

Légi távérzékeléssel készülő állományok minőségét befolyásoló tényezők

RS&GIS - 2011 / 2. Bakó Gábor⁸

A távérzékelte állományokból előállított adatbázisok minőségét elsősorban a

- nyers alapadatok minősége (távérzékelő eszközzel felvett állomány, helyszíni mérések, vizsgálatok,...)
- A levezetett adatok tematikus származtatásának pontossága (légifelvétel-térképek vizuális-, osztályozási interpretációjának torzítása és hibái; számítógépes osztályozás pontossága; helyszíni adatok bevitelének helyes megadása, stb.)

határozzák meg.

Ezekből adódik az eredményül kapott adatbázis, tematikus térképfedvény térbeli származtatási pontossága (térbeli pontossága és reprezentativitása).

Ezért a távérzékelési eljárások általános minőségi követelményeit most a széles spektrumú légi és űrfelvételek példáján vezetjük le.

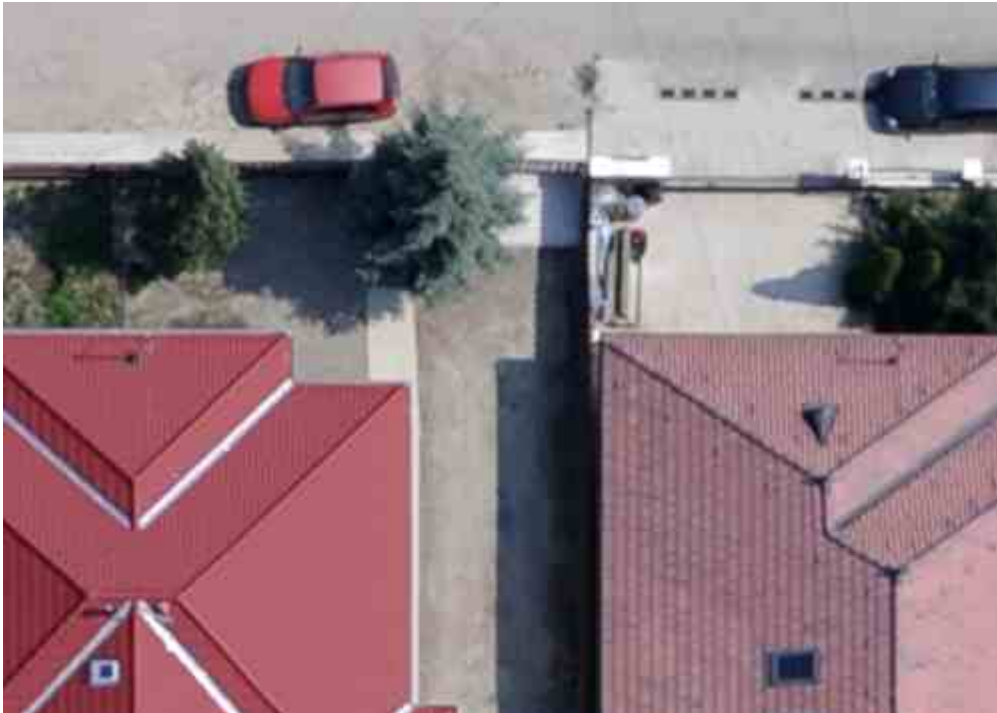
A távérzékelte állományok minőségét meghatározó tényezők:

Jó minőségű (geometriailag pontos, részletes, jól kiértékelhető) fotó-térkép csak kiváló minőségű alapképekből hozható létre. A légifényképezés speciális követelményrendszer alapján kerül végrehajtásra. A légifelvétel-térképek szabványszerűen megfelelő időjárási körülmények között készülnek, a legalkalmasabb napállás mellett. A felvételek minőségét elsősorban a következő minőségi tulajdonságok határozzák meg:

Terepi felbontás: A terepi felbontás azt fejezi ki, hogy hány cm oldalhosszúságú terepi folt képződik le egy pixelen (elemi képponton). A terepi felbontás a felvételek részletességét jellemzi.

Az olyan pixelek amelyek több különböző spektrális tulajdonsággal rendelkező felület találkozását fedik le, a lefedett felületektől eltérő értékeket vesznek fel. Ezért az ilyen pixeleket **kevert pixel**nek nevezzük, és az osztályozás során a felszínborítási határokon eltéréseket okoznak kis felbontásnál. Minél jobb egy felvétel terepi felbontása és élessége, annál pontosabb adatokat szolgáltat a felszínborításról és annak jelenségeiről.

⁸ Interspect Csoport, Szent István Egyetem



5 cm terepi felbontású - $M=1:600$ (nyomtatási méretarány 300 dpi esetén) légifelvétel részlet



10 cm terepi felbontású - $M=1:1200$ (nyomtatási méretarány 300 dpi esetén) légifelvétel részlet



50 cm terepi felbontású - M=1:6000 (nyomatási méretarány 300 dpi esetén) légifelvétel részlet

Képméretarány: A normál méretű (100%) nyomtatott állomány méretaránya a leképzett felülethez viszonyítva.

Terepi pontosság: Azt fejezi ki, hogy mekkora geometriai hibákkal terhelt a térkép. A térképek geometriájának és méretarányának pontosságát jellemzi. Az adatok mért és elméleti eltérésének a jellemzője. Számszerűen általában a szórással vagy a középhibával adják meg



Geometriailag helyes és hibás légifelvétel-térkép részletek

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 bit RGB módban 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.)

Dinamikai átfogás: A képen található legsötétebb és legvilágosabb pont közötti különbség, tehát az árnyalatterjedelem szélessége. Minél több különböző fényességű képpontot tud a képérzékelő elkülöníteni a két szélsőérték között, annál pontosabban ábrázolja a valóságot. Az eltárolt digitális felvétel dinamikáját nem csak a szenzor, de a képérzékelőn jelentkező elektromos jeleket átalakító processzor és algoritmus minősége is befolyásolja. Ha a téma dinamikai tartománya nagyobb a fényképezőgép által érzékelhető és eltárolható tartománynál, nem létezik jó expozíció. A digitális felvételen a csúcsfények túlexponálásával elvesztett képrészek, a beégett részletek semmilyen utólagos korrekcióval nem állíthatók helyre hiánytalanul.



Azonos felszínrészletet ábrázoló helyesen exponált széles és elégtelen dinamika-tartományú felvétel



Hisztogramelemzés segítségével további részletek hívhatók elő, amennyiben a felvétel dinamikája ezt engedi



Keskeny dinamikai tartományú felvétel esetében nem nyerhető ki ennyi információ. A hisztogramelemzés során a részletek még jobban elvesznek, a felvétel beég, vagy elsötétül.

Képzaj: Az a jelenség, ami a filmek érzékenységének növelésével szemcsésedést, „grízesevést”, a digitális gépek esetében, analóg erősítésnél (az A/D konvertálás előtt történő fényérzékenység növelésnél) véletlenszerű pixelszíneződéseket okoz. Okozhatja még a képérzékelő felépítése is. 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 árnyakosabb 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 érzékenyséérték nyújtja a legjobb minőségű képet.



A kiértékelés automatizálhatóságát jelentősen gátló képzaj

Közeghatás:

A páratartalom káros fénytöréseket, torzítást és rossz látási viszonyokat okoz. Csökkenti a felvételek felszíni adattartalmát. Nagy különbségek vannak a levegő mindenkori páratartalma függvényében: a

trópusi és tengeri légtömegek jobban szórják a fényt, mint a kontinentális és sarki légtömegek, de mindez alapvetően függ a légáramlatok konkrét páratartalmától, szennyezettségétől.

A **légszennyezettség** jelentősen ronthatja a látási viszonyokat, szóródik a fény a részecskéken, képtorzulást okozva.



Inverziós réteg 1500 méteres magasságban

Az ultraibolya, látható és közeli infravörös tartományban az **atmoszférikus szórás** hatása jelentős. A szórásban résztvevő molekulák méretei szerint két csoportot különböztethetünk meg: a **Rayleigh szórás**t a tiszta atmoszférát alkotó gázok okozzák, (molekuláinak átmérője kisebb, mint a látható fény hullámhossza). A Rayleigh féle szórás fordítva arányos a hullámhossz 4. hatványával, következésképp a kék spektrumban nagyobb, mint a vörös spektrumban és ez okozza az égbolt kék színét. Az égbolt kék sugárzása a terep teljes megvilágításában is részt vesz, ezt égfénynek nevezzük. A repülőgép alatti légréteg is sugároz légfényt, ennek a sugárzásnak a Rayleigh komponensét csökkenthetjük ultraibolya, fekete-fehér képek készítésekor sárga szűrő alkalmazásával. Hatása sokkal jelentősebb a rövidebb hullámhosszokon.

A levegőben lévő nagyobb részecskék (molekulahalmazok, vízcseppek, füst, por, stb.) a **Mie-féle szórás**t okozzák. Ez a szórás az atmoszféra alsóbb (~ 5000 m-ig) rétegeire korlátozódik. Nem egyenletes, a beeső fény irányához közeli szögek felé nagyobb az intenzitása (Belényesi et al.2008.)

A **felhők** közvetlen kitakarást eredményeznek, ha a repülőgép alatt vannak, és felhőárnyékot, ha magasabban. A felhő által beárnyékolt terepfelület hibás expozíció, részletvesztés, kiértékelési hibát okozó tónus,- és megvilágítás különbségek jellemzőek.



Felhőárnyék és eróziós foltok elkülönítése (A bal oldali felvételtől nehéz eldönteni, hogy melyek a talajeróziós foltok, és hol kezdődik a felhőárnyék. A jobb oldali képen látható a korrekt kiértékelés, a felhőárnyék sárga, a talajeróziós folt piros színt kapott.)

A hordozóeszköz motorjából, hajtóművéből származó **füstgázok** elterelésére, elvezetésére, nagy hangsúlyt kell fektetni. Ellenkező esetben üzemanyag, és olajcseppek jelenhetnek meg a véglencsén, vagy szűrőn (felmarva a védőréteget), és meleg füst áramolhat a kamerarendszer alatt, erős, sztochasztikus képtorzító hatással.

A **légtörési sugárzás mértékét** elsősorban a napszak, az évszak, és a légkör összetétele, a meteorológiai viszonyok befolyásolják. A detektor érzékenysége határozza meg, hogy adott megvilágításnál létezik-e olyan expozíció ami a mozgás ellenére éles és kellőképpen világos képet ad. Az érzékelő spektrális felbontása, a képnadártól mért optikatengely-szög, a Nap irányával bezárt szög, a fény polarizációja és optika tulajdonságai is befolyásolják a hasznos megvilágítást. A **nappfény beesési szöge** meghatározza az árnyékok hosszát. Ezért az évszaknak megfelelően változik a légifelvétel-térképezésre megfelelő órák száma. Mindezekkel a tervezés és a végrehajtás során számolni kell.

Lencsehibák: Fotogrammetriai alkalmazásoknál célszerű síkra korrigált, kiváló minőségű, és minimális torzítású, rendkívüli szabályok szerint tisztántartott objektívvel, és kamerarendszerrel dolgozni, mert az így nyert állományokat határfelbontáson használjuk.

Képvándorlás: Amennyiben a hordozóeszköz haladási sebességét vesszük alapul, a tárgy távolság és a kamera mozgási sebességének függvényében változik a leképzett pont sebessége a képérzékelőn. Amennyiben ez az elmozdulás meghaladja az elemi pixel legkisebb átmérőjének kétszeresét, repülésirányú bemozdulásról, azaz képvándorlásról beszélünk, ami a vonalélességet jelentősen rontja. Még nagyobb mértékű káros bemozdulást okoz a felvevőrendszer gyors elfordulása.



Képvándorlás miatt használhatatlan légifelvétel részlete

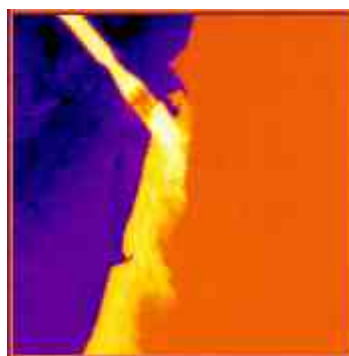
Spektrális felbontás: A spektrális feloldás azt fejezi ki, hogy az adott rendszer hány és milyen széles spektrális tartományban érzékeli az elektromágneses energiát (Domokos Gy-né 1984). Meghatározza a kiértékelési lehetőségeket, a detektálható objektumok, folyamatok és élőlények számát.



VIS (RGB)



C-NIR (színes közeli infravörös)



Termovízió

Élesség: Négy mérhető fizikai fogalom összessége, mely együtt adja az élesség érzetét. A **Kontraszt (tónus- és szín-), a Lokális kontraszt (akutancia), a szemcsézet méret és sűrűség, valamint a felbontóképesség alapvetően befolyásolják.** Az objektívek élességének mérése nehéz, mivel az élesség nem fizikai fogalom, hanem a látással kapcsolatos pszichofizikai érzet. Az élesség jellemzésére leggyakrabban az ún. felbontóképességet használjuk. A másik élesség jellemző, a modulációs átviteli függvény (Modulation Transfer Function = MTF). Élességérzetünk szorosan összefügg a kontraszt különbséggel. Az objektívek felbontóképességét feloldóképességnek nevezzük.

A fényképezőgép objektívek feloldóképességét egyenlő közül vonalas rácsokkal vizsgáljuk. A feloldóképességre jellemző az a legsűrűbb rács, amely optikai képén a rácson vonalas szerkezet még felismerhető. Az objektívek felbontóképességének értékét vonalpár/mm-ben fejezik ki. Az optikai rendszerekben használt "térbeli frekvencia", a fekete és fehér váltakozásának gyakoriságát nem időben, hanem hosszúságban méri. Mértékegysége a vp/mm (vonalpár/mm).

A kép élességét befolyásoló tényezők (feltételezve, a helyes élesség beállítását):

..... az objektív éles rajza

..... a felvételi anyag (film, szenzor) kontúrélessége

..... a nagyítás közben előálló élességromlás; átméretezés hatása a kontúrélességre

..... A légkör hatásai

..... A rendszer tisztasága

..... Képvándorlás

..... Egyéb bemozdulások, rázkódások

..... Helyes megvilágítás

..... Helyes élesség beállítás

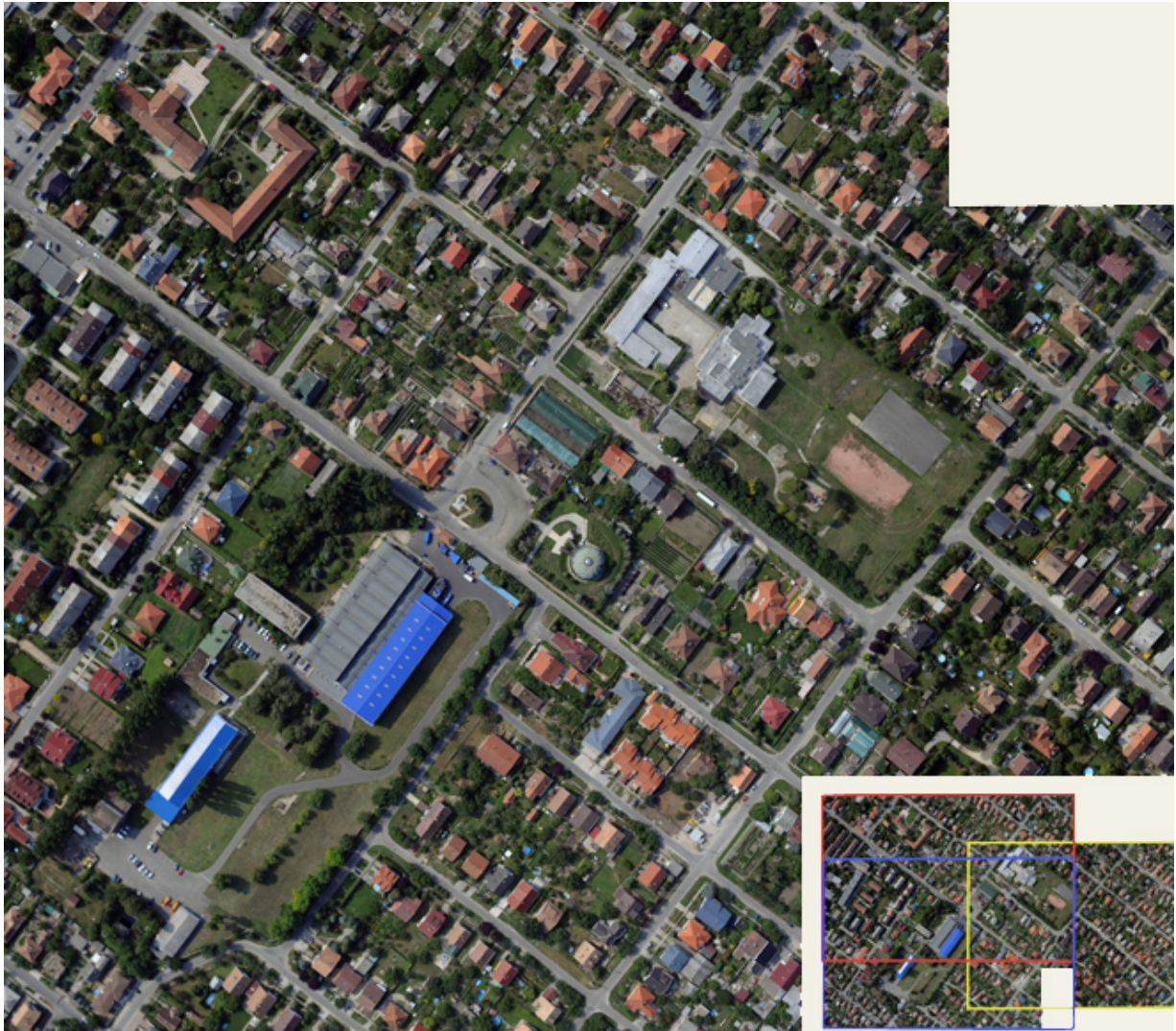
Egy kör alakú folt optikai leképzése az élesség szempontjából háromféle lehet:
- éles, kemény jellegű kép,
- éles, lágy jellegű kép,
- életlen kép

A lágy rajzú objektívek képalkotását, mint külön esetet, kell megkülönböztetni. A lágy rajzú kép tulajdonképpen egy teljesen éles kép és egy, a képmagtól távolodva halványodó életlen kép összessége.

Az optikai életlenségtől meg kell különböztetni a bemozdulásos életlenséget, mely abból adódik, hogy az expozíciós idő alatt a téma vagy a fényképezőgép elmozdul (képvándorlás), vagy elfordul.

Mozaikolás:

A geometriailag pontos felvételek olyan vágóvonal mentén történő összeillesztése és hisztogram egyeztetése, hogy az egyes felvételek határa vizuálisan és szoftveres osztályozás során elkülöníthetetlen legyen. Amennyiben a mozaikolás hibás, az elemzési hibához vezethet.



Hibátlanul mozaikolt légifelvételek (Bakó 2010)

Mozaikolási hibák:

Geometriai torzulásokból adódó mozaikolási hibák: Olyan egységes, vagy képterületen belül változó irányú és mértékű eltérések, amelyek hibás mérési eredményeket, és vágóél menti eltéréseket okozhatnak.



Pontatlanul transzformált ortofotó, amely nem csak a térképi vetülettel, de saját bázispárjával sem szabatos



Geometriai és hisztogramegyeztetési szempontból is hibás mozaik a vágóélnél

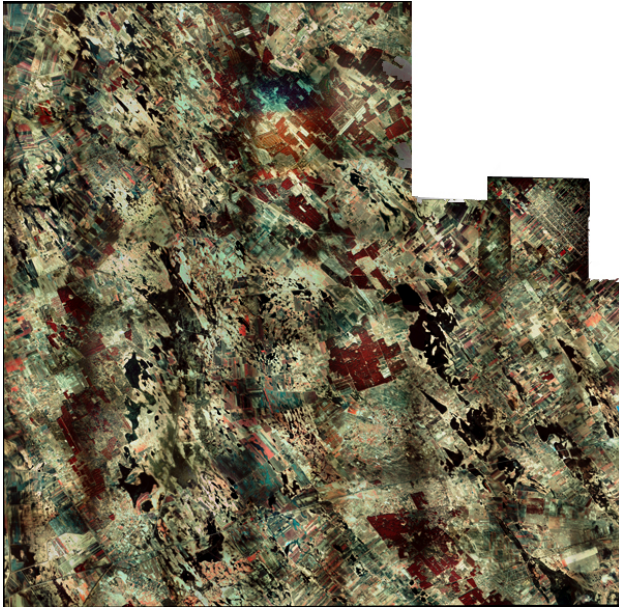
Az ortofotó-térképek **geometriai pontosságát** a felszínen értelmezzük. Ezért a kimagasló oszlopok, kémények, tornyok és fák a centrális vetítésből adódóan a nadírtól kifelé dőlhetnek. Ez a hatás sűrűbb képfőpont tervezéssel csökkenthető. (Amikor felületmodellt is segítségül hívnak, és a fényképezéskor is számoltak a magas épületekkel, a kiemelkedő építmények is pontosak lesznek.)



A felszínen pontos ortofotó-mozaik képeinek találkozása, ahol nem vették figyelembe a kiemelkedő objektumok centrális vetítésből adódó eltéréseit



Amennyiben a felvételezés megtervezésekor számoltak a magas objektummal, és a teteje valamelyik képkockán a felvételre kerül, a probléma helyes vágóvonal vezetéssel orvosolható



Vignettáció: A rosszminőségű objektívek az egyes felvételek széleinek (különös tekintettel a sarki részekre) sötétítését eredményezhetik. A vignettációt csökkentő algoritmusok kihagyásakor az ábrán látható hullámzashoz fogható jelenséggel találkozunk.

A helyes hisztogrammegegyeztetés eltünteti az osztályozást is megnehezítő jelenséget, de az ilyen kivilágosítandó széleken csökkenni fog a fotó-térkép dinamikája.

Nyomatott állomány élessége:

A felvétel legyen olyan éles, hogy az élességét a tisztánlátás kb. 25 cm-es távolságából csak a szemünk adottsága korlátozza, amikor a kép kidolgozott, nyomtatott formában megfelelő megvilágítási viszonyok között elénk kerül.

Egy átlagos ember szeme legalább 0.05mm felbontású, tehát milliméterenként 20 pontot képes megkülönböztetni. A milliméterenkénti 20 pont inch-enként 25.4×20, vagyis 500 dpi-t jelent. A szemünk tehát legalább 500 dpi felbontású. Ha a korszerű fotólaborok 400 dpi levilágítási felbontását vesszük alapul, és a 400 dpi felbontás mellett egy 30×40 cm-es képet szeretnénk készíteni, akkor a szükséges pixelszám: $400 \times 11.8 \times 400 \times 15.8 = 29.8$ Megapixel. Hasonló módon számolva az 50×60 cm-es kép 74,4 Megapixelt igényel, és így tovább. (Maklár Zoltán nyomán)

Felhasznált irodalom:

Bakó G. (2010): Nagyfelbontású légifényképezés alkalmazása a települési szintű környezetvédelemben és a természetvédelemben, Gödöllő

Belényesi M., Kristóf D., Neidert D. (2008): Távérzékelés a környezetgazdálkodásban Gyakorlatok, Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Gödöllő, 15 p.

Domokos Gy.-né (1983): Fotogrammetria és távérzékelés, Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest 64-p.

