

Nagysebességű repülőgépes távérzékelés és hozzá kapcsolódó adatfeldolgozási módszerek

Bakó Gábor¹

Szent István Egyetem, Növényteni és Ökofiziológiai Intézet, Interspect Kutatócsoport,
bakogabor@interspect.hu

Abstract: A távérzékelési módszerekkel történő információszerzés során törekednünk kell az adatok megbízhatóságának növelésére. A korábbi cikkeinkben taglalt, a felbontás növelésével járó adatmegbízhatóság növekedés, majd a későbbiekben tárgyalt geometriai megbízhatóság növelés után jelen munkánkban, és a hozzá tartozó előadásban a légi felmérések sebességénövelési lehetőségeit tárgyalom. A légi felvételezés sebességének növelése nem csupán gazdasági kérdés. A nagy területről rövidebb idő alatt gyűjtött raszterállományok elemzése pontosabb képet szolgáltat egy ország, egy megye, vagy régió állapotáról. A megközelítőleg azonos időjárási körülmények között és napszakban fényképezett képsorok elemzésekor a kiértékelési eredményt kevésbé torzítják a nem a vizsgált terület minőségi és mennyiségi adatainak változékonyságához köthető – légköri hatásokból és besugárzásváltozásból eredő – lokális képi paraméterváltozások.

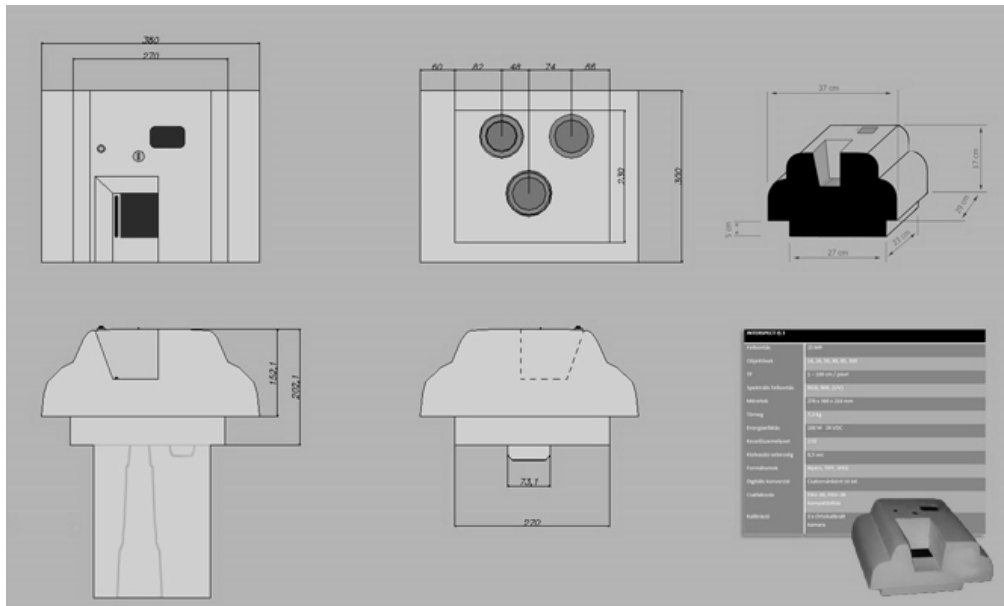
Bevezetés

A korszerű Földmegfigyelési, távérzékelési módszerek alkalmazásakor az egyik legnagyobb kihívást a megfelelő részletességgel előállított fényképi raszterállomány egyenletes minőségű előállítása jelenti. A legkorszerűbb Földmegfigyelő műholdak terepi felbontása 50 cm felé tendál (Bakó 2013), míg a légi távérzékelés a nemzetközi gyakorlatban 30 – 3 cm, a hazai gyakorlatban 20 – 0,5 cm terepi felbontású multispektrális ortofotó mozai-kok, sokcsatornás fotótérképek előállítását teszi lehetővé. Míg a műholdak nagy területeket pásztáznak, addig a légi módszerekkel kisebb (országos, regionális léptékű) területek felmérésére nyílik lehetőség.

A képminőség nem csupán a szenzorok geometriai és spektrális, radiometriai felbontásától, dinamikai és színvisszaadási jellemzőitől függ, de erősen befolyásolja azt a légkör változékonysága és a napszak változása is. Nagy területek részletes, nagyfelbontású felmérésénél előfordulhat, hogy a felvételezés kezdete és lezárása között órák telnek el. Idő közben változik az időjárás, a napállás és a többszörös ortofotó-térkép egyes területein más megvilágítási viszonyok mellett reprezentálja a munkaterület felszínét, mint a kiindulási zónában. Az ilyen, nem a felszín tulajdonságaiból eredő inhomogenitások károsan befolyásolják az állomány kiértékelését. Minél rövidebb idő alatt végezzük el a felvételezést, annál kisebb a valószínűsége annak, hogy az időjárás rosszabbra fordul, esetleg felhőárnyékok jelennek meg a felvétel egyes részein. Így a felvételek nagyjából egységes légköri viszonyok

között történő elkészítését a felmérés időpontjának optimalizálása mellett a repülési sebesség növelésével érhetjük el.

Kutatócsoportunk az IS 2 mérőkamera fejlesztése és tesztelése során 2010-ben 180 km/h átlagos repülési sebességet állított be és az első multispektrális mérőkamerát is hasonló sebességtartományban teszteltük (1. ábra). A repülőgépes tesztek minimális terepfeletti repülési magassága 40 m, maximális terepfeletti repülési magassága 3600 m volt. A tesztek legkisebb repülési sebessége 160 km/h, a legnagyobb 260 km/h volt.



1. ábra Az IS3 volt az első magyar digitális multispektrális légi mérőkamera. 260 km/h terephez viszonyított repülési sebességnél gyorsabban sohasem üzemelt

Akkor még nem gondolkoztunk azon, hogy a terepi és spektrális felbontás növeléséért folytatott kísérletek eredményeinek gyorsfelmérések során is hasznát vehetjük. A gyakorlati alkalmazás során előfordultak hat órás fotogrammetriai repülések, egymástól távol eső, vagy nagyméretű munkaterületek felvételezésekor. Ahhoz, hogy 2013-ban egy hasonló feladat végrehajtásához megfelelő, 800 km/h-val haladó platform alkalmazása esetén másfél óra is elegendő volna, és 1300 db 65 % soron belüli, 25 % sorok közötti átfedéssel rendelkező ortofotó alapanyag (kalibrált mérőkamerából származó multispektrális felvétel) elkészítéséhez 80 perc elegendő lehet hat óra helyett, további két mérőkamera kifejlesztése és két év kutatómunka vezetett el.

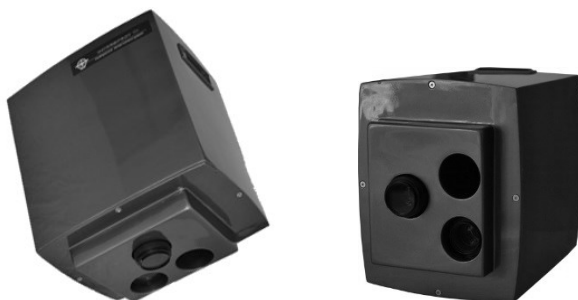
Az INTERSPECT IS 4 nagysebességű változata, a gyorsfelmérések alapja

Az IS 4 mérőkamera rendszer 2011. szeptemberében készült el. Már az első gyakorlati feladat (amelynek során a Börzsöny 10 cm terepi felbontású fényképezése volt a cél) komoly problémák elé állította fotogrammetriai csoportunkat. Bár a felmérés után pár héten belül sor került a Kékes-tető és a felső Mátra 5 cm terepi felbontású, kifogástalan minőségű légi térképezésére és több nagyváros 20, illetve 10 cm terepi felbontású ortofotó programját is sikeresen és kiváló minőségben hajtottuk végre, a Börzsönyről készülő ortofotók komoly problémát jelentettek a számunkra. Ennek okait a három pótfelvételzés ellenére mindig jelentkező gyors felhőképződésben, a felhőárnyékok borította területek felhasználásának kerülésében, valamint egy csupán tesztelésre szánt objektív kalibrációjának hiányosságaiban kereshetjük. A sok vesződséggel járó, és a későbbi, geometriai, spektrális és kromatikus kalibrációk elvégzése utáni felmérésekhez képest csaknem hússzoros munkaidőt igénylő képfeldolgozás a szakmai elvek megszilárdítását, valamint egy gyorsfelvevő mérőkamera tervezésének igényét vonta maga után. Ahogyan a legtöbb fejlesztés valamilyen technikai probléma kiküszöbölésének érdekében jön létre, így körvonalazódott a mérőkamera nagysebességű változatának terve is.

1. táblázat Az IS 4 MS II gyorstérképészeti légi mérőkamera sebesség adatai

Terepi felbontás (cm)	Hrel ₅₀ mm (m)	Hrel _{150 mm} (m)	Hrel _{500 mm} (m)	v65% (km/h)	v25% (km/h)
0,5		150	500	103	220
1	100	300	1.000	206	440
5	500	1.500	5.000	1.030	2.208
10	1.000	3.000	10.000	2.060	4.416
20	2.000	6.000		4.120	8.832
30	3.000	9.000		6.180	13.248

Terepi felbontás – Egy elemi képpont által leképzett földfelszín szélessége; Hrel_{50 mm} – Terepfeletti repülési magasság 50 mm fókusztávolságú objektív esetén; Hrel_{150 mm} – Terepfeletti repülési magasság 150 mm fókusztávolságú objektív esetén; Hrel_{500 mm} – Terepfeletti repülési magasság 500 mm fókusztávolságú objektív esetén; v65% – 65% soron belüli átfedéshez szükséges repülési sebesség; v25% – 25% soron belüli átfedéshez szükséges repülési sebesség



2. ábra Az Interspect IS 4 és nagysebességű változata, az Interspect IS 4 MS II

2. táblázat A két mérőkamera összehasonlítása

Felbontás	60 MP	36 MP
Elérhető terepi felbontás	0,5 cm	0,5 cm
Munkasebesség	0 – 280 km/h	0 – 1200 km/h
Csatornák	16 beállítható csatorna	7 beállítható csatorna
Élőkép mérete	640 x 480 pixel (30 fps)	640 x 480 pixel (30 fps)
Felvételek azonnali továbbküldése földi állomásnak	nem alapfelszerelés, de kiegészíthető	nem támogatott
Moduláris kiterjesztés	400 megapixelig	nem támogatott
Fizikai méretek	470 x 388 x 310 mm	470 x 388 x 310 mm
Tömeg	46 kg	57 kg
Tartozékok	Érintőképernyős 24" LCD monitor, navigációs rendszer elemei és tartalék merevlemezek.	

A felvételek szabatosága

A kamerák képeiből előállított végtermék a légifelvétel-térkép, egy nagyjából egységes méretarányú, közel függőleges kameratengelyű légifelvételekből készített ortofotók egységesítésével előállított fotómozaik. A légifelvétel-térképek olyan szabatos ortofotó mozaikok, amelyek digitális változata koordinátázott (ismert geodéziai rendszerbe transzformált), geometriai eltérései minimálisak, és nyomtatás esetén feltüntetésre kerül a koordinátahálózat, a térképi méretarány, és a lépték.

A távérzékelt felvételek centrális vetítéssel készülnek. A térkép és a legtöbb geoinformatikában alkalmazott vetületi rendszer viszont ortogonális vetülete a földfelszínnek. Az ortofotók előállítása során a nyers légifelvétel geometriáját megváltoztatjuk, kompenzálva a kameratest – objektív rendszer kalibrációs eljárás során megismert elrajzolásait és a kamera dőléséből adódó elrajzolásokat, valamint a domborzati viszonyokból és a kamera centrális vetítéséből adódó eltéréseket. A folyamat általában a belső tájékozási adatok megadásával (a kamerarendszer kalibrációjával előálló adatok) kezdődik, majd a külső tájékozási adatok bevitelével folytatódik, ami a kapcsolópontok felvételével kiegészített direkt tájékozási adatok felhasználásával történik. A

direk tájékozás elsődleges adatai a kamerához tartozó gps-ins rendszerből származó kamerapozíció és elfordulás adatok. Ezután következhet a felvételek rektifikációja (merőleges helyreállítás), amely gyakorlatilag a domborzatmodellrel a térképi síkba vetítve exponálja újra a légifelvételt. A térképi síkban újramintavételezett felvétel már ortogonális vetítéssel, koordinátaheylesen ábrázolja a földfelszínt. Az így készülő távérzékelési állományok pontossága a megfelelő elvek betartása mellett akár az elemi képpont méretével is vetekedhet (Hirschmuller 2008). Tapasztalataink szerint a direkt tájékozási adatok, és felvételezési soronként négy kapcsolópont felhasználása mellett garantálható a pixel terepi átmérőjének kétszeresénél kisebb középhiba.



3. ábra Az IS 4 mérőkamerával készített ortofotók a képek találkozásánál. A pontosság a képszéleken is szembeűnő. (Az ortofotók pontossága a talajszinten értelmzett. A járdák a képszélen sem térnek el egymástól 10-20 cm-nél jobban.)

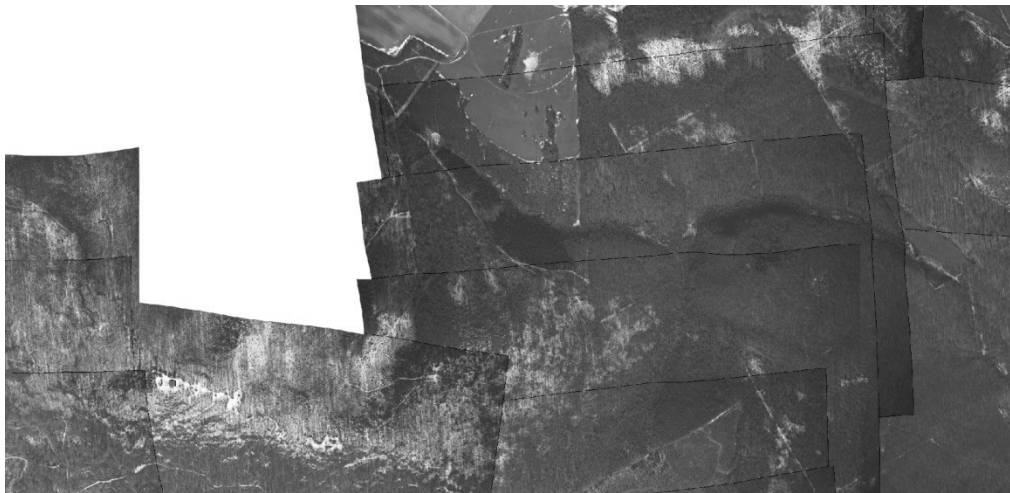
A felvételek geometriai felbontása

Az ortofotó-térképek rendkívül sok elemzési módszerrel vizsgálhatóak, számtalan végfelhasználónak biztosítanak térbeli információkat.

Az így előállított tematikus térképek megbízhatóságát elsősorban a következők határozzák meg:

- A távérzékeléssel beszerzett alapadatok pontossága (ortofotó-térkép, helyszíni mérések, vizsgálatok, stb.)

- A levezetett adatok tematikus származtatásának pontossága (légifelvétel-térképek vizuális-, vagy számítógépes osztályozási interpretációjának torzítása és hibái; helyszíni adatok bevitelének helyes megadása, stb.)
- Végül ezekből adódik az eredményül kapott adatbázis térbeli származtatási pontossága (térbeli pontosság és reprezentativitás).



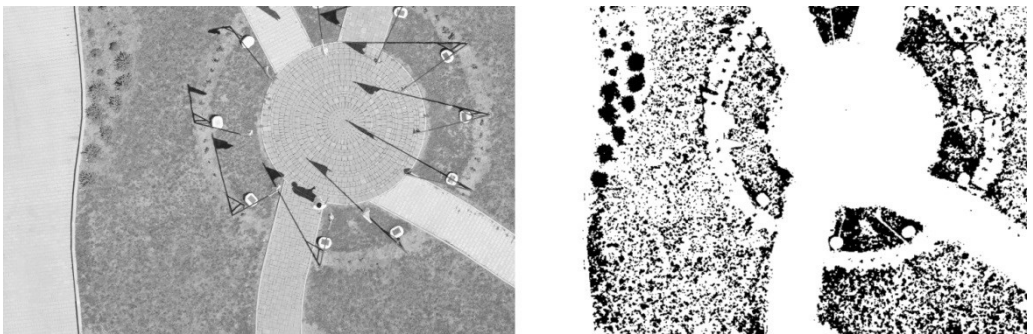
4. ábra Veszprém ortofotóinak külterületi része. Változatos domborzati viszonyok mellett is pontos ortofotók.

Korábbi vizsgálatsorozatunk igazolja, hogy különböző felszínborítási kategóriák más és más terepi felbontás értéknél válnak biztonságosan térképezhetővé (Bakó 2010). Az ökológiai modellek számára nélkülözhetetlen a 10 cm-nél nagyobb terepi részletességű felbontás tartomány, ezért az ilyen jellegű multispektrális felmérések meggyorsítását, és az elérhető terepi felbontás megnövelését tűztük ki célul (5. ábra). 2009. szeptember 2-án 1,8 cm terepi felbontással készítettük el a Fővárosi Állat- és Növénykert légifelvétel térképét. 2012. június 15-én 0,5 cm terepi felbontású légifelvételeket készítettünk 200 km/h sebességgel haladó repülőgépről, és a felvételekből egységes ortofotó térképet állítottunk elő, amely a www.aerialrecord.com honlapon érhető el. Jelenleg az ilyen extrém nagyfelbontású felmérés csak nagyjából 300.000 m² nagyságú területek esetén gazdaságos, hiszen az előállításuk egy 100 km² nagyságú terület 10 cm terepi felbontású légi felmérésének munkáigényével arányos.



5. ábra 0,5 cm terepi felbontású ortofotónk részlete

A felvételek képszegmentálása, számítógépes osztályozása során úgy tapasztaltuk, hogy az élő biomassza rendkívül pontosan elemezhető (6. ábra), a vegetációtérképezés olyan részletességgel és pontossággal végezhető el, ami a hagyományos felbontású légi térképek esetében elképzelhetetlen volt, és a mikroklíma modellezése is új értelmezést nyerhet az ily módon előállított felszínborítási adatbázis segítségével.



6. ábra Az élő növényi részek számítógépes leválogatása

Irodalom

- BAKÓ G. (2013):* A korszerű földmegfigyelő műholdak felbontása, *Élet és Tudomány* 2013. február 15. 2013/7 211-213 p.
- BAKÓ G. (2010):* Multispektrális felvételek alapján készülő tematikus térképek minősége, a terepi felbontás és a képminőség függvényében , *Tájökológiai Lapok* 8 (3): 1–00 (2010) 507-522 p.
- HIRSCHMÜLLER (2008):* Stereo Processing by Semi-Global Matching and Mutual Information, in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Volume 30(2), February 2008, pp. 328-341.