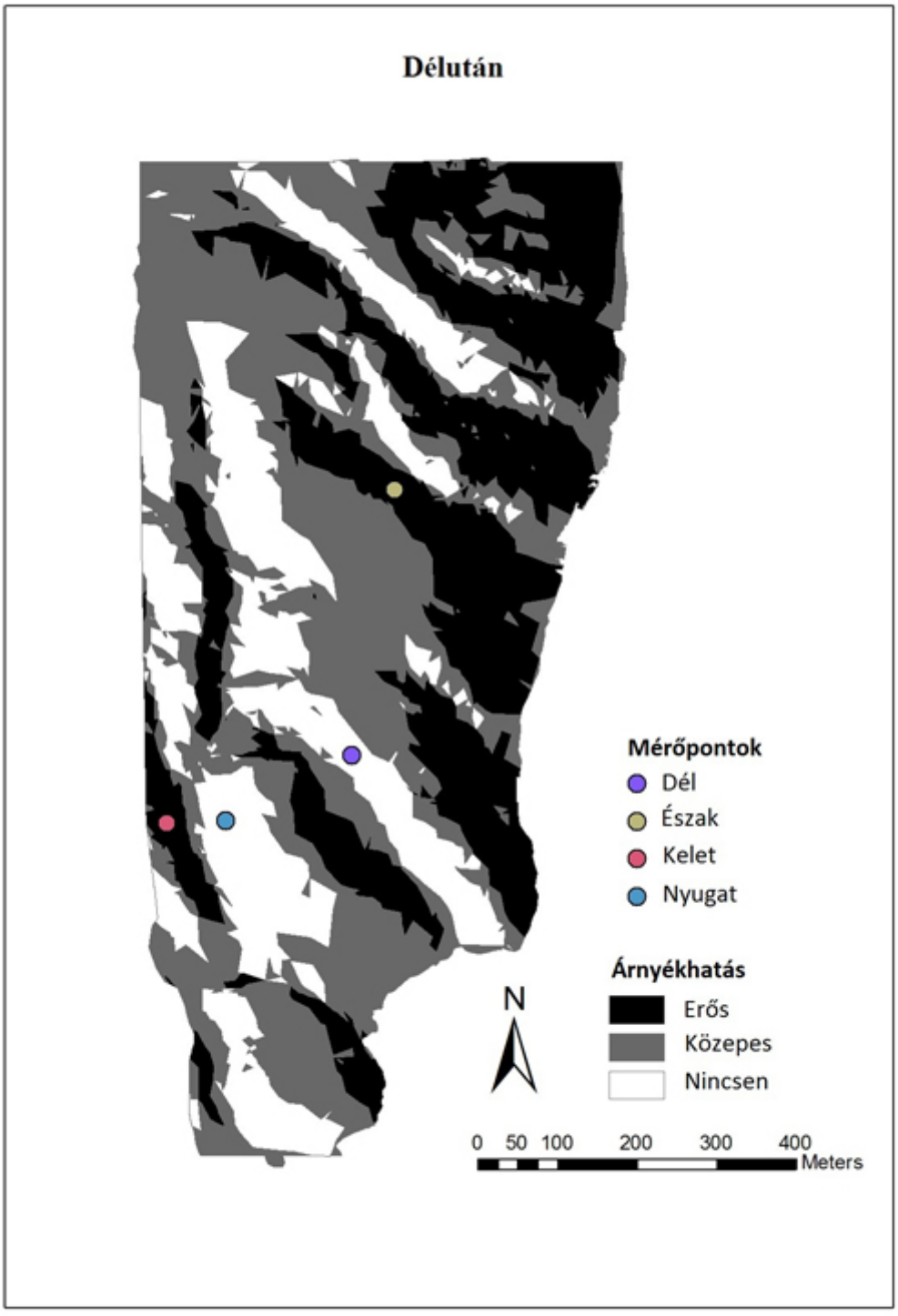
Páratartalom tekintetében nem figyelhető meg akkora különbség az értékek között, mint egy „átlagos áprilisi napon” (4.1.2). Jól látszik, hogy a futások követik egymást, nagyobb léptékű ingadozás pedig egyik tag tekintetében sem figyelhető meg.

4.2. Árnyékhatás szimuláció

A domborzati modell segítségével elvégeztem a júniusi tenyészidőszak napszakonkénti árnyékhatás szimulációját (9. ábra), mely egyrészt visszaigazolja az eddig mért hőmérséklet értékek napi ingadozásának okát, másrészt előrevetíti a júniusra várható körülményeket is.


Délelőtt
Mérőpontok
Dél
Észak
Kelet
Nyugat
Árnyékhatás
Erős
Közepes
Nincsen
N
0 50 100 200 300 400
Meters


Délben
Mérőpontok
Dél
Észak
Kelet
Nyugat
Árnyékhatás
Erős
Közepes
Nincsen
N
0 50 100 200 300 400
Meters

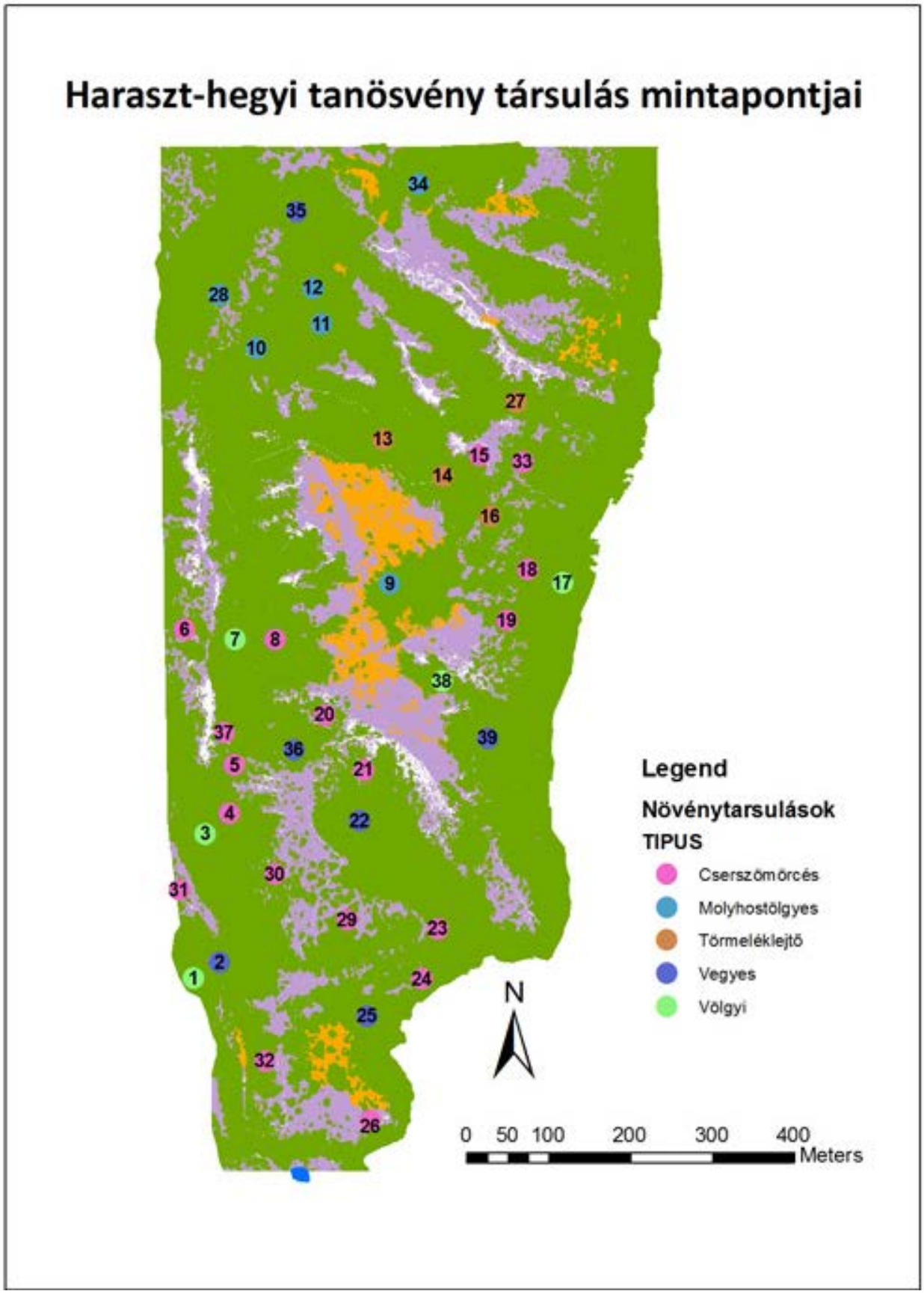


9. ábra Júniusi tenyészidőszak napszakonkénti árnyékhatásai

A vizsgálat bevezető szakasza tehát igazolta a korábbi tapasztalatokat, és a módszert. A pontszerűen értelmezett helyszíni értékeket a távérzékelési úton gyűjtött térbeli adatokkal interpolálva függvény állítható a mintaterület felszíni hőmérséklet adataira. Az előzetes vizsgálati szakasz lezártával elkezdődhet a növényállomány klímabefolyásoló szerepének vizsgálata az Interspect klímakutatási programjában. Reményeim szerint kellő mintaszám, és tapasztalat alapján archív légifelvételekből származtatott digitális vegetációtérképekből és archivált pontszerű időjárásadatokból következtethetünk majd korábbi mikroklíma állapotokra is. A haraszt-hegyi munka így egyrészt alátámasztani látszik, másrészt módszertannal látja el a 2008-ban indított vegetáció és klímakutatási programot (Bakó 2008)

5. Társulástani kategóriák elválasztása

A mikroklimatikus eredmények kapcsán arra a következtetésre jutottam, hogy a távérzékelt állomány elemzését követően első lépésben megvizsgálom a domborzati jellemzők és az egyes felszínborítás kategóriák kapcsolatát. Ilyen értelemben növénytani szempontból is érdekes lehet például: a kitettség, a hegygerincek árnyékhatása, valamint a lejtési fok. A módszertan lényege az volt, hogy a mintapontokat jelölök ki a különböző társulás típusok alatt, majd statisztikát gyártottam az imént említett domborzati tulajdonságokra. A statisztika alapján meghatároztam azokat a kritériumokat, amik a legjellemzőbbek az egyes típusokra. A kritériumok alapján pedig egyedi fedvényeket szerkesztettem, melyeket később egyesítettem a fás szárú kategóriával.



10. ábra A mintapontok elhelyezkedése a területen

Mintapontok és a hozzájuk tartozó általános domborzati tulajdonságok						
Mintapont	Kategória	EOV (X)	EOV(Y)	Magasság (m)	Lejtőszög (°)	Kitettség
1	Völgyi	603951,40	227464,47	219	10	K
2	Vegyes	603982,90	227483,77	217	10	D
3	Völgyi	603965,33	227640,98	235	24	K
4	Cserszömörcés	603995,60	227665,92	237	30	NY
5	Cserszömörcés	604001,14	227724,69	242	33	NY
6	Cserszömörcés	603940,18	227890,57	259	14	NY
7	Völgyi	604002,54	227878,21	259	25	K
8	Cserszömörcés	604050,72	227878,27	258	31	NY
9	Molyhostölgyes	604191,47	227946,52	300	5	D
10	Molyhostölgyes	604029,33	228234,42	327	7	D
11	Molyhostölgyes	604108,06	228263,36	328	8	K
12	Molyhostölgyes	604097,64	228307,87	330	10	K
13	Törmeléklejtő	604183,03	228122,76	290	38	É
14	Törmeléklejtő	604256,12	228078,19	281	21	É
15	Cserszömörcés	604301,57	228102,69	296	32	D
16	Törmeléklejtő	604314,87	228028,50	271	46	É
17	Völgyi	604403,10	227947,29	219	21	K
18	Cserszömörcés	604359,83	227963,93	252	35	K
19	Cserszömörcés	604334,51	227901,72	259	49	K
20	Cserszömörcés	604112,16	227786,45	276	21	NY
21	Cserszömörcés	604159,95	227719,26	263	30	D
22	Vegyes	604155,04	227657,20	252	17	K
23	Cserszömörcés	604250,78	227525,15	230	26	K
24	Cserszömörcés	604231,17	227463,83	224	18	D
25	Vegyes	604164,25	227418,42	219	11	K
26	Cserszömörcés	604168,38	227291,16	220	19	D
27	Törmeléklejtő	604345,73	228168,59	264	54	É
28	Molyhostölgyes	603982,70	228299,14	332	6	NY
29	Cserszömörcés	604139,13	227536,28	251	14	D
30	Cserszömörcés	604051,52	227591,68	253	26	NY
31	Cserszömörcés	603934,28	227572,36	243	32	D
32	Cserszömörcés	604038,63	227363,64	217	42	NY
33	Cserszömörcés	604353,64	228095,44	274	30	K
34	Molyhostölgyes	604227,38	228434,28	322	8	K
35	Vegyes	604077,29	228401,43	323	25	É
36	Vegyes	604074,71	227743,71	270	40	É
37	Cserszömörcés	603989,03	227764,32	252	35	K
38	Völgyi	604255,73	227827,45	280	16	É
39	Vegyes	604311,77	227757,88	240	33	K

2. táblázat A mintapontok domborzati tulajdonságai

5.1. Tetőerdő (Molyhostölgyes)

A mintapontok adataiból hamar kiderült, hogy e vegetáció típus esetén a magasság és a lejtési fok a két legfőbb tényező, ami a területen való eloszlását meghatározza. Így azokat a részeket kellett megkeresnem, amelyek 300 m felett helyezkednek el, emellett kis (<10 °) lejtési szöggel rendelkeznek. A terepen tapasztaltak teljesen egybeesnek a szakirodalom által meghatározott tulajdonságokkal.

11. ábra Tetőerdő

5.2. Keleti kitettségű vegyes részek (Völgy)

Fő domborzati sajátossága, hogy keleti kitettségű mélyebb völgyekben jelenik meg elsősorban, melyet nem csak a terepi tapasztalatom, hanem a mintapontok is alátámasztottak. A mintapontok segítségével megkerestem azokat a völgyeket, amelyek számításba jöhettek és az elkészített kitettség térkép segítségével lehatároltam a megfelelőnek ítélt területeket.

12. ábra Keleti kitettségű vegyes állománykép

5.3. Törmeléklejtő erdő

Ilyen típusú társulások olyan körülmények között alakulhatnak ki, ahol egész nap kiegyenlített klimatikus körülmények uralkodnak. Ezt a tényt a mikroklimatikus méréseim is alátámasztották, ahol az É-i kitettségű mérési pontom egy ilyen típusú vegetációban volt elhelyezve. Ebben az esetben olyan részeket kellett figyelembe vennem, melyek északi kitettségű mély völgyek, és egész nap szinte folyamatos árnyékhatásnak vannak kitéve. Ezért a kategória fedvény előállításához a kitettség-, lejtőszög valamint az árnyékhatás térképemet is felhasználtam.

23. ábra Tipikus törmeléklejtő hárssal

5.4. Cserszömörcés karsztbokorerdő

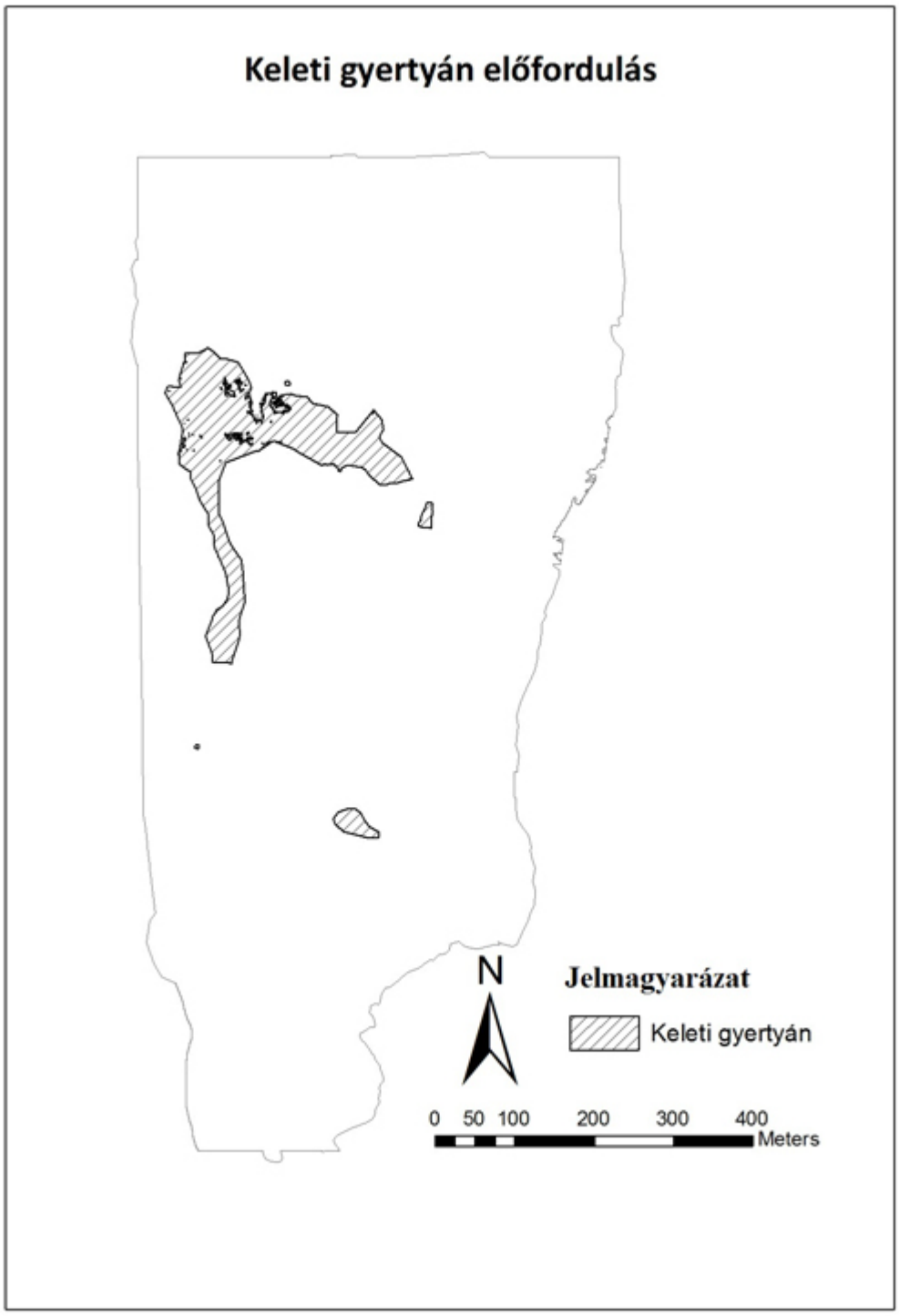
A mintapontokból gyorsan kiderült, hogy a vegetáció eloszlás fő domborzati befolyásoló tényezője az erős NY-i és D-i kitettség. A mikroklimatikus mérések, valamint a déli- és délutáni árnyékhatás szimuláció (9. ábra) is bebizonyította, hogy ezeken a területeken jelentkezik legerősebben a napsugárzás hatása. Ezt a hőmennyiséget csak ez a típusú vegetáció képes elviselni. A 18. és 19. mintapont lóg ki egyedül ebből a kategóriából, ugyanis ez a 2 mintapont K-i kitettségű árnyékosabb részeken található. Ami azt jelenti, hogy a kategória kialakításhoz a magasabb hegyoldalak tetőhöz közeli részét is figyelembe kellett vennem.

14. ábra Cserszömörcés karsztbokorerdő őszi aspektusban

Azok a részek melyek egyik kategóriába sem estek bele az átmeneti részek közé soroltam.

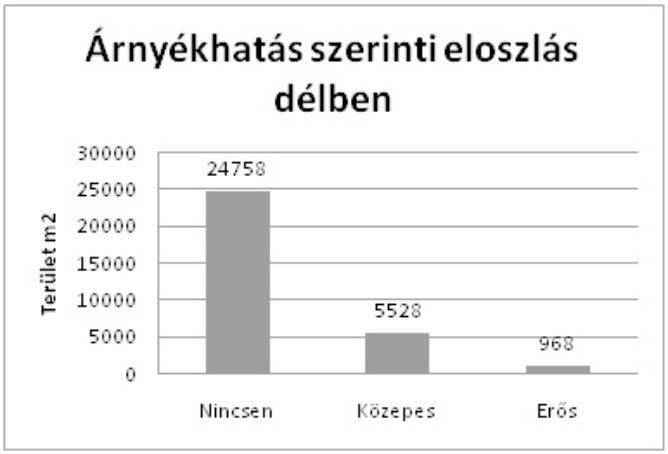
5.5. Keleti gyertyános karsztbokorerdő

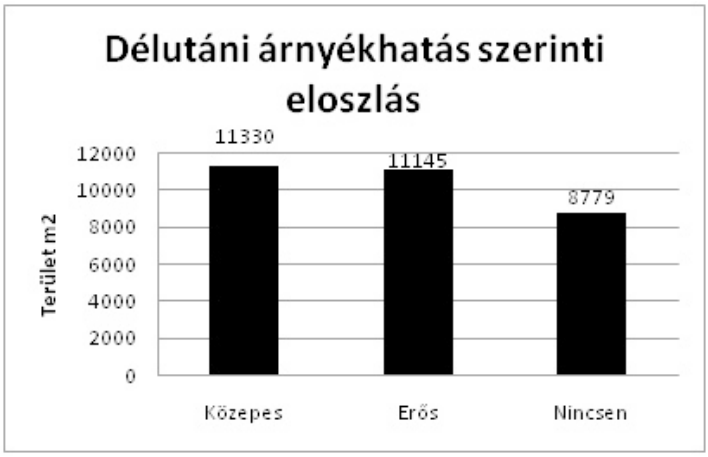
A keleti gyertyánt második lombkorona szintben való elhelyezkedése miatt nem lehet vegetációs időszakban készült légifelvételek segítségével pontosan lehatárolni. Országos jelentősége miatt fontosnak tartottam a területen való pontos feltérképezését, ugyanis ilyen jellegű kutatásról nem voltak eddig információim. GPS segítségével végeztem el a pontos lehatárolást, minden olyan területet körüljártam és rögzítettem, ahol képviseltette magát a faj. Ennek segítségével lehetőségem nyílott megvizsgálni a szakirodalom által leírt tényeket.

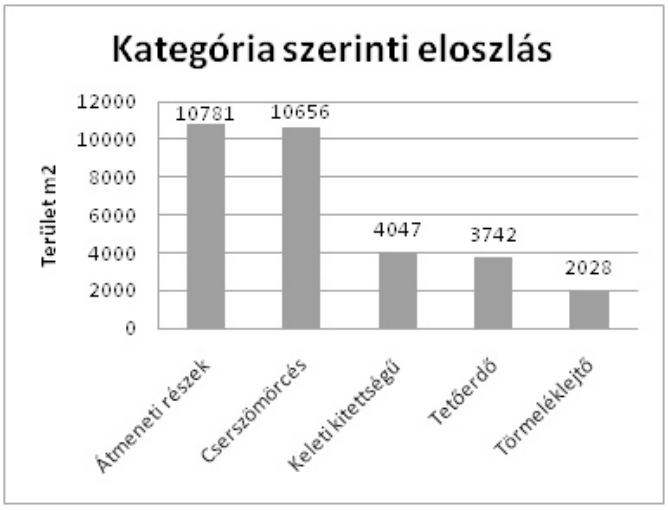


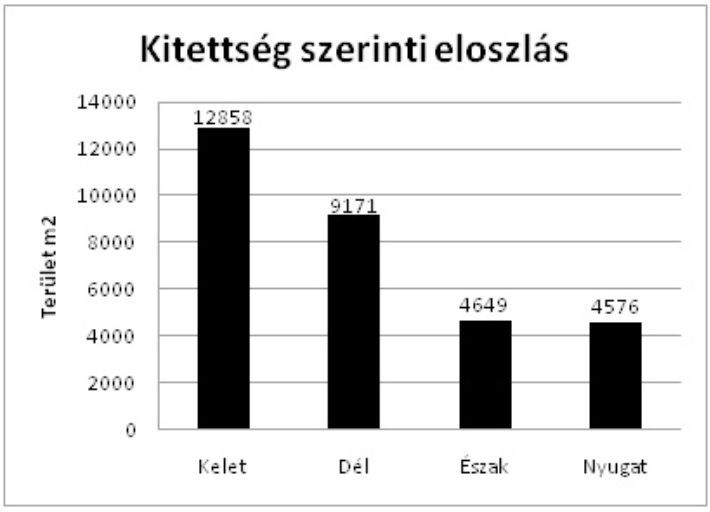
15. ábra Keleti gyertyán előfordulás a területen

A diagramokból hamar kiderül, hogy ugyan a melegebb kitettségű részeket kedveli leginkább, de nem lehet egyértelműen lehatárolni domborzati adatok segítségével a területen való elterjedését. A legérdekesebb információ, ami számomra kiderült az adatokból az a hűvösebb részeken való megjelenését illeti. Ugyanis egy kisebb területen átfedés tapasztalható például a törmeléklejtő erdővel is. Ezt a tényt a terepen is ellenőriztem és meglepetésemre olyan foltokkal is találkoztam, ahol a közönséges gyertyán és a keleti gyertyán egymás mellett nőttek az ég felé. Ezek a tulajdonságok úgy gondolom, jól példázzák e fafaj, különböző típusú klimatikus viszonyokhoz való alkalmazkodó képességének mértékét.

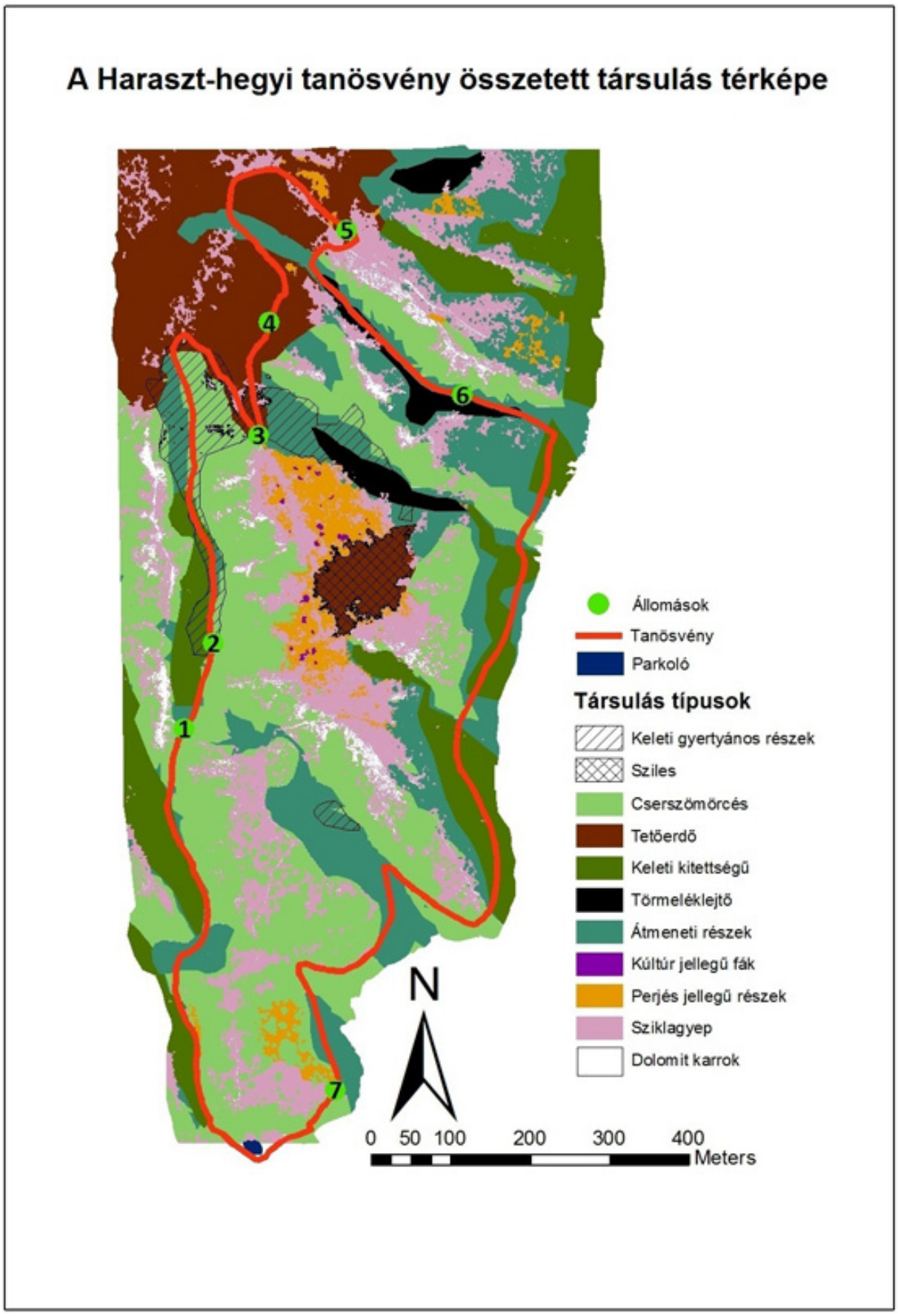








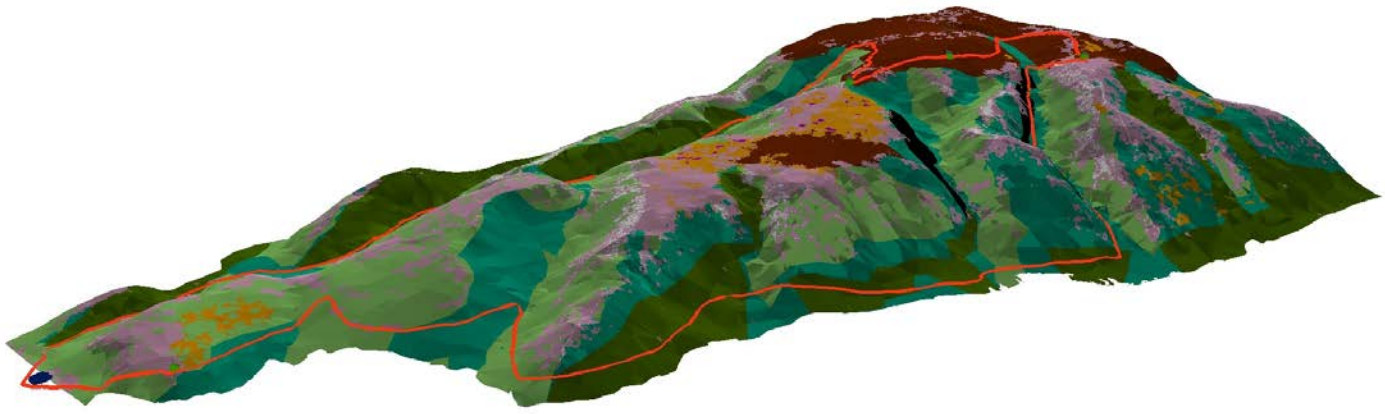
9-12. diagramok Eloszlásdiagramok



16. ábra A kritériumok alapján megszerkesztett összetett társulás térkép

6. Háromdimenziós térkép és adatbázis elkészítése

Utolsó lépésként a kutatásból kinyert kategória fedvények segítségével elkészítettem a teljes területre vonatkozó 3 dimenziós vegetáció térképet. (17. ábra) Mely amellett, hogy látványosan bemutatja az elért eredményeket, olyan szemszögből enged betekintést a területre, ami a vetületi térképek által eddig elképzelhetetlen volt. A háromdimenziós térkép által pontosabb képet kaphatunk a területen található vegetáció foltok elhelyezkedéséről, betekintést nyerhetünk akár a völgyekbe is, illetve pillanatok alatt végig "repülhetünk" a tanösvény teljes útvonalán. Így feltárulkoznak előttünk az adott részeken jellemző növénytani és domborzati viszonyok. Mindezek mellett fontosnak tartom még a háromdimenziós állomány multifunkcionalitását is. Az eddigi tapasztalataim alapján úgy gondolom, hogy a kapott eredmények több területen is felhasználhatók, kiaknázhatók. Itt megemlíteném például az oktatási-, bemutatási célokra való felhasználhatóságot. Ráadásul minél látványosabban van egy terület prezentálva annál könnyebb odacsábítani a látogatókat. Napjaink informatikai tárhaza pedig már bőven képes biztosítani azokat a lehetőségeket, hogy egy háromdimenziós állományt weblapba integráljanak és az alap adatok mellett még rengetek információt is hozzácsatoljuk.



17. ábra A tanösvény összetett háromdimenziós társulás térképe

Felhasznált irodalom:

BAKÓ G. (2008): A klímaváltozást gyorsítja az őshonos növényzet eltűnése, vizsgálati útmutató, Szent István Egyetem, Gödöllő

BAKÓ G. (2010): Multispektrális felvételek alapján készülő tematikus térképek minősége, a terepi felbontás és a képminőség függvényében, Tájökológiai Lapok 8 (3): p. 507–522.

Bakó G., Gulyás G., (2011): Légifelvételek költséghatékony osztályozási módszereinek kidolgozása az erdőgazdálkodás és a nemzeti parkok számára, kézirat

BURAI P., TAMÁS J. 2007: Távérzékelési módszerek összehasonlító elemzése mezőgazdasági mintaterületeken, Interdiszciplináris Agrár- és Természettudományok Doktori Iskola, Debrecen. p. 3

FODOR GYULA MAGYAR KIRÁLYI ERDŐMÉRNÖK (1935): A légi fotogrammetria térhódítása s várható jelentősége az erdőrendezési munkálatok szempontjából

LICSKÓ B. 1999: A belvizek légi felmérésének tapasztalatai

BÉNI K., VISZLÓ L. (1996): Egy cseppnyi Magyarország; A Vértes hegység és környéke

WINKLER P. 2003: Magyarország Digitális Ortofotó Programja (MADOP) és DDM modell az ország teljes területére, Térinformatikai Almanach 2003.

ABSTRACT

The theme of my dissertation is the vegetation- and microclimatic analysis of the Haraszt-hegy Nature Trail executed by high-resolution aerial records. The high-resolution multispectral aerial mapping's biggest advantages are the identification of species, include the possibility of mapping and the precise foundation. High-resolution aerial mapping raises another problem: it gives me very large amount of processable information. This article focuses on the possibilities of automatization of processing. I achived new results in the preprocessing. Preprocessing not only allows for accurate classification, but it also speeds up the inspection and repair period. Based on our experience I need special preprocessing methods and classification for interpreting the various land cover categories with the best efficiency.

With help of archive and new air photos I have analysed parts of the nature trail retrospectively, during which I have performed calculations about the dynamical changes of vegetation.

The microclimatic research results were put together with relief characteristics, and according to this association I have made combined vegetation map of the examined area. The map was interpolated onto relief model, and I have got the 3D combined vegetation map of the nature trail.

Keywords: preprocessing, remote sensing,, classification, forestry, landscape ecology, land cover mapping, nature conservation

Kolontár és Devecser településszerkezeti elemzése a vörösiszap-katasztrófa után, nagyfelbontású légifelvétel-térképek segítségével

RS&GIS - 2011 / 1.

Kirisics Judit

ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék

Interspect Csoport – Gyakornok

Harsányi Melinda

ELT Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék

Interspect Csoport – Gyakornok

2010. október 4-én átszakadt az Ajkai Timföldgyár 300 m × 500 m-es vörösiszap-tárolójának gátja. Az elöntés felbecsülhetetlen gazdasági és ökológiai károkat okozott, pontos adatok a kiömlött iszap mennyiségéről ismeretlenek. A katasztrófa Kolontár, Devecser, Somlóvásárhely, Somlójenő,Tüskevár és Apácatorna mélyebben fekvő részeit érintette. A szennyezőanyag bejutott a Torna-patakba, a Marcalba, a Rábába, a Mosoni-Dunába és a Dunába.

A vörösiszap által elöntött terület légi felvételezése október 6-án és 11-én történt, a 11-ei felvételek kerültek feldolgozásra, mert 6-ára az elöntés még nem állandósult. A távérzékelési feladatot az Interspect Kft. repülőgép személyzete (Arday András, Bakó Gábor és Molnár Zsolt) hajtotta végre, Budapest közeli bázisrepülőterekről. A felvételek készítéséhez az időjárási körülmények nem voltak ideálisak, a fotókon felhőárnyékok láthatóak, de a helyzet megkívánta az azonnali felmérést, és a magas denzitású felvételek elemzését nem hiúsítja meg a felhőárnyék. Így a felvételezés azonnali végrehajtásáról született döntés.

2010. június 10-12 között a Gyöngyösi Főiskola is készített légifelvételeket a területről, melyek inkább az anyagminőségi információk szempontjából értékelhetőek, míg a nagyfelbontású multispektrális állományunk geometriai pontossága lényegesen nagyobb. A hiperspektrális felvételek segítségével könnyebbé válik a szennyezettségi változások dokumentálása.

A 11-i légifelvételek készítése új, magyar fejlesztésű, nagyfelbontású multispektrális technológiájú kamerával történt, ami lehetővé teszi a nagyobb dinamikai átfogást (szélesebb

árnyalatterjedelmet, ezáltal nagyobb részletgazdagságot), a pontosabb geometriai helyesbítést, nagyobb azonosítási és térképezési pontosságot.

Az így készült felvételek nagy terepi felbontásuk miatt topográfiailag igen pontosan georeferálhatóak. Ebben az esetben több, mint 300 darab 1:2100 képi méretarányú, függőleges kameratengelyű, 18 cm-es terepi felbontású légifelvétel készült. Az igazán pontos felismerés és vizuális körülhatárolás megkívánja az adott felszínborítási kategóriának megfelelő terepi felbontást, hiszen minél nagyobb földfelszíni terület képződik le egy pixelen, a felszíni objektumok annál jobban belemosódnak a környezetükbe kevert pixelek formájában (Bakó, 2010)

1. Kockázatos létesítmények térinformatikai rendszereinek fontossága

Magyarországon is, mint minden más országban az iparűzés következtében létrejönnek olyan területek, melyek jelentősen károsodhatnak. Ilyen, és ehhez hasonló kockázatos terület például Paks, vagy a cikkben szereplő Devecser és Kolontár települések közvetlen környezete. Paksnál a Paksi Atomerőmű, míg Devecser és Kolontár esetében a Magyar Alumíniumtermelő és Kereskedelmi Zrt. tevékenysége jelenti azt a kockázatot, melynek következtében elengedhetetlen a védelmi és mentési tervek, feladatok megléte. Bizonyos esetekben ezek a tervek már kidolgozottak, más esetekben viszont ezek abszolút hiánya miatt a katasztrófa sokkal nagyobb mértékű pusztítást okoz. Éppen ezért lenne lényeges, hogy Magyarországon is felmérésre kerüljenek a fent említett kockázatos területek.

Az Interspect Csoport 2010 tavaszától készít légi felvételeket "a túlterjeszkedő külszíni fejtések, és potenciális veszélyt jelentő, vagy csupán nem megfelelő állapotú depóniák felderítéséről. Az általuk készített légifelvételek kiértékelésével olyan pontos térinformatikai adatbázis hozható létre, mely alapjául szolgál a fentiekben említett védelmi és mentési feladatok kialakításához. A pontos adatbázis nem csak egy katasztrófa esetében fontos, hiszen a multispektrális felvételeken jól kivehető növényzeti degradációs elemzések már egy bizonyos fokú szennyeződés kijutására, meglétére utalhatnak.

További problémát jelent a hibás kiinduló kárjegyzék és az ingatlanok felületes azonosítása. Az elavult, vagy geometriailag pontatlan kataszteri térképek, a hiányzó kárelhárítási térképek, tervek ilyenkor halmozott költségeket és időveszteséget rónak a katasztrófaelhárításra, és a lakosságra, valamint a területi gazdálkodó szervezetekre.

2. Fotogrammetriai munkálatok

A fotogrammetriai munkálatok ERDAS 2011 szoftvercsomag segítségével, az Interspect munkaállomásain zajlottak, Molnár Zsolt és Kovács Gábor vezetésével. A fellelhető térképek és térinformatikai állományok megbízhatóságához képest jóval nagyobb geometriai pontosság elérése volt a cél, melyhez az előzetes becslések szerint 500 helyszíni referenciapont mérése szükséges

síktranszformáció esetén, 2 cm horizontális, 5 cm függőleges pontossággal. Így a légifelvételek georeferálása átlagosan fél méter alatti hibával történt.

Az ELTE – Interspect hallgatói programjának keretén belül elemeztük a légifelvételek alapján a vörösiszap szennyezés hatását a talajfoltokra, a településszerkezetre, valamint a vegetációra. Az így készült fedvények egymást kiegészítve segítik a károsodás felmérését, értékelését, hiszen az elkülönített szennyezett területek alapján már nagy pontossággal leválogathatók a károsodott növényzeti elemek és épületek, mesterséges objektumok. Az épületek detektálásához, a kataszteri jellegű kiértékeléshez megfelelőek és pontosak voltak a látható tartományú (RGB) csatornák.

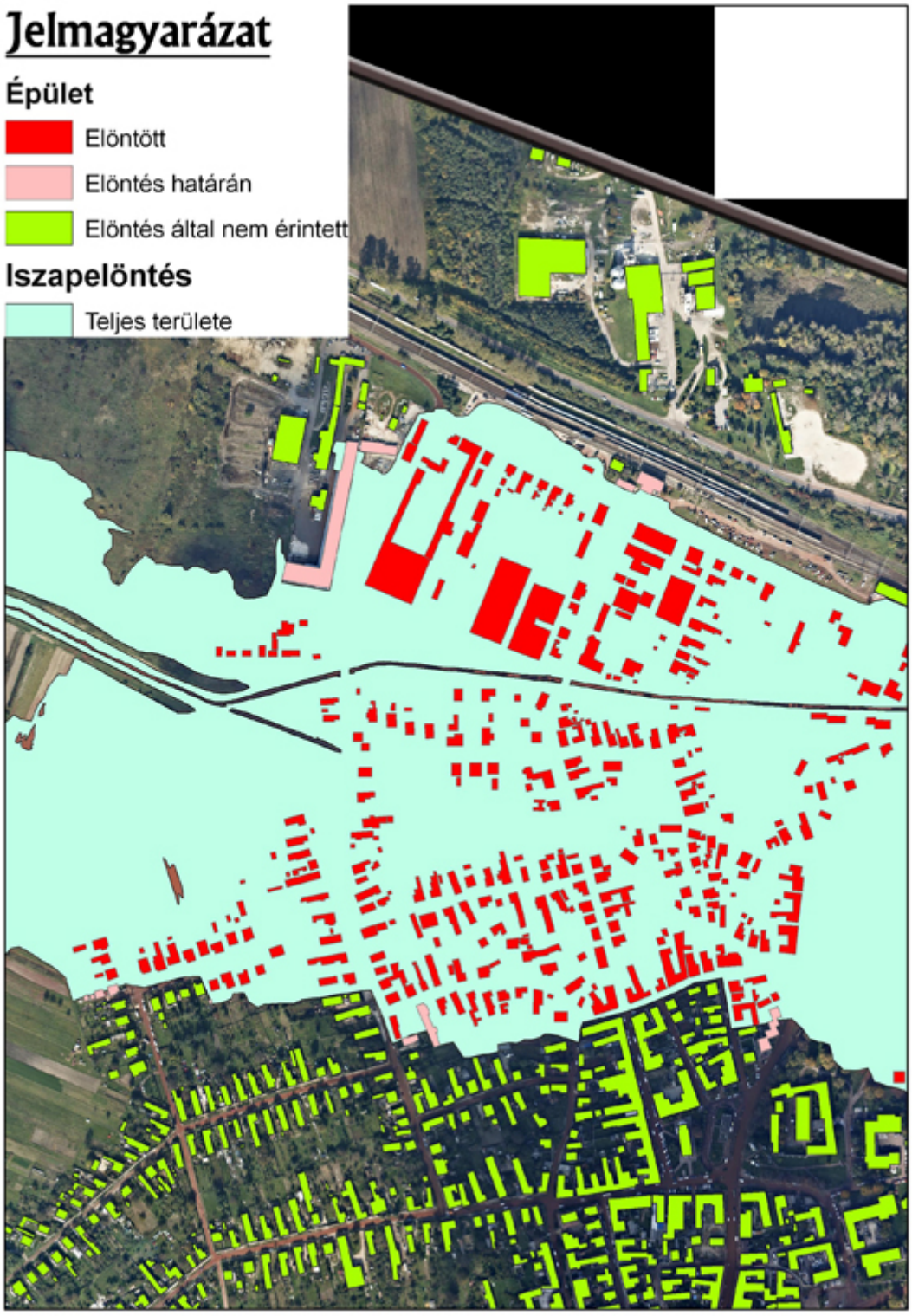
A légifotó-térképeken megjelenő felhőárnyék jelenség vörösiszap-szennyezés interpretációjánál a gyakorlatban sem okozott gondot.

A vizuális interpretáció alapjául szolgáló szoftver megválasztása során figyelembe kellett venni, hogy a program megfeleljen a vetület, valamint a térbeli pontosság követelményeinek. Így mindenképp olyan pontos térinformatikai programot kerestünk, mellyel ezen követelmények megvalósíthatóak. Ez alapján felvetődött az egyéb feladatokhoz már alkalmazott ArcView nevezetű szoftver, melynek elavultsága és hiányosságai miatt inkább az ArcGIS ArcMap 9.2-es verziója mellett döntöttünk. Az épületállomány térképezésének céljára polygon típusú shapefájl megválasztása volt a legmegfelelőbb.

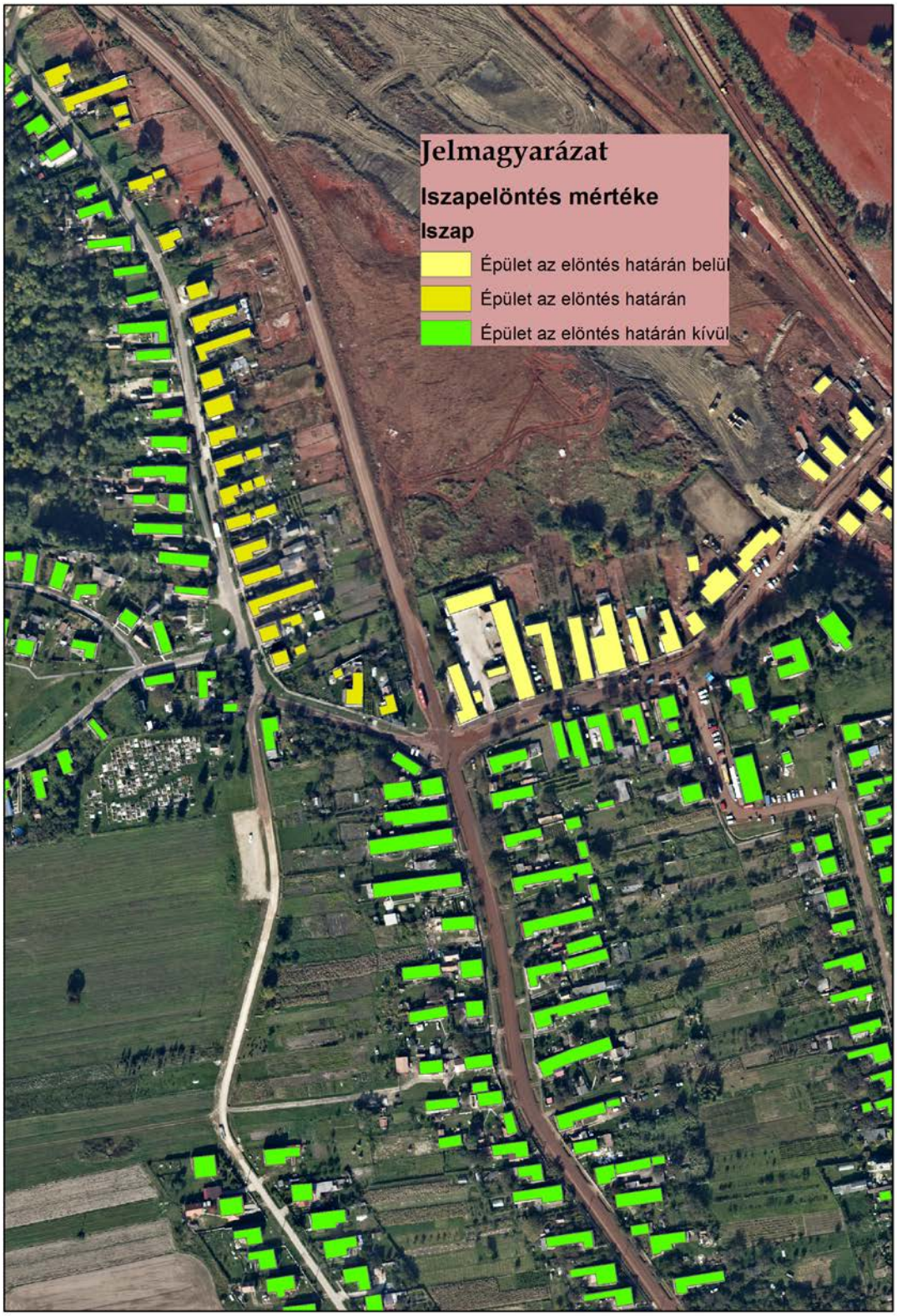
Épületek bemutatásához fontos tulajdonság egy szoftver esetében, hogy rendelkezzen egymásra merőleges szakaszok szerkesztésének lehetőségével. Az ArcMap szoftver ezt az igényt részben elégíti ki, ezért nagy körültekintéssel kell az alappontokon megrajzolni az épületeket. A problémát az okozza, hogy egy zárt objektum (polygon) esetében csak a legutoljára szerkesztett oldalra van lehetőségünk merőlegest állítani, így az utolsó pont letételekor az utolsó szakaszunk nem lesz tökéletesen merőleges az elsőként szerkesztett vonalra.

Épületek kiértékelésénél ott tudunk pontos képet adni, ahol látható a falsík és a talaj metszéspontja. Az ortogonális vetítés csak a felszínen (talppontokon) értelmezett. Így az épületek perspektív képi dőlése miatt a talppontok sok esetben takarásban vannak, viszont az épület látható oldalaiból nagy pontossággal levezethetőek ezek az oldalalapok is.

A kutatócsoportunk egyik tagja, Ambrus András által, szintén a légifelvétel vizuális interpretációjával előállított vörösiszap-elöntést reprezentáló vektoros fedvény alapján történt az épületek kategorizálása. Ezt a tulajdonságot leíró adatot az adatbázis táblájához adott 2 bájton tárolt egész (short int) típusú mező rekordjaiban tároltuk. Elkülönítettük az elöntés határán belül eső, illetve az ezen kívüli, épen maradt épületeket. Némely ingatlan az elöntés határára esett, így az ezeken a telkeken található épületeket egy átmeneti kategóriába soroltuk.



1. ábra Devecser épületkatasztere az elöntési fedvénnyel



2. ábra Kolontár épületkatasztere az elöntési fedvénnyel

3. Eredmények

A mérések eredményeként megállapítást nyert, hogy Devecser településen összesen 371, Kolontár esetében pedig 61 épületet érintett közvetlenül az iszapelöntés. Az elöntés határán Devecser esetében 15, Kolontár esetében 30 épület található. Ezek a számok a korábban publikált számadatokhoz képest láthatóan eltérést mutat, melyek szerint Kolontáron 37, Devecseren 202, Somlóvásárhelyen 13 ingatlan károsodott az elöntés során. (Kaleta, 2010)

Az általunk készített fedvények, valamint az azokból kinyert adatok segítségével nagyban pontosíthatók az eddigi adatok. Az eltérés lehetséges okai közé sorolható, hogy idő közben megkezdődött az épületek elbontása, és, hogy esetünkben a kisebb épületek is felmérésre kerültek.

Bízunk benne, hogy lehetőség nyílik egy újabb légifelvételezésre, mely több szempontból is rendkívül hasznos lenne a kutatómunka szempontjából. A katasztrófa bekövetkezte után minimum fél évvel készülő, újabb fényképeken már nyomon követhetőek lennének a településszerkezetben, valamint a növényzeti vegetációban bekövetkezett változások, hiszen a katasztrófa után temérdek fa került kivágásra és rengeteg lakóépületet ért olyan mértékű károsodás, melynek következtében azok elbontásra kerülnek. Az újabb kiértékelés során előállíthatóak a legfrissebb adatok arról, hogy pontosan mennyi épület elbontására került sor az elöntés óta, valamint az újabb adatokat a katasztrófa után közvetlenül készült adatokkal összevetve újabb képet kapnánk a településszerkezet számszerű és térképi változásáról. A növényzet degradációja szintén érdekes a számunkra.

4. Irodalom

Bakó G. (2010): „Igen nagyfelbontású légifelvétel-mozaikok készítése kis- és középformátumú digitális fényképezőgépekkel” Geodézia és Kartográfia. 2010/6 (62). pp: 21-29

Bakó G., Molnár Zs. (2010): „A katasztrófa stratégiai légifelvétel-térképezése - Miről árulkodnak a légifelvételek” Műszaki Magazin 2010/12. pp: 62-63

Bakó G. (2010): „Multispektrális felvételek alapján készülő tematikus térképek minősége, a terepi felbontás és a képminőség függvényében” Tájökológiai Lapok 2010/8 (3). pp: 507–522

Dubniczky M. (2010): „Overall maszkkal” interjú Zalavári Istvánnal, a Veszprém Megyei Mérnöki Kamara elnökével, a helyszíni kárfelmérési szakmai csapat koordinátorával. Mérnök Újság. 2010/10 (17). pp: 10

Kaleta Jánosné (2010): „Kész a leltár” Mérnök Újság. 2010/10 (17). pp: 12-13

Kugler Zs. (2011): „Vörösiszap-zagytározó okozta környezeti katasztrófa műholdas megfigyelése Ajka térségében” Geodézia és Kartográfia. 2011/2 (63). pp: 20-24

ABSTRACT

Analysis of settlement structure of Devecser and Kolontár after the red sludge spill crisis by high-resolution aerial photomaps

On 4 October 2010 the dam of the Ajka alumina factory's red sludge reservoir broke near the village of Kolontár. The caustic red sludge flood caused inestimable economic and ecological damage. The flood buried the lower areas of Kolontár, Devecser, Somlóvásárhely, Somlójenő, Tüskevár and Apácatorna.

This contribution presents the estimation of damaged buildings as a result of the visual interpretation of geometrically corrected aerial photographs. The photographs were taken on 11 October 2010 by Interspect Ltd. that takes aerial photos of potential dangerous areas with high-resolution, multispectral cameras which ensure high topographical precision. Therefore, higher precision can be achieved in building and vegetation detection than by former surveys.

The result proved to be that the flood affected 371 buildings in Devecser, and 61 in Kolontár. In the former town 15, in the latter 30 buildings are located on the border of the flood.

A Tihanyi-félsziget Külső-tavának hosszú idejű vízszintváltozásainak elemzése távérzékelt állományok retrospektív elemzésével

RS&GIS - 2011 / 1. Dömötör Dóra

dora.domotor86@gmail.com

Kulcsszavak: légifotó; mocsár; nádas; nyíltvíz; űrfelvétel

Bevezetés

A tihanyi vulkánok a tenger elvonulásával közel egyidősek. Volt, amelyik már víz alatt is működött, sok tudós szerint a későbbi Balaton környékén csak Tihanyban volt víz alatti vulkán (Géczi J. et al. 1995). A legújabb kutatások szerint, Balogh Kadosa legújabb K/Ar radiometrikus koradatai alapján a félsziget vulkáni kőzetei mintegy 7 millió évesek, és feltehetően mocsárvidék vagy sekély enyhén sós vizű tenger lehetett a félsziget helyén. (Karátson D.; Németh K.1997)

A Külső-tó jelenleg a Tihanyi-félsziget kiemelkedő jelentőségű, országos védelem alatt álló mocsári vizes élőhely-komplexuma, azonban ez nem volt mindig így. Az 1800-as évek elején magántulajdonban levő Külső-tavat lecsapolták, melynek sebeit még napjainkban is őrzi lecsapoló árkai által. Mezőgazdasági területként viszont nem jól funkcionált, ugyanis a tó medre egy-egy csapadékosabb évben feltöltődött csapadékvízzel. Ilyenkor a lecsapoló árkok mentén kialakult nádassal együtt életteret biztosított a fészkelő, és vonuló madaraknak.

1. ábra A Külső-tó napjainkban

1973-ban az akkori természetvédelmi hatóság vette át a tó kezelését. A levezető csatorna elzárásával1976-ben megkezdődhetett az élőhely-rekonstrukció, vagyis a tó eredeti állapotába való visszaállítása. (Vers J. 2003) Azóta szerencsére újra megmutathatta igazi arculatát a tó, hiszen mocsári élőhelyként kedvező életteret nyújt számos védett, ritka állat és növényfaj számára, mint pl. Iris pseudacorus *(sárga nőszirom),* Triturus vulgaris *(pettyes gőte*), *Ardea purpurea (vörösgém)*, Anser anser (*nyári lúd*). (Futó J. et al.2002)

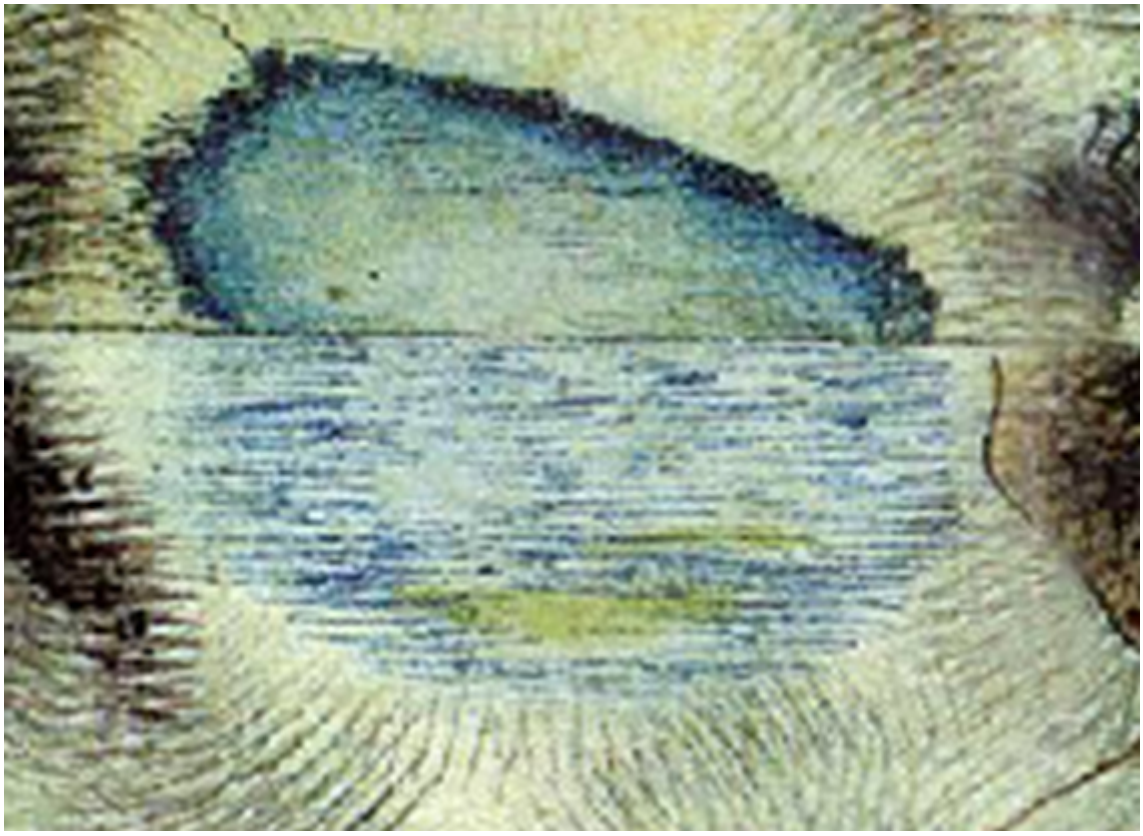
Alighogy feléledt a Külső-tó, máris egy újabb fennmaradását veszélyeztető problémával kell szembenézni. Az utóbbi években ugyanis szemmel láthatólag rohamosan csökken a nyíltvíz területe. Vizsgálataim során e kedvezőtlen változás okait tártam fel légi és űrfelvételek alapján.

1. Anyag és módszer

Az archív multispektrális légifelvételek elemzése azt a célt szolgálta, hogy megállapíthassam, miként változott a tó nyílt vízfelülete az idők folyamán. A kiértékelési fedvényeket ARCVIEW programban szerkesztettem meg shape file-ok létrehozásával, poligon típusú kijelöléssel. A távérzékelt állományok vizuális interpretációján túl három katonai térképfelmérést is elemeztem.Három légi és három űrfelvétellel dolgoztam.

1.1. Katonai felmérések

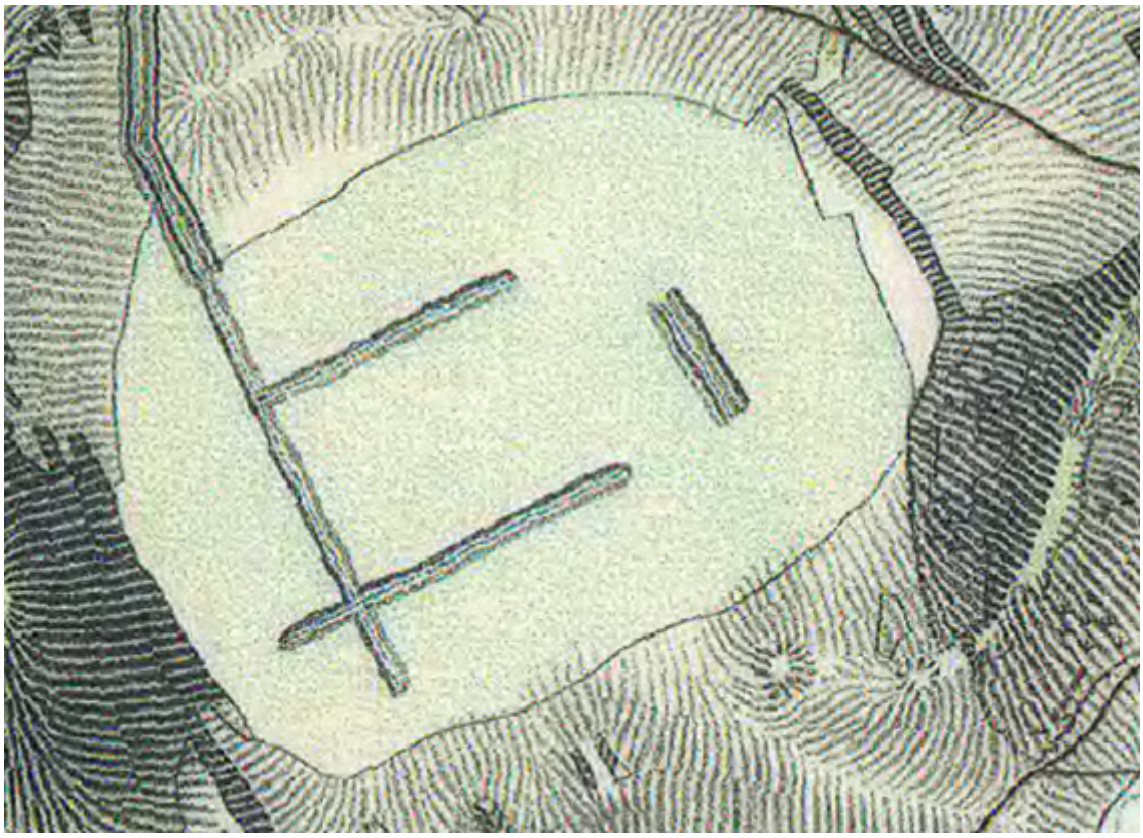
1.1.1 Első katonai felmérés (1782-1785)



2. ábra A tavat 1782-1785 között ábrázoló első katonai felmérés térképrészlete (*Forrás:BFNP)*

Az első katonai felmérés 1782-1785 között készült Ekkor a tó még valószínűsíthetően természetes állapotában volt, a lecsapolás csak 1806-ben következett be. (2. ábra)

1.1.2. Második katonai felmérés (1819-1869)

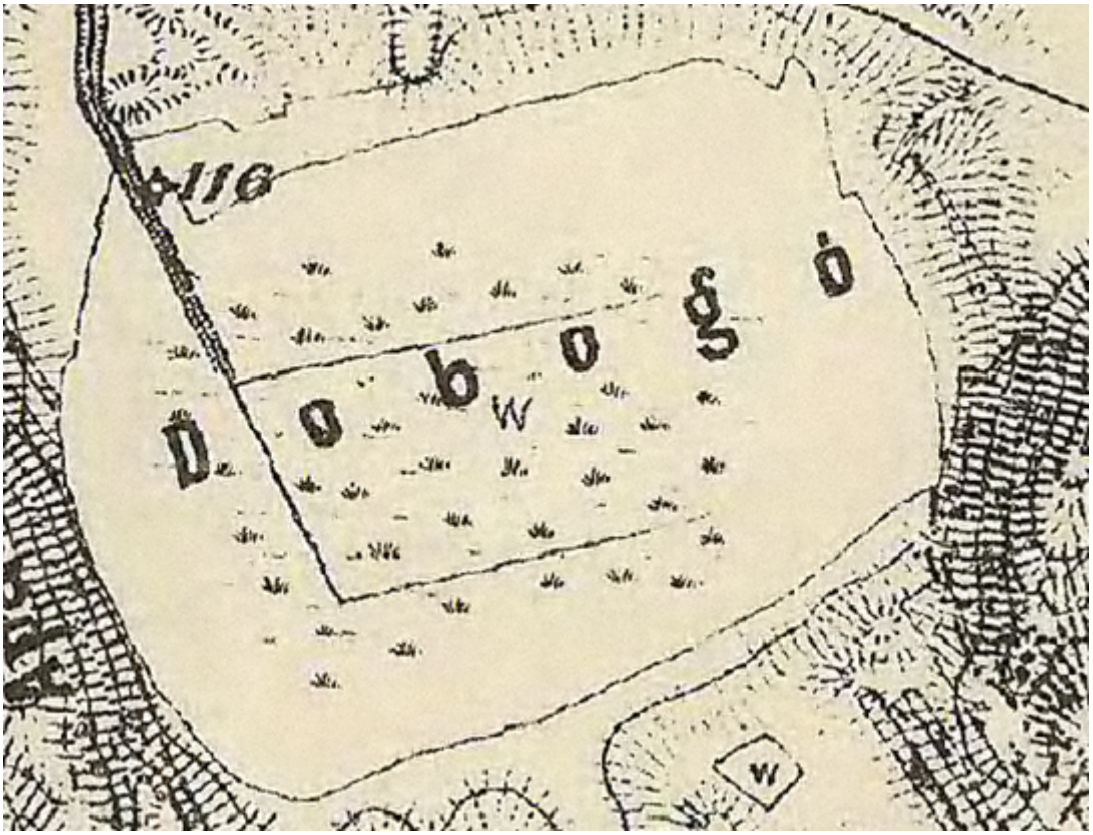


3. ábra A második katonai felmérés térképrészletén már a levezető csatornák láthatóak (*Forrás:BFNP)*

Ebben az időszakban már végbement a tó lecsapolása (1806), melynek levezetése az Aszófői-séden keresztül került a Bozsai–öbölből a Balatonba. A levezető csatornákat ábrázolták. Ezen a térképen még nyílt vízfelszín figyelhető meg, bár ennek az is lehet az oka, hogy az egyszerűség kedvéért ezt a részt nem dolgozták ki.

1.2.3. Harmadik katonai felmérés (1869-1887)

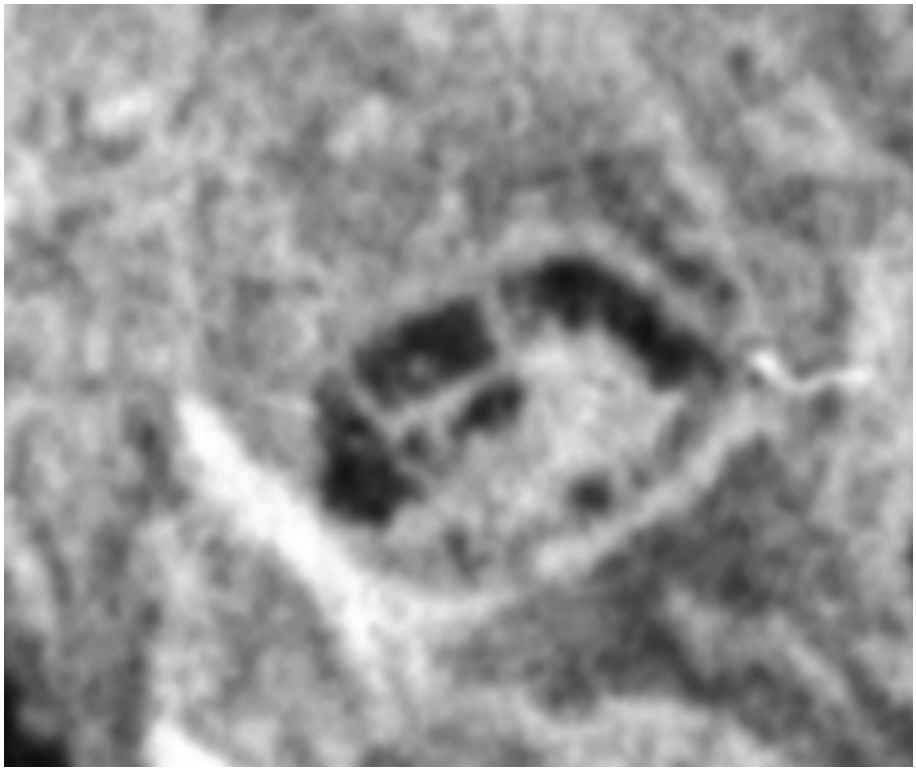
A Tihanyi-félszigetről készült felmérés 1880-ban történt, mikor a tó még lecsapolt állapotban volt.



4. ábra A második katonai felméréssel szemben itt már ábrázolták a lecsapolt területet, a felszín feletti magasságot, valamint a lecsapoló csatorna méretarányait. (*Forrás:BFNP)*

1.2 Légi- és űrfelvételek elemzése

A légifotók és űrfelvételek elemzésekor sokkal pontosabb képet kaphatunk a tóban történő változásokról. Az első általam elemzett felvétel 1979.05.21-ben készült a félszigetről. Egy orosz fekete-fehér űrfelvétel. (5. ábra)



5. ábra (*Forrás: VITUKI/ARGOS Stúdió)*

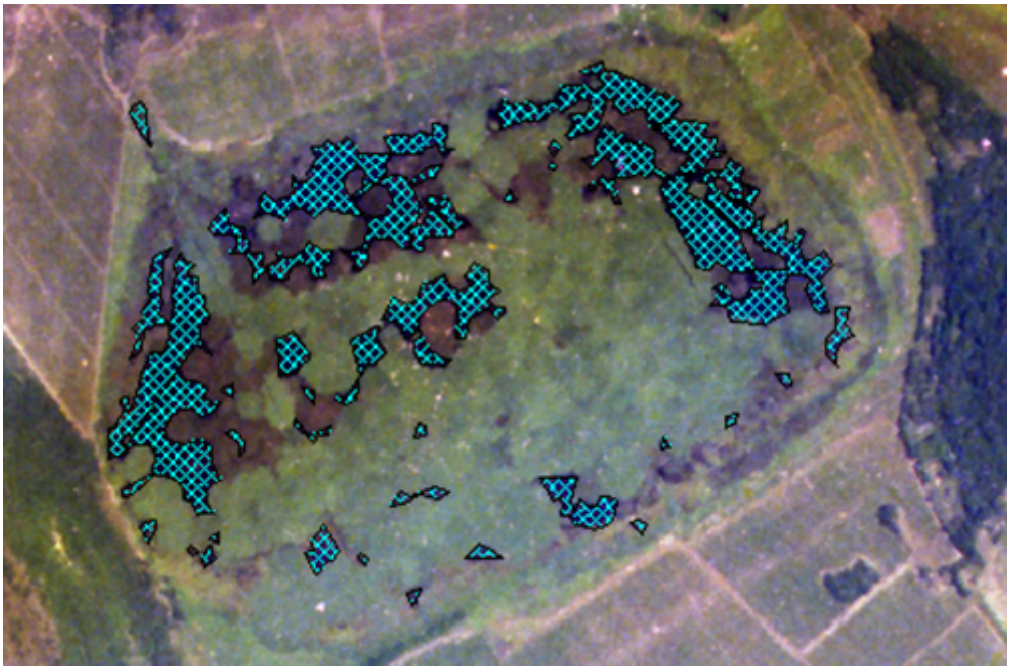
Az űrfelvétel a felbontása miatt nem volt szabatosan elemezhető, de szabad szemmel is jól megfigyelhető a nyílt vízfelszín túlsúlya a nádhoz képest. Mivel a tó rekonstrukciója 1976-ban kezdődött el, látható a nyílt víztükör előretörése. A felszín mintegy felét ez borítja, a fennmaradó területrészek pedig, beleértve a levezetőcsatornákat is, náddal borítottak.

1.2.1. Az 1981-es légifelvétel

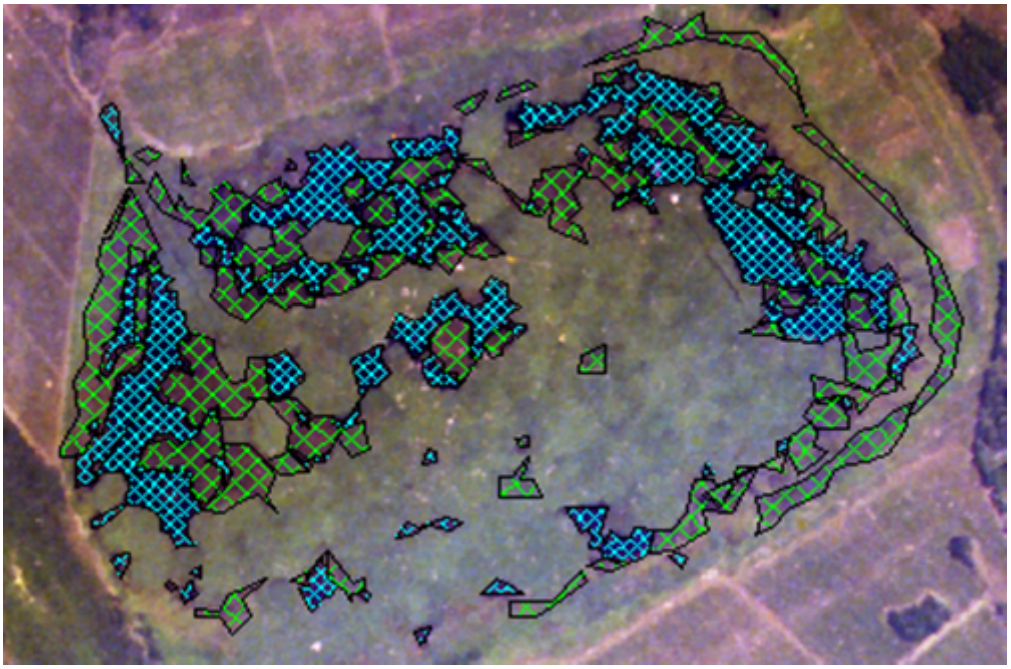
/4000 m-es relatív repülési magasságból Hasselblad kamerákkal készült készült 1:45000-es méretarányú függőleges kameratengelyű multispektrális felvételek/:

Nagyobb felbontása miatt jól elemezhető, ezért alkalmassá vált arra, hogy az Arcview program segítségével méréseket végezzek rajta. A képen szinte ugyanolyan arányú víz és nádborítottság látszik, mint 2 évvel ezelőtt. A zöld részek egyértelműen a nád jelenlétére, a sötétek pedig a víz (kék

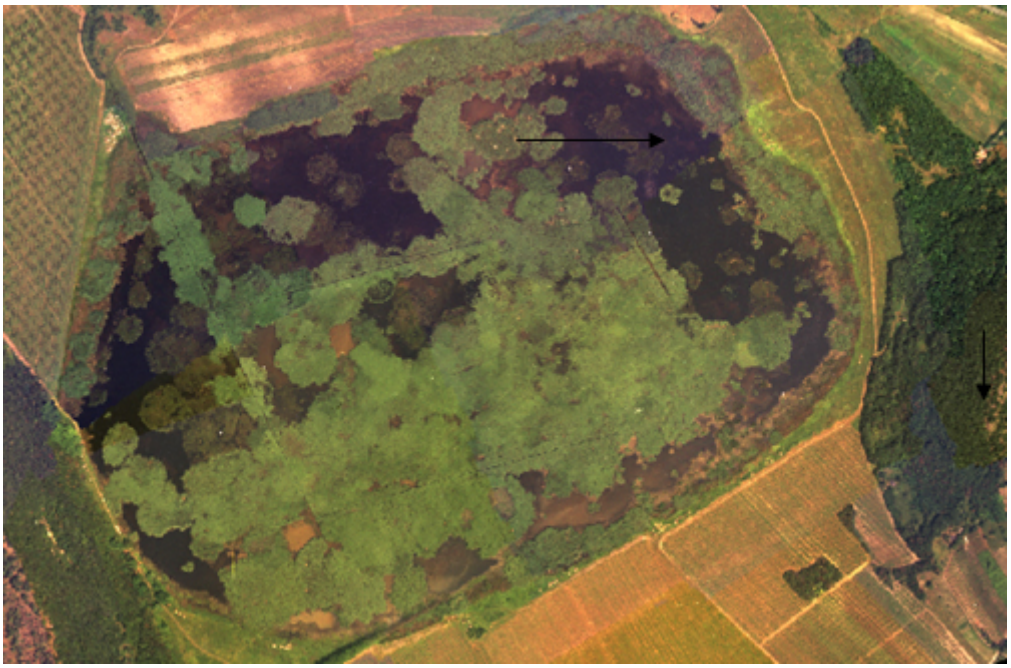
szín a térképen) jelenlétére utalnak. A barna foltokat (zöld térképi jelölés) külön területként kezeltem, melyek az elszórtabb, nyílt állományú nádas részeket érzékeltetik. Az évek haladtával a felvételeken egyértelműen látszik, hogy ezeken a területeken fog terjeszkedni a nád, bezárva a tó szabad vízfelszínét.



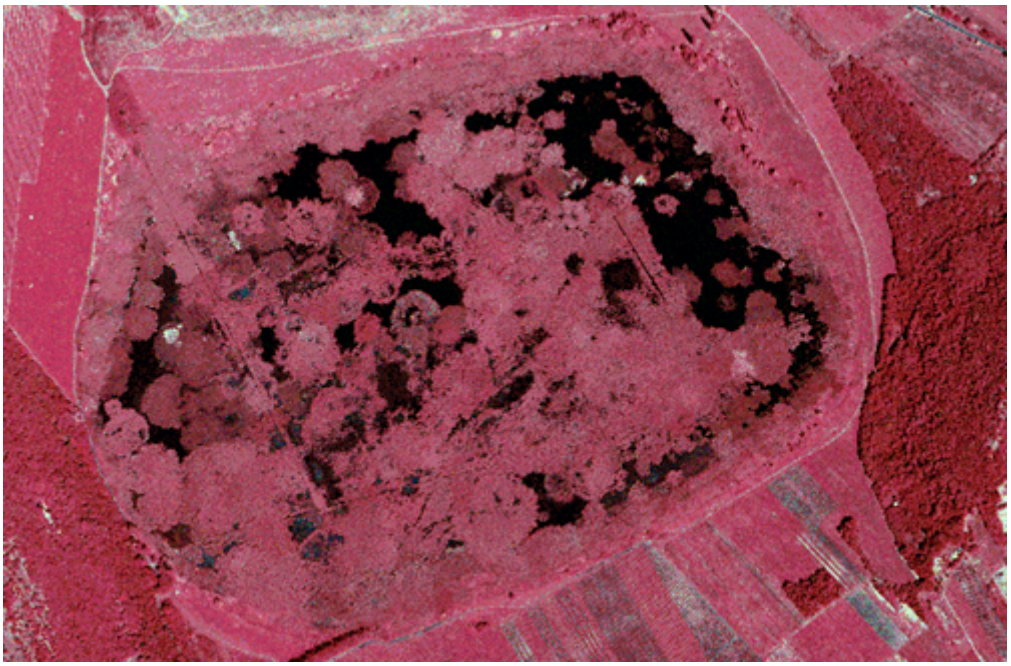
6.1 ábra Külső-tó nyíltvízének kontúrterülete 1981.július 23-án (Forrás: *VITUKI-ARGOS STUDIO*)



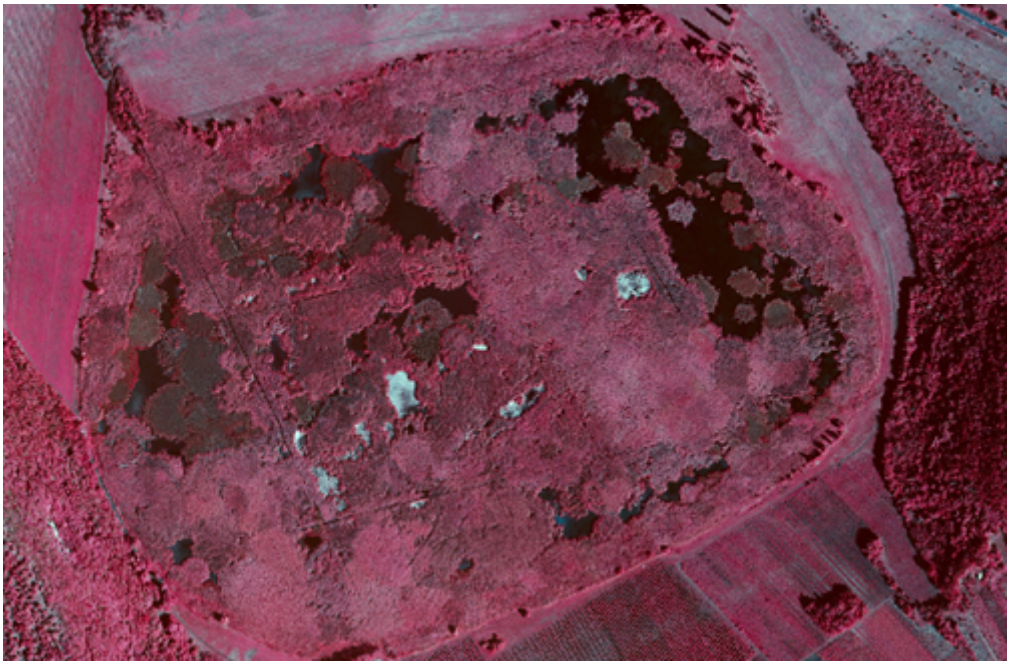
6. 2 ábra Külső-tó nyíltvízének és gyérebb nádasának kontúrterülete (Forrás: *VITUKI-ARGOS STUDIO*)



6. 3 ábra 1987-es légifelvétel /Mf:1:10000/ (Forrás: *VITUKI-ARGOS STUDIO*)

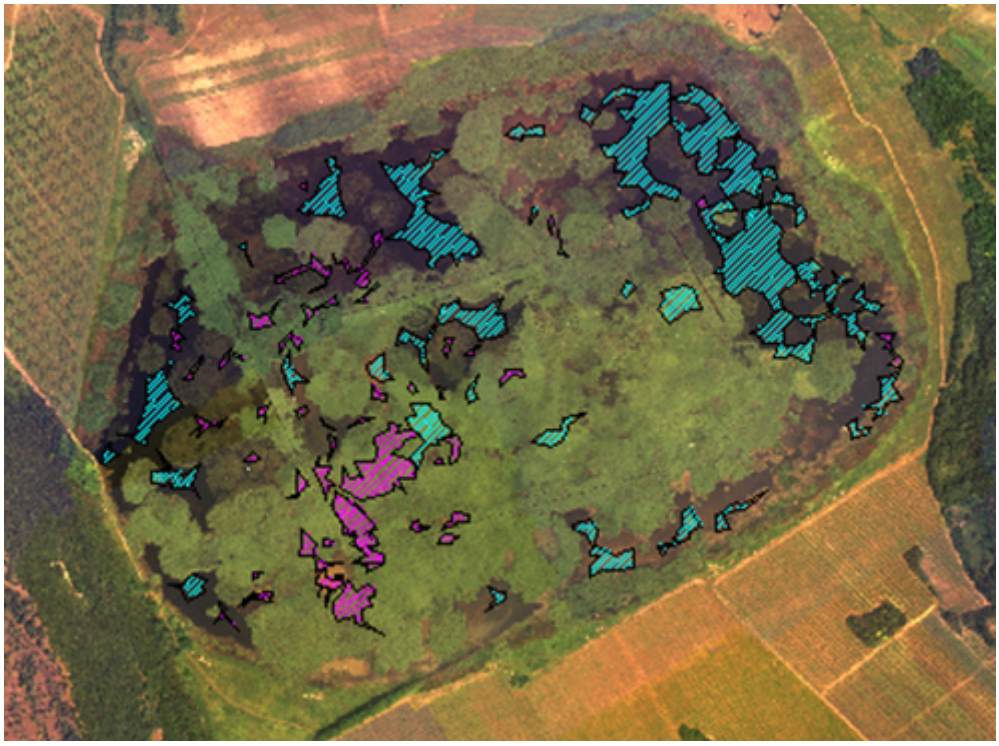


6. 4 ábra 1996-1997-es infravörös űrfelvétel *(Forrás: BFNP)*



6. 5 ábra 2003-as infravörös űrfelvétel. *(Forrás: BFNP)*

A tó bezáródása továbbra is meghatározó. A tó víz-nád arányának 20 év alatti változásait az 1987-es és a 2005-ös légifotó összehasonlítása mutatja leginkább. Az 1987-es-es felvételre illesztett 2005-ös fedvények hűen tükrözik a Külső-tó vízfelületének fokozott csökkenését.



7. ábra A Külső-tó 1987-es légifelvételéhez rendelt 2005-ös kuntúrterületek *(Forrás: VITUKI-ARGOS STUDIO Szerkesztette: Dömötör Dóra)*

2. Eredmények

Összefoglaltam a felvételeken mért mérési adatokat, hogy a Külső-tó nyíltvíz-csökkenésének okát feltárjam.(1. táblázat)

1. táblázat: A légi-és űrfelvételek alapján mért kontúrterületek összehasonlítása

év	T(KT)	T(víz)	T(víz-nád)	T(víz)+T(víz-nád)	T(víz)/T(KT)
1981	617.609	96.997	115.663	212.660	15,70524
1987	668.077	154.659	126.044	280.703	23,14988
1996-1997	671.198	117.232	104.912	222.144	17,46608
2003	670.359	72.617	61.353	133.970	10,83255
2005	668.655	57.527	20.658	78.185	8,60339

T(KT)= a tó kontúrterülete (m^2)

T(víz)= a szabad vízfelszín területe (m^2)

T(víz-nád)= gyérebb náddal borított terület (m^2)

Az utolsó oszlopban %-os arányban kifejeztem, hogy az egyes években a szabad vízfelszín mekkora hányadot képvisel a tó területéhez képest. Az 2. oszlopban közölt adatok alapján azt a következtetést lehet levonni, hogy az 1987-es területnövekedés egyik lehetséges oka ugyanúgy a tó regenerálódása, valamint az 1987. évet megelőző csapadékgazdag időszak (OMSZ adatai). A többi oszlopban közölt területek változása is ezt a tendenciát követi. Míg 1981-ben a tó területének 15%-a nyílt vízfelület volt, 2005-re ez az érték már csak 8%.

3. Következtetések

A Külső-tó elöregedése, pusztulása természetes folyamat. Azonban belátható, hogy a tó természetes elöregedési folyamataival járó jelenségek (fertő, mocsarasodás, majd lappá alakulás) a Külső-tó esetében felgyorsultak. **A Külső-tó nyílt vízfelülete 1987-hez képest 2005-re 63%-os csökkenést mutat**, szemben a nádas meghatározó mértékű terjeszkedésével (2005-ben a tó 91,4 %-át borítja!) A nád évről-évre nagyobb mennyiségű felhalmozódó elhalt szerves anyaga elősegíti a tó gyorsabb feltöltődését és belátható, hogy ez a folyamat maga is a tó megszűnésének okozója lehet. Nem szabad elfeledkezni azonban a másik ugyanilyen fontos szerepet betöltő tényezőről sem: a víz mederből való eltűnéséről, amely az éghajlatváltozás következménye, valószínűleg a Külső-tó esetében is. A Tihanyi-félsziget alapvetően szubmediterrán éghajlatú, amely egyes elemeinek változékonyságában – az éghajlatváltozás hatására – a szélsőségek gyakoribb és nagyobb mértékű jelentkezésére lehet számítani (PRUDENS éghajlat-változási modell)**.** A jövőben a párolgás szerepének várható megnövekedése a deficites vízháztartású évek számának növekedését és a nyíltvízfelület fokozatos zsugorodását vetíti előre.

A tóban megfelelő beavatkozás nélkül valószínűsíthető a nád további térhódítása. Itt nagyon fontos megjegyezni, hogy ez további pufferként szolgál a kiszáradáshoz, ugyanis a nád evaporációs többlettel bír, elősegítve a párolgás mértékének további növekedését.

A Külső-tó zárt, homogén, nedves nádas-állománya előnyös sok gerinctelen nádlakó faj, és a megbúvó-fészkelő madárfajok számára; nyílt vize pedig értékes élőhely a vízi növényeknek, halaknak, kétéltűnek és gerinctelennek egyaránt. Vízszintváltozásokat jelző fajként említi Tóth Sándor munkájában a szitakötők közül 1978-ban külön feltűnést keltett a *Leucorrhinia pectoralis* (Tóth 1990), ugyanis a tó helyreállítását követően –és azóta is- nagy egyedszámban kelt és rajzik ezen a mocsaras élőhelyen. A Külső-tó kiemelten fontos természeti értékének számít a *Triturus vulgaris*, az *Emys orbicularis*. A pettyes gőte a Bakonyvidék leggyakoribb gőtefaja, elsősorban a kis vízmélységű, vízinövényzettel dúsan benőtt élőhelyeket részesíti előnyben. Állományai a folyamatos élőhely-megszűnések miatt jelentősen csökkentek, így lokális populációjának megőrzése a Külső-tó vízszintjének fenntartásával biztosítható.(Futó J et al. 2002). Ezen változatos élőhely fenntartása érdekében az élőhely-komplexum megőrzése elsődleges cél kell, hogy legyen.

4. Összefoglalás

A Tihanyi Külső-tó hazánk egyik legjelentősebb mocsári-élőhely komplexuma, mely különleges földrajzi helyzete révén ritka növény- és állatfajoknak ad otthont.

Az elmúlt mintegy 20 éves időszakban azonban szemmel láthatóan csökkent a tó nyílt vízfelszíne, és ez a folyamat az utóbbi években felgyorsulni látszik.

E változás vizsgálatára leginkább alkalmas módszer a légifotók és űrfelvételek elemzése volt. Lehatároltam a Külső-tó különböző években jelen levő nyíltvizét és a nádas arányát. Összehasonlítva az 1987-es és a 2005-ös légifotókat, bebizonyosodott a nyílt vízfelület fokozott zsugorodása, ugyanis 18 év alatt a Külső-tó szabad vízfelülete 63%-kal csökkent le. Valószínűsíthető, hogy mindezen változások összefüggésbe hozhatók a globális klímaváltozással, amely a Külső-tó esetében szubmediterrán éghajlatának szélsőségesebbé válását, és a tó nyílt vízfelületének további zsugorodását feltételezi.

Annak ellenére, hogy a tó elöregedése természetes jelenség, mégis kiemelkedően fontos életközössége miatt természetvédelmi megőrzése, a tó további kutatása elsődleges célkitűzés kell, hogy legyen.

Irodalmi jegyzék

Futó J. - Bauer N. – Kenyeres Z. (2002): A Tihanyi-félsziget tervezett Európa diplomás területe – Természetvédelmi Kezelési terv Zirc. p. 110

Géczi J.- Somogyi Gy. - Székely P. (1995): Tihany - Természet és Kultúra; Kortárs kiadó p. 76

PRUDENS éghajlat-változási modell (2010): http://prudence.dmi.dk hozzáférés: 2011.05.27.

Vers J. (2003): Európa-diplomás félsziget: Tihany - Természetbúvár 58-évf. 4.szám 20-23.o

ABSTRACT

The Outer Lake in Tihany peninsula is one of the most important marshland habitat in Hungary. Due to it's special geographical position one can found rare plants and wildlife here such as Iris pseudacorus (yellow iris), Triturus vulgaris (smooth newt), Egretta alba (great egret) and Anser anser (greylag goose).

In the last 20 years the open water surface of Outer Lake decreased markedly, which process seems to be speed up nowadays. Analysis of aerial photographs and satellite images was used to study this process. Changes in ratio of the open water surface and reedy surface were determined between 1987 and 2005. Result shows that open water surface decreased with 63 % during 18 years. Presumably this phenomenon bears a relation to the global climate change that assume extreme changes in this submediterranean climate and can cause further decrease of the open water surface.

Preservation of the lake and further studies are needed in spite of that aging of lakes is a natural process.

Tisztítatlan szennyvíz jut a Ráckevei- (Soroksári) Duna-ágba (Valósszínes légifelvétel-térkép részlete, 2009)

Velencei-tavi nádas 2010-ben, nagyfelbontású légifelvétel részleten

Hiperspektrális technológia

RS&GIS - 2011 / 1. Dr. Kardeván Péter, PhD, geofizikus

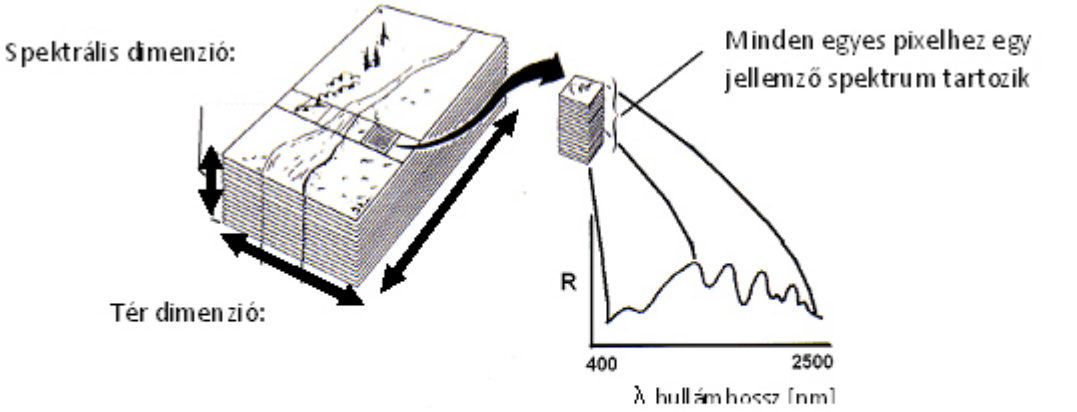
A **hiperspektrális távérzékelés** szakkifejezést a Sugárhajtómű Laboratóriumban (JPL)[2] Alexander F.H. Goetz planetáris geológus és munkatársai fogalmazták meg legelőször 1985-ben, a Tudomány (Science) folyóiratban publikált cikkükben [1], [2], [3]. Akkoriban ezt a kifejezést az **optikai távérzékelés** szakmai közössége számára javasolták a bolygók, illetőleg később a Föld felszínének megfigyelésekor, a felszínről visszaverődött napsugárzás spektrális összetételének vizsgálatára kifejlesztett új technológia megjelölésére.

Az optikai észlelések spektrális tartományának a látható fény tartományán túli kibővítését már a 2. világháború során előnyösen alkalmazták a katonai kamuflázs-detektáláshoz (a színes-infra felvételeken (CIR-images): a zöld színű ponyvákkal letakart tankokat élesen el tudták különítették a növényzettől). A felszíni objektumok – pl. a kőzetek – fizikai tulajdonságainak leírásában a színt a földtan kezdettől fogva alkalmazta, sőt a talaj típusok megkülönböztetésében, a talajok osztályozásában a Munsell-féle színskálát igen eredményesen alkalmazzák még ma is. Ezek az alkalmazások a fizikai objektumok jellemzésének minőségi (kvalitatív) eszközei.

A fizikai objektumok spektrális jellemzésére szolgáló hatékony távérzékelési technológia kifejlesztését a 70-es évektől kezdődően kialakuló **multi-spektrális távérzékelés** irányzata képviselte, és a Landsat-1 műhold fellövésével az ERTS-1 **műholdas szenzor** adatainak vizsgálata kezdődhetett meg. Ebben az új eljárásban a szenzorok már kalibrált **radiometriai méréseket** végeztek, amelyek egy részében az észlelt digitális számokat (DN-numbers) **radianciává** tudták konvertálni (abszolút kalibráció), más technológiánál **relatív radiometrikus kalibrációt** illetőleg un. **diffúzerek** alkalmazásával **reflektancia kalibrációt** hajtottak végre. Ekkor már **terepi reflektancia spektrumokat** is mértek a teljes **optikai sávban**, és a **képalkotó spektroszkópia** ígéretes távlatai élesen kirajzolódtak [2]. A **szenzor technológia**, a számítógépek és a szilárdtest memóriák, valamint az adattovábbítás technológiájának fejlődése azonban csak az 1980-as évek kezdetétől tette lehetővé, hogy a teljes **optikai sávot** hézagtalanul lefedő, folyamatos spektrumokat regisztráljanak egy légi szenzor pillanatnyi látószögébe eső felszíni pixelekről. Az első, kereskedelemben is elérhető légi képalkotó spektrométer 1979-ben az AIS, amelyet amerikai-kanadai együttműködéssel fejlesztettek [9], majd az 1984-ben kezdődő NASA-JPL projekt eredményeként az AVIRIS (Airborne Visible / Infrared Imaging Spectrometer) szenzor, amely máig is egyike a legpontosabb spektrális méréseket szolgáltató légi hiperspektrális képalkotó rendszernek.

A hiperspektrális képalkotás technológiájának máig érvényes definícióját idézzük a fogalom megalkotójától, A.F.H.Goetz-től [1]: hiperspektrális képalkotásnak nevezzük „azt az adatgyűjtési technikát, amikor (a felszínről) több száz (csatornán) regisztrált képet gyűjtünk egymással érintkező, spektrális sávban, úgy, hogy minden pixel radiancia spektrumát tudjuk levezetni.”

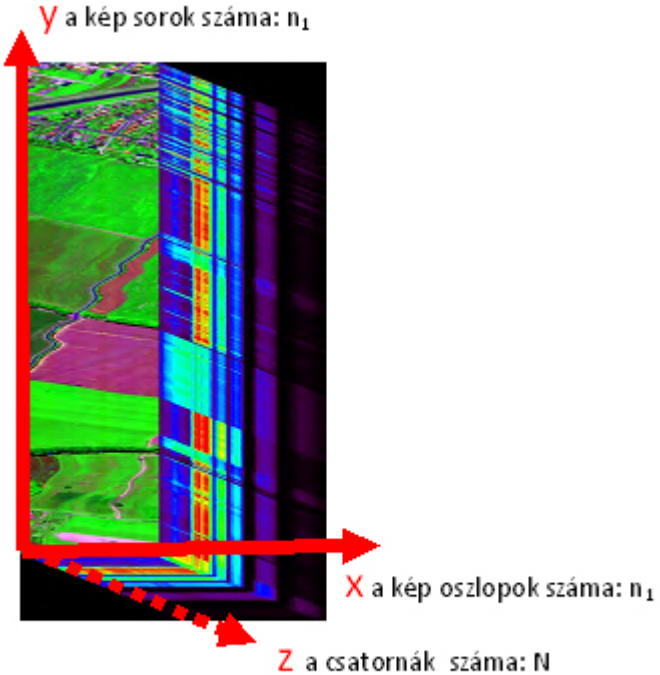
2 - A Sugárhajtómű Laboratórium (Jet Propulsion Laboratory) a NASA amerikai űrkutatási központ egyik űrközpontja a kaliforniai Pasadéna közelében. Alapítója a Nobel-díjas magyar származású fizikus Kármán Tódor



1. ábra. A hiperspektrális képalkotás elve. A.F.H. Goetz [1], K.Staenz [8] és Ryan, S. and Lewis, M., [10] nyomán. Az ábra az egyidejűleg felvételezett képeket, mint „egymásra helyezett rétegeket" ábrázolja. Egyetlen pixelt kiragadva a különböző rétegek pixelhez tartozó és radianciává konvertált DN számaiból egy folytonos R(λ) spektrum raizolódik ki.

A definíció lényegét az 1. ábra szemlélteti: a definícióban a meghatározó feltétel nem is annyira a „több száz csatorna" megléte, hanem az, hogy a spektrális csatornák egymással érintkező (contiguous) hullámhossz intervallumokat alkotnak. A raszteres képek minden egyes pixeléhez különböző csatornákon mért radiancia értéksorozat tartozik, amelyek folyamatos spektrális mintavételezést jelentenek, ha betartják a **Shannon-féle mintavételezési törvényt**, amely szerint a spektrum leggyorsabb változását képviselő (minimális) hullámhosszra legalább két mintavétel (csatorna) esik. Ekkor a folytonos spektrum rekonstruálható a digitális értékek sorozatából. Természetesen az egyes csatornák szélessége (a hullámhossz tengelyen) meghatározó jelentőségű a megfelelő **spektrális felbontás** eléréséhez. A definícióban a „regisztrált képek" kifejezés mai szóhasználattal a különböző csatornákon rögzített **képek koregisztrációját** jelenti, azaz minden egyes csatorna kép azonos térbeli referenciával (**georeferenciával**) rendelkezik. A definíciót azzal egészíthetjük ki csupán, hogy az egyes csatornák adatait egyidejűleg felvételezik (simultaneous data acquisition), ami a **haránt-letapogató** (**wiskbroom scanner**) elven működő legelső **hiperspektrális képalkotók** (**hyperspectral Imager** (**HSI**)) esetében a térbeli adatgyűjtésre, a sávszűrés elvén alapuló szenzorok (**filter wheel**) esetében pedig a spektrális adatgyűjtésre csak közelítőleg teljesült az egyidejűség. A különböző megoldások elveit a képalkotó **szenzor technológia** címszó alatt tárgyaljuk.

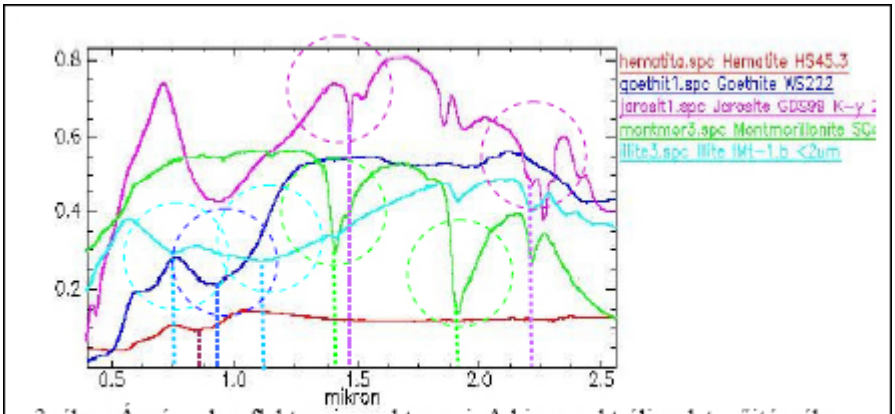
A hiperspektrális képalkotók közismert jelképe az un. **hiperspektrális adatkocka**: a 2. ábrán látható hasábot a térbeli rácspontokban elhelyezett adatok folyamatos töltik ki. A távérzékelésben alkalmazott **adatkocka-elv** az adatok mátrix sémába történő elrendezését jelenti: eszerint a raszteres képek n_1 sorból és n_2 oszlopból áll, amelyeket az x-y vízszintes síkban (a 2. ábrán a papír síkja) helyeznek el. A spektrális dimenziót az x-y síkra merőleges z-tengely képviseli: a z-tengely mentén, rögzített (x, y) térbeli koordináták esetén kapjuk a pixelekhez tartozó spektrumokat, amelyek N csatorna esetén N adatból állnak. Így az adatkocka adatainak száma $n_1 \times n_2 \times N$.



2. ábra. A hiperspektrális adatkocka. Az adatokat az AISA DUAL légi hiperspektrális szenzorral felvételezte az MGI Hiperspektrális Munkacsoportia [11]

A távérzékelésben megfogalmazott feladatok megoldásához, tehát ahhoz, hogy a felszíni objektumokat azonosítsuk, felismerjük, detektáljuk és osztályozzuk a távolból, a hiperspektrális technológiával kisebb geometriai felbontás is elégséges, és így összességében kevesebb képpixel szükséges: ezért olcsóbb, és a precíziós mezőgazdasági, és a környezetvédelmi piacon is versenyképes lehet. Így szólt a technológia bevezetését támogató kezdeti érvelés a 80-90-es években. Ennek a megfontolásnak a fizikai hátterét az a jelenség képezi, hogy a földfelszín objektumai különböző mértékben verik vissza (reflektálják) a fényt, és ez a különbözőség függ a hullámhossztól is.

A felszíni objektumok fényvisszaverő képességének spektrális sajátosságait a **kémiai vegyületekre** jellemző **hullámhossz szelektív abszorpciós jelenségek** teszik igazán egyedivé. Ezeket a jelenségeket a kvantummechanika segítségével írhatjuk le számszerűen (ezzel a **spektroszkópia** foglalkozik), hatásukra a reflektancia spektrumokon a kémiai anyagokra specifikusan jellemző, keskeny hullámhossz tartományokban abszorpciós bemélyedések alakítanak ki. Ezek a bemélyedések az anyagok reflektancia spektrumain együttesen olyan jellegzetes mintázatot alakítanak ki, amely alapján a kémiai kötéssel rendelkező anyagok közvetlenül felismerhetők reflektancia spektrumaik alapján. A hiperspektrális távérzékelési technológia ezeket a jellegzetes mintázatokat képes regisztrálni a távolból azáltal, hogy a spektrumokat pixelenként felvételezi. Ez a **spektrális-lenyomatok elve: (concept of spectral signature).** Az elnevezés az embereket jellemző újlenyomatokhoz, vagy a személyeket jellemző kézi aláíráshoz hasonló szelektivitást sugall az ásványok, szerves anyagok felismerése esetén. Az objektum felismerését tehát a térbeli geometriai alak helyett azok spektrumainak alakja alapján végezhetjük. Az elv szerint elegendő tehát, ha a képen keresett objektum egészét a térben egyetlen pixellel jellemezzük.



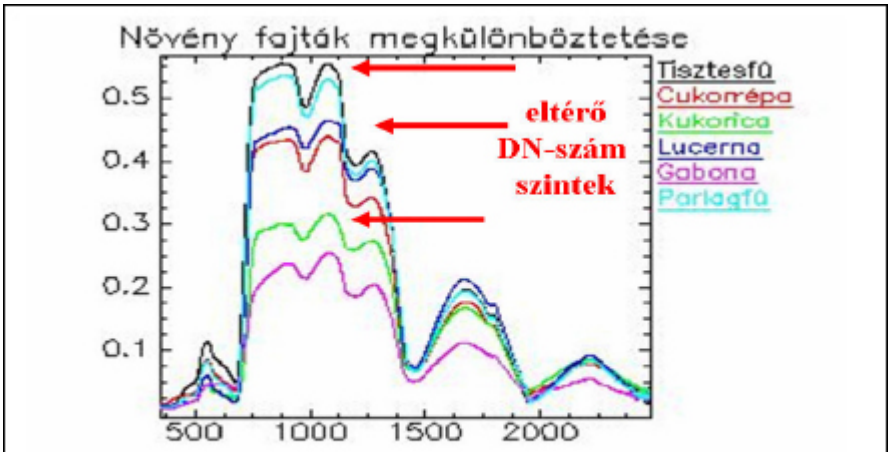
3. ábra. Ásványok reflektancia spektrumai. A hiperspektrális adatgyűjtésnél a spektrális-lenyomatok (spectral signature) elve alkalmazható az ásványoknál

Az elvet néhány ásvány esetén a 3. ábrán láthatjuk: az abszorpciós sávokat szaggatott vonallal rajzolt körökkel szemléltettük. A hiperspektrális technológia alkalmazása azzal a fontos következménnyel jár, hogy a kémiai anyagok (ásványok, szerves vegyületek) felismerését sok esetben az abszorpciós sávok elhelyezkedése alapján is elvégezhetjük, amely tisztán **spektroszkópiai információ** (az abszorpciós folyamatokat jellemző hullámhosszak, sávszélességek, minimumok mélységei). Ez az információ független a fényforrások sugárzásának intenzitásától, azaz a multispektrális elvnél bemutatott DN-számok (hitelesítés esetén radiancia szintek) nagyságtól.

Így teljesen új, és viszonylag egyszerű elvi alapokon álló un. **hiperspektrális osztályozási módszereket** lehetett alkalmazni: pl. a spektrális szögek módszerét (SAM), illetve a **spektrum térben** elvégezhető a bináris kódolást, spektrális tulajdonságok illesztését (**Spectral Feature Fitting**), amely eljárásokat az ENVI-ben a „Spectral Mapping" opciónál találhatjuk. A speciális hiperspektrális feldolgozásokkal a folytonosnak feltételezhető spektrumok abszorpciós tulajdonságainak kiemelését, kvantitatív kiértékelését a digitális deriválással, a növényzet spektrumok esetén a **vörös-él** (**red edge**) hullámhossz tengelyen észlelhető helyzetének jellemzésével, és bevált laboratóriumi technikáknak, mint pl. a **kontinuum spektrum** más néven, **a burkoló spektrum (hull)** és az eredeti spektrum közötti különbség vagy hányados képzésével lehet elérni.

A nagy spektrális felbontás miatt speciális feladatokhoz illeszkedő un. **hiperspektrális indexeket is** lehet tervezni, ami valamilyen speciális objektum tulajdonság közvetlen térképezését teszi lehetővé komplikált matematikai eljárások alkalmazása nélkül (anomália térképezés, küszöbölés (**thresholding**)). Ennek a technikának az alkalmazásához azonban reflektancia spektrumok terepi gyűjtése (**terepi reflektancia spektrometria**, **field reflectance spectrometry**) vagy laboratóriumi mérése és elemzése szükséges, amivel a térképezni kívánt tulajdonságokhoz (pl. a növényzet biofizikai állapotát meghatározó klorofil tartalom) kapcsolható diagnosztikus spektrális tulajdonságot (hullámhosszat) határozzuk meg (**terület specifikus statisztikai korreláció, site specific statistical correlation**).

A probléma ezzel kapcsolatban az, hogy nem mindig lépnek fel keskeny szelektív abszorpciós sávok ásványok esetén sem (lásd 3. ábrán a hematit spektrumát a közepes infra-tartományban). Sőt, ha a növényzetre kívánjuk érvényesíteni a spektrális lenyomatok elvét, észre kell vennünk, hogy az alkalmazás feltételei teljesen megváltoznak. A 4. ábrán bemutatunk különböző növényfajtákhoz tartozó, terepen ASD FieldSpec Pro műszerrel mért reflektancia spektrumokat [14].



4. ábra. A spektrális lenyomatok elvének alkalmazási feltételei növényzet esetén eltérnek az ásványokra érvényes modelltől.

A feltűnő különbség a 3. ábrán bemutatott spektrumokhoz képest az, hogy a szokásos spektrális felbontás esetén az abszorpciós bemélyedések minden növényfaj esetén ugyanott vannak (a víztartalom megnyilvánulásai), az eltéréseket a DN-szám szintek különbségei adják, ami nem spektroszkópiai, hanem a radiometriai sajátosság. Valóban, a reflektált fénymennyiséget számos nem-kémiai, hanem **fizikai paraméter** befolyásolja, amelyek hatása növényzettakarók esetén igen erős, és ugyancsak diagnosztikus szelektivitást is mutató hatás. A spektrális lenyomat elvének eredeti értelemben vett alkalmazását növényzet esetén elsősorban a vörös-él eltolódásokra lehet alkalmazni. Többek között ez az oka annak, hogy a „tisztán" hiperspektrális osztályozási módszereket növényzetek vizsgálatakor kombinálni kell a multispektrális módszereknél alkalmazott **statisztikai osztályozási módszerekkel**. A módosítás interaktív technológia, feltételezi az alkalmazott statisztikai eljárások alaposabb ismeretét, és a hiperspektrális adatfelvételi előnyöket az un. **tulajdonság-kiválasztási eljárásokkal** (a mérési csatornák kiválasztása és szelekciója, **feature selection**) érvényesíthetjük.

A spektrális jellemzés objektum felismerésben való alkalmazhatóságának azonban két fontos feltétele van:

1. a **homogenitás elve**: valamely felszínborítási kategóriának megfeleltethető képpixelek homogének: a pixelek teljes területén ugyanaz az objektum található. Ellenkező esetben kevert pixellel van dolgunk, ezek közvetlenül nem minősíthetőek. Az azonos kategóriáknak megfelelő pixelek N-csatornás spektrumai az **N-dimenziós tulajdonság térben** egymás közelében lévő N-dimenziós pontcsoportokat alkotnak: lásd **multispektrális képalkotás** (multispectral imaging)
2. a képpixelek osztályozási kategóriája a kép bizonyos helyein ismert. A spektrális tulajdonságok révén az objektumok általánosabb kategóriákba sorolhatók: talaj, víz, növényzet, stb.. Ez a **tanító-elv** alkalmazása az un. **felügyelt osztályozások** során. Az un. tanító területek ismert kategóriájú pixelek nem feltétlenül összefüggő halmazai, amelyeket vagy a képen, vagy a terepen választhatunk ki.

A pixelek több csatornán felvett spektrális tulajdonságai alapján a tanító-elv alkalmazásával a raszteres képek pixeleit egymástól függetlenül, pixelenként lehet kategorizálni (**címkézés** (labeling)),

ami térben **lokális művelet** (local operation). Vegyük észre ugyanis, hogy az eddigiekben ismertetett technológia csupán a spektrumok tulajdonságaira épít! Tehát teljesen mindegy, hogy a kép pixeleket hogyan csoportosítjuk.

Ezek alapján már nem is meglepő, hogy a hiperspektrális távérzékelési adatok osztályozási eljárásait még ma is nagyrészt a multispektrális adatokhoz használt, un. **N-változós statisztikai módszerekre** alapozták, amelyeket szinte teljes terjedelemben a kémiai laboratóriumi adatfeldolgozásokkal kapcsolatos **kemometriai eljárások (chemometrics)** címszó alatt is megtalálhatunk.

A távérzékeléssel kapcsolatos statisztikus, osztályozási eljárások azonban az empirikus gyakoriságon alapuló klasszikus valószínűség fogalom helyett a **Bayes-féle valószínűségi modellen** alapulnak [12]. Ezeknél az eljárásoknál az N-dimenziós tulajdonság térbe transzformált spektrum adatok osztályozáshoz az első és másodrendű **osztályozó (diszkriminancia) függvényeket** használják, amely a tulajdonság-térben **globális művelet** (global operation).

Ebben a modellben a **kovariancia mátrix** (vagy a **korrelációs mátrix**) meghatározásához a **tanító területeket** azok pixeleire a különböző csatornákon mért radiancia értékek **együttes gyakoriság eloszlásaival** jellemezzük. Ezek a gyakoriság eloszlások azonban egyre hiányosabban határozhatók meg ha a csatorna számok növekednek (Hughes-jelenség) (lásd pl. [12] és [13]], ami miatt egyre több tanító pixelre van szükség, azaz a tanító területeknek egyre nagyobbaknak kellene lenniük. Ez határt szab az információ kinyerés csatorna szám növeléssel elérhető javulásának. Ezért, a **statisztikus osztályozási eljárások** fontos része a legfontosabb információhordozó csatornák kiválasztása (**feature selection**) és ennek megfelelően a csatorna szám redukálása (Minimum Zaj Hányados transzformáció, MNF-transformation).

Helyes tervezés esetén mégis a növényzettakaró osztályozásánál a Bayes-féle modellen alapuló **Maximum Likelihood (ML) statisztikus osztályozó** sok esetben felülmúlja pontosságban a fejlettebb matematikai osztályozókat (**ANN, DT**) és a közismert **SAM osztályozót** [15].

A **kevert pixelek** problémájának megoldása nem-átfedő heterogenitások (diszjunkt lefedés) esetén lineáris transzformációhoz vezet, ami sok esetben a felszíni objektumok jelenlétének **pixelen belüli detektálását** (**subpixel detection**) teszi lehetővé. A módszer a **Lineáris Spektrum Keverési Modell** (**Linear Spectral Mixture Model**) alkalmazását jelenti a többváltozós statisztikai módszerek segítségével.

A hiperspektrális technológia jellemzésében tehát a csatornák keskeny-sávúsága és a sávok folyamatossága a meghatározó: a spektrumok (gyakorlatilag) hézagtalan felvétele és a nagy spektrális felbontás az a két új technológiai szempont, amely a **képalkotó spektroszkópia** terminológia használatát jogossá teszi távérzékelési körülmények között is. A multispektrális és hiperspektrális technológiát a szakirodalomban, mint széles-sávú (broad-band) és keskeny-sávú (narrow band) spektrális módszereket különbözteti meg.

Az elmúlt 3 évtizedben az **optikai távérzékelés** szakmai közösségében kialakult terminológia szerint a **képalkotó spektrometria**, **képalkotó spektroszkópia**, és a **hiperspektrális képalkotás** szakkifejezéseket nagyon gyakran azonos értelemben, egymást helyettesítő módon használják – elsősorban a **távérzékelési technológia** alkalmazói oldalán. A kialakult átfedő szóhasználatot régóta felismerték – lásd pl. a jellemző átfedésekről készített szakirodalmi példákat és a lehetséges okok elemzését [5]-ben - és az iparág vezető kutatói nem is tekintik véglegesnek[3] [3]. Mivel a távérzékelés ma már kvantitatív tudomány, amelynek vizsgálati módszere a fizika, és ennek megfelelően a távérzékelési adatok egyre inkább kalibrált fizikai mérések során keletkeznek, Charles Elachi fizikus, a JPL volt igazgatója által használt terminológiát és fogalmi definíciókat tekintjük irányadónak [7]:

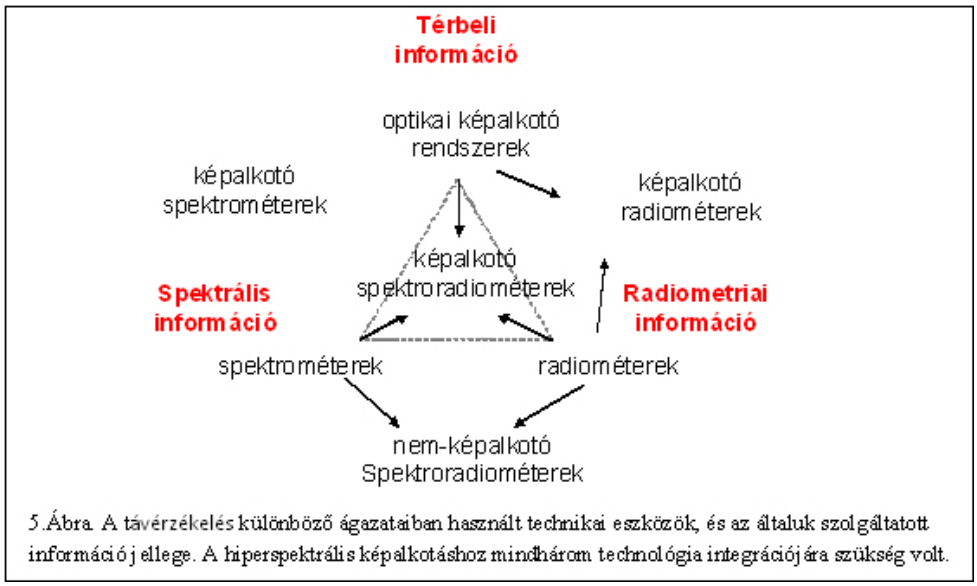
A hiperspektrális technológia ezek szerint három különböző tudományos szakterület technológiáit integrálja [6], [7]:

1. A hagyományos optikai képalkotást: az optikai képalkotó berendezésekkel (optical devices): távcső, mikroszkóp, fényképezőgép, pásztázó letapogatók (szkennerek), stb.

2. A **spektroszkópiát**, amely évszázados múltra visszatekintő, a kémiai anyagvizsgálat céljaira kifejlesztett laboratóriumi technika

3. a **radiometriát**, amely a sugárzások – ebben az esetben az elektromágneses sugárzás - intenzitásának mérését megalapozó klasszikus tudomány

E három szakterület által szolgáltatott információk és a lehetséges kombinációkat megtestesítő mérőeszközök fajtáiról és elnevezéseiről az 5. ábra ad szemléletesképet. A **képalkotó radiométereket** elsősorban a termális sávban (8.5-12.4 μm) használják. Ilyen pl. a PICASSO_CENA műholdon elhelyezett infravörös képalkotó radiométer (IIR, infrared imaging radiometer), amely a megadott hullámhosszsávban működik, és a kalibrált radiancia értékek mérését új infravörös detektorok, az un. **mikrobolométer technológia** segítségével szolgáltatja. Felhasználási célja a katonai alkalmazásokon kívül a klímakutatás: a felhő és aeroszol eloszlások felvételezése.



5.Ábra. A távérzékelés különböző ágazataiban használt technikai eszközök, és az általuk szolgáltatott információ jellege. A hiperspektrális képalkotáshoz mindhárom technológia integrációjára szükség volt.

3 - "…Occasionally the term "hyperspectral" has been suggested as an alternative for many-band instruments, leaving "imaging spectrometer" for contiguous spectral bands instruments, but a literature survey on the use of these terms indicates a strong need for a proper terminology definition in this domain…." – lásd [3]

A **képalkotó spektrométerek** esetében a raszteres képek DN – számait nem kalibrálják (nem alakítják át radianciává). A mai szóhasználatban spektrométer kifejezést a korábbi spektrofotométer kifejezésből származtathatjuk [5]. Ezekkel a szenzorokkal a felszíni objektumokat csak egy relatív, dimenziónélküli számmal, a **reflektancia faktor**ral jellemezzük: ilyen pl. az AVIRIS képalkotó spektrométer.
A képalkotási képesség nélküli, kalibrált spektrális radiancia méréseket **a nem-képalkotó spektroradiométerek (non-imaging spectroradiometer**) segítségével végezhetjük. Ilyen berendezés a legtöbb terepi műszer, pl. az ASD FieldSpec 3 spektroradiométer)
Az **optikai képalkotó rendszereket** a távérzékelés területén a klasszikus légi fényképezés képviseli (mérőkamarás felvételek).
A nem képalkotó **spektrométerek** a korábbi laboratóriumi spektrofotométerekkel azonos funkciójú berendezések, amelyeknél az anyagok vizsgálatát mindig egy referencia jellel történő összehasonlítással értékelik ki általában átvilágítás mérési funkcióban
A **képalkotó spektroradiométerek** kalibrált spektrális radiancia mérésekre képesek. Ilyen pl. az AISA légi hiperspektrális szenzor.

A fenti terminológia tehát logikus és nem-átfedő fogalmi meghatározásokat tartalmaz. A képalkotó spektroszkópia és a képalkotó spektrometria kifejezések a fentiek szerint a hiperspektrális technológia két különböző oldalára hivatkozik: spektroszkópiával foglakozunk, ha az anyag diagnosztikus abszorpciós hullámhosszait és az anyag összetétel összefüggéseit kutatjuk, és spektrometriával foglakozunk, amikor a relatív spektrumok mérési problémáival foglakozunk. A kalibrált radiancia mérések technikáját pedig spektroradiometriának nevezhetjük.

A hiperspektrális technológiát ma egyre inkább egy fizikai mérési folyamatként értelmezik, amelynek során a mérőrendszer pontos kvantitatív modellezésére (**szenzor modellezés, sensor modelling**) van szükség.

A radiometriai mérések abszolút pontosságát azonban nagyon nehéz biztosítani. Ezért bevezették a **reflektancia-elvet**, amelynek során a cél objektumokról a szenzorba visszaverődött spektrális radianciát egy tökéletesen diffúz, irány függetlenül reflektáló, fehér felület, az un. **referencia panel** (**white reference panel**) radianciájához viszonyítják azonos kísérleti körülmények esetén. Ezt a relatív, normált radianciát nevezik **reflektancia faktornak**, amelynek mérése általánossá vált a szóban forgó távérzékelési technológiában.

A mérési folyamatban továbbá az atmoszférán áthaladó fény továbbá a különböző hullámhosszakon rendkívül eltérő torzító hatásoknak is ki van téve az atmoszféra gázai által okozott **abszorpció** és **szóródás** jelenségei miatt. Ezeknek a torzító hatásoknak a pontos kvantitatív korrekciójára is lehetőség van a hiperspektrális technológia segítségével, azaz a felszíni objektumokról a szenzorba jutó **radiancia** pontos megmérésére. A **multispektrális elven** működő szenzorok esetében a torzító hatás csak kismértékű, mert a felvételezési sávok (csatornák) hullámhossz tartományait úgy tervezik, hogy azok az atmoszféra áttetsző (transzparens) részeire – az un. **atmoszferikus ablakok** sávjaira – essenek.

A hiperspektrális felvételezésnél ilyen megkülönböztetés nincs – kivéve az 1.4m és 1.9m körüli kieső sávokat, amelyeknél az atmoszféra abszorpciós hatása olyan erős, hogy a felszínre érkező sugárzás radianciája zéró. Ennek az a jelentős következménye, hogy az atmoszféra abszorpciós hatásait leíró paramétereket magukból a hiperspektrális adatkockából empirikusan is meghatározhatjuk, és így az atmoszféra **sugárzás átvitel modelljét** (**RTE, radiation transfer equations**) közvetlenül a hiperspektrális adatkockára alkalmazhatjuk.

A **fizikai modellezéssel** kapott **atmoszferikus korrekciók** segítségével korrigált folyamatos radiancia vagy reflektancia spektrumok lehetővé teszik, hogy a terepen és laboratóriumban mért hasonló spektrumokat a légi vagy műholdas szenzorok által felvett spektrumokkal közvetlenül összehasonlíthassuk. Emiatt nemcsak a légi vagy műholdas szenzor adatkockáin, hanem terepi mérésekkel is gyűjthetjük a tanító-elv szerint szükséges jellemző spektrumokkal. A hiperspektrális technológiában ezt a folyamatot **terepi in-situ adatgyűjtésnek** (**ground truth**) nevezik, amelynek során a felszíni objektumok spektrumait rögzítik **terepi spektrométeres mérések** segítségével, vagy laboratóriumi mérésekkel, és az így összeállított **spektrum könyvtárakat** használják fel a távérzékelési képek osztályozásához a különböző munkacsoport is, amelyek nem rendelkeznek terepi technológiával.

A reflektancia-elv alkalmazásának terepi és laboratóriumi adatgyűjtési kampányok során további fontos feltételei vannak. Ezek közül a legfontosabbak:

1. A célobjektum megvilágítása homogén
2. A célobjektum megvilágításának geometriai elrendezése azonos a távérzékelési kampány során alkalmazott geometriai elrendezésével.
3. A célobjektum és a fehér referencia panel azonos módon (tehát egyaránt tökéletesen diffúz módon) reflektál.
4. Tükröző reflexiók hatása elhanyagolható
5. A célobjektum és a referencia panel radiancia mérése során a megvilágítás nem változik
6. A célobjektum homogén
7. A referencia panel spektrális tulajdonságai nem változnak, és a különböző csoportoknál használt referencia panelek tulajdonságai azonosak.
8. A mérésekhez használt műszerek spektrális felbontóképességei elegendők az abszorpciós minimumok felbontásához, a mérési eredmények közelítőleg azonosak.

Természetesen a fenti feltételek nem teljesülnek mindig pontosan, ezért néha speciális, kiegészítő korrekciós eljárást is alkalmaznak: pl. **BRDF korrekció**, amely a felszíni objektumokról visszavert fény intenzitásának (radianciájának) irányfüggését modellezi.

Ez az integrált terepi és légi adatgyűjtési rendszer alapozta meg a hiperspektrális osztályozási technológia számos változatát, amely ezért általában a következő eljárásokból áll:

1. Előfeldolgozás: a szenzor modellezés segítségével. Ezek az eljárások magukba foglalják a szenzor adatok radiometriai korrekcióit (hibás pixelek eltávolítását, kalibrációs hibák korrekcióját, geometriai torzulások eltávolítását) és az adatkocka egységes georeferenciájának elkészítését.
2. Integrált atmoszferikus-topográfiai korrekció

3. Zajszűrés

4. Atmoszferikus korrekció (modell alapú és empirikus)

5. Terepi referencia spektrumok gyűjtése (field reflectance spectrometry) és elemzése

6. A diagnosztikus sávok kiválasztása (feature selection)

7. Osztályozás. Pixel alapú osztályozás esetén homogenitás vizsgálat, szubpixel alapú osztályozásnál: spektrum szétkeverés (spectral unmixing)

Referenciák:

[1] Alexander F.H. Goetz, Gregg Vane, Jerry E. Solomon and Barrett N. Rock: Imaging Spectrometry for Earth Remote Sensing, Science 7 June 1985, Vol. 228 no. 4704 pp. 1147-1153.

[2] Alexander F. H. Goetz Three decades of hyperspectral remote sensing of the Earth: A personal view. Remote Sensing of Environment 113 (2009) pp. 5–16.

[3] Michael E. Schaepman, Susan L. Ustin, Antonio J. Plaza, Thomas H. Painter, Jochem Verrelst, Shunlin Liang, Earth system science related imaging spectroscopy—An assessment. Remote Sensing of Environment 113 (2009) pp.123–137

[4] Antonio Plaza, Jon Atli Benediktsson, Joseph W. Boardman, Jason Brazile, Lorenzo Bruzzone, Gustavo Camps-Valls, Jocelyn Chanussot, Mathieu Fauvel, Paolo Gamba, Anthony Gualtieri, Mattia Marconcini, James C. Tilton, Giovanna Trianni, Recent advances in techniques for hyperspectral image processing. Remote Sensing of Environment 113 (2009) pp. 110–122.

[5] Kardeván, P., 2007, Reflectance Spectroradiometry – A New Tool for Environmental Mapping. Carpth. J. of Earth and Environmental Sciences, 2:29 – 38, www.ubm.ro/sites/CJEES/upload/2007_2/Kardevan.pdf

[6] Nahum Gat and Suresh Subramanian, Spectral Imaging: Technology & Applications Hyperspectrum News Letter, Vol 3, No. 1, February 1997Opto-Knowledge Systems, Inc. (OKSI),

[7] Elachi, C. Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing, Wiley Interscience, 1987

[8] Staenz, K. (1992). A decade of imaging spectrometry in Canada. Canadian Journal of Remote Sensing. 18: 187-197.

[9] K. Staenz, Terrestrial Imaging Spectroscopy – Some Future Perspectives. Proceeding of the 6th EARSeL SIG IS workshop on Imaging Spectroscopy, 16 - 19 March 2009, Tel- Aviv, Israel

[10] Ryan, S. and Lewis, M., 2001. Mapping soils using high resolution airborne imagery, Barossa Valley, SA. Proceedings of the Inaugural Australian Geospatial Information and Agriculture Conference Incorporating Precision Agriculture in Australasia 5th Annual Symposium, 17-19 July 2001, Sydney, NSW: Paper 801, 12p.
http://www.regional.org.au/au/gia/25/801ryan.htm

[11] Deákvári J., Kovács L., Papp Z., Fenyvesi L., Tamás J., Burai P., Lénárt Cs., 2009, Az AISA hiperspektrális távérzékelő rendszer használatának első eredményei, XXXII: MTA-AMB K&F Tanácskozás, Gödöllő, 2008 Konferencia kiadvány I. kötet 46-50. p.

[12] Kardeván Péter, Távérzékelési tanfolyam, MGI, 2010 április-június.

[13] David A. Landgrebe, 2003, Signal Theory Methods in Multispectral Remote Sensing. Wiley Series in Remote Sensing and Image Processing, Series Ed. Jin Au Kong,

[14] Kardeván, P., Reisinger, P., Tamás, J. ,Jung, A., 2005, A parlagfű detektálás távérzékelési módszereinek vizsgálata. I. rész – A távérzékelési képek osztályozási hatékonyságának növelése a parlagfű (Ambrosia artemisiifolia L) reprezentatív spektrumainak terepi DGPS mérésekkel történő kiválasztásával. Magyar Gyomkutatás és Technológia, 6 (2), 53–67.

[15] Helmi Zulhaidi Mohd Shafri , Affendi Suhaili and Shattri Mansor, The Performance of Maximum Likelihood, Spectral Angle Mapper, Neural Network and Decision Tree Classifiers in Hyperspectral Image Analysis, Journal of Computer Science 3 (6): 419-423, 2007.

Archív légifelvételek digitalizálása

RS&GIS - 2011 / 1. Bakó Gábor

Hazánkban már 1916-tól készültek felderítési és térképészeti célú, lefelé tekintő (függőleges kameratengelyű), valamint ferde tengelyű légifelvételek. A kordokumentumok nem csupán a XX. századi történelem érdekes és ritka kincsei, de a környezeti, természeti változásokra, a táj átalakulására, átalakítására is felhívják a figyelmet. Különösen a függőleges tengelyű felvételek azok, amelyek térképi vetületbe illesztve, „georeferálva" terület alapon, statisztikailag értékelhetővé teszik a felszínborítás változásokat, társadalmi és ökológiai jelentőségű kutatómunkákat alapozhatnak meg azáltal, hogy térképi pontossággal, és nagy részletességgel ábrázolják a felszínt.

A légifelvételek korábban nagyrészt üveglemezre, később filmre készültek, és papírra, lemezekre nagyították őket. A kiforrott analóg technológia egészen az ezredfordulóig uralkodó maradt a légi fényképezésben, nagy felbontása és jó dinamikai tulajdonságai miatt. (Ziemann 1997) Először az űrtávérzékelés, azon belül is a műholdak elterjedésével kezdődött a digitális szenzorok térhódítása, mivel a digitális jelet könnyebben lehetett nagy távolságból továbbítani. Hamarosan megjelentek a nagy geometriai és spektrális pontosságú, nagyfelbontású szkennerek és fényképezőgép rendszerek, így a digitális állományok nemcsak könnyebben és gyorsabban transzformálhatóak, de eleve digitális technológiával készíthetőek. A 2010-re a digitális technika gyakorlatilag kiszorította a „filmes" fényképezést a légifényképezés területén is.

A korábbi felszíni állapotot rögzítő archív felvételek jelentősége sosem fog elévülni, sőt az idő múlásával egyre nagyobb adat-értéket képviselnek. Azonban az idő múlásával a fényérzékeny hordozón lévő információk veszítenek minőségükből, ezért a lehető legtöbb információt megmentő minőségi digitalizálásuk alapvető érdek.

1. A felvételek kiválasztása és a digitalizálás előkészítése

A fellelhető felvételek – legyenek valamelyik nemzeti intézményünk archívumában, vagy magángyűjteményben – általában alapos előkészítést igényelnek digitalizálás előtt, ami a tervezéssel veszi kezdetét. A felvételek sok esetben többféle hordozón is rendelkezésre állnak. Például üvegnegatívon, kontaktmásolatként, és nagyítva papír alapon, valamint optikai kardánok segítségével előállított szabatos légifelvétel-térkép szelvényként fémlemezen, vagy papíron. Általában az eredeti üveg, vagy film digitalizálása vezet a legjobb eredményre, hiszen a legnagyobb részletességgel arról nyerhetőek ki az adatok. Sok esetben azonban olyan rossz állapotban vannak az eredeti negatívok - vagy megsemmisültek, eltűntek –, hogy kénytelenek vagyunk kontaktmásolatokat, nagyításokat digitalizálni. Ezek is becses alapadatok, hiszen egyedülálló információkat hordoznak amelyek valószínűleg más formában már nem lelhetők fel.

Amennyiben többféle minőségben rendelkezésre áll egy kép, a tervezés során el kell döntenünk, hogy melyik a fellelhető legjobb állapotú, felbontású, denzitású példány az adott felvételből. Előfordul, hogy

több változatot is érdemes digitalizálni, megmenteni, hiszen néha a legrészletesebb változat karcos, sérült. Általánosan elmondható, hogy az eredeti negatív vagy dia felkutatása és lehető legnagyobb felbontású HDR digitalizálása a cél, hiszen a felvételek így később számtalan szempont szerint kiértékelhetőek lesznek. Amennyiben nem azonos expozícióból származó, de közel azonos tartalmú felvételpárt találunk, mindkét felvétel értéket képvisel, mivel a repülőeszköz az expozíciók között eltelt idő alatt továbbhaladt, ezért már csak a perspektívaváltozásból adódóan más részleteket is tartalmazhatnak a felvételek, hozzávéve a plasztikus, térbeli hatás előnyeit is.

A digitalizálásra kiválogatott képekhez háttérinformációkat is kell gyűjtenünk. Ezen fontos adatok nélkül a felvétel nagyon sokat veszít értékéből. Ilyenek a:

- felvétel készítésének pontos dátuma (de legalább az évtized és az évszak, hónap)
- a felvétel készítésének pontos ideje (vagy legalább a napszak)
- a relatív (felszínhez viszonyított) repülési magasság
- a fényképezőgép típusa
- a negatív, vagy dia pontos méretei
- az alkalmazott objektív fókusztávolsága
- hol készült, mit ábrázol a felvétel
- a felvétel elkészítésének eredeti célja, szempontrendszere,
- a felvétel készítői, megrendelői
- bármilyen egyéb információ, ami megtudható az adott képkockáról

Szerencsére az archívumok jegyzékeiben, és legtöbbször a felvételek mechanikai védelmét biztosító mappákon, kereteken, az emulzión, vagy lapokon legtöbbször rögzítik a legfontosabb repülési és kameraadatokat. Nagyon lényeges, hogy amennyiben szabványosított mérőkamerával készült a felvétel és fellelhető a képkészítés időpontjában érvényes kamera kalibrációs jegyzőkönyv adatait is rögzíteni kell. Ez a felvételek geometriai helyreállításában és tájékozásában is nagy segítséget nyújtanak a későbbiekben. Az előkészítés során tehát nem maradhat el az adatfelvétel.

A digitalizálás megkezdése előtt fontos a felvételek pormentesítése, tisztítása. Mérlegelnünk kell a hordozó anyag sérülékenységét, és a szennyeződés mértékét. A legnagyobb biztonságot a megtalálás állapotában történő digitalizálást követő tisztítás és újradigitalizálás jelenti. Itt kel megemlíteni, hogy a digitális por és szennyeződés eltávolítás nem képes pontosan rekonstruálni a kitakart felületeket, és egy nagyítandó kép esetében a legkisebb szennyeződés is nagy képterület információit veszélyezteti. A digitális poreltávolítás csupán a kitakart felület környezetéből gyűjtött (mintázott) információk alapján tölti fel a szennyezett felületet képi adatokkal. A többszöri digitalizálás során végzett poreltávolítás már pontosabb eredményre vezet, mivel a többször végighaladó érzékelő pontosabb spektrális és tartalmi adatokat gyűjt, de az optimális megoldás a gondos előkészítés, a digitalizáló állomás tisztán tartása és a felvétel karcolás és sérülésmentes megtisztítása.

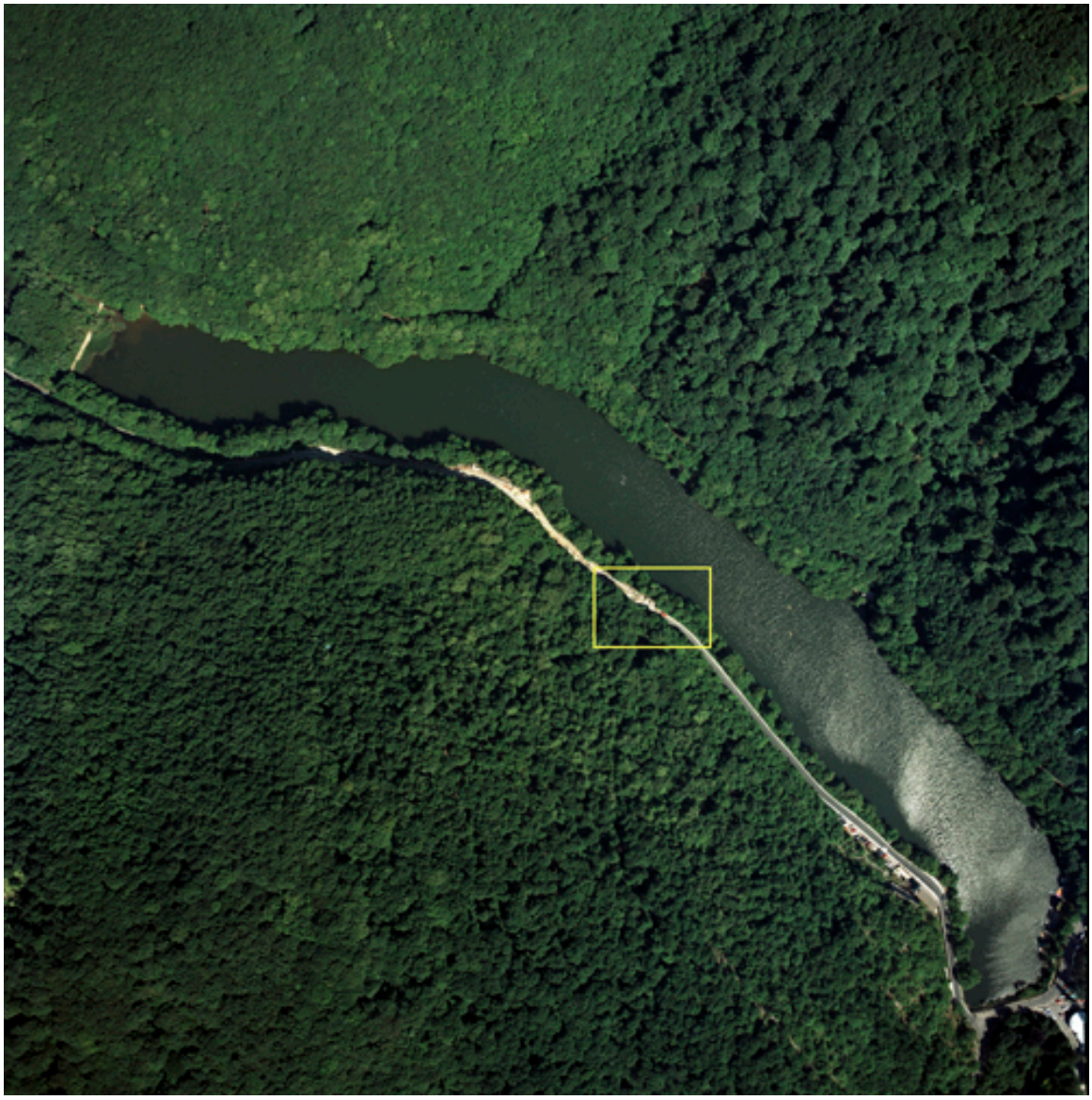
Az előkészítéshez hozzá tartozik a felvétel síkba fektetésének biztosítása is. Ez a legegyszerűbben üveglemezek közé szorítással lenne elérhető, de így newtongyűrűk jelenhetnének meg a felvételeken. A jelenség elkerülésére korábban newtonmentesített üveget alkalmaztak, ami érdesített felületű üveglemezeket jelent. A teljes kinyerhető felbontás elérése érdekében azonban ma már olyan nagyfelbontású digitalizáló állomásokat alkalmazunk, hogy ezeknek a rendkívül drága optikai üvegeknek a felületi egyenetlenségei képéletlenedést, torzulásokat okoznak. A newtonmentesítő folyadékok, úszóágyas szkennerek az analóg kép sérülését, tönkremenetelét idézik elő.

Ezért a különböző méretű filmekhez és lemezekhez speciális kereteket kell alkalmaznunk. A lemezek esetében szerencsés helyzetben vagyunk. Például egy üvegnegatív egyik oldala sérülésmentesen tisztítható, az emulziós oldal kezelése a nehezebb, és az üveg eleve síkba fektethető megfelelően elkészített és kalibrált kerettel. A filmek esetében mind a karcmentes és filmkímélő tisztítás, mind a feszesség elérése nehezebb. A film méretének növekedésével egyre nehezebb a gondos síkba fektetés elérése.

2. Digitalizálás

A korai légifilmszkennerek esetében elsődleges szempontnak számított a geometriai pontosság. A képfeldolgozó szoftverek fejlődésével a transzformációs eljárások sora érhető el, így a digitalizált légifelvétel a készítés idejében (a felvételen azonosítható) létező illesztőpontok segítségével nagyon pontosan georeferálható, és egyben geometriai értelemben helyreállítható. Segítenek ebben a légifelvétel készítésének idejéből származó térképek, amelyeket referenciatérképként használhatunk. A folyamat, már a felvételkészítéskor is létező, azonosítható, nagy biztonsággal hely- és helyzettartó felszíni objektumokon elvégzett terepi geodéziai mérésekkel is pontosítható. Mivel napjainkban már egy cm vízszintes terepi pontossággal tudunk illesztőpontokat mérni a terepen, előtérbe kerülnek a felvételeket a legjobb képi minőséggel archiváló eszközök, a korábban elsősorban geometriai szempontból kalibrált szkennerekhez képest.

Mára a geometriai pontosság mellett a színhelyesség, a képben rejlő információkat minél jobban kiaknázó nagy dinamika átfogás és felbontás is az elsődleges szempontok közé tartozik a szkenner kiválasztásakor (1-4. ábra). A nagy tisztaságú optikai üvegek, a kiváló érzékelők, és stabil, folyamatos sebességű mechanika, valamint az eszköz stabil, vízszintes felületen történő elhelyezése biztosítják a legjobb eredményt. Az eszközök tisztántartása nagyon fontos. Törekedni kell arra, hogy a tisztítás minél ritkábban váljon szükségessé, és speciális tisztaságú vegyszerekkel és sérülést kevésbé okozó tisztítóeszközökkel történjen. Ezért nagyon fontos, hogy a digitalizáló helység túlnyomásos, pormentes legyen.



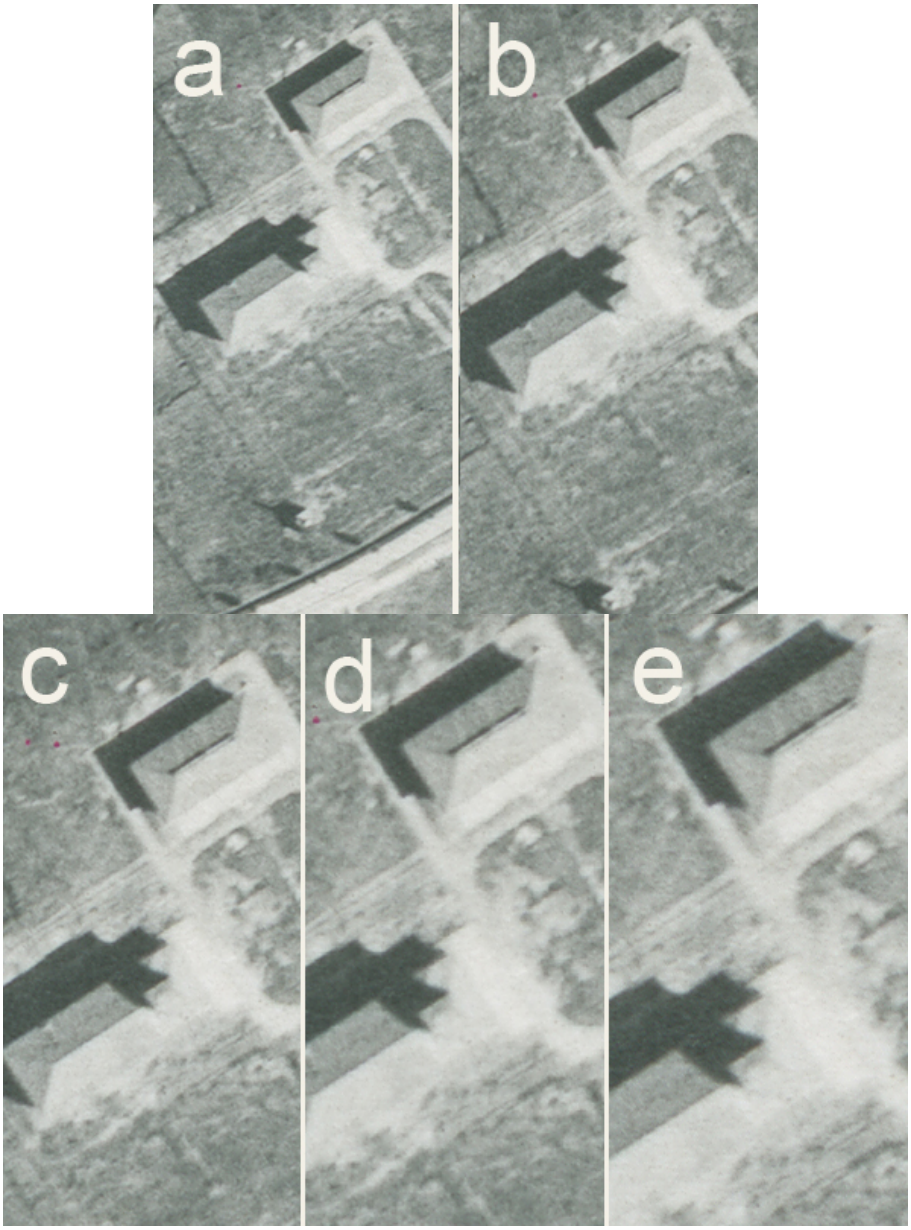
1. ábra A Hámori-tóról 2000.05.27-én készült 55 x 55 mm középformátumú KODAK negatív (VITUKI Argos Stúdió) digitalizált változatának átnézeti képe

2. ábra Az előző felvétel sárga négyzettel jelölt része teljes méretben, kalibrált Vexel UltraScan 5000 készülékkel 3200 dpi felbontásban digitalizálva

3-4. ábrák: Ugyanaz a felvétel különböző általános használatra gyártott nagyteljesítményű síkágyas szkennerekkel digitalizálva

Egy felvétel legnagyobb élvezhető felbontása néha nem esik egybe a legnagyobb digitalizálási felbontással, ahol még új információk értékelhetőek a felvételről. Ezért a légifilm negatívokat gyakran nagyobb felbontással archiváljuk, mint ami az élességet biztosítaná 100%-os nagyításban szemlélve. Ugyan ez érvényes a papír alapú felvételek esetében is (5-6. ábrák).

5. ábra 1932-ben készített 13 x 18 cm méretű papír alapú kontaktmásolat a Tihanyi-félsziget részletéről (kicsinyítve) A felvételek a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténeti Térképtárának gyűjteményéből származnak.

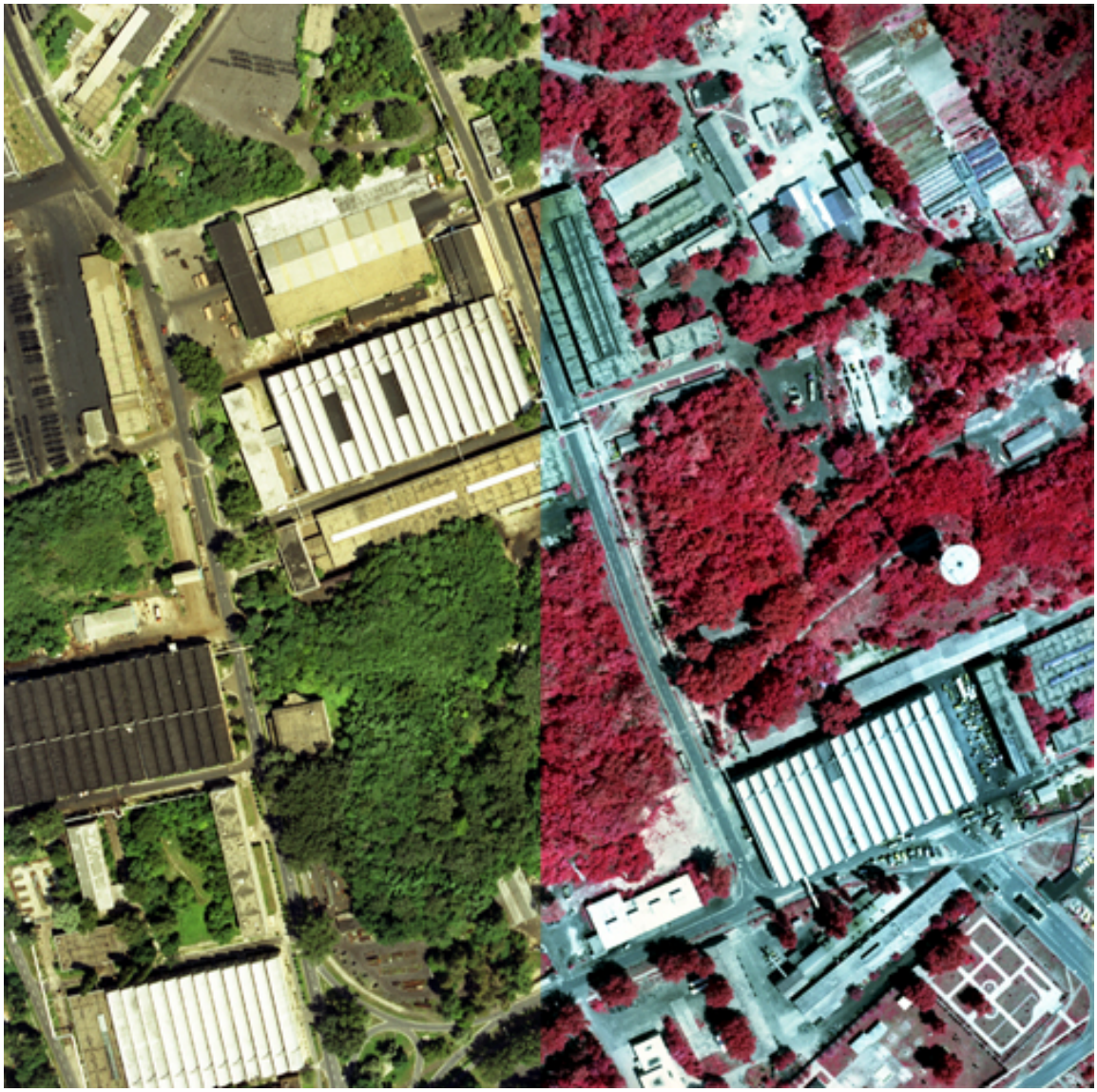


6. ábra A papír alapú felvétel megjelölt részlete különböző felbontással digitalizálva, 100% nagyításnál: a: 600 dpi· b: 700 dpi· c: 850 dpi· d: 1000 dpi· e:1200 dpi

Érdekes, hogy egy 5 mm-nél is kisebb papírkép terület milyen részletesen ábrázolja, megőrzi a felszín nyolcvan évvel ezelőtti állapotát

A dinamika is fontos szerepet játszik a felvételek értékelhető megőrzésében (7-8. ábrák). Bevált módszer például a fekete-fehér nagyított papírképek színes (48 bit RGB) digitalizálása.

6. ábra Bármilyen spektrális tartományban készített felvételekről legyen is szó, ha a digitalizálásnál nem figyelünk a szükséges dinamikai átfogásra, vagy utólag a kontrasztfokozás érdekében "szűkre vágjuk" a hisztogramot, értékes információkat veszítünk. (Bátaapáti, 2006, színes infravörös KODAK, VITUKI ARGOS Stúdió)



7. ábra A jó minőségű digitalizásás a helyesen exponált, és előhívott negatív esetében nem eredményez beégett és túl sötét képrészleteket. Ilyenkor hisztogram elemzés során még a sötét árnyékok is "kibonthatóak", világosíthatóak, újabb részleteket jeleníthetünk meg. A 6 x 6 cm középformátumú színes és színes infra felvételek külön készültek, és utólagosan lettek egymásra transzformálva (Csepel Autógyár, 1987, VITUKI ARGOS)

A valósszínes digitális felvételek három csatornából épülnek fel. A vörös (R), zöld (G) és kék (B) csatornák együtt tartalmazzák a ~380-780 nm hullámhossz tartománybeli értékeket (a film spektrális érzékenységétől, 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 egy pixel minden csatorna esetében. Ezért akár 256^3=16777216 féle színárnyalatú is lehet egy adott pixel egy 24 bites digitális felvételen. (Markelin és Honkavaara 2004) Korunk digitális fényképezőgépei, szkennerei és a modern számítógépek képesek 12-14 bites csatornákat rögzíteni és kezelni. A legtöbb rendszer 16 biten tudja eltárolni a 14 bites csatornákat. A 3 x 16, azaz 48 bites RGB felvételek esetében egy pixel 65536^3, azaz 281474976710656 féle színértéket is felvehet.

Korábban a számítástechnika nem tette lehetővé terrabájtos adattárolók alkalmazását. Ma már minden komoly archívum ennél is nagyobb tárolóeszközöket alkalmaz. A digitális adatmennyiség nem szabhat gátat az archiválási minőségnek. Tudnunk kell, hogy egy 23 x 23 cm léginegatív akár 250 MB, de 1-2 GB lemezterületet is elfoglalhat. A fenti széles tartományból is kitűnik, hogy a filmek minősége nagyon változó. A felbontás kiválasztásához a kép középső területének próbaszkennelése ad támpontot. (A felvételek középső területén tapasztalható képminőséghez igazítjuk a digitalizálás geometriai és spektrális felbontási paramétereit.)

A szkennelés síkágyas szkennerekkel történik. A művelet közben a rázkódást, mozgatást kerülni kell, ezért nagy forgalmú utak, valamint vasútvonalak mellett lévő épületekben nem célszerű stúdiót berendezni.

3. Felvételek archiválása lemezről, diáról és negatívról

Az első világháborútól 9 x 12 cm-es képnagyságú kamerákat rendszeresítettek, amelyek nagyon részletes fekete-fehér légifelvételeket készítettek. Lemezre, majd később filmre fényképeztek, a 13 x 18 cm lemezméret is bevezetésre került. Először 210 mm gyújtótávolságú optikával dolgoztak, de később a légikamerák és objektívek széles választékát felvonultatta a magyar légifényképezés. Már a második világháború előtt is magas színvonalú sík-fotogrammetria és tér-fotogrammetria jellemző Magyarországon (9. ábra).

9. ábra A Balaton partja Badacsony és Szigliget között 1928-ban. Optikai kardánokkal geometriailag helyesbített (transzformált) fotómozaik két 18 x 13 cm-es felvétele. A felvételek a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténeti Térképtárának gyűjteményéből származnak.

A XX. század második felében a 210 x 210 mm, 230 x 230 mm filmre dolgozó nagyformátumú mérőkamerák mellett 1964-től a ~ 60 x 60 mm–es középformátum is megjelent, és ezek az ezredfordulóig az alapját képezték a honi légifelvételezésnek. A hetvenes években kisfilmes (Leica méret, 36 x 24 mm), sőt, modell repülőgépes és léggömbkísérletek is történtek, melyek azonban csak kivételes esetben tudtak jó eredményt felmutatni.

Az 1-2. táblázat a különböző filmanyagok digitalizálásához nyújt segédletet. A benne látható értékek hozzávetőlegesek, mert a képterület felvételenként kismértékben változhat.

1. táblázat Kisformátumú (Leica) negatívok és diák (24 x 36):

Felbontás [dot/inch]	Felbontás [megapixel]	Átlagos tárhely igény*		Normál nyomtatási méret 300 dpi nyomtatás esetén
		TIF	JPEG [12]	
1200 dpi	1,9 MP	6 MB	1,3 MB	10 x·· 6,5 cm
1600 dpi	3·· MP	9 MB	3 MB	18 x 12 cm
2400 dpi	8·· MP	23 MB	5 MB	27 x 18 cm
3200 dpi	15··· MP	40 MB	7 MB	36 x 24 cm
4800 dpi	30··· MP	92 MB	13 MB	54 x 36 cm
6400 dpi	50··· MP	150 MB	21 MB	72 x 48 cm

2. táblázat· Középformátumú negatívok (60 x 60):

Felbontás [dot/inch]	Felbontás [megapixel]	Átlagos tárhely igény*		Normál nyomtatási méret 300 dpi nyomtatás esetén
		TIF	JPEG [12]	
1200 dpi (21 µ)	6,5 MP	20·· MB	4 MB	25 x·· 25 cm
2400 dpi (10 µ)	27··· MP	80·· MB	11 MB	150 x 150 cm
3200 dpi· (8 µ)	48··· MP	140·· MB	17 MB	220 x 220 cm

*A megabájtban kifejezett méretek 24 bit (csatornánként 8 bit) tömörítetlen TIF illetve 12 minőségű JPEG formátum esetén értendők. TIF formátum esetén 48 bit színmélység is választható.

A felbontás megválasztása a filmben rejlő információmennyiségen, tehát az adott felvétel felbontásán múlik. Érdemes olyan nagy felbontást választani, hogy a felvételt a határfelbontásánál is jobb minőségben digitalizáljuk. A hetvenes években készült 24 x 36-os diák esetében még 6400 dpi felbontású digitalizálás esetében is nyertünk többletinformációt. Kevésbé jó minőségű filmanyag esetében ilyenkor már jelentkezik egyfajta képzaj, amit az emulzió szemcséinek láthatóvá válása okoz. A kisformátumú filmek minősége nagyon változó. A kilencvenes évekre a tömeggyártás miatt jelentősen leromlott. Míg a nyolcvanas években készült diák többségéből 32 megapixeles digitális kép is nyerhető, addig az ezredforduló népszerű, olcsóbb kategóriájú filmjeiből sok esetben csak 2 megapixeles képet lehet kinyerni.

A jó minőségű középformátumú filmek esetében a 3200 dpi felbontás vált be archiválásnál.

A Magyarországon készített nagyformátumú negatívok (9 x 12, 13 x 18, 21 x 21, 23 x 23 cm, stb.) tapasztalatunk szerint 1200 – 6400 dpi felbontásban digitalizálhatóak. (300 – 1000 MB tárhelyet igényelnek tömörítetlen TIF fájlformátum esetén.) Általában igaz, hogy 3200 dpi (8 mikron) digitalizálással maximális eredmény érhető el az ötvenes évek óta készített mérőkamerás

felvételeknél. Egy 23 x 23 cm méretű film esetében 3200 dpi felbontású digitalizálás esetén 840 megapixeles (~ 29000 x 29000 pixel) digitális fájlt kapunk,ami tömörítetlen TIF formátumban 2 gigabájt tárhely kapacitást foglal el. Ebből 300 dpi felbontású nyomtatás esetén két és fél méteres képet nyerünk. Sajnos csak nagyon kevés nagyformátumú filmanyag minősége engedi meg ezt a felbontást. Ezért a 1200 dpi felbontású digitalizálás legtöbbször elegendő, nagyjából 120 megapixeles (~10900 x 10900 pixel) digitális felbontást eredményez. A szkennelést csatornánként 14 bit színmélységgel (48 bit RGB) nagy geometriai pontossággal érdemes elvégezni. Így az eltárolandó három csatornás tömörítetlen TIF mérete 300 megabájt, 12-es minőségű JPEG esetén 110 megabájt. 300 dpi felbontású normál méretű nyomtatás esetén 92 x 92 cm méretű éles nyomat készíthető belőlük.

Lehetőség kínálkozik a felvételek HDR (High Density Range, széles dinamikai átfogású) digitalizálására is, amelynek során a különböző világosság értékű pixelek különböző (a legmegfelelőbb) expozíciók sorozatából kerülnek eltárolásra. Az expozíciósorozat ez esetben a szkenner érzékelőjének többszöri végighaladásával érhető el. A technológia természetesen jóval időigényesebb a hagyományos szkennelésnél, de a spektrális és dinamikai pontosságot növeli.

4. Papír alapú légifelvételek digitalizálása

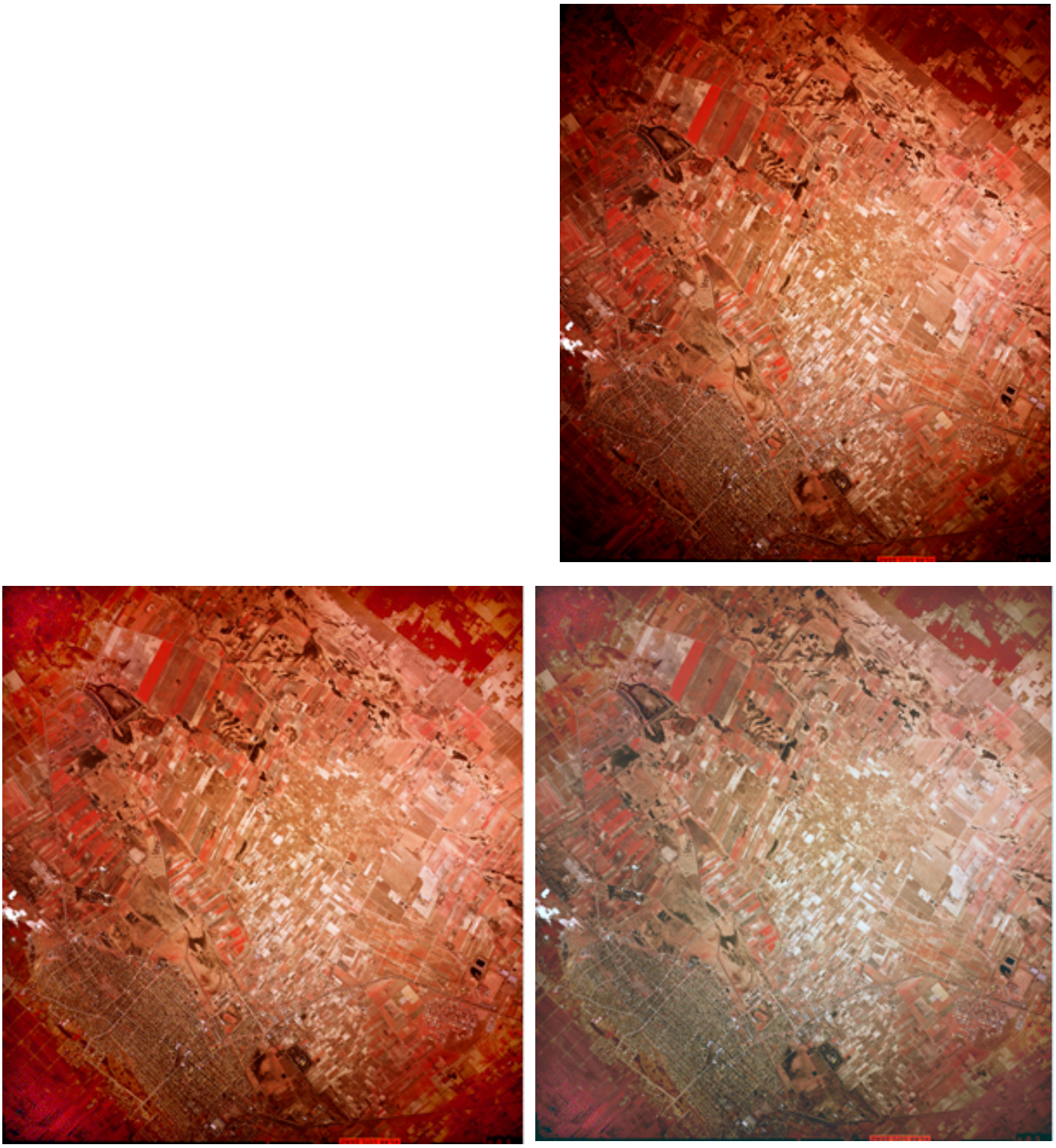
Az előzőekben ismertetett folyamat a papírról (fényvisszaverőről) digitalizált légifelvételek esetében is hasonló követelményrendszerrel bír, ez esetben is legalább olyan körültekintően kell eljárnunk. Mivel a filmek és lemezek képviselik az eredeti részletességű felvételt, a papírnagyítások általában akkor kerülnek a látókörünkbe, amikor az eredeti film, vagy lemez elveszett, megsemmisült. Meglepő azonban, hogy már a korai papír alapú felvételek is mennyi információt hordoznak. A 8-9. ábrán például a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténeti Térképtárának gyűjteményéből származó papír alapú felvétel különböző felbontással történő digitalizálási sora látható.

5. Utómunkálatok

A digitális állomány esetében a poreltávolításra, retusálásra kétféle megoldás kínálkozik. Az automatikus technológia jó minőségű, az eredeti képi tartalmat kevéssé befolyásoló eljárás, a szubjektív képjavító hatásoktól mentes. A szoftverek a szennyeződés által kitakart felületre a környező képrészekről gyűjtött információ alapján „megsaccolják” a képi tartalmat. A kézi retusálás időigényes, de sokkal finomabb, a képi tartalmat még inkább megőrző, alaposabb eljárás. Az emberi felismerés és döntés szoftveresen még nem reprodukálható tökéletesen. Amíg a szoftver a textúra folytonosságot pótolni tudja, addig a retusálás során az emberi beavatkozás például a vonalas létesítmények helyreállítását is elvégezheti. Az ilyesfajta képmanipulációt egyes szoftverek is képesek végrehajtani, de bizonyos esetekben a manuális retusálás eredményesebb.

A felvételek sokszor elsárgulnak, elszíneződnek, így színhelyreállításra is szükség lehet. Ilyenkor is törekedjünk az eredeti változat megőrzésére, hogy későbbi hozzáféréssel ellenőrizhető, javítható

legyen a szín- illetve tónus helyreállítás minősége. A vignettáció eltávolítása a felvételek sarkainak világosításával, hisztogram kiegyenlítésével történik.

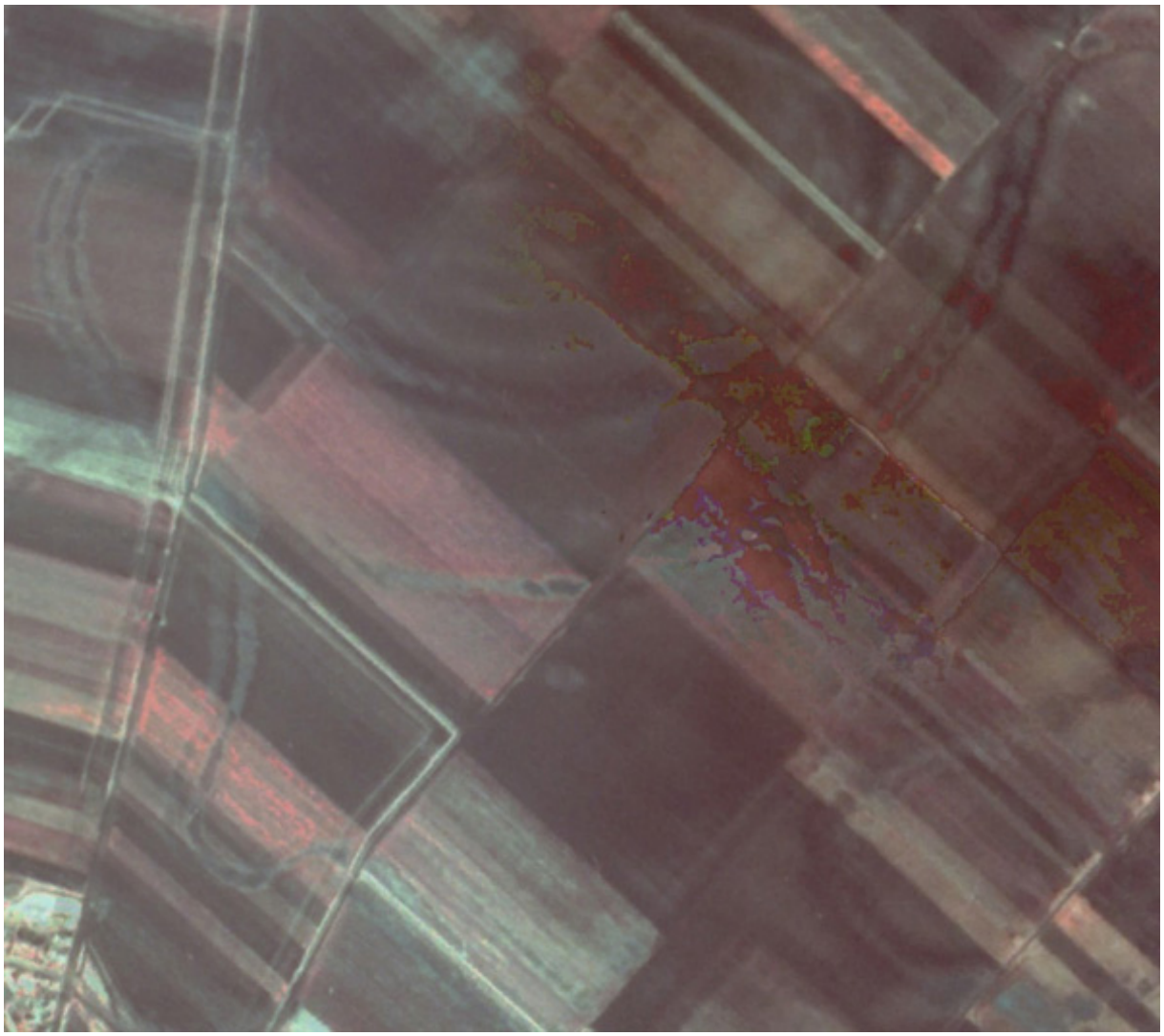


10. Túlexponált és valószínűleg szavatossági idején túl felhasznált 23 x 23 cm színes infravörös légifelvétel erős vignettációval és digitálisan javított változatai (Wild Rc-10)

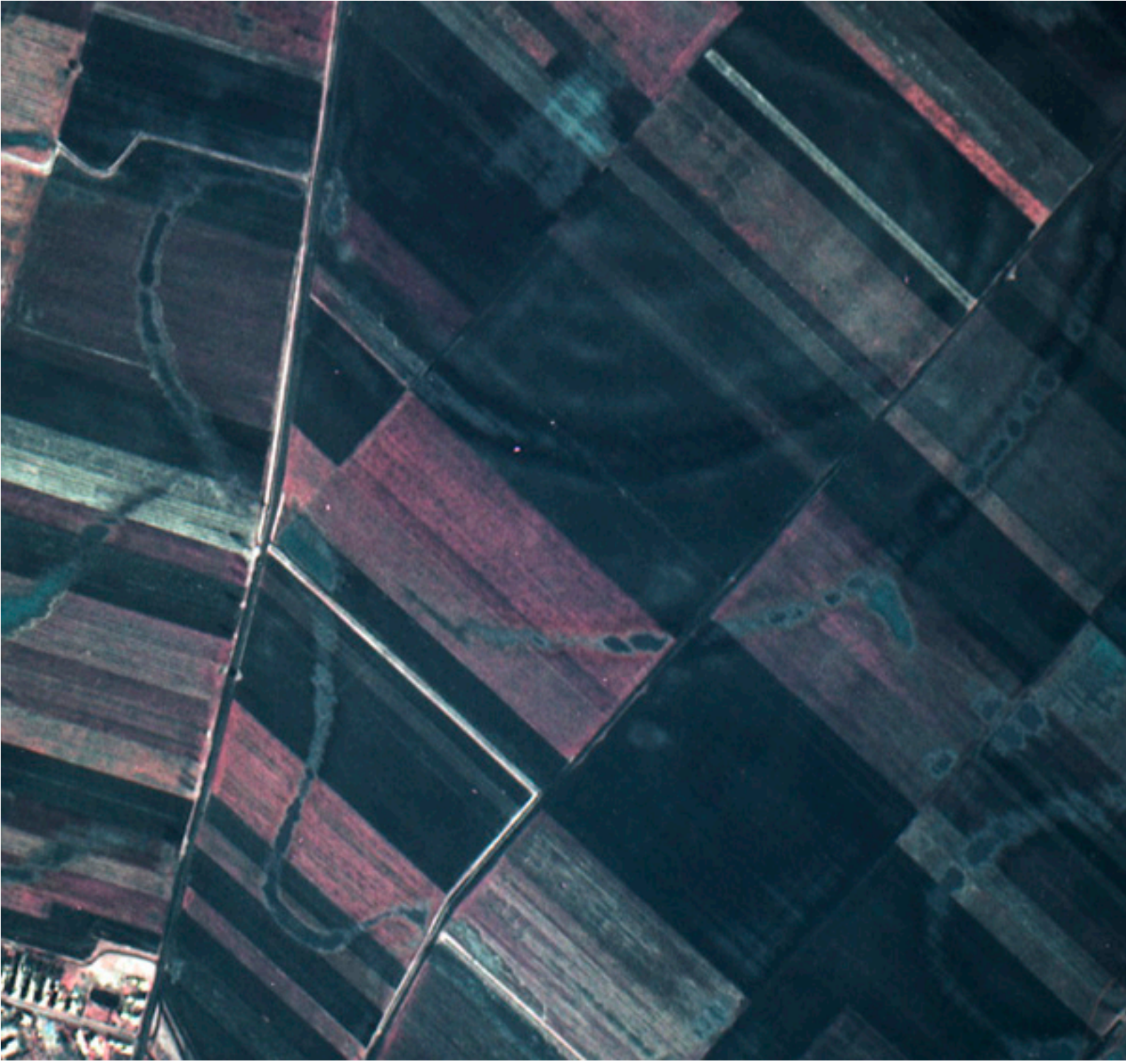
11. ábra 23 x 23 cm RC-30 felvétel és ugyanaz a felvétel egy részterületén helyreállított színekkel (A Telecopter Kft. archívumából)

A felvételek georeferálását adatgyűjtő munka előzi meg. A szabatos korabeli térképek, vagy geometriailag helyreállítható régi térképek összegyűjtésén túl a ma is megtalálható, bolygatatlan terepi objektumok felderítése is fontos lehet.

A felvételek georeferálása és mozaikolása után érdemes az eredetileg digitalizált fájlt, és az újramintavételezett, geometriai értelemben is pontos állományt is archiválni. A 12-13 ábrák bemutatják, hogy mért van erre szükség. A 12. ábrán egy az ezredfordulón elérhető számítástechnikai kapacitás és a digitalizáló állomás korszerűtlensége miatt rossz minőségben digitalizált, és hibásan mozaikolt infravörös "fotó-térképet" látunk. A tízszer nagyobb felbontáson, HDR minőségben újradigitalizált negatívok nagyobb fájlméretűek, mégis hibátlanul egybeolvaszthatóak (13. ábra).



12. ábra Szellemképes, hibásan összeállított fotó-térkép, csökkent információtartalmú felvételekből



13. ábra Ugyanazok a felvételek újradigitalizálva, újramozaikolva

6. Kiértékelés

Amennyiben archív felvételek kiértékelése a cél, az mindig helytörténet kutatással, korabeli helyszíni felvételek, térképek, írások, beszámolók, jegyzőkönyvek összegyűjtésével párosul. A különböző minőségű, különböző időpontban készített felvételek elemzésében a jelenbeli állapot, és az említett kordokumentumok nyújthatnak támpontot. Minden megállapítás esetében érdemes feltüntetni az információ forrását és megbízhatóságát, a levont következtetések származtatásának módját. Fontos, hogy eredményeink ellenőrizhetőek és értékelhetőek legyenek a későbbiekben is

Köszönetnyilvánítás

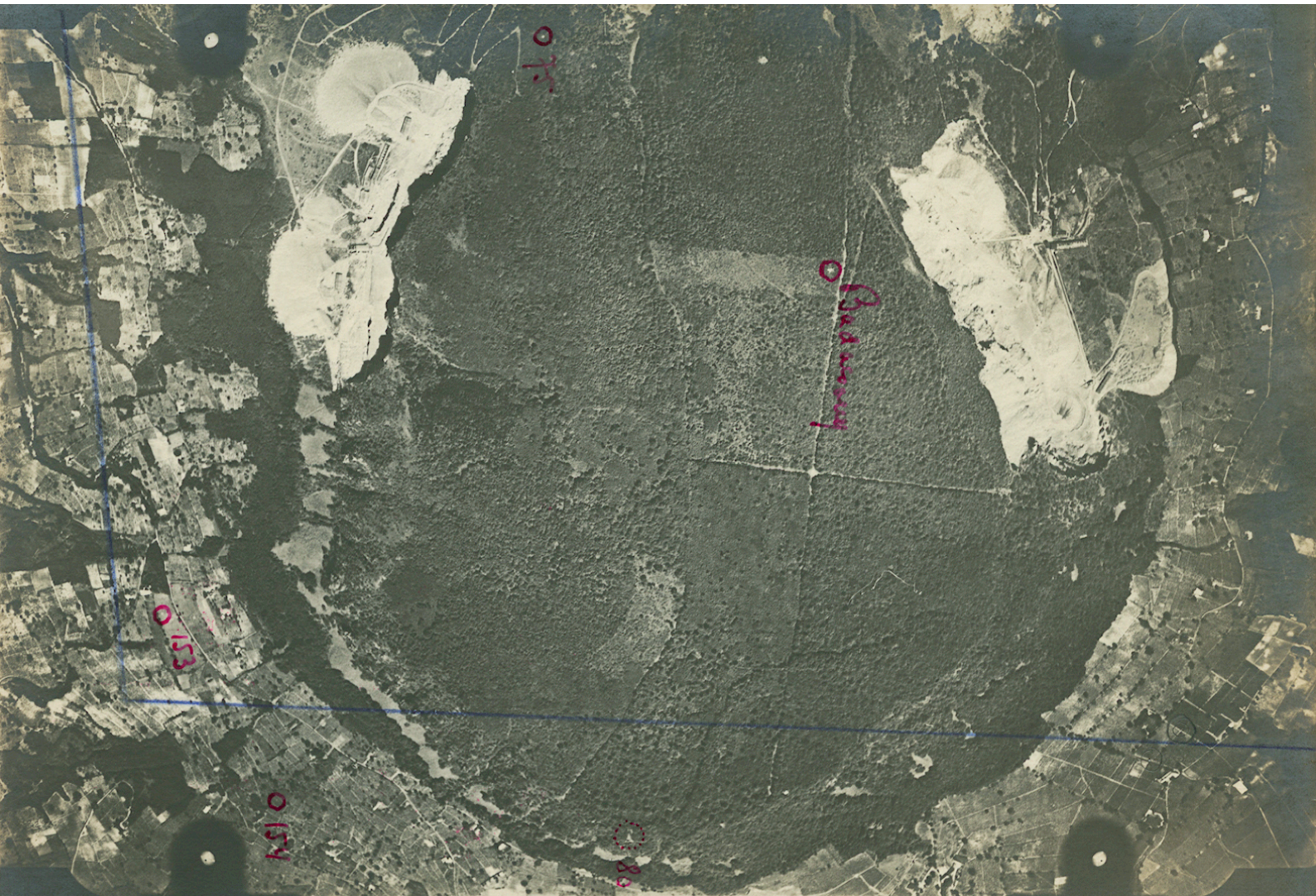
Köszönetemet fejezem ki Licskó Bélának (VITUKI Argos Stúdió) az utóbbi öt évben nyújtott együttműködésért és folyamatos szakmai segítségért, valamint a lektori munkáért, és Rehorovics Gyulának (FÖMI), valamint Molnár Zsoltnak (Interspect) a szakmai segítségért.

Felhasznált irodalom:

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.

Ziemann H. (1997): Comparing the photogrammetric performance of film-based aerial cameras,Wichmann Verlag, Heidelberg,Photogrammetric Week 1997

A Badacsony 1298. júliusi 7-én 2150 méter magasságból Zeiss mérőkamerával készített felvétele papír kontaktmásolaton (A felvétel a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténeti Térképtárának gyűjteményéből származik)



Szigetszentmiklós Felsőtag bányató-rendszerének kialakulása és a jelenlegi helyzetnek térinformatikai alapú áttekintő vizsgálata

RS&GIS - 2011 / 1. Balla Réka

1. A környezet rövid áttekintése

Csepel-sziget középkori forrásokban Insula Magna-ként szerepelt. 257km^2 hosszúságú, pannon üledékből, felszínén homokos-iszapos rétegekből, dél felé haladva pedig egyre vékonyodó kavicságyból épül fel. A sziget egésze jelentős agroökológiai potenciállal rendelkezik, földjei – a futóhomokos területeket leszámítva - jó termőterületként vannak nyilvántartva, ahol elsősorban öntözéses zöldség illetve gyümölcstermesztést folytatnak.
Szigetszentmiklós a sziget legnagyobb településeként 1986-ban szerzett városi rangot, ezáltal jelentős tagként érvényesülhet a budapesti agglomerációban.

2. A bányatavak kialakulásának okai

Magyarországon a 40-es években az európai infrastruktúra folyamatos fejlődésével párhuzamosan, kialakult az igény a hazai utak számának növelésére. A korai terveket, melyek az autópályák budapesti centralizáltságát szorgalmazták elvetették, és az 1942-es tervezet szerint a fővárost körülölelő gyűrűs-sugaras útvonal került elfogadásra. A négy szektorban elkészülő MO autópálya gyűrű alapanyag-igényét kielégítendő három anyaglelőhelyet jelöltek ki a Csepel-szigeten.

A szigeten már az első világháború előtt működött a csepeli Weiss Manfréd gyárkomplexum, 1941-42-től a Dunai Repülőgépgyár (a később csaknem 10000 főt foglalkoztató Csepel Autógyár és Pestvidéki Gépgyár nevű repülőgép javító üzem) és emiatt a munkásbetelepedések száma igen magas és folyamatos volt a 90-es évekig. A megnőtt lakásigényeknek megfelelően elkezdődtek a helyi nyersanyagokra alapuló ipari létesítmények, kavicsbányák kialakítása. Az innen kitermelt anyagok képezték mind a Gépgyár, mind az Autógyár munkáslakótelepeinek alapanyagát. Így, az autóút megépítéséhez már létező anyaglelőhelyeket jelöltek ki, úgy mint az akkori Szigetfő TSZ felhagyott kavicsbányáit, a Csepeli DunaTsz –t, illetve a Kavicsbánya Bányavállalat akkori területeit.

1987-évben megindulhatott a nagyobb volumenű sóderkitermelés, ahonnan a kitermelt nyersanyagokat közvetlenül a Csepel-szigeti üzemmérnökség telephelyére szállították. A kitermelés során fontos volt az ütemterv betartása, tehát a durva tereprendezés után második lépésként az üzemi épületek felhúzása mellett, a finom tereprendezés alapszabályainak is eleget kellett tenni, ami az utólagos térburkolást és tájrehabilitációt, a felvonulási utak maradéktalanul történő elbontását jelentette. A fent említett előírások ellenére a bányatavak rekultivációja a mai napig is csak részben valósult meg, így mint aktív nyílt tájsebek további feladatokat rónak az önkormányzatra.

3. A terület általános állapotfelmérése, a bányatavak, mint antropogén hatásként létrejött aktív tájsebek, a környezetre gyakorolt hatásukból adódó konfliktushelyzetek rövid ismertetése:

Sok, hatalmas kiterjedésű és tisztavizű, már inaktív bányató képe tárul a szemünk elé, ha Csepel (Budapest XXI. kerület) és Szigetszentmiklós határában járunk. Zöldes színben játszó és elhagyatott tavacskák gazdag élővilággal, melyek a terület kavicskitermelésének következtében jöttek létre és a tájrehabilitáció nyomait csak kis mértékben mutatják. A parton tornyosuló omladozó horgásztanyák mellett egy-egy újépítésű ingatlan is szemet szúr. Ez az egyes részeiben teljesen lakatlan, máshol újranépesült állapot a házak állapotán mutatkozik meg. Minden ház más jellegű, minden építmény más-más minőségű mind küllemre, mind közművesítettség szempontjából.

Szigetszentmiklós ezen északi területe, ahol a kavicsbánya tavak is találhatóak a Felsőtag nevet kapta. Munkám során ezt a közel 600 hektáros, zömében üdülőövezetet elemeztem. Vizsgálataim alapján megállapítható, hogy a mederrendezések során az előtte kialakuló zagyterek magassága sok esetben meghaladja az üdülők illetve horgászházak terepszintjét, így a vízparti területsáv (ami nem közterület mégis valamilyen oknál fogva felparcellázásra került) eltűnt, a vízpart megközelíthetetlen, parti sétány kialakítására lehetőség sincs. Ez így van a munkám során 1, 3, 4, 8 számmal jelölt tavak esetében. További gondokat okoz a közművesítettség alacsony színvonala, mely súlyos természeti konfliktushoz vezethet a közeljövőben, hiszen ezeknél a tavaknál különösen fontos a csapadék és –szennyvizek maradéktalan szikkasztása, elvezetése, a vízfelülettel vagy a talaj rétegvizeitől való teljes szeparációja.

A vízpartokon található horgászházak az 5 éves türelmi idő elteltével sem kerültek elbontásra, minek következtében diffúz szennyező forrásként tovább rontják a vízminőséget, ami nemcsak a területen fejti ki káros hatását, de a bányatavak természetéből adódóan a talaj és –rétegvizekbe is bejuthat. Az ilyen módon a tavak vizébe kerülő szennyezések könnyen beszivároghatnak az alsóbb rétegekbe, későbbi gondokat okozva az ivóvíznyerésnél.

Eltérést fedeztem fel továbbá a bányatelkek beépíthetőségét illetően: A helyi építési szabályzatnak megfelelően nem haladhatná meg a 10%-ot a terület beépítettsége, mégis számos esetben a megengedett beépíthetőség hányadát jócskán túllépi. További problémalehetőségként merül fel a Kavicsbánya-tavak (a legnagyobb központi tórendszer) mellett található zárkert is, ami az utóbbi években történt nagymérvű illegális betelepítést mutat.Ez a terület az agglomerációs terv szerint mezőgazdálkodási terület kategóriába sorolandó. Mégis számos esetben mint 2 ingatlan található a parcellákon belül és ezen ingatlanok alapterülete sokszor meghaladja a megengedett 1000 m^2-t. Amennyiben a tavak egészséges állapotának megőrzése a cél, problémákat vet fel a tavak rendszeres tisztasági kotrásának hiánya, a hínárosodás és üledék lerakódás. Amennyiben nagymértékű az üledékesedés és hínárosodás, megindul egyfajta anaerob környezeti állapot kialakulása, ami rohadással járó folyamatokat eredményez. Így a hínárosodás kis mértékű jelenléte a cél.

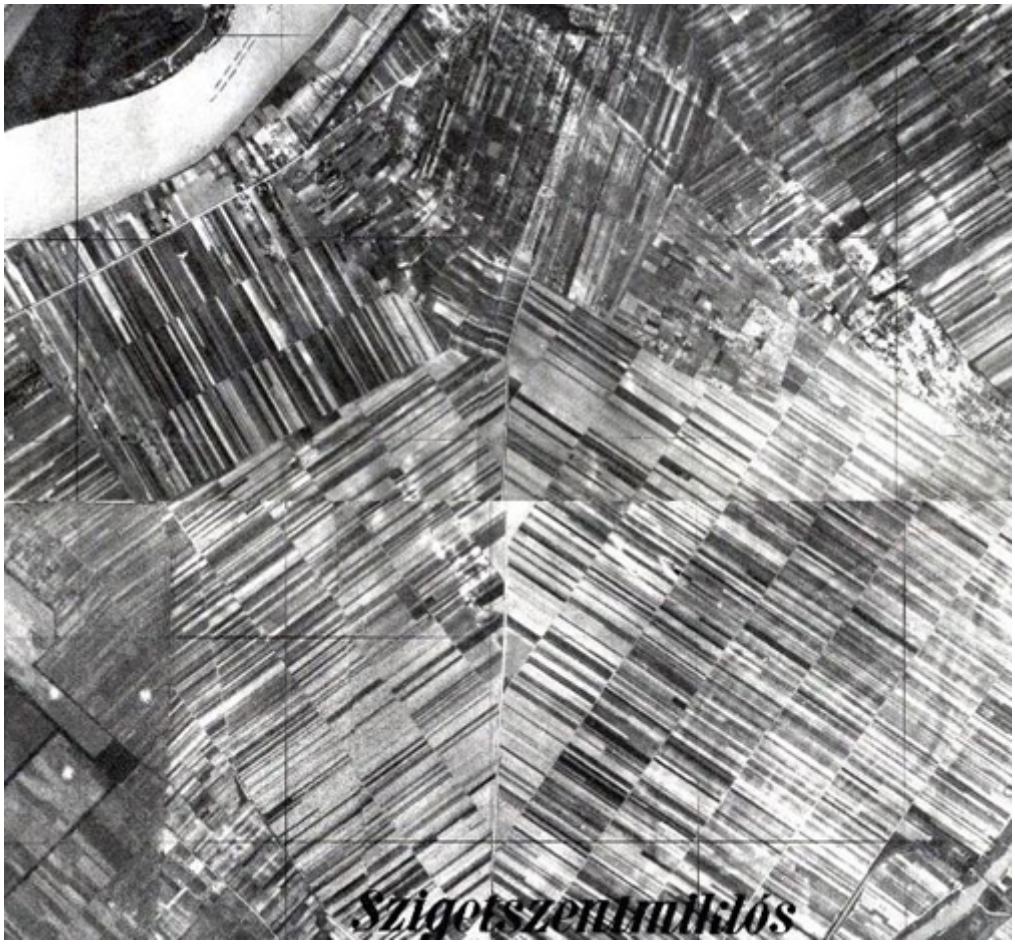
A bányatavak szempontjából az eutrofizáció megakadályozása és a vízminőség jelenlegi állapotának megtartása végett nagyon fontos lenne a tavak folyamatos karbantartása (239/2000. (XII.23.) Kormány rendelet), állapotának felügyelése. Szociális szempontból is elég diverz képet nyújt a terület. 250 db bejelentett lakos szerepel a nyilvántartásban. Az infrastruktúra fejlesztéseként a helyi rendezési tervnek megfelelően ún. Cramfield fejlesztési területként szerepel maga a terület, melynek elsődleges szempontjai a közművesítettség növelése, azon belül is a csapadék és szennyvízelvezetésének teljes kiépítése, a lakosok a várossal való jobb kommunikációs lehetőségeinek növelése.

A bányatavak nagy része 7 horgászegyesület hatáskörébe tartozik. Az önkormányzat mellett ők a felelősek a tavak tisztántartásáért. Az önkormányzat ellenőrzi a rekultivációs lépéseket Ide tartozik a fedő-meddő depóniák kialakítása, a partvonal, öblözetek szabályozása, a fejtési (mozgó) és visszamaradó (stabilizálandó) parti rézsük kialakítása, és az egyéb termékmaradványok, kimosott iszap elhelyezése.

4. A terület 1940/41-es légi felmérése és 2009-es felvételezések során készült légifelvétel-térképek alapján történő összehasonlítása, valamint térinformatikai, statisztikai elemzése

Az 1940/41-es felvételezés során készült mérőkamerás légifelvételekből az Állami Térképészet geometriai értelemben szabatos légifelvétel-térképet állított elő. A térképet a HM Hadtörténeti Intézetének Térképtára bocsátotta rendelkezésünkre, és azt a síkágyas szkennerrel történő digitalizálásból következő geometriai változásoktól transzformációs eljárással torzításmentesítettük, digitálisan újratranszformáltuk. Az EOTR állomány részletessége a 60 cm terepi felbontást közelíti.

Megállapítható, hogy a területen elsősorban mezőgazdasági termelés folyt, zömében nadrágszíj parcellák jellemezték a vidéket, és az infrastruktúra fejletlensége miatt elsősorban rossz minőségű föld és kerülőutakkal lehetett csak megközelíteni (1.ábra). Az elsődlegesen termesztett növények a búza és a kukorica voltak az akkori 17AK értékű földeken. A vizuális interpretáció során a mesterséges építmények és eróziós foltok, valamint a területhasználatok egyértelműsíthetőek a kép információi alapján.



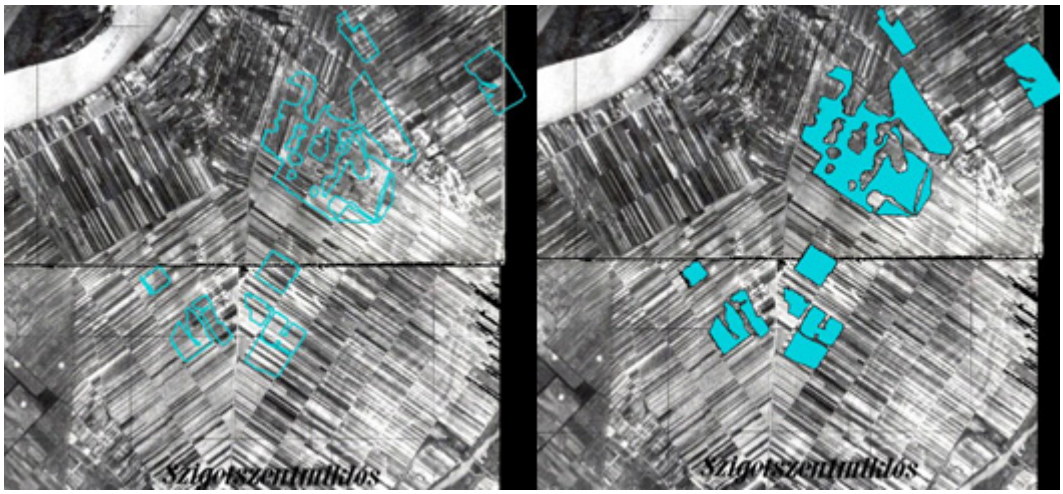
1.ábra A kavicsbányató rendszer helye Szigetszentmiklós 1940/41-es légifelvétel-térkép szelvényeinek találkozásánál (A felvétel a HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténeti Térképtárának gyűjteményéből származik.)

A 2009-es felvételezéskor már teljesen más arculatot mutat a táj (2. ábra). A korábbi parcellák mérete megnőtt, a telkeket összevonták, vagy átminősített területként újraosztották. Megépült az MO-s autóút, ami kettészeli a területet. A becsatlakozó kisebb főutak burkolata javarészt beton és kialakult egy, a területet teljesen átszövő földutakból álló úthálózat. A tavak az autóúttól északra eső területeket szinte teljesen elfedik, és kialakult egy zárkert is a Kavicsos-tavaktól keletre eső területen. Megfigyelhető, hogy a mezőgazdasági területek egyre kiszorulóban vannak a délről történő urbanizáció terjeszkedésével szemben, illetve a nyugati ipari negyed folyamatos bővülése is folyamatosan csökkenti a még megművelésre alkalmas területek számát.

2. ábra Szigetszentmiklós 2009-es légifelvétel-térképének a korábbi kivágattal azonos részlete (Az Interspect Kft. archívumából)

4.1. Vizsgálatok

Vizsgálataim során összehasonlításra kerültek a mostani állapotoknak megfelelő, a tavak által borított területek az akkori mezőgazdasági területekkel (3. ábra).



3. ábra A bányatavak napjainkban az 1940-41-ben készült felvételekre vetített kékkel jelölt területeket fedik le

A terület statisztikai elemzése során megállapítottam, hogy a tavak 179 ha összterületet foglalnak a tájban, 39 848 m partvonallal. Az egyes tavak felszínére vonatkozó adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

Név	terület (m^2)	kerület (m)
tó_1	188714	2625
tó_2	75676	1689
tó_3	996073	22419
tó_4	96282	2240
tó_5	44348	1364
tó_6	186684	3341
tó_7	38933	2164
tó_8	164161	4524
Összesen:	**1790871**	**40366**

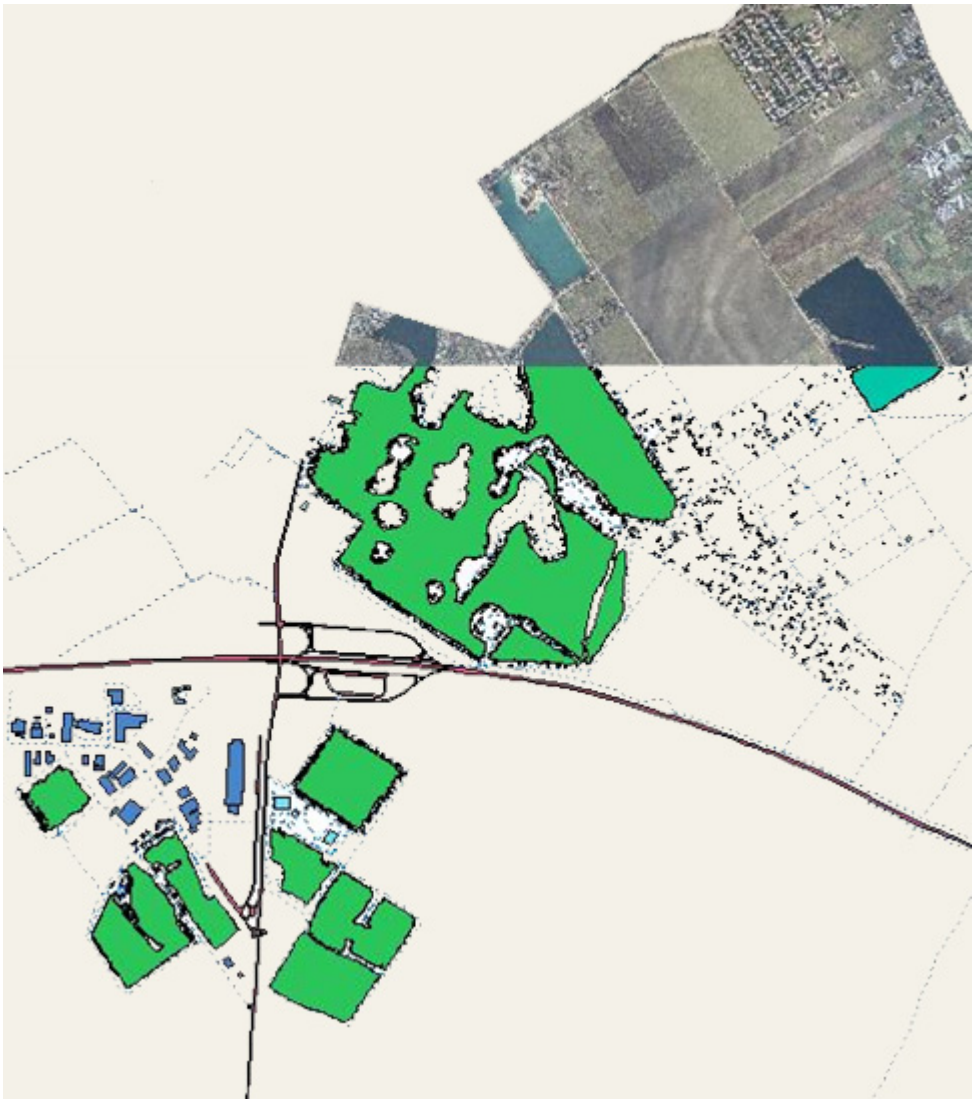
1. táblázat A kavicsbánya tavak 2009-es légifelvételről származtatott adatai

5. Javaslatok

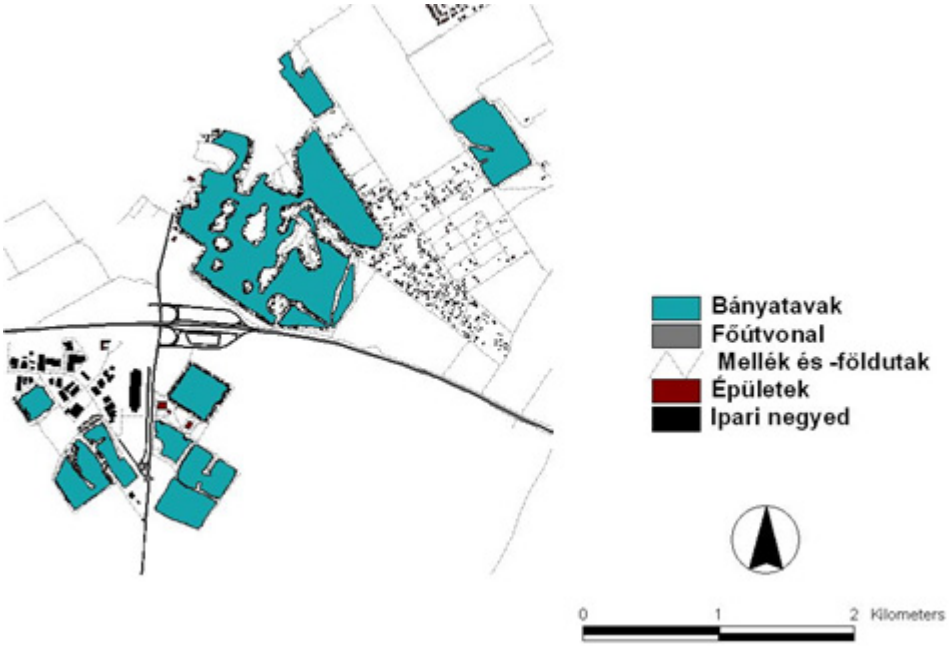
A bányatavak a rekultiváció után elsősorban rekreációs tevékenységek (sport és szabadidős-tevékenységek) szempontjából, illetve halgazdálkodás céljából hasznosíthatóak. Ezek nagyon szigorú előírásokhoz köthetőek, mind vízminőség és mind a környezeti állapotok fenntartása miatt. Éppen ezért a komplex ellenőrzéseket és folyamatos fenntartási munkálatokat csak az önkormányzat és a helyi horgásztársaságok kooperációjával lehet elképzelni. A kommunikáció fejlesztése éppen ezért nagyon fontos lenne a vizsgált területeken. Ezen felül a tájhasznosítás szempontjából nagyobb hangsúlyt érdemelne az élhetőbb lakókörnyezet kialakítása, úgymint a zöldterületek arányának megnövelése és a helyi építési szabályzat figyelembevételével a telkek és a rajtuk elhelyezkedő ingatlanok megfelelőbb kihasználása, átszervezése. Fontos lenne a környezetvédelmi előírások nagymérvű figyelembevétele, erre egy kontrollbizottságot kellene kijelölni, akik figyelmeztethetik az illegális szennyezőket illetve szabálytalankodókat.

6. Ábramelléklet

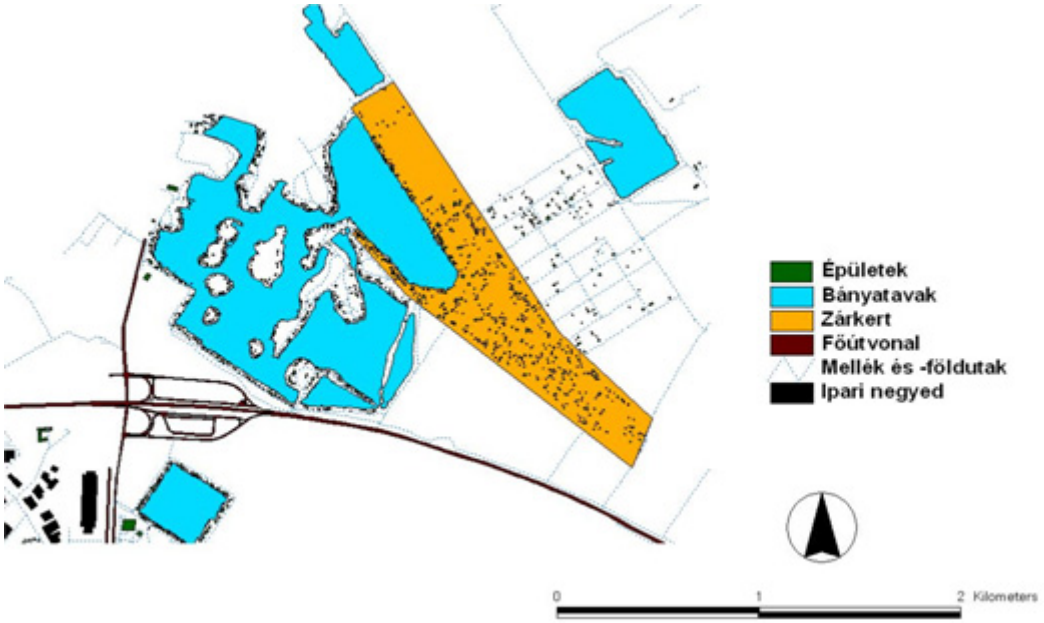
A tórendszer 2009-es RC-30 analóg mérőkamerával fényképezett légifelvétel-térképen



A vizuális interpretációval előállított térképi fedvények (tórendszer, úthálózat, épületek, növényzet, betonnal fedett térszínek és ipari parkok)


Bányatavak
Főútvonal
Mellék és -földutak
Épületek
Ipari negyed
0
1
2 Kilometers

Tó_1
Tó_2
Tó_3
Tó_4
Tó_5
Tó_6
Tó_7
Tó_8
Ipari negyed
Infrasturktura
Épületek
Főútvonal
0
0.8
1.6 Kilometers


Épületek
Bányatavak
Zárkert
Főútvonal
Mellék és -földutak
Ipari negyed
0
1
2 Kilometers

Távérzékelési, fotogrammetriai és térinformatikai fogalomtár

RS&GIS - 2011 / 1. Bakó Gábor

Aerotopográfia Légi térképfelmérés (1920-as évektől használatos fogalom)

A fénykép belső adatai A főpont két koordinátája (a főirányokra vonatkoztatva), a centrum távolsága a főponttól valamint a képtávolság.

A fénykép külső adatai A centrum koordinátái (két vízszintes koordináta és a magasság), A képtengely (fősugár) magassági szöge (a fénykép hajlása), A képtengely vízszintes vetületének irányszöge (a fénykép tájékozási szöge), a fénykép egyik főirányának a fénykép vízszintes alkotójával bezárt szöge (a fénykép elfordulási szöge)

Abszolút repülési magasság A légi járművek tengerszint feletti repülési magassága.

Achromatikus objektív Minimális gömbi- és színeltérésű objektív. A teljes vetítési felületre (képfelületre) egyforma színleképzésű (színvisszaadású) és síkra korrigált.

Aktív távérzékelésin technológiák Azok a távérzékelési módszerek, amelyek esetében az elektromágneses sugárzást a távérzékelési rendszer bocsátja ki és legnagyobbrészt ennek a kisugárzott energiának a felületekről visszaverődő hányada kerül detektálásra.

Alapponti gúla A fényképezés helyét a vízszintes és magassági értelemben megadott illesztőpontokkal összekötő egyenesek alkotta gúla.

Alapirányú képpár Alapirányú a képpár, ha a fényképezési irányok párhuzamosak és egyben merőlegesek az alapvonalra. Ferde (dőlt) irányú a képpár, ha a fényképezési irányok párhuzamosak, de az alapvonallal 90°-tól eltérő szöget zárnak be.

Alapvonalas kamerapár Mereven egymáshoz és megfelelő távolságra szerelt két fényképezőkamera. A kamerák tengelyei párhuzamosak és képtartói egy síkban fekszenek. (Csiszár – Oltay 1940)

Állandó fókusztávolságú objektív A fényképező készüléken az objektív és a képsík közötti távolság állandó.

Anaglif eljárás Térhatás előállítása két kiegészítő színnel (színtérlátási eljárás). Olyan eljárás, amelynél a képpár térbeli hatását kiegészítő színekkel érjük el. Pl. a képpár egyik képét zöld, míg a másik képét vörös színű üvegen keresztül egymásra vetítjük, vagy zöld és vörös színben egymásra nyomtatjuk. Az így nyert képet hasonló színű szemüvegen (színtérlátón) át szemlélve térbeli hatást érünk el. (Csiszár – Oltay 1940) Gyakran alkalmazzák például a piros – kék színkombinációt.

Átfedés Centrális vetítésű képek (fényképek) egymásba nyúló, azonos területe. Az átfedést %-ban szokás kifejezni, vagy a leképzett terület méreteivel. A légi fotogrammetriában a repülés irányára vonatkozóan ismerünk hosszirányú (repülésirányú vagy soron belüli) és keresztirányú (repülésre merőleges, vagy sorok közötti) átfedést.

Átfedő képek Olyan képek, amelyek azonos területrészeket is ábrázolnak.

Autokollimációs főpont A valódi optikai tengely talppontja a képsíkon. Gyakorlati képfőpont. Az elméleti képfőpont sajnos szinte sohasem egyezik meg az autokollimációs főponttal, ami a tárgyfelőli vetítési centrumon és képcsomóponton (képfelőli vetítési centrumon) áthaladó sugár talppontja a képsíkon. Az autokollimációs főpont és az elméleti képfőpont távolsága a (radiális) optikai elrajzolásból adódik, amit a lencserendszer hibái és a képsík tökéletlen síkba fektetése okoz. Az elméleti optikai tengely tehát merőlegesen érkezne a képsíkra, de a valódi optikai tengely csak ideális esetben párhuzamos ezzel.

Automatikus élességállítás (AF – auto focus) Ez a funkció automatikusan fókuszálja a fényképezőgép objektívét. Történhet távolságméréses (vagy aktív) módszerrel, ami elektromágneses hullámot (infravörös fényt) és szenzort alkalmaz, valamint passzív módszerrel (élesség érzékelő módszer), amikor a fényképezőgép nem bocsát ki mérőjelet (pl. kontrasztkülönbségek belső szoftveres elemzésével kiértékeli a kontraszt mértékét vagy a fáziskülönbséget a képrészen, és addig változtatja az objektív beállítását, míg a legkontrasztosabb nem lesz az adott ponton a kép).

Bázisviszony (Bázisarány) A bázistávolság és a tárgytávolság hányadosa.

Beépített kamra A hordozóeszközhöz rögzített, adott irányokban (vagy szögtartományokban) fényképező kamera.

Belső adatok A képfőpont két rendezője a képösszerendező rendszerben és a képtávolság.

Belső tájékozás A kamara képcsomópontjának helyzete a fényképsík három pontjához viszonyítva. A belső tájékozás során meghatározzuk kamara (film) vagy a szenzor belső geometriáját a kép készítésének időpontjára vonatkozóan. Célja a digitális kép pixel koordináta-rendszeréről a térbeli képkoordináta-rendszerre való áttérés transzformációs egyenleteinek megadása. Korábbi értelmezése a fénykép belső adataival egyezik.

Blende (Rekesz) Az objektív lencséi mögött található, kis lamellákból álló mechanizmus, közepén nagyjából kör alakú réssel, amelynek átmérőjét szabályozva csökkenthető, illetve növelhető a fényképezőgépbe jutó fény mennyisége. A rekesznyílás nem csak az érzékelőre jutó fény mennyiségére van hatással, de a mélységélességet is szabályozza. A rekesznyílás (blende) értékét az F lépésköz jelöli, és ahogyan az érték növekszik, úgy csökken a rekesznyílás és a fényképezőgépbe jutó fény mennyisége. Az F érték az objektívek megnevezésében a legnagyobb választható blendeátmérőt jelöli (legnagyobb rekesznyílás).

Csatlakozó képek A képsorban egymást követő felvételek.

Csatlakozó képsorok Egymásterületét részben átfedő képsorok.

A digitális képérzékelő (szenzor) fizikai paraméterei:

Felbontás (pixelekben mért szélesség és magasság, esetleg ezek szorzata megapixelben megadva), elemi képpont fizikai és digitális értelemben vett méretei, fényérzékenység, stb.

A nagyobb elemi pixelméret általában kedvező jel-zaj arányt eredményez: A nagyobb felületű elemi képponton adott expozíciós idő alatt nagyobb mennyiségű fény nyelődik el, ezért az elektronikus zajhoz képest megnövekszik a valós tárgyról képet alkotó jelek aránya.

A nagyobb elemi térfogatú képpontokon több foton nyelődik el anélkül, hogy a képpontok túltelítődnének így egy adott téma árnyaltabban, nagyobb dinamikai tartományban leképezhető. Így adott digitális színmenységgel történő eltárolás esetén ugyan annyi fizikai tárhelyen több értelmezhető, „hasznos” információ kerül archiválásra, a felvételek színhelyesebbek, információ-gazdagabbak lesznek.

Digitális képstabilizátor Digitális pixeleltolással kompenzálja az instabil kameravezetést. Az optikai és külső mechanikai képstabilizátor minőségét sosem éri el.

Dinamikai átfogás A képen található legsötétebb és legvilágosabb pont közti különbség, tehát az árnyalatterjedelem szélessége. Minél több különböző fényességű pontot tud a fényképezőgép

érzékelője elkülöníteni a két szélsőérték között, annál pontosabban ábrázolja a valóságot. Az eltárolt digitális felvétel dinamikáját nem csak a fényképezőgép képérzékelője, de a szenzoron jelentkező elektromos jeleket átalakító processzor és algoritmus minősége is befolyásolja. Ha a téma dinamika tartománya nagyobb a fényképezőgép által érzékelhető és eltárolható tartománynál, nem létezik jó expozíció. A digitális felvételen a csúcsfények túlexponálásával elvesztett részletek, a beégett részek részletei semmilyen utólagos korrekcióval nem állíthatók helyre. Analóg és digitális értelmezését célszerű különválasztani. Analóg értelemben a leképzett árnyalat-tartományt, digitális értelemben az eltárolt bitek számát értjük alatta (lásd „színmélység").

Direkt tájékozás Amikor a belső és külső tájékozási elemeknek már a repülőgép fedélzetén lehetővé válik a megismerése, rögzítése, a légi-fotogrammetriai feladatok végrehajtása nagymértékben automatizálható lesz. Ez azt jelenti, hogy elméletben már a repülőgépen, automatikusan elkészülne a légifelvétel-térkép, amennyiben minden szükséges adat (tájékozási elem) rendelkezésre állna, és elég erős számítástechnikai rendszer működne a fedélzeten.

Dőlés Más néven hajlítás, a fényképezési tengelyirány és a vízszintes sík által bezárt szög.

Dőlt irányú kép (oblique image)· Ferde (nem függőleges vagy vízszintes) kameratengellyel fényképezett kép.

dpi (Dots per inch) Képpont per hüvelyk; 1 hüvelyk = ~ 2,54 cm. A nyomtatási felbontást dpi-ben úgy tudjuk kiszámítani, hogy a nyomtatandó digitális kép pixelben mért szélességét (az egy sorban található pixelek száma) elosztjuk a nyomtatott kép szélességével (hüvelykben mérve). Digitalizálás esetén is ebben az értékben, vagy mikrométerben adható meg a kívánt felbontás. (1 mikron = 1/1000 mm = 10^{-3} mm)

Egyenes eltűnési (enyésző) pontja Központi távlatos vetítésnél, az egyenes végtelenben lévő pontjának képe.

Egyes képkapcsolás A képsor következő képének egyedüli hozzátájolása az előző képhez, a képpontok vízszintes értelmű összerendezői alapján

Egyképes műszer, egyképes digitális transzformáció Egy kép feldolgozására szolgáló műszer, vagy algoritmus

Egylencsés kamera Olyan kamera, amely objektív helyett egyetlen véglencsét tartalmaz

Élesség állítás, fókuszálás A lencsetagok elhelyezkedésének változtatása a téma fókuszba hozásához, tiszta és éles kép készítéséhez.

Elfordulási szög Az a szög, amelyet a képtengely valamely vonatkozási iránnyal a kép síkjában bezár.

Eltűnési sík A központi vetület középpontján (képcsomóponton) áthaladó és a képsíkkal párhuzamos sík.

EOV (Egységes Országos Vetület) A magyarországi földmérési térképek vetületi rendszere, amit 1976-ban vezettek be, összhangban az Egységes Országos Térkép rendszerrel (EOTR-rel).

Érzékelő fénytani középpontja A lencserendszer fénytani tengelyének döféspontja a képérzékelőn.

Érzékenység A film (digitális kamera esetén fényérzékelő áramkör) érzékenysége határozza meg azt, hogy milyen fényviszonyok között tudunk fényképezni és, hogy mi az a legrövidebb záridő és legkisebb blendeméret, aminek alkalmazásakor a megvilágítás még elegendő lesz adott fényviszonyok között jó minőségű felvétel készítéséhez.

Felvételi álláspont A térnek azon pontja, ahol a kamera exponál. A képcsomóponton értelmezzük.

Felvételi expozíció A felvétel készítésekor a filmet vagy képérzékelőt érő fénymennyiségre utaló kifejezés. Mértékét az ún. expozíciós adatokkal jellemezhetjük. Az általánosan használt expozíciós adatok a megvilágító fény erősségén kívül a rekesznyílás és az expozíciós idő.

Fényképalappont vagy **képillesztőpont** A fényképen felismerhető olyan tárgy- (terep-) pont, amelynek vízszintes, magassági, vagy térbeli helyzete ismert (helyzeti, magassági illesztőpont). Tájolási, vagy fénykép alappontnak, röviden illesztőpontnak nevezik.

Fénykép meghatározottsága A fénykép három belső és hat külső adattal, azaz összesen kilenc adattal teljesen határozott lesz.

Fényképezés Fényérzékeny anyagra, vagy detektorra való elsődleges leképzés.

Fényképezés alapvonala Két fényképezési helyet összekötő vonal.

Fényképezés helye Az objektív belsejében található lencsebeli tárgycsomópont térbeli elhelyezkedése a megvilágítás pillanatában.

Fényképezés időköze A megvilágítás időköze, vagy más néven expozícióközi időintervallum. A képsorban csatlakozó képek megvilágítása (expozíciók) között eltelt idő.

Fényképezési irány A **kameratengely iránya** szerint vízszintes, közel vízszintes, függőleges (nadír), közel függőleges, ferde (dőlt, oblique), valamint zenit irányú (a kamera tengelye függőlegesen az ég felé irányul) fényképezésről beszélhetünk. Egymáshoz viszonyított helyzetük szerint a képpár (közel) párhuzamos, összetartó, és széttartó irányú lehet. A keretfőpont (képközéppont) és a képcsomópont összekötő egyenesének meghosszabbítása a tárgy felé.

Fényképezési magasság A fényképezés tengerszintfeletti (abszolút), vagy terepfeletti (relatív) magassága.

Fényképezési terv A fényképezés végrehajtásához szükséges számításokból és fizikai lehetőségekből, valamint jogi előírásokból adódó előírások összessége.

Fényképező repülés A légifényképezés célját szolgáló repülés.

Fényképezőgép (fényképező kamera) Olyan készülék, amely elektromágneses hullámok segítségével képezi le a tárgy képét egy sík felületen (filmen, üvegen, digitális képérzékelőn), fényképezésre alkalmas. A belső tájolásra alkalmas fényképezőgépet mérőkamerának nevezzük.

Fényképezőgép rendszer felbontása Egy adott fényképezőgépnek, egy adott objektívvel szerelve a képérzékelő szenzor felbontásától (képérzékelőn található elemi képpontok effektív száma), az objektív feloldóképességétől, fókusztávolságától (kameraállandó), a kamerarendszer alkatrészeinek minőségétől (egymástól mért, jól beállított távolság, a belső felületek színe, fényvisszaverési tulajdonságai), tisztaságától függ a felbontóképessége. Az **effektív megapixel** azt definiálja, hogy hány elemi képpontból (pixel) álló képet tud készíteni a képérzékelő. (Hány millió elemi képpont található a képérzékelőn.) Amikor ezzel az értékkel adjuk meg egy képérzékelő felbontását, közölni illik a képérzékelő méreteit, és az egy sorban, valamint egy oszlopban található elemi képpontok számát is. Ez az érték kizárólag a képérzékelőre vonatkozik, nem fejezi ki az objektív és a kameraváz tökéletlenségéből adódó felbontási veszteségeket. A teljes rendszer felbontóképességét gyakorlati úton állapíthatjuk meg laboratóriumi vizsgálatokkal, az elkészített felvételek elemzésével, vagy terepen, például a dolgozatban ismertetet dinamikus felbontóképesség vizsgálatokkal.

Fényképmérés A fénykép mértani feldolgozása, képmérés. A síkfényképmérés (sík fotogrammetria) egyes képek, vagy előzetesen egyesített fotómozaikok mértani feldolgozása. A térfényképmérés (tér fotogrammetria) képpárok átfedő részeinek mértani feldolgozása.

Fényképmozaik Több nem teljesen azonos méretarányú fényképből összeillesztett kép.

Fénytani képközéppont Az objektív fénytani tengelyének döféspontja a képsíkkal.

Fénytani tengely A tárgy- és a képközépponton átmenő egyenes. (Kameratengely)

Ferde kameratengelyű fényképezés Ferde (dőlt, oblique) irányú a képpár, ha a fényképezési irányok párhuzamosak, de az alapvonallal 90°-tól eltérő szöget zárnak be.

Fix gyújtótávolság Amikor az objektívnek adott a gyújtótávolsága, tehát nincs optikai zoom.

FMC (Forward Motion Compensator) Repülés irányú mozgáskompenzátor. Egy olyan berendezés, ami az exponálás közben, a repülési sebességnek megfelelő sebességgel húzza végig a mérőkamerát, frame rendszerű távérzékelő műszert egy sínen, a repülés irányára merőlegesen. Ezzel lényegesen hosszabb expozíciós idők érhetőek el.

Folttérképezés A terepi objektumok azonos állással, a pontos helyükön, méretarányosan történő feltérképezése.

Fontosabb érzékelő és filmformátumok Kisformátum 24 x 36 mm („Leica méret”)

Nagyformátum 180 x 180 és 230 x 230 mm

Középformátum 55 x 55 és 60 x 60 mm

Léteznek még egyéb szabványos kameraformátumok is

Fordított térbeliség A képpár szemlélésekor, vagy domborzatmodellben előállt olyan térbeli alakzat, amelyen a kiemelkedő részek bemélyedőek és a bemélyedőek a kiemelkedők.

Fotogrammetria Tudomány, amely speciális műszaki fényképről vett méretekből meghatározza a valós tárgyak kiterjedéseit elhelyezkedésüket, így a fotótérképezés és geometriailag pontos távérzékelés alapja. A modern topográfiai térképezés egyik alapeleme. Napjainkban a legtöbb terepi felmérés alapját mérőkamerás légifelvételekből készített sztereo fotogrammetriai kiértékelés adja. A légifotogrammetria a földfelszínrészletekről készülő speciális légifelvételeket használja. Az űrfotogrammetria műholdfelvételekkel operál, míg a terepi fotogrammetria során például épületek homlokzatát mérik fel, kisebb felületeket térképeznek.

Fotómozaik Több fényképpel lefedett terület felvételeinek összeillesztéséből, összeolvasztásából előálló egységes képi világú állomány. Fotómozaiknak nevezik például az olyan légi- és űrfelvételeket, amelyek nem estek át geometriai pontosságot növelő, térképi vetületbe történő átalakításon (nem lettek georeferálva). Az analóg fotómozaikokat azonos méretarányra nagyított légifotókból ragasztották össze, teljes alávágással „láthatatlanná téve" a felvételek széleit. A XX. század második felében divatos technológiánál olyan tökéletes illesztési technikával készítették a fényképeket, hogy még tapintással is nehéz megtalálni az egyes felvételek szélét. Általában a megvilágítás különbségek és árnyalatbeli eltérések, valamint a vignettáció árulhatta el a felhasznált alapképek határait. Az ezredforduló óta széles körben elterjedtek a digitális fotómozaikok. Jó minőségű digitális fotómozaikok esetében képtelenség észlelni az egyes felvételek határait.

Fototeodolit, Fényképező teodolit Mérőkamerával összekapcsolt teodolit

Fotótérkép Illesztőpontok segítségével geometriai értelemben és méretarány tekintetében helyreállított függőleges kameratengelyű légifelvétel, teljes területfedéses függőleges kameratengelyű felvételekből előállított szabatos mozaik. Geometriailag a térképekkel megegyező vetülettel rendelkezik, ugyanakkor információtartalma a fotóéval azonos. Tartalma lényegesen több mint a térképé, mert minden részletet tartalmaz, ami a légifényképen leképeződött, vagyis objektív kordokumentuma a létező környezeti valóságnak. Olyan szabatos fotómozaik, amelyen nyomtatás esetén feltüntetésre kerül a koordinátahálózat, az alappontok, a térképi méretarány, és a lépték vagy amennyiben az állomány digitális, tartalmazza a pontos koordinátákat. Nyomtatás esetén mérettartó papírt kell alkalmazni, és ügyelni kell arra, hogy a térképi elemek a megfelelő méretarányban a helyükre kerüljenek.

Frame kamera Olyan optikai fényképező eszköz, amelynek exponálásakor az egyes érzékelő felületek összes elemi képpontját egyszerre éri a megvilágítás, tehát nem pásztázó elven működik.

Függőleges kameratengelyű fényképezés Közel függőleges (±4°) a fényképezés, amennyiben a fényképezési irányok párhuzamosak, és a képek kameratengelyei a fényképezett terep alapsíkjával közel 90°-os szöget zárnak be.

Geokód Földrajzi azonosító. Az egyes objektumokhoz vagy objektum csoportokhoz rendelt kód, amely egyértelműen azonosítja az objektum jellegét és földrajzi helyzetét. Felhasználásával többek között lehetővé válik a különböző adatbázisok összekapcsolása.

Geotag Digitális állományok EXIF-táblájának a képek készítésének / adatok beszerzésének helyét rögzítő része.

GIS (Geographical Information System - Földrajzi Információs Rendszer) A térinformatika eszköze, amellyel a földrajzi helyhez köthető adatokat tartalmazó többrétegű adatbázisból információk vezethetők le. Olyan számítógépes rendszer, melyet ezen földrajzi helyhez kapcsolódó adatok gyűjtésére, tárolására, kezelésére, elemzésére, a levezetett információk megjelenítésére, a földrajzi jelenségek megfigyelésére, modellezésére dolgoztak ki. A GIS lehetőséget ad nagyszámú helyzeti és leíró adat gyors, együttes, integrált áttekintésére és elemzésére.

Gyújtótávolság A gyújtópont távolsága a képcsomóponttól a lencserendszer fénytani tengelyén.

Helyzetszög, pozíciós szög Két képponthoz tartozó olyan térbeli szög, amelynek csúcsa a képcsomópont, szárai pedig a képcsomóponton és az illető két képponton átmenő fénysugarak.

Horizont síkja A képcsomóponton áthaladó vízszintes sík.

Horizont főpont A képhorizont sík metszéspontja a kép-főfüggőlegessel.

Horopter A térfotogrammetriai eljárás során alkalmazott képpár esetében a szemtengelyek (vagy kameratengelyek) metszéspontja közelében egy íven lesznek olyan pontok, amelyeknek két képe a szemtengelytől egyforma távolságra és ugyanazon az oldalon keletkezik. Az ilyen pontokat mélység nélkül, tehát ugyanolyan távolságra látjuk, így a horopter körön nem alakul ki térhatás. Ez azért van így, mert minden horopterre eső pont képtávolságának különbsége (parallaxisa) zérus. A horopteren kívül, vagy belül fekvő pontok már térhatásúak lehetnek az átfedő képrészen.

Hosszirányú átfedés A soron belüli felvételek sorirányú, soron belüli átfedése.

Ikerkamera Egybeépített kameratestekből, két objektívvel felépülő mérőkamera.

Illesztőpont Olyan pont, amely a fotogrammetriában a kép térbeli helyzetének a meghatározására szolgál. Helyzete az adott geometriai rendszerben ismert és a fényképen azonosítható.

Illesztő lemez Filmes kameráknál használt és a belső tájoláshoz szükséges jelekkel ellátott üveglemez.

Kamara A mérőkamera régies elnevezése. A belső tájékozású kamerákat a kézi kameráktól megkülönböztető elnevezés.

Kameratengely A képcsomópontból a nadirba bocsátott, képsíkra merőleges egyenes.

Kameratengely vetülete A kameratengely vízszintes vetülete.

Kép síkja Az a sík, amelyen a fényképezésnél az objektív által vetített tárgy képét felfogjuk, illetve vetítésnél az a sík, amelyen a vetített kép keletkezik.

Kamerarendszer Egy- vagy több kameratestből álló, speciális segédberendezésekkel kiegészített fényképező eszköz. Kamerarendszernek tekinthető a kamera váz, szenzor, objektív együttese is.

Képátalakítás Transzformálás, azaz a kép, vagy képrész egy vele nem párhuzamos síkra történő vetítése, méretarány változtatása, torzítása.

Képátalakító Olyan műszer, amely fénytani vetítéssel a képet valamely méretarányra alakítja és azt fényképezéssel rögzíti. Az automata képátalakító esetében a lencse fősíkja, az átalakítandó kép síkja és az a sík, amelyre a vetítés történik, úgy vannak kapcsolva, hogy azok helyzetének változtatásakor, a leképzés iránt támasztott fénytani követelmény állandóan biztosított.

Képátrajzoló Olyan készülék, amellyel a kép alapján rajzolás útján térkép készíthető.

Képcsomópont Az objektív lencserendszerének képfelőli csomópontja (képfelőli vetítési centrum).

Képfőpont A képcsomópontból a kép síkjára bocsátott merőleges talppontja. Az elméleti képfőpont sajnos szinte sohasem egyezik meg az autokollimációs főponttal, ami a tárgyfelőli vetítési centrumon és képcsomóponton (képfelőli vetítési centrumon) áthaladó sugár talppontja a képsíkon. Az autokollimációs főpont és az elméleti képfőpont távolsága a (radiális) optikai elrajzolásból adódik, amit a lencserendszer hibái és a képsík tökéletlen síkba fektetése okoz. Az elméleti optikai tengely tehát merőlegesen érkezne a képsíkra, de a valódi optikai tengely csak ideális esetben párhuzamos ezzel.

Képfőtengely Megkülönböztetünk elméleti képfőtengelyt, amely a képfelőli vetítési centrumon és a képfőponton áthaladó egyenes, és gyakorlati képfőtengelyt, amely a képfelőli vetítési centrumon és az autokollimációs főponton áthaladó egyenes.

Kép-fővízszintes A képfőponton áthaladó és a képhorizonttal párhuzamos egyenes.

Képgúla A képcsomópontnak a képpontokkal való összeköttetése által keletkezett gúla (kamera rendszerű képrögzítők esetében értelmezzük).

Képközép merőleges A kép középpontján áthaladó és a kép síkjára merőleges egyenes.

Képközéppont A képtengelyek metszéspontja

Képméret A kép hosszának és szélességének mérete. Nyomtatás esetén általában cm-ben, digitális kép esetében a pixelsor és pixeloszlop magasságban adjuk meg. A felbontás, amelyet megapixelben szokás feltüntetni nem fejezi ki a kép fizikai méreteit, míg a digitális képméretből a felbontás kikövetkeztethető.

Képméretarány Az eredeti tárgy mérete és képének mérete közötti arány. Légifénykép esetében a képen ábrázolt terep közepes méretaránya. Kifejezhetjük a negatívon vagy képérzékelőn leképződő terep méretarányát (műszerméretarány), és az ebből a felvételből előállítható legnagyobb éles nagyítás (vagy digitális kép normálméretének) méretarányát is (képméretarány). Minden esetben jelezni kell, hogy a lejegyzett információ melyik méretarányra vonatkozik. (A repülési tervben régebben a fényérzékeny anyagra vetülő képméretarányt adták meg gyakrabban, míg a felhasználóknak szánt táblázatokban a legnagyobb optimális nyomtatási méretarányt célszerű feltűntetni.

Képpár Különböző fényképezési helyről készült két kép, amelyek részben, vagy teljesen ugyan azokat a tárgypontokat tartalmazzák. Fotogrammetriai értelemben az egy repülés során azonos feltételek között, megegyező módszerrel, azonos szenzoron leképzett, közel azonos területet kissé eltérő nézőpontból ábrázoló két képet nevezzük képpárnak. A két felvétel között előfordulhatnak megvilágítási, kameratengely-dőlési, magassági különbségek. Ezeken kívül a légkör összetétele is eltérő lehet. Utóbbi különbség a tárgytávolság növekedésével gyakrabban fordul elő, ezért az űrfelvételek esetében már nagyon jelentős is lehet. A képpárt speciális esetben különböző méretarányban, és különböző időpontban készült felvételek is alkothatják, de ezeknek speciális ismereteket igényelhet a feldolgozása és kiértékelése.

Képpont A tárgypont képe.

Képsor A csatlakozó képek sora.

Képsor-tervetítő Olyan kétképes analóg térképező műszer, amely legtöbbször színtérlátási (anaglif) eljáráson alapul.

Képtávolság A csomópont és a kép síkja közötti (legrövidebb távolság). A képfelőli vetítési centrum és a kép síkjának a fénytani tengelyen mért távolsága.

Képtranszformátor Képátalakító.

Képvándorlás A fényképezőgép, vagy a fényképezett téma mozgásából adódó életlenedés.

Képzaj A képzaj olyan, a valóságos képet az adott képpontban nem jellemző szín és intenzitás információ, amely a távérzékelő rendszer valamilyen optikai-elektronikai tökéletlensége miatt jön létre. A növekvő képzaj negatívan befolyásolja mind a vonalélességet, mind a színeket, spektrális értékeket. A digitális képzaj több komponensű, de optikai rendszerek esetében a kromatikus képzaj a legzavaróbb mindközül, ami abban nyilvánul meg, hogy a kinagyított képen olyan színes pontok is megjelennek többnyire az egész kép felületén, de az árnyákosabb felületeken észlelhetőbben, amelyek nem tartoznak a kép alkotóelemei közé. Minden digitális érzékelőnek megvan az optimális fényérzékenységi értéke, amelyen a képzaj a legkisebb. A digitális fényképezőgépeknél általában a legkisebb számmal jelölt ISO érzékenységérték nyújtja a legjobb minőségű képet.

Képzenit Felfelé irányított kameratengely esetében a nadírpont megfelelője.

Keresztirányú átfedés Sorok közötti átfedés

Keretjel Az analóg mérőkamera képtartókeret-síkjában fekvő jel, amely a belső adatok és az elfordulás megállapítására szolgál.

Keretsík Az a sík, amelyben a fényérzékeny lemez, vagy film a képtartó kereten felfekszik.

Kétképes műszer Képpár feldolgozására szolgáló analóg műszer

Kettős forgó pilla Olyan térlátó, amellyel a váltakozó kettős vetítővel kivetített képpárt szemlélve térbeli hatás érhető el. A vetítésnek és a kettős pilla forgásának összhangban kell lennie.

Kettős képmérő teodolit Képpárok pontjainak mérésére szolgáló képmérő készülék, amellyel a képcsomópontokból egy pont irányába haladó sugarak meghatározhatóak.

Kettős vetítő Képpár kivetítésére alkalmas projektor, vetítő készülék.

Kézikamera A fényképezésnél kézben tartott, vagy lerögzített, belső tájékozással nem rendelkező kamerákat kézikamerának nevezzük. A légifényképezés tekintetében kézikamerának minősül minden olyan analóg fényképezőgép, amely nincs keretjelekkel ellátva, és gyújtótávolsága nincs nagy pontossággal minden egyes objektívre meghatározva. Így nem csupán a kézből exponált kamerákat soroljuk ide. (A keretjelek mellett a kamerarendszer a következő információkat rögzítheti: a magasságmérő műszer adatait, a pontos exponálási időt, a kép sorszámát, a kameraállandót, a berendezés sorozatszámát, esetleg a koordinátákat és a tájolási adatokat.) Kézikamerának minősül minden olyan digitális kamera is, amely közvetlenül alkalmatlan fotogrammetriai célokra, és gyújtótávolsága nincs nagy pontossággal minden egyes objektívre meghatározva, valamint a kamera-optika rendszer geometriai torzításait leíró (kalibrációs eljárás során előállított) függvények nincsenek meghatározva, esetleg az érzékelő lap síkba fektetése sem elég precíz.

Kiértékelés automatizálás Az automatizált kiértékelés során nem csak a színekkel, árnyalatokkal, textúrával, formákkal, mintázattal, rajzolattal jellemezhető objektumok és jelenségek azonosítására, lehatárolására nyílik gyors és egyszerűsített lehetőség, de speciális logikai kapcsolatok alapján is kiegészíthető az automatikus kiértékelési folyamat. A pontos felismerés és lehatárolás általában annál nehezebb, minél kisebb a kontraszt a keresett tárgy és a környezete között, és minél rosszabb a távérzékelt alapanyagok minősége. Az automatikus elemzés elsődleges célja a mennyiségi információk beszerzése, a szubjektív hatások minél nagyobb fokú kizárásával. Ráadásul a jól beállított elemzési feladatok általában gyorsabban mennek végbe, mint amennyi idő alatt a vizuális interpretáció elvégezhető lenne. Amennyiben több spektrális csatorna adatait dolgozzuk fel, nélkülözhetetlen bizonyos fokú számítógépes automatizálás, különösen igaz ez, amennyiben nagyfelbontású állományokat használunk.

Kiolvasási sebesség A kamerarendszer (pl. fényképezőgép) képérzékelőjén kialakult elektromos jel digitális képként történő kiírásáig eltelt idő. Ezalatt az idő alatt új felvétel készítése nem lehetséges, ezért korlátozza a folyamatos sorozatfelvétel készítés sebességét, felvétel-sűrűségét. Ez a fogalom leginkább frame-rendszerű kameráknál értelmezett.

Komparátor Képpont összerendező műszer.

Kölcsönös tájolás A képpár helyzete, amikor térbeli hatást kelt.

Közeghatás A szenzor és a vizsgált objektum közötti közeg geometriai-, spektrális- és színárnyalat torzító, vonalélességet rontó, kitakaró hatásai.

Külső tájékozási adatok A fényképezőgép fényképezés pillanatában értelmezett térbeli helyzete. A fényképezési hely három összrendezője és a kemerairány vetületének irányszöge és hajlása, valamint a kamera elfordulása fejezi ki. A külső és belső tájékozási adatokat együttesen teljes tájékozási adatoknak, a műveletet pedig teljes tájékozásnak nevezzük.

Látószög A látószög az objektív gyújtótávolságától és a képméretaránytól függ. A látószög és a repülési magasság összehangolásával kell elérni, hogy a légifotó optimális méretarányú, felbontású, területfedésű legyen.

Légi kamera (aerial camera) Olyan fényképezőgép, vagy kamera rendszer, amelyet a légifényképezés szempontjai szerint állítottak elő, vagy alakítottak át.

Légifelvételek felhasználhatóságát befolyásoló tényezők Az időjárás, a légkör állapota (páratartalom, szennyezettség), a tárgytávolság (relatív repülési magasság), a napszak, az évszak, a kamera típusa, a felhasznált film vagy a szenzor tulajdonságai, a függőleges tengelytől való eltérés, az optika torzításai, és a kamerarendszer tisztasága, kalibráltsága határozzák meg az egyes képkockák minőségét.

Légi szeizmika A módszer nyomáshullámok (hanghullámok) sebességének illetve a réteghatárokon visszaverődő-, vagy megtörő hullámok menetidejének mérésén alapul. A légi módszerekhez elsősorban a kis frekvenciájú nyomáshullámok (infrahang) használhatóak. Ezeket a kőzetekben, vízben, jégben és levegőben is nagy távolságból regisztrálni lehet.

Mechanikai képstabilizátor A kamerán, fényképezőgépen, pásztázó rendszeren kívül található, azt körülvevő, rögzítő és folyamatosan, precízen pozícionáló berendezés, amely saját giroszkópja alapján felügyeli a kameratengely változatlan állását.

Megvilágítás Expozíció. Az a művelet, amellyel a fényérzékeny anyagot vagy fényérzékelő szenzort kitesszük az érzékenységének megfelelő spektrális tulajdonságú elektromágneses hullámoknak.

Megvilágítás időköze Intervallum. A képsorozatban egymást követő képek megvilágításai között eltelt idő. Az az időszak, amíg a zárszerkezet elzárja az elektromágneses hullámok útját.

Megvilágítási idő Expozíciós idő. Az az időszak, ameddig a fényérzékeny anyagot vagy fényérzékelő szenzort megvilágítás éri a leképzés érdekében. Az expozíciós idő pontos beállításáért általában a zárszerkezet és annak vezérlése felelős.

Mérőfényképezés A képkapcsolásra alkalmas képsorok készítésre megjelölt helyen és irányban.

Mérőjel Analóg képek feldolgozásánál és optikai műszerek kalibrálásánál használt valódi jel.

Mérőkamera Olyan kalibrált, minimális geometriai elrajzolású, a film vagy képérzékelő szenzor precíz síkba fektetését biztosító kamerarendszer, ahol az elrajzolás függvényeinek ismeretében az elrajzolást kompenzáló algoritmussal paraméteresen kompenzálhatóak a minden egyes felvételre azonosan jellemző elrajzolási hibák. A nem paraméteres hibák (amelyek felvételenként változnak) csökkentéséről a kameratengelyt beállító berendezés, és a kamerát az expozíció pillanatában, a hordozóeszköz mozgási sebességével, a haladással ellentétes irányban elmozdító berendezés és/vagy TDI gondoskodik. Az elrajzolási hibákat tovább csökkenti az így készült felvételek feldolgozása, aminek célja azok fotó-térképpé, vagy ortofotó-térképpé alakítása.

Mérőkép Olyan mérőkamerával készített kép, amelynek belső tájékozási adatai ismertek.

Mérőkép pár Együttesen feldolgozható két mérőkép. Átfedő területük térbeli kiértékelést tesz lehetővé.

Mérőrács A képtorzulások felismerését, kalibrációt és képek geometriai helyreállítását elősegítő rácsháló. Általában optikai rácslemezzel érik el a leképezését, amely átlátszó lemezre készített szabatos négyzethálózat.

MMU (Minimal Mapping Unit) A legkisebb feltérképezett terepi folt. Területegység, amelynél kisebb felszínborítási különbséget már nem veszünk figyelembe az elemzés során. Az elemzés részletessége.

Mozaikolás Egy geometriai felület lefedése síkidomokkal hézagok és átfedések nélkül. Az egymással átfedő felvételek határainak eltűntetése a textúrának megfelelő vágóvonal és hisztogram egyeztetés alkalmazásával.

Műszerméretarány A képérzékelőn vagy filmen leképződő terep képének méretének aránya a valóságos terep (tárgy) méreteihez képest. Az érzékelőn vagy filmen leképződő kép általában nagyítható, és a normálméretű nagyításnál nyeri el legnagyobb teljes minőségű kidolgozási (nyomtatási) méretét. A normálméretű kép méretaránya a képméretarány.

Nadírpont A képcsomóponton áthaladó függőleges döféspontja a fénykép síkjával (képnadír), illetve a tereppel (terepnadír). A terepen értelmezett nadírpont a képtengely találkozása a felszínnel. A tárgyon értelmezett nadírpont a képtengely metszéspontja a tárgysíkkal. (Tárgysíknak általában azt a síkot tekintjük, amin a felvétel átlagos méretaránya érvényes, vagy amire fókuszál a kamera.)

Nadírszög A kameratengely (fényképezési irány) és a függőleges által bezárt szög.

Nadírtávolság A nadírszöghöz tartozó távolság a képen vagy a terepen.

Négyponteljárás A sík területről készített fényképek egyszerű, előzetes áttekintés céljából négy illesztőpont alapján történő feldolgozása.

Optikai képstabilizátor Egyes fényképezőgép típusokba beépített mechanizmus, ami ellent tart a mozgásnak, így jobb minőségű képeket nyerünk, mint a digitális mozgáskompenzáló algoritmusok esetében. Az Optikai képstabilizátorhoz az objektívben egy kiegészítő mozgó lencse-blokk tartozik, vagy a szenzor mozgatható, amely gyro szenzorokkal áll közvetlen kapcsolatban. A rendszer érzékeli a készülék bemozdulását, és a lencse-blokkot ellentétes irányban mozdítja el.

Optikai mechanikai tájolás Analóg eljárás képpár tájolására optikai mechanikai eszközökkel.

Ortofotó Ortofotó készítésénél a kalibrált mérőkamera paraméteres elrajzolásait kompenzáló függvény szerint, a külső és belső tájékozási adatok, kapcsolópontok, és a domborzati viszonyok figyelembe vételével történik a légifelvételek újramintavételezése. Ezzel a módszerrel a kamerarendszer elrajzolásaiból, kameratengely ferdeségéből, és a terep magasság különbségeiből adódó torzulások is megszűnnek. Ehhez háromdimenziós terepmodell szükséges, ami a légifelvételek átfedő részeiből előállított modellből (sztereo fotó kiértékeléssel) vagy meglévő topográfiai térképek digitalizálásával, esetleg RADAR vagy LIDAR segítségével nyerhető. Korábban készült terepmodellt is alkalmazhatunk, amennyiben az ortofotó kitűzött pontosságát és felbontását nem haladják meg a térképezendő munkaterület domborzati változásai. Az ortofotó tehát minden domborzati viszony mellett nagy pontosságú alaptérkép, természetesen csak vízszintes értelemben (a domborzatot nem ábrázolja, bár a z irányú magassági információ is hozzárendelhető az egyes pixelekhez, az x és y koordináta értékeken túl). Az ortofotók készítéséhez minimum 60% sorirányú átfedéssel kell készíteni a teljes területfedéses felvételsorozatot. Az elnevezés az ortogonális vetítésre utal. Az ortogonális vetítés a felszínen értelmezett, tehát a földfelszínen található objektumok, és a kimagasló objektumok talppontja pontosan a helyére kerül, míg az utóbbi objektumok (magas fák és épületek, tornyok) az eredendően centrális vetítéssel készülő alapképek miatt a nadírtól távolodva, attól kifelé dőlnek, bár aljuk pontosan a megfelelő helyen található. Ez a perspektív torzulás a nadírtól kifelé és a felszíntől távolodva (a kiugró objektum magasságával) erősödik. Mivel az aljzati rész (talppont, épület esetében alapvonal) geometriai értelemben is a megfelelő helyén van, így az ortofotók elemzésekor, vektorizálásakor az objektumok földfelszínnel érintkező alapvonalát kell a kiértékelési, kataszteri térképre átrajzolni. Amikor egy épületnek csupán két alapvonala látszik (a többit kitakarja a dőlt szögben látszó épület), az a legtöbb esetben geometriailag meghatározza a másik két alapvonal pontos várható elhelyezkedését is. A háztetők, tornyok csúcsai jelentős távolságban találhatóak a

valós, felszínre vetített helyüktől. Ezért amikor háztető katasztert, vagy egyéb, az alapvonalon túlnyúló kimagasló objektum pontos vetületét ábrázoló céltérképet készítünk, akkor sűrű képfőpontú, ~ 80% sorirányú átfedéssel rendelkező fotósorozat szükséges. Ebben az esetben csak a felvételek középső, nagyjából merőleges vetítésű területét használjuk föl, így az épületek megközelítőleg felülről látszanak. Fontos megjegyezni, hogy a képszám növekedés megnöveli az előállítási költségeket, és a háztetők szélének pontossága változóbb, kisebb lesz, mint a normál ortofotó-térképeken az alapvonalak pontossága.

Ortofotó-térkép Ortofotók mozaikolásával előállított nagypontosságú légifotó-térkép.

Ortogonális vetítés Párhuzamos (képsíkra derékszögű) sugarakkal történő vetítés.

Ortoplasztika Valódi térbeliség

Ortorektifikáció A fényképek centrális vetítéssel készülnek. A térkép és a legtöbb alkalmazott vetületi rendszer viszont ortogonális vetülete a földfelszínnek. A centrális (központi) vetítésű képről az ortogonálisra (merőlegesre) való áttérés, az ortorektifikáció vagy képhelyesbítés. A távérzékelt perspektivikus képet perspektív torzulásoktól mentes képpé alakítjuk át. Ha az átalakítással párhuzamosan vetületi rendszerbe illesztés is történik, akkor a végeredmény esetében ortofotó-térképről beszélünk.

Összerendezői eltérés Két kép azonos pontjainak a saját képösszerendezői rendszerükben mutatkozó vízszintes és függőleges térbeli eltérés. (Csiszár 1939) A digitális fotogrammetriában, különösen a fényképpárokból történő terepmodell készítésnél van nagy jelentősége.

Parallaxis Két részben, vagy egészen átfedő nézőpont, felvétel optikai- (kamera) tengelyének tökéletes párhuzamos volta.

Parallaxis távolság A képpárban a bal és jobb oldali kép főpontjainak távolsága, a tárgytávolság függvényében. A plasztikus térbeli látást a parallaxis teszi lehetővé. A parallaxis annál nagyobb, minél közelebb van a pont a vetítési centrumhoz (tárgytávolság), vagyis a parallaxis a tőlünk számított távolsággal fordított arányban van. Ebből következik, hogy nagyobb távolságra fekvő, nagykiterjedésű objektumok pontos térbeli meghatározásához a képfőpontok széttolása, távolságuk megnövelése szükséges.

Passzív távérzékelési módszerek Azok a távérzékelési eljárások tartoznak ide, amelyek esetében a természetes eredetű, felszínről visszaverődő elektromágneses sugárzást detektáló berendezéseket alkalmazzák.

Pásztázó elven működő távérzékelési berendezések A pásztázó eszközök nagy előnye, hogy a magasságtól függően) egyetlen képsorral igen széles földfelszíni sáv leképezését teszik lehetővé. A módszer hátránya, hogy a kép külső szélein (a leképzés növekvő ferdesége, a növekvő tárgytávolság miatt) a tónusok, a színek olyan erősen megváltoznak, hogy a középső képrészekkel alig összevethetőek. Ezt a jelenséget digitális képmanipulációval igyekeznek orvosolni. A légköri hatások erősebben érzékeltetik hatásukat a sávok szélein. Természetesen mindez a frame rendszerű kamerák esetében is jelentkezik a képszéleken.

Perspektív torzulás A centrális vetítésből adódó, a képfőponttól a képek szélei felé erősödő torzulás.

Pixel A raszteres adatszerkezet lapvető, kisebb részekre oszthatatlan elemét egy angol eredetű szóval pixelnek nevezzük, amely az angol "picture element" szavakból ered.

Poligon Egymáshoz csatlakozó szakaszokból álló zárt geometria alakzat, vektor alapú rendszerekben a felület reprezentációja.

Ponttérképezés A terepi objektumok (hozzávetőleges vagy pontos középpontja) elhelyezkedésének pontszerű ábrázolása. A pontobjektumok alaprajz szerint nem kiábrázolható méretű terepi foltok és egyéb pontszerű lokalitások térképi ábrázolásai.

Pszeudoplasztika Fordított térbeliség

Radiál-háromszögelés Sugaras pontkapcsolás. A légifelvételek felhasználásával végzett pontkapcsolások gyűjtőneve.

Radiális optikai elrajzolás A radiális optikai elrajzolás leginkább abból adódik, hogy a tárgyoldalon a képsíkra merőleges fősugár a belépő fólencse közepén halad át, de a képsíkot már nem az ideális középpontban döfi. Az optika egyes lencséinek központosítási hibái, az elrajzolási tengelyek aszimmetriáját okozzák. Abból is adódik ilyen jellegű elrajzolás, ha a képérzékelő síkba fektetése nem elég precíz.

Radiál-triangulátor Sugaras pontkapcsoló műszer. A képpárokon szögméréseket végző analóg műszer.

Rajzoló térmérő Képpár rajzi feldolgozására alkalmas sztereoszkóp (analóg térlátó műszer).

Raszter Sorokból és oszlopokból álló adatszerkezet. A területen meghatározott sorrendben szabályos rácson elhelyezkedő cellák vannak, minden cella egy értéket tartalmaz, a rácshálózat az egész teret kitölti és a tér minden pontjáról információt ad. A raszter pixelenkénti radiometrikus információ előjel nélküli bináris formátumban. Alapvető, kisebb részekre oszthatatlan elemét egy angol eredetű szóval pixelnek nevezzük, amely az angol "picture element" szavakból ered. A cellacsoportok objektumot alkotnak. Minden cella értéke az objektum értékét reprezentálja.

Raszter regisztrálás Olyan digitális eljárások, amelyek egyszerű raszteres állományból koordinátahelyes digitális raszteres térképet állítanak elő. Amennyiben az alapkép szabatos (geometriai értelemben méretarányosan méret és helyzettartó a megfelelő térképi vetületben) csupán a sarokpont-koordinátáinak és a méretarány meghatározását jelenti. Amennyiben az alapkép geometriai hibákkal terhelt (például nem ortogonális vetítésű, vagy helyenként torzult) ismert földrajzi koordinátájú pontok koordinátáinak meghatározásával a raszteres képet vagy pusztán olyan torzításnak vetik alá, melynek eredményeképpen a raszter minél több pontja a lehető legjobban megközelíti azt a pozíciót, amelyen koordinátahelyes ábrázolás esetén lennie kellene (sík transzformáció, sík fotogrammetriai eljárás), vagy pedig ortorektifikálják (térfotogrammetria, orto eljárás).

Relatív repülési magasság A légi járművek terep feletti repülési magassága. Fotogrammetriai szempontból ez a tárgytávolság, azaz a fényképezési magasság. A terepen értelmezett nadírpont távolsága a tárgyfelőli vetítési centrumtól.

Repülési terv A repüléssel kapcsolatos előre meghatározott feladatok összessége.

Síkfényképmérés Sík fotogrammetriai eljárás.

Sortávolság A szomszédos sorok képközepeit összekötő egyenesek távolsága.

Szabatos Torzítás nélküli.

Szabatos fotómozaik Olyan transzformációs eljárásokkal átalakított felvételekből áll, amelyeket már mentesítettek a kameratengely dőléséből származó torzulásoktól és amennyiben a térszín, amiről a felvételek készültek, nem sík, a különböző méretarányú felvételeket azonos méretarányúvá alakítják, majd elkészítik a fotómozaikot. Valamilyen pgeometriai értelemben pontosnak elfogadott referencia térképhez transzformálják a fotómozaikot.

Színmélység Minden egyes pixel színét egy számadat sor írja le. Minél több számból áll ez a sor, azaz minél több számjeggyel (bittel) definiáljuk az adott pixel színét, annál pontosabb a felvétel színrészletessége. A jó minőségű színvisszaadás egyik alapfeltétele, hogy elég színt és árnyalatot tároljunk el. Például csatornánként 8 bites RGB módban (valósszínes felvételek) egy adott képpont

színét összesen 24 bittel, azaz 3 byte-tal (16.777.216 különféle szín) jellemezhetjük. (8 bit esetén 256 színt vehet fel a vörös, a zöld és a kék pixelrész, míg 16 bit színmélység esetén már pixelenként 65536 színértéket.) A bitmélység növelésével a felvételek eltárolásához szükséges tárhely kapacitás is megnő. Ez sajnos nem feltétlenül vonja maga után az optikai-számítástechnikai rendszer analóg értelemben vett dinamikai átfogóképességének javulását. Amennyiben az analóg optikai leképzés nem a fényképezett tárgyon jelentkező árnyalatokra összpontosít (pl. hibás az expozíció) az eltárolt nagymennyiségű adat hasznos információtartalmának aránya kevesebb lesz, de a fájlméret alig csökken.

Színtérlátó Anaglif szemüveg, amelynek két síküvege kiegészítő színű. Anaglifononnak is nevezik.

Szögtartópont A sík területről készült kép ama képpontja, amelyen átmenő irányok által bezárt szögek a terep, illetve térkép megfelelő irányai által bezárt szögekkel megegyeznek.

Sztereokomparátor Olyan aljzatú műszer, amelyben a fényképet hosszanti irányban el lehet mozgatni, és az elmozdulásokat meg lehet mérni. Részét képezi as sztereo mikroszkóp, amely a képek egyesítésére való, és amelyet a hosszanti irányra merőlegesen lehet mozgatni, beállítani.

Sztereomikroszkóp A sztereo mikroszkópot két egyszerű megtört mikroszkóp alkotja, az egyes mikroszkópok irányzásra alkalmasak. Ha a sztereo mikroszkóp alatt a két fényképet úgy helyezzük el, hogy az egyes mikroszkópok indexjelei a két fénykép főpontjaival essenek egybe, akkor mikroszkópba két szemmel nézve a főpontok körüli tájék plasztikus képét fogjuk látni. A mikroszkópok indexei a mikroszkópok optikai tengelyein vannak, vagyis a párhuzamos egyeneseken (Oltay 1926)

Sztereoszkóp Olyan készülék, amellyel a képpár képeit együttesen szemlélve azok térbeli hatást nyújtanak. Térlátó műszerként is emlegetik.

Sztereoszkópikus látás Térlátás. Az a képesség, amellyel két szemmel szemlélt tárgyaknak mindhárom térbeli méretét érzékelni tudjuk.

Tájolási alappont Képillesztőpont. A fényképen felismerhető olyan pont, amelynek vertikális és horizontális (térbeli) helye ismert.

Tájolt kép A képnek a fényképezés pillanatában elfoglalt helyzete, illetve ehhez megfelelő távlati (perspektív) helyzete ismert.

Tárgycsomópont A kamera lencserendszerének tárgy felőli csomópontja. Tárgy felőli vetítési centrum.

Tárgytávolság-különbségekből adódó torzulás A domborzat változatosságából, és a terep síkjából kiemelkedő objektumok esetén adódó torzulás. A felvevőrendszerhez közelebb eső objektumok több képponton képződnek le, mint a mélyebb völgyekben találhatóak.

Távérzékelés Olyan méréstechnikai módszerek összessége, amelyeknél vizsgált tárgy (például a földfelszín) megfigyelése anélkül történik, hogy a vizsgált objektum és az érzékelő között közvetlen fizikai kapcsolat alakulna ki. A távérzékelés az elektromágneses hullámokat és a hangrezgéseket hívja segítségül a felszín vizsgálataihoz. Az ilyen módszerek legnagyobb előnye, hogy a megfigyelt objektum nem sérül, az élőlények természetesen viselkednek, a vizsgálat során az ökoszisztémát az érzékelő nem befolyásolja. Az érzékelő berendezés, annak hordozója és kezelői közvetlenül nem érintkeznek a megfigyelt veszélyes anyagokkal, nehezen megközelíthető zónákkal. Általában nagykiterjedésű felületekről objektíven gyűjt minőségi és mennyiségi információkat. Egyes távérzékelési megoldásokkal például nagykiterjedésű és/vagy nehezen elérhető területeket vizsgálhatunk gyorsan és költséghatékonyan.

Távérzékelő rendszert felfüggesztő berendezés A felfüggesztő berendezés feladata a kamerarendszer rezgésmentes tartása, a függőleges tengelyállás pozícionáló berendezés feladata a repülőgép sztochasztikus mozgásainak gyors és precíz, folyamatos korrigálása. Az elfordulás beállító motor a kamera elfordulását akadályozza meg a sorozatfényképezési (vagy pásztázáskor a haladási) iránytól.

Távtérlátó Olyan optikai térlátó készülék (sztereoszkóp), amelynél a szemtávolság (tükröző felületek segítségével) nagyobbított. Teleszterеoszkóp.

Tematikus térkép A tematikus térképek alapja, háttértérképe egy általános térkép, melynek egyetlen célja, hogy a térképen ábrázolt tematika térbeli elhelyezkedése azonosítható legyen. Bármilyen jelenség ábrázolható tematikus térképen, amelynek lényeges a földrajzi elterjedése. A tematikus kartográfia ábrázolási módjai lehetővé teszik az adott téma számára legalkalmasabb megjelenítés használatát, sőt lehetővé teszik többféle tematika egyidejű bemutatását is.

Téralakzat A képpár szemlélésekor előálló képzetes térbeli alakzat.

Térbeli (kettős) pontkapcsolás A képpár külső és egyben kölcsönös tájolását célzó eljárás.

Térbeli hátrametszés Külső tájolási adatok meghatározása, a képen megadott három illesztőpont alapján.

Térbeli rács Optikai műszerbe helyezett két sztenderd rácslemez térbeli képe.

Terepi felbontás A légifelvétel-térképek és ortofotó-térképek terepi felbontása azt fejezi ki, hogy hány cm oldalhosszúságú terepi folt képződik le 1 pixelen (elemi képponton). A felvételek részletességét jellemzi.

Terepi pontosság A térképek geometriájának és méretarányának pontosságát jellemzi. Az adatok mért és elméleti eltérésének a jellemzője. Számszerűen általában a szórással vagy a középhibával adják meg.

Terepi pontosságot befolyásoló tényezők A térinformatikai állományok, térképi fedvények térbeli (geometriai) lehatárolási pontosságát elsősorban a következők határozzák meg:

- A nyers alapadatok pontossága (ortofotó-térkép, helyszíni mérések, vizsgálatok,…)

- A levezetett adatok tematikus származtatásának pontossága (légifelvétel-térképek vizuális-, osztályozási interpretációjának torzítása és hibái; helyszíni adatok bevitelének helyes megadása, stb.)

És végül ezekből adódik az eredményül kapott adatbázis térbeli származtatási pontossága (térbeli pontosság és reprezentativitás).

Terepi munkálatok a képelemzésben A terepbejárás során eldönthető, hogy melyek azok a közvetlen-, vagy közvetett jelek, amelyek a felvételen a számunkra szükséges információt térben is megadják. A terepen járva a leghangsúlyosabb pontokat keressük fel, amelyeket a távérzékelt mozaikon lokalizálunk. Azokat a részeket, ahol a keresett jelenségek egyértelműen felismerhetőek az elemzés során, mintegy tanulóterületként fogjuk használni, ezért nagyon fontos, hogy minden jelenséghez több területet azonosítsunk, és a helyszínen minden esetben ellenőrizzük ezeket. Igyekszünk olyan területeket találni, ahol a vizsgálandó jelenség jól elkülönül a háttértől, és olyanokat is, ahol nehezen azonosítható, mert a jelháttér elkülönítése nehéz feladat. (A felvételezés előtt érdemes akár helyszíni fényképezéssel megállapítani, hogy az adott vizsgálandó jelenség melyik időszakban különül el legmarkánsabban a hátterétől.)

Térfényképezés Átfedő képpárokkal történő fényképezés.

Térmérő Olyan optikai készülék, amelynek paránycsavara segítségével a két kép azonos pontjainak eltérése (parallaxis eltérése) megismerhető.

Torzítás csökkentés paraméteres eljárással Olyan hibák korrigálása, amelyek az adott kamerarendszer által, adott beállításokkal készített összes felvétel esetében ugyanolyan geometriával jelentkeznek. Ilyen például az optika geometriai elrajzolása. Nem paraméteres geometriai hibát okozhat például helyváltoztató sorozatfelvétel esetében a domborzat, mivel a képsorozat minden egyes képkockája más földfelszín részletet képez le, eltérő domborzati viszonyokkal.

Többcsatornás elemzés Vizuális interpretáció esetén érdemes lehet az egyes csatornák és színes képek (RGB) együttes elemzése, a felszíni információk csatornánkénti összepárosítása. A digitális technika lehetőséget ad arra, hogy a felvételek denzitás értékeiből csatornánként és együttesen válogatni lehessen. Ezt a szürke-árnyalat szelekciót denzitás-szeletelésnek nevezik. A nem kívánatos árnyalatok leválogatása, vizsgálatból történő kizárása után kiemelik azokat a tulajdonságokat, amelyek alapján a vizsgált objektumok és jelenségek markánsan megkülönböztethetőek, lehatárolhatóak. A megadott denzitású területek kiterjedése, hosszúsága mérhetővé válik.

Transzformáció Az a művelet, amelynek során koordinátákat egyik koordináta-rendszerből egy másikba alakítanak át, eltolás, forgatás és méretarány-változtatás segítségével.

Trimetrogon kamera A trimetrogon kamerarendszer egyik kamerája függőleges tengelyű felvételeket készít, míg két másik kamera a lefelé tekintő fényképezőgép kameratengelyéhez képest ~60°-os dőléssel a repülőgép két oldalán a látóhatárig fényképezi a terepet, a repülésirányra merőlegesen. Így látóhatártól-látóhatárig igen széles sávban jelenítik meg a nagypontosságú, torzításoktól kevésbé terhelt repülési sor környezetét. A felvételek természetesen átfednek, így egységes képi megjelenítés érhető el. A repülési magasság növelésével a rögzíthető terület is növekszik. A rendszert elsősorban felderítő repülések során alkalmazták, napjainkban a speciális látványélményt nyújtó térinformatikai rendszerek készítésekor van nagy jelentősége, mikor az ortofotó-térkép szemlélése közben szeretnénk helyenként „oldalra pillantani”. A rendszer továbbfejlesztett változata a pentakamera, ahol előre és hátrafelé fényképező kamerák is helyet kapnak. A rendszer összes fényképezőgépe szimultán lép működésbe. A dőlt kameratengelyű kamerák felvételeinek mozaikolása matematikailag nehezebb feladat, mint függőleges kameratengellyel készített felvételek mozaikolása. A rendszer alap objektívekkel is megvalósítható, ilyenkor oldalanként két, 40-50° látószögű fényképezőgép átfedő felvételeivel érik el a 180° feletti látószöget. A megoldás előnye, hogy az alapfelvételek kevésbé torzulnak, hátránya, hogy több illesztés szükséges mozaikoláskor.

UV Ultraviolának, vagy ibolyántúlinak az elektromágneses hullámok 0,004 – 0,38 mikron közötti tartományát nevezzük. A Napból származó rövidhullámú sugárzás nagy részét visszatartja a légkör, és a felszínre érkező ultraviola sugárzás nagyobb része is a légkör részecskéin szórt sugarakként érkezik. Az uv sugárzás természetes körülmények között a Napból származik, és a térszínről visszavert részét detektálhatjuk. A hagyományos fényképező rendszerek alkalmatlanok az UV detektálására, mert a lencse-üvegek visszatartják a 0,36 mikronnál rövidebb elektromágneses hullámokat. Ezért az ultraviola tartományú hullámok leképzésére csak magasabb kvarctartalmú üvegből készült objektívek alkalmazhatóak.

Valódi térbeliség A képpár szemlélésekor előálló helyes (valós arányú) térbeli alakzat.

Vizuális interpretáció A vizuális kiértékelés döntéshozási folyamat, a képelemző kutató azonosítja és lokalizálja a terepi foltokat az előzetesen térképi vetületbe transzformált, geometriailag pontos távérzékelt állományon. Általában vektoros térképi fedvényt, digitális térinformatikai adatbázist állít elő a felszínborítási elemek pontos „körülrajzolásával”.

Zársebesség Expozíciós idő. Időintervallum, ameddig a képérzékelő vagy film ki van téve a spektrális érzékenységnek megfelelő elektromágneses hullámok (pl. fény) hatásának.

Zenitszög A nadírszög kiegészítő szöge 180°-ra.

A lexikon folyamatosan bővül. Észrevételeit, javaslatait és kérdéseit szívesen fogadjuk a szerkesztoseg@rsgis.hue-mail címen.

Felhasznált irodalom:

A fogalomtár célja a korszerű távérzékelés és a fotogrammetria-történet alapszókincsének értelmezése. Ezért különböző korszakban alkalmazott szakkifejezések is helyet kaptak bizonyos kifejezésekre, és forrásként használtuk Rédey István és Oltay Károly műveit és Csiszár Sándor 1940-es kiadású Fotogrammetriai szakszótárát is.

Csiszár S. (1940): Fotogrammetiai szakszótár, M.Kir. Honvéd Térképészeti Intézet, Budapest (Nagyjelentőségű mű 1940-ből. Az 1932 – 1939 között összeállított szakszótár a kifejezések egységesítése és azok magyarossá tétele céljából készült. A magyar kezdeményezésre a Nemzetközi Fotogrammetriai Társaság is foglalkozni kezdett a szakkifejezések egységessé tételével.)

Kraus K. (1998): Fotogrammetria, Budapest

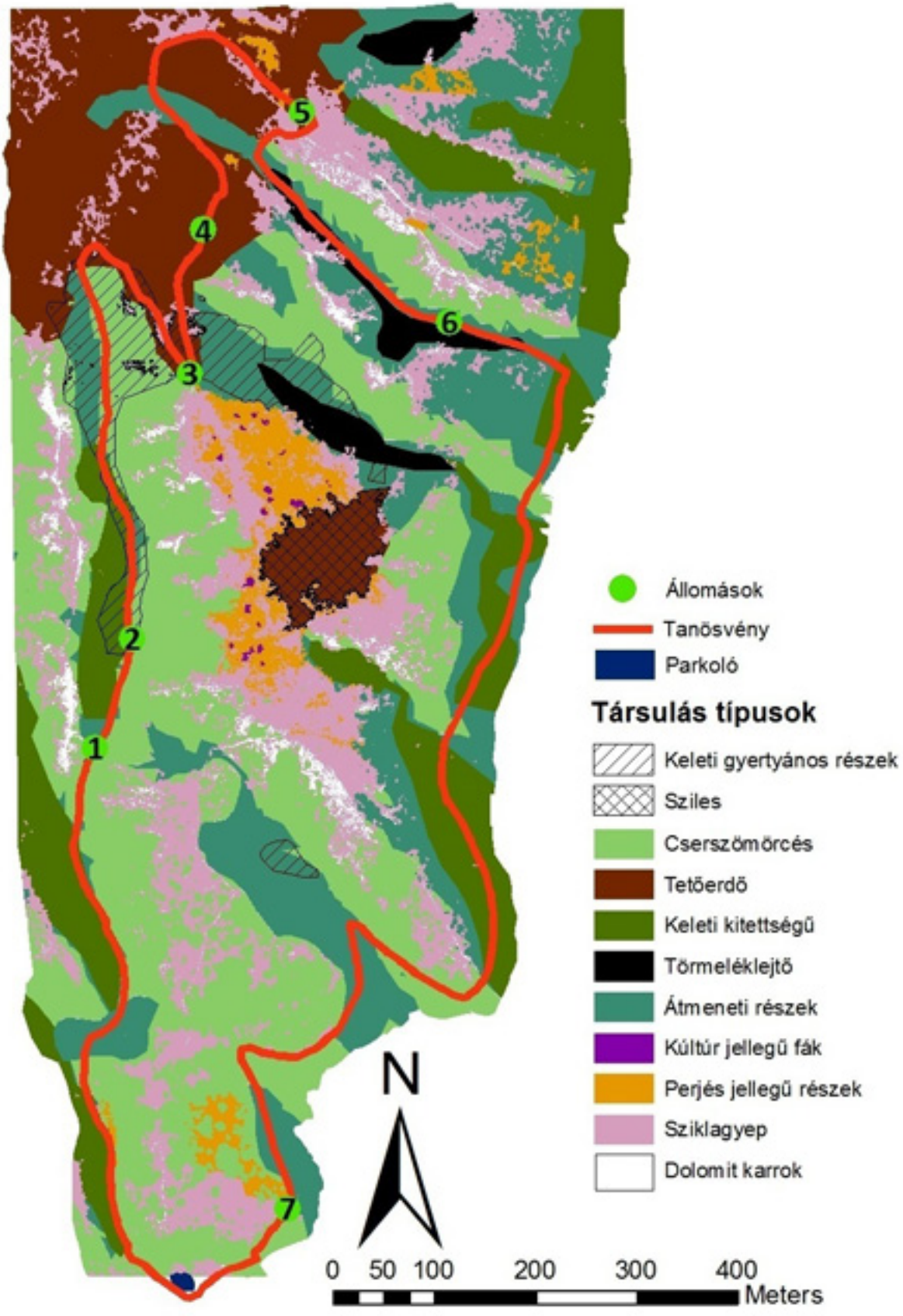
Oltay K. (1926): A földi és a légi fotogrammetria alapelvei és műszerei, Budapest, a szerző kiadása

Rádai Ö. - Vízügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató 106. - Légifotó-értelmezés a vízügyi gyakorlatban, Vízügyi Dokumentációs és Továbbképző Intézet, Budapesrt, 1978

Rédey I. (1932): fotogrammetriai terminológia és szakszótár, Budapest

Szilágyi A. és Juhász I. (1988): Talajtani légifénykép-interpretáció módszertani útmutató nagyméretarányú genetikus talajtérképek készítéséhez, 2.4. 21.o. Földmérési és Távérzékelési Intézet, Budapest

SZVT Térinformatikai Szakosztály fogalomtára (http://www.geolevel.hu/szvt/fogalomtar.html - 2010. március)

Új magyar fotólexikon (1984): Műszaki Könyvkiadó, Budapest

A Haraszt-hegyi tanösvény összetett társulás térképe