

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer metaadat kezelése

Sörös László ^{1,*}

¹ tudományos főmunkatárs, MFGI, Budapest Stefánia út 14.; sores.laszlo@mfgi.hu

Abstract— Based on the Hungarian Government’s regulation 94/2014 (III. 21.), with leadership of the Hungarian Geological and Geophysical Institute (MFGI) and contribution of several spatial data provider organizations the National Adaptation Geo-information System (NAGiS) has been established. To help the overview of NAGiS containing more than 900 map layers a broad scale metadata system has also been developed. Besides supporting querying functionalities the metadata system provides information on map content, descriptions of background processes, spatial object relations, availability of additional resources. The hierarchical metadata system was designed to serve the needs of users at different levels, from policy makers to domain experts. Dataset level metadata facilitates fast search utilities and support INSPIRE discovery services (CS-W). Application of open GIS standards like the INSPIRE conceptual model and the Observations and Measurements schema makes it possible to provide detailed information about background processes observation parameters, and conceptual relations between data components. It is also possible to describe and visualize processing chains to help experts in deeper understanding of data. Metadata system is based on the General Geoscience Database (ALFA) developed by MFGI, a set of integrated databases and web services used for INSPIRE data provisioning. In the future it may help the development of other INSPIRE conformant services related to NAGiS layers.

Index Terms: NAGiS, metadata, open standard, INSPIRE

Kulcsszavak: NATÉR, metaadat, nyílt szabvány, INSPIRE

1. Bevezetés

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) létrehozásáról a 94/2014. (III. 21.) Kormányrendelet rendelkezik. A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI) vezetésével és számos hazai környezeti téradatkezelő intézmény közreműködésével, három éves fejlesztés eredményeként létrejött egy olyan térinformatikai rendszer, amely objektív információkkal segíti a klímaváltozás miatt változó körülményekhez igazodó döntés-előkészítést, döntéshozást és tervezést. A NATÉR több mint 900 adatréteget tartalmaz, melyek a következő fő témaköröket érintik: talajvíztűkőr, ivóvízbázis, villámárvíz, klíma, éghajlatváltozás, hőhullámok, szélsőséges időjárási helyzetek közötti balastekre gyakorolt hatása, demográfia, gazdaság, felszínborítás, lakossági klímaváltozási attitűdök, ökológia, ökoszisztéma-szolgáltatás indikátor, erdészet, szántóföldi növénytermesztés, turisztikai klimatológia.

A tematikákat közel 650 térképi réteg mutatja be a felhasználóknak.

A NATÉR négy nagy adatkört fog át. Ezek: a térképi adatokat tároló ESRI alapú rendszer [Orosz L., Simó B., Kovács T., Sipos A., Popovics I. 2016], a tematikák numerikus adatait kezelő RDBMS rendszer, a tematikus rétegekről szóló dokumentációs gyűjtemény (tudásbázis), és a metaadat-rendszer. A több száz térkép mellett a rendszer több ezer kapcsolódó munkaállományt tárol. Ebben az óriási adathalmazban tájékozódni nem egyszerű feladat, ezért kialakítottunk egy háttéradatbázist, amely a különböző szintű felhasználói igényekhez alkalmazkodva szükséges és elégséges mennyiségű információt biztosít az eligazodáshoz. A tematikák sokféleségéből, a feldolgozási algoritmusok komplexitásából adódóan a NATÉR adatbázis állománya rendkívül bonyolult módon, sokféle eszköz, modellező és elemző szoftver felhasználásával állt elő. Az egyes adatelemek kapcsolatait, előállításuk módszerét, az eszközök használati módját, és a háttéradatok fellelhetőségét maga a GIS adatbázis nem tárolja. Az ilyen jellegű információkat a metaadat-rendszer hivatott leírni, és a felhasználó számára közvetíteni. Az adatelemek összetett viszonyrendszerének leírásához egy következetes és általános adatmodellre van szükség, amely egyszerre rugalmas, informatív és a tárolt objektumok lényegi tulajdonságait tartalmazza. A NATÉR metaadat-rendszere az OGC (Open Geospatial Consortium) nyílt forrású szabványaira, és az INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) direktívában előírt alapelvekre épül. Külön meg kell említeni a földrajzi metaadatokra [Drafting Team Metadata and European Commission Joint Research Centre, 2013], a mérési/megfigyelési metaadatokra vonatkozó szabványokat [Simon Cox, OGC, 2010], valamint az INSPIRE végrehajtási utasítás előírásait.

A munka során figyelembe vett elméleti megfontolások és a gyakorlati megvalósítás alapja a Magyar Földtani és Geofizikai Intézetben (MFGI) fejlesztett Általános Földtudományi Adatbázis (ALFA), amin egy multidiszciplináris adatmodellt és a ráépülő adatbázis-szolgáltatások használatát kell érteni.

2. Elméleti alapok - Metaadatok fajtái és felhasználásuk

A metaadatok használata sokrétű, ennek megfelelően fajtájuk is sokféle. A szabványok és a kialakult gyakorlat alapján célszerű egy hierarchikus felosztást követni, amely négy lépcsőfokból áll: térképi metaadatok, alakzat szintű metaadatok, vizsgálati metaadatok, nyilvántartási metaadatok. Ezek az általános áttekintő információktól a pontos szakmai részletekig biztosítják a felhasználó érdeklődési szintjének megfelelő tájékoztatást.

2.1 Térképi metaadatok

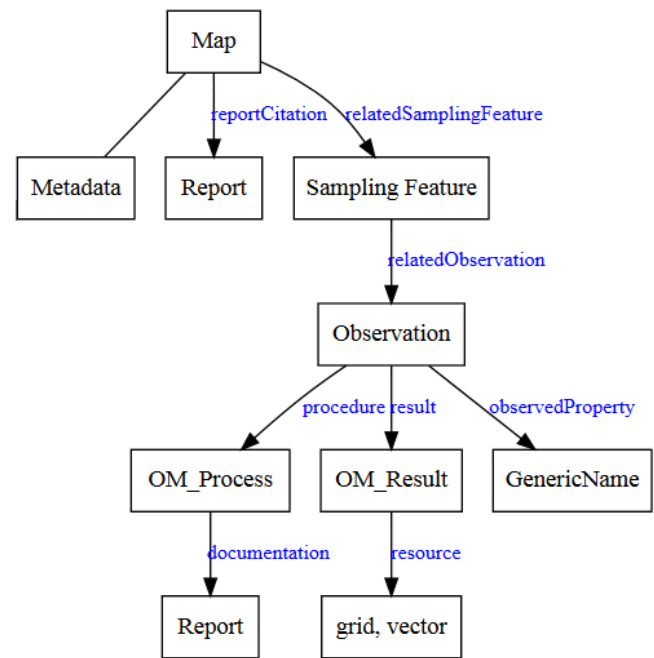
A térképi metaadatok tér-adatkészlet szintű információt nyújtanak a tartalommal, fellelhetőséggel, térbeli és időbeli kiterjedéssel kapcsolatban. A különböző szabványok az attribútumkészlet tekintetében jelentős eltérést mutatnak. Általában elmondható, hogy a térképi metaadatok használatának elsődleges célja, hogy adott tematikához tartozó térképek keresését segítsék, illetve az elérés, felhasználás körülményeire nézve általános információkat adjanak.

2.2 Mintavételi alakzatok metaadatai

A térkép az ALFA adatmodell (ld. később) szerint egy speciális grafikus dokumentum, amelyhez nyomtatott vagy digitális adatforrások, webszervizek kapcsolódhatnak. Ezek hordozzák a térkép megjelenítéséhez szükséges adatokat. Természetesen minden térkép mögött ennél sokkal több információ van. Amennyiben felmerül az igény, hogy egy térkép megbízhatóságát, szakmai értékét pontosan megítéljük, vagy rekonstruáljuk azt, a felhasználó számára a lehető legtöbb háttéradatot hozzáférhetővé kell tenni. Ennek áttekinthető rendszerbe foglalása komoly feladat, amely jóval túlmutat a térképi metaadatok szintjén. A probléma kezeléséhez a geofizikai mérések dokumentációjában már jól bevált koncepciót – a „Mintavételi alakzatot” használjuk.

Maga a térmodell, és minden egyéb, a térkép előállításához szükséges, azzal kapcsolatos információ a mintavételi alakzatokhoz köthető. A mintavételi alakzat definícióját az „Observations and Measurements” (O&M) OGC szabvány adja meg. [Simon Cox, OGC, (2010)] Egy olyan keretobjektumról van szó, amely magában foglalja a térmodell geometriáját, valamint a hozzá kapcsolódó vizsgálatokat, vagy azok címét. A mintavételi alakzatok egymáshoz kapcsolhatók, így alkalmasak a különböző objektumok közötti viszonyrendszer leírására is. A legfontosabb szerepük, hogy hozzáférést biztosítsanak a tér-adatkészletek előállításában fontos vizsgálatokhoz, és a feldolgozási folyamatok részleteihez. A Mintavételi alakzat (Sampling Feature) és Vizsgálat (Observation) osztályok ALFA adatmodellben használt egyszerűsített reprezentációját az 1. ábra mutatja.

Bár a mintavételi alakzat önmagában is használható elem, általában az ebből származtatott osztályokat használjuk. A térképi háttéradatok esetében ezek jellemzően a térbeli reprezentáció szerint specializált alakzatok – térmodellek. A tipikus elérési utat a logikai alakzatok és a fizikai adatrendszerek között a „Sampling Feature => relatedObservation => result => resource” lánc valósítja meg. Ezzel egyben a térkép (mint speciális grafikus dokumentum) is összekapcsolódhat az előállításához használt összes adatrendszerrel és egyéb dokumentummal.



1. ábra A térkép (MAP), mintavételi alakzat (sampling feature) és vizsgálat (Observation) osztályok adatmodellje

2.3 Vizsgálati metaadatok

Az „Observations and Measurements” O&M modellben a mérések/megfigyelések leírása rendkívül egyszerű és teljesen általános. Minden vizsgálat, mint objektum, az általános metaadat-attribútumokon túl rendelkezik három fontos kapcsolattal. Ezek: a megfigyelés tárgya (featureOfInterest), a vizsgálati folyamat (procedure) és az eredmények (result). A megfigyelés tárgya maga a mintavételi alakzat, amely az adott vizsgálatra (relatedObservation) hivatkozik (ld. 1. ábra). A vizsgálati folyamat a konkrét vizsgálat mögötti általános procedúra, amelyet a vizsgálati paraméterek, időpontok, felelősök tesznek egyedivé. Az eredmények a vizsgálat kimeneti adatai, amelyek konkrét digitális vagy analóg adatforrások. A megfigyelt tulajdonságok (observedProperty) a vizsgálat tárgyának tulajdonságai.

A földtani, klimatológiai, környezeti vizsgálatok olyan mintavételi procedúrák, amelyek eredménye a vizsgált tulajdonság térbeli elterjedését jellemző geometria-érték függvény (coverage). A NATÉR-ban végzett elemzések egyedi megfigyelések bonyolult láncolataként írhatók le, amelyben egy vizsgálat eredménye – kimenete – egy másik vizsgálat bemeneteként jelenik meg. A túl sok lépésből álló folyamatok szükség szerint összevonhatók. Az egyszerűsítéskor alapvető szempont, hogy a végtermék előállításához szükséges vizsgálati információk kinyerhetők legyenek.

2.4 Nyilvántartási metaadatok

A nyilvántartási metaadatok rendeltetése, hogy a vizsgálati eredmények letöltéséhez elérési útvonalakat biztosítsanak. Az eredmények formájával kapcsolatban az INSPIRE adatmodell tartalmaz előírásokat. Az általános elv szerint a téradatok megosztására az OGC által támogatott GML fedvényeket (GML Coverage application schema) kell használni. [Drafting Team "Data Specifications", 2013]. Egyes témák adatmodelljei megengedőbbek, és lehetővé teszik az elfogadott ipari szabványok használatát. Az ALFA implementáció erre a Resource elemet használja, amely az adatforrás megjelenési formája, típusa, formátuma mellett a téradatállományok elérési útvonalának tárolását is megengedi.

A hierarchikus metaadat-rendszer koncepciója és használata jobban érthető egy konkrét példán keresztül. Vegyünk egy térképet, ami egy adott területre és időintervallumra számolt talajvízvízszint mélységet mutatja. A térkép mögötti adatrendszer a vízföldtani modellezés eredményeként előálló adatrács (2D felületmodell), ami a komplex hidrogeológiai modell (3D térmodell) és a beszivárgás-eloszlás (2D felületmodell) felhasználásával készült. Az alábbiakban a teljesség igénye nélkül felsorolunk néhány jellemző tulajdonságot, ami az egyes hierarchiaszintekre jellemző:

Térképi metaadatok:

Térkép azonosító: MAP_VT_CC_61_65
 Cím: Számított ötéves átlagos talajvíztükör a CARPATCLIM adatbázis alapján, a 1961-1965 időszakra.
 Kulcsszavak: NATÉR, talajvíztükör, vízföldtani modell
 Terjesztő: Magyar Geológiai és Geofizikai Intézet (MFGI)
 Publikáció dátuma: 2015-12-31
 Méretarány: 1:500000
 Kapcsolódó mintavételi alakzat: SGM_talajvizszint_1 (felületmodell)
 Hozzáférés: nyilvános
 WMS szerver: <http://xxx.vyv/wms>
 WMS réteg: VT_CC_61-65

Mintavételi alakzatok metaadatai:

Azonosító: SGM_talajvizszint_1
 Alakzat típusa: felületmodell
 Geometria: POLYGON((427500 45000, 937000 45000, 937000 362500, 427500 362500, 427500 45000))
 Kapcsolódó mintavételi alakzat: input,SGM_hidrogeologiaiModel.hu_1 (térmodell)
 Kapcsolódó mintavételi alakzat: input,SGM_beszivargasEloszlas_1 (felületmodell)
 Nagyobb munka: CMP_nater.talajviztukor (feldolgozási kampány)
 Hozzáférés: korlátozott
 Adatkezelő: Magyar Geológiai és Geofizikai Intézet (MFGI)
 Vizsgálat: OBS_vizfoldtaniModellezes_1
 Jelentés: Talajvíztükör numerikus modellezése a NATÉR projektben, 2015.08.15

Vizsgálati metaadatok:

Vizsgálat azonosító: OBS_vizfoldtaniModellezes_1
 Feldolgozás ideje: 2015-01-01T00:00:00.000
 Feldolgozó: XY
 Megfigyelt tulajdonság: talajvízszint
 Folyamat: PRC_vizfoldtaniModellezes (modellezési folyamat általános módszertani leírása)
 Vizsgálati paraméterek:
 modelType: static
 modellingMethod: finiteDifference
 dimensions: 3
 resolution: 250 m
 verticalExtent 1750 m
 modellingSoftware visual MODFLOW 4.6
 Eredmény: RSC_talajvizDomborzat_1.1,
 RSC_talajvizDomborzat_1.2

Nyilvántartási metaadatok:

Adatforrás azonosító: RSC_talajvizDomborzat_1.1
 Tartalom: paraméter rács
 Terjesztés formája: digitális példány
 Formátum: surfer grd
 Fájlnév: x://asd/sdf/talajvizDomborzat_1.1.grd

Nyilvántartási metaadatok:

Adatforrás azonosító: RSC_talajvizDomborzat_1.2
 Tartalom: izovonalas térkép
 Terjesztés formája: digitális példány
 Formátum: shp
 Fájlnév: x://asd/sdf/talajvizDomborzat_1.1.shp

A bementi adatként definiált SGM_hidrogeologiaiModel.hu_1 és SGM_beszivargasEloszlas_1 alakzatokhoz szintén tartoznak metaadatok. Az egymáshoz kapcsolódó mintavételi alakzatokból a

feldolgozási lánc rekonstruálható, és az előállítás részletei tanulmányozhatók.

3. Technológiai háttér

3.1 Az ALFA rendszer

A metaadatbázis implementációja során az MFGI által kifejlesztett Általános Földtudományi Adatbázis (ALFA) rendszert használtuk. Az ALFA fejlesztésekor az alapvető szempont az volt, hogy az MFGI INSPIRE adatszolgáltatási kötelezettségének teljesítéséhez megfelelő háttérrel biztosítson. Az INSPIRE Annex II. Geológia/Geofizika/Hidrogeológia, Annex III „Ásányi előfordulások”, és „Természeti kockázati zónák” témakörökhöz kapcsolódó MFGI-MBFH adatszolgáltatás tapasztalatai sokat segítettek a NATÉR fejlesztés során felmerülő problémák megoldásában. Ebből a szempontból nézve a NATÉR metaadat-implementáció egy speciális ALFA alkalmazás, amelyet a kívánt felhasználói funkcióknak megfelelően integráltunk a portálba.

Az ALFA motorja egy PostgreSQL-PostGIS alapú hibrid adatbázis, amely relációs adatokat és XML objektumokat egyaránt tárol. Az XML mezők elérése SQL-be ágyazott xpath() függvényekkel történik. A metaadat-leírások az ALFA XSD sémákat követik, a kereső, megjelenítő és letöltő funkciók pedig annak web szolgáltatásaira épülnek. A web-funkciók ellátását Java szervetek biztosítják. A kimeneti adatok nagy része futás közben történő XSL transzformációk eredményeként áll elő.

3.2 CS-W Katalógusszolgáltatás

Az INSPIRE keresőszolgáltatás támogatásához szabványos metaadat-katalógust üzemeltetünk. Ennek technikai háttérét a nyílt forráskódú Geonetwork rendszer biztosítja. Ez lehetővé teszi az ISO 19139 metaadatok importját, tárolását, szerkesztését és a CS-W webszervízen keresztül az INSPIRE kliensekkel történő kommunikációt (keresések, harvesting)

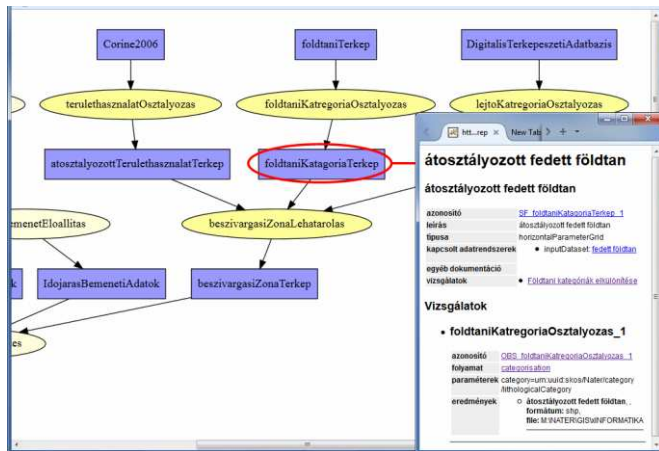
3.3 Keresőmotor

A hatékony szabad szöveges keresést Apache Lucene motor és Solr kereső szerver biztosítja. A Solr-nak indexelésre küldött dokumentumokat az ALFA adatbázisból XSL transzformációval állítjuk elő. A Solr keresések meghívása a Drupal 7.x tartalomkezelő által működtetett felhasználói felületről az ALFA-n keresztül történik.

4. Alkalmazások

4.1 Térképkereső

A metaadat-rendszer elsődleges használata a célorientált keresés támogatása. A térképekre vonatkozó összes metaadatot a rendszer ún. ALFA Map objektumokban, érvényesített XML állományok formájában tárolja. A Map objektumok halmaza egy térkép-katalógust alkot. A katalógushoz az ALFA kétféle keresési lehetőséget biztosít: attribútum szerinti és szabad szöveges keresést. Az attribútum szerinti keresésnél a következő tulajdonságok értékeire kereshetünk rá: szerző, cím, absztrakt, adatszolgáltató, témacsoport, CIVAS kategória, kulcsszó. A címben és absztraktban előforduló szövegtöredékekre, a többi tulajdonság esetén kiválasztható értékre kereshetünk. A szabad szöveges kereső tetszőleges szöveget vagy szövegtöredéket tartalmazó rekordok azonosítására szolgál. A keresések pontosítása a Lucene szintaxissal lehetséges. A találati halmaz elemei a térképek címét és rövid kivonatát tartalmazzák, valamint egy linket, ami a legfontosabb metaadatokat tartalmazó lapra mutat. A metaadat-kezelő alkalmazás a hierarchikus keresetet elfedi, abból csak a felhasználó számára érdekes adatokat és linkeket, valamint a térképekhez kapcsolódó dokumentáció elérhetőségét emeli ki, mutatja meg. A kivonatos leírásból tovább lehet lépni a Map objektum teljes leírásához. Az ALFA rendszer innen biztosítja az átjárást a térképhez kapcsolt objektumlánc



4. ábra A folyamatábra mögötti háttér objektumok előhívása a böngészőben

A feldolgozási folyamatok részletes dokumentációja több száz térképi rétegre természetesen meghaladta volna a NATÉR lehetőségeit. A leírások néhány fontosabb modellre, kísérleti jelleggel készültek el.

5 Összefoglalás

A 94/2014. (III. 21.) Kormányrendelet alapján az MGFI vezetésével és számos hazai intézmény közreműködésével megszületett a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR). A több száz térképi réteg áttekintését egy kiterjedt metaadat-rendszer segíti. A kereső funkciók támogatása mellett a metaadatok széleskörű tájékoztatást adnak a térképek tartalmáról, elkészítésük körülményeiről, és a háttérobjektumok kapcsolatairól. A nyílt térinformatikai szabványokra épülő hierarchikus metaadat-modell széleskörű felhasználói igények kiszolgálását teszi lehetővé. A téradatkészlet szintű metaadatok az átlag felhasználó számára biztosítják a rendszeren belüli gyors keresést és támogatják az INSPIRE kereső szolgáltatást (CS-W). A szakértők számára a háttéradat mintavételi alakzatként történő definiálása lehetővé teszi a vizsgálati metaadatok, feldolgozási folyamatok szabványos leírását és kezelését. Ugyanez a mód ad a feldolgozási láncok megjelenítésére, az egymásra épülő adatrendszerek és munkafázisok áttekintésére. A NATÉR metaadat-rendszere az MGFI-ben fejlesztett Általános Földtudományi Adatbázisra (ALFA) épül, ami több témakörben az intézmény INSPIRE adatszolgáltatásának alapját is képezi. Ez a későbbiekben segítheti a NATÉR adatrendszerekkel kapcsolatos további INSPIRE kötelezettségek teljesítését is.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk az Izland, Liechtenstein és Norvégia EGT-támogatásokon és a Regional Environment Center-en (REC) keresztül nyújtott anyagi hozzájárulásért, a NATÉR program finanszírozásáért, valamint az MFGI-nek az intézményi háttér biztosításáért.

Irodalomjegyzék

Simon Cox, OGC, (2010): Geographic Information: Observations and Measurements - OGC Abstract Specification Topic 20

Drafting Team Metadata and European Commission Joint Research Centre, 2013:

INSPIRE Metadata Implementing Rules: Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119

http://inspire.ec.europa.eu/documents/Metadata/MD_IR_and_ISO_20131029.pdf

Initial Operating Capability Task Force for Network Services, (2011): Technical Guidance for the implementation of INSPIRE Discovery Services

http://inspire.ec.europa.eu/documents/Network_Services/TechnicalGuidance_DiscoveryServices_v3.1.pdf

INSPIRE Cross Thematic Working Group on Observations & Measurements, (2014): Guidelines for the use of Observations & Measurements and Sensor Web Enablement-related standards in INSPIRE Annex II and III data specification development

http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.9_O&M_Guidelines_v2.0.pdf

Drafting Team "Data Specifications", (2013): INSPIRE Data Specifications – Base Models – Coverage Types, Version 1.0rc3

http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.10.2_CoverageTypes_v1.0rc3.pdf

Orosz L., Simó B., Kovács T., Sipos A., Popovics I. (2016): A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer téradat kezelése. RS&GIS

A nyilatkozat: A beküldött kézirat a feltüntetett szerzők munkája, a benne szereplő, másolt átvett információk, ábrák és egyéb anyagok szerzői mindenhol meg lettek jelölve. A cikk jelen formájában nem jelent meg más folyóiratban. A cikk Távérzékelési technológiák és térinformatika szakfolyóiratban történő publikálásával minden szerző, közreműködő és támogató egyetért. A kézirat nem tartalmaz valótlan információt, a szerzőknek nincs tudomásuk összeférhetlenségről és a kézirat feldolgozását, lektorálását, publikálását gátló tényezőről, továbbá hozzájárulnak, hogy az RS@GIS online fényképes szerzői adatbázisában szerepeljenek.

A cikk tartalmáért a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet felelős.

© 2015 by the authors; licensee RS&GIS, Hungary.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer téradat kezelése

Orosz László¹, Simó Benedek², Kovács Tamás³, Sipos Attila⁴, Popovics István⁵

¹ főosztályvezető (Geoinformatikai Főosztály), Magyar Földtani és Geofizikai Intézet; orosz.laszlo@mfgi.hu

² webGIS fejlesztő, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet; simo.benedek@mfgi.hu

³ programozó, piLINE Számítástechnikai Kft., Budapest; attila.sipos@piline.hu

⁴ programozó, piLINE Számítástechnikai Kft., Budapest; tamas.kovacs@piline.hu

⁵ adatbázis szakértő, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet; popovics.istvan@mfgi.hu

Abstract—The overall objective of the National Adaptation Geo-information System (NAGiS) project is to develop a multipurpose geo-information system that can facilitate the policy-making, strategy-building and decision-making process related to the impact assessment of climate change and founding necessary adaptation measures in Hungary. Based on statutory authorization, Government Decree No. 94 of 2014 (III. 21.) laying down detailed rules of operation of the National Adaptation Geoinformatic System, was issued in March 2014 and the General Rules of Operation of NAGiS were approved in May 2014. Based on the Decree, NAGiS will be run by the Geological and Geophysical Institute of Hungary.

The development of the NAGiS took 2.5 years. Beside the many final documents and reports three main pillars of the system can be seen and used on the web.

1. The web portal: nagis.hu
2. The webmap portal: map.mfgi.hu/nagis
3. The database portal: nagis.hu/geodat

The portals shows the results of the project. NAGiS has more than 900 data layers and ca. 650 map layers at the beginning. The layers covers the following topics: groundwaterlevel, climate, drinking water protected area, ecology, heatwave, demography, road accidents due to extreme weather, economy, land cover, climate change attitude, forestry, field production, tourism climatology, flashflood. NAGiS provides you reports, metadata, map layers and after being registered you can even reach numeric data.

The main goal was to create a flexible system that can be updated any time. New layers can be added in a very simple way in the future. Also a very important message to the users that NAGiS is not only the webportals but all the background data and the experts ready to answer more complex questions about our future.

Index Terms: NAGIS, climate change, webmap catalogue

Kulcsszavak: NATÉR, klímaváltozás, webes térképkatalógus

1. Felkészülés a változásra

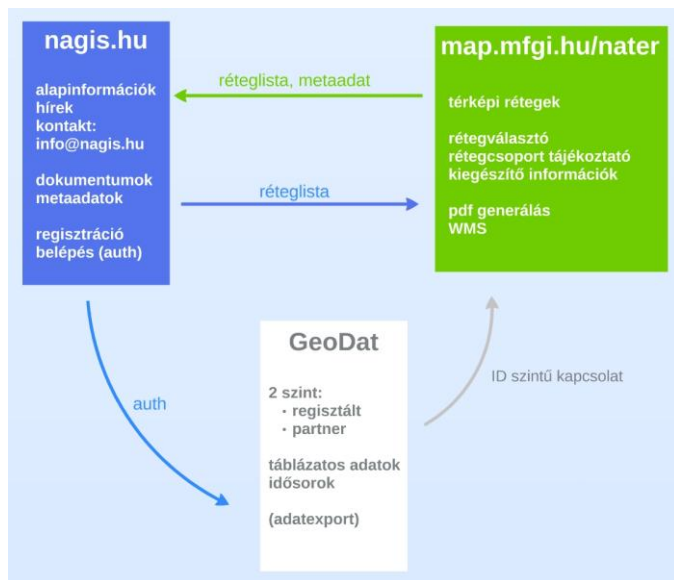
2013-ban a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS) felülvizsgálata során időszerűvé vált a Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia kidolgozásának megkezdése. Ennek részeként fogalmaztak meg egy szakmai háttérrel biztosítani képes, felhasználóbarát informatikai és térinformatikai rendszert. A megálmodott rendszer a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) – angolul National Adaptation Geo-information System (NAGiS) – nevet kapta. A rendszer építését 2014–2016. között a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI) végezte el. A projekt feladata egy olyan többcélú felhasználásra alkalmas adatrendszer kialakítása volt, amely objektív információkkal segíti a változó körülményekhez igazodó, rugalmas döntés-előkészítést, döntéshozást és tervezést.

A NATÉR létrehozásáról és működési rendjéről a 94/2014. (III. 21.) Kormányrendelet rendelkezik. A portál hivatalos elérhetősége: nagis.hu.

A 2016. május 1-jén induló rendszer több mint 900 adatrétet tartalmaz, melyek a következő fő klímaváltozásnak kitett témaköröket érintik: talajvíztűkőr, ivóvízbázis, villámárvíz, klíma, éghajlatváltozás, hóhullámok, szélsőséges időjárási helyzetek közötti balesetekre gyakorolt hatása, demográfia, gazdaság, felszínborítás, lakossági klímaváltozási attitűdök, ökológia, ökoszisztéma szolgáltatás indikátor, erdészet, szántóföldi növénytermesztés, turisztikai klimatológia. A tematikákat közel 650 térképi réteg mutatja be a felhasználóknak.

2. A NATÉR felépítése

A NATÉR három belépési ponttal rendelkező webportál-rendszerből áll. (1. ábra) Az egyik a mindenki számára szabadon elérhető NATÉR portál, a másik a térképi portál, a harmadik a GeoDat nevű, egyedi fejlesztésű adatbázis-kezelő felület. A három egység működését, felépítését, funkcióit mutatjuk be a következőkben.



1. ábra: a NATÉR portálrendszer felépítése

3. NATÉR portál: nagis.hu

A felület egy Drupal 7.x tartalomkezelő (CMS) alapú klasszikus portál. Célja az általános információk, hírek és elérhetőségek publikálása. Fontos funkciója a regisztrációs lehetőség biztosítása, mely a 94/2014. (III. 21.) Kormányrendelet értelmében részben történik csak ezen a felületen. A felhasználó kitölti a regisztrációhoz szükséges adatokat, majd a felület által generált PDF állományt kinyomtatva, aláírva és postai úton juttatja el a megadott címre. Az adminisztrációt követően a regisztrált felhasználó szintén ezen az oldalon tud belépni a rendszerbe.

A portálon található egy dokumentumtár is, mely tartalmazza a rendszer létrehozása során keletkezett kutatási zárójelentéseket, az összegző tanulmányt, a döntéstámogató tanulmányokat, PR anyagokat és hírleveleket.

Fontos része a nagis.hu-nak a metaadat-szolgáltatás és a hozzá tartozó keresőfelület. A naprakész metaadat-szolgáltatás tájékoztatást ad a rendszer részét jelentő téradatokról, a szolgáltatásokhoz történő hozzáférésről és azok igénybevételéhez szükséges feltételekről, a téradatkészletek eredetéről, pontosságáról valamint a téradatkészletekhez történő nyilvános hozzáférés korlátozottságáról és az esetleges korlátozások okairól [Sörös L. 2016]. A felület lehetővé teszi az adatrétegek keresését a rendelkezésre álló metainformációk alapján. A keresési eredmények függvényében a felhasználó eldöntheti, hogy a keresett témakört meg akarja-e tekinteni a térképi vagy az adatbázis-felületen, illetve lehetősége van egy mélyebb szintű metaadat böngészésre is.

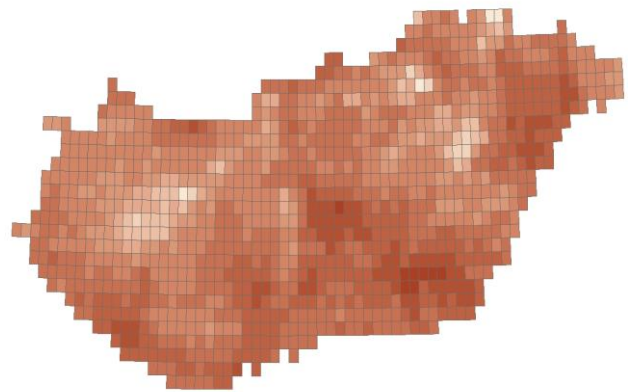
NATÉR térképi portál: map.mfgi.hu/nater

A NATÉR térképi háttere az ESRI szoftvercsaládon alapul. Ez főleg a rendszer felépítésért és működtetésért felelős MFGI geoinformatikai háttérének köszönhető. Mind szerver, mind kliens-oldalon az ArcGIS 10.3-as szoftverkörnyezetben épült fel a rendszer. A több száz térképi réteg szolgáltatói a következő szervezetekből állnak: Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Országos Meteorológiai Szolgálat, Országos Közegészségügyi Központ Országos Környezetegészségügyi Igazgatóság, Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont Regionális Kutatások Intézet, MTA Agrártudományi Kutatóközpont, MTA Ökológiai Kutatóközpont, MTA Ökológiai Kutatóközpont Ökológiai és Botanikai Intézet, Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Erdészeti Tudományos Intézet, Szegedi Tudományegyetem. A lehetőség

szerint egységes adatszolgáltatást egy részletes GIS útmutató segítségével alapoztuk meg. Az útmutató tartalmazta azokat a technikai feltételeket, melyek szükségesek voltak ahhoz, hogy egy tematika a NATÉR rendszer részévé váljon. Az adatszolgáltató partnerek eltérő módon szolgáltatták az adatokat. A feldolgozás után az alábbi területi vonatkozásokat határoztuk meg:

- közigazgatási egységekre (település, járás, kistérség, megye) vonatkoztatott adatok
- CarpatClim-HU rácpontokra vonatkoztatott adatok
- vektorizált raszterek (1×1 km-es poligon egységekkel)
- raszteres adatok

A CarpatClim-HU adatsoroknál minden esetben egyeztetettük az adatgazdával, hogy alkalmazhatók-e interpolálási eljárások, melyek segítségével a térkép olvashatóságát könnyíteni lehet. A klíma témakört leszámítva szakmai okok miatt nem támogatták az interpolálást, így az 1104, rácpontra illesztett „csempés” megjelenítés mutatja be ezeket a tematikákat. (2. ábra)



2. ábra: Példa a CarpatClim-HU rácponti alapú „csempés” térképi megjelenítésre

A klíma-retegek esetén az interpolálási ArcGIS Spatial Analyst környezetben végeztük el két eszköz (tool) segítségével, az alábbi paraméterezéssel:

- IDW (inverse distance weighted): Cellsize: 250; Power: 0.5; Search Radius (fixed), distance: 25000; (environments-processing extent: same as layer orszaghatar).
- Focal Statistics: Circle; Radius: 13 Cell; MEAN.

A NATÉR térképi rétegek méretaránya általában 1:500 000 és 1:1 000 000 közé esik. Tematikánként egységes. A NATÉR jelenlegi verziója – bár technológiailag alkalmas lenne – nem teszi lehetővé egyszerre több tematikus réteg megtekintését, egymásra hívását. Erre a döntésre azért volt szükség, mert szakmailag nem volt vállalható, hogy a tematikák bármilyen kombinációban egymás mellett megtekinthetők legyenek. Nem csak az esetleges méretarány-eltérések okán, hanem a szakmailag indokolatlan, megalapozatlan kombinációk miatt sem. Ugyanakkor jogos elvárás, hogy a rendszer kezelje ezt a problémakört. A NATÉR lehetséges fejlesztési lehetőségei között szerepel is ez a témakör. (A térinformatikus szakemberek a WMS szolgáltatások segítségével könnyen egymásra tudják hívni már most a rétegeket.)

A térképi előkészítés az MFGI belső hálózatán zajlott. Témakörönként egy File Geodatabase (fgdb) tartalmazza az adatokat. A fgdb-ekben lévő feature class-ok (fc) nevezéktana egységes. Minden fc-nak egyedi neve van. Ezt az egyedi – kódszótár alapú – azonosítót használjuk az adatrétegek metaadattal és a nem térképi adatokkal való összekötésénél is. Ennek köszönhetően minden NATÉR tematika a teljes rendszerben egységes módon definiálható, meghívható.

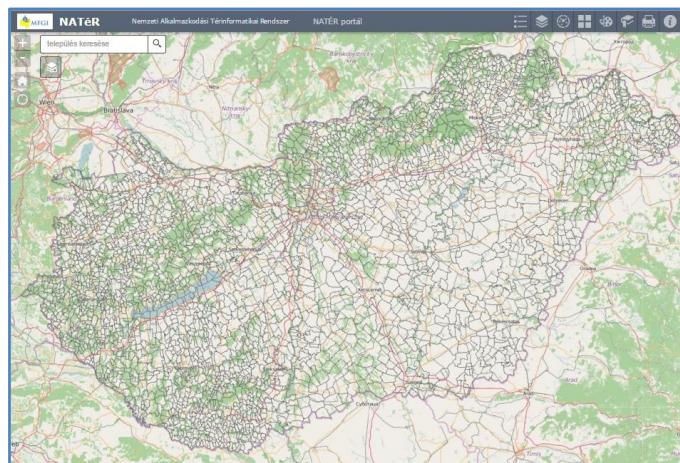
A fgdb-ekhez több mxd tartozik. Ezek az mxd-k tartalmazzák azokat a megjelenítési beállításokat, melyek a webes publikáláshoz szükségesek. Fontos szempont volt, hogy a felhasználó/térképolvasó a réteg neve, a jelmagyarázat és adott

esetben az infó gomb – mely a térképre kattintással automatikusan információt jelenít meg az adott objektumról – segítségével minden szükséges tájékoztatást megkapjon a tematika értelmezéséhez.

Az így előkészített térképi tematikákat a webes publikálás előtt át kellett vetíteni EOVBól Web Mercator vetületbe, ami a webes térképek legelterjedtebb vetülete.

Az elkészült mxd kiterjesztésű állományokból ArcGIS Server segítségével jöttek létre a térképi alkalmazás alapjául szolgáló rétegek. A metaadat-szolgáltatáshoz szükséges alapok is ebben a folyamatban alakultak ki. Az elkészült térképi rétegeket az ArcGIS Server REST interfészén keresztül éri el az alkalmazás.

A térképi felület (3. ábra) egy ArcGIS Server-re épült JavaScript alapú egyedi ráfejlesztéseket tartalmazó, reszponzív felületű webes alkalmazás. Az egyedi megoldásokat főleg a rétegválasztás megoldásánál kellett alkalmazni. A több száz réteg hagyományos módon történő kezelése lassúvá tette volna a rendszert. A mostani eljárás segítségével a réteg kiválasztása után kerül meghívásra a kiválasztott egyetlen térképszerviz.



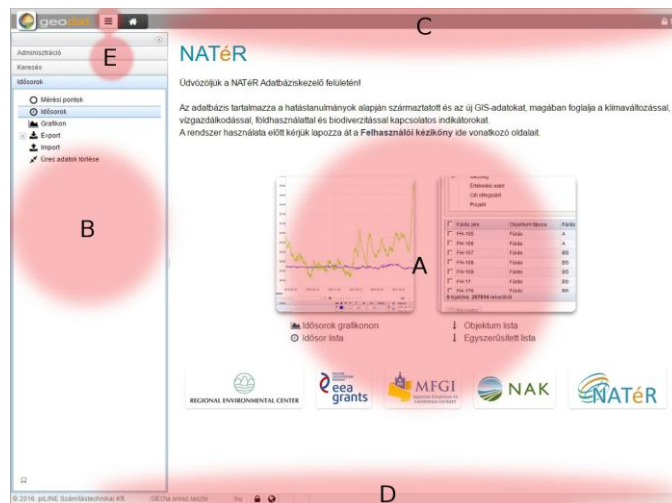
3. ábra: A NATÉR térképi portál

A térképi portál eszköztárából meghívható a látható réteghez tartozó metaadat. Továbbá sok hagyományos funkció – pl. település-keresés, alaptérkép-választás, vázlatkészítés – túl egy paraméterező exportfunkció is segíti a felhasználást. A teljes funkcionalitásról a NATÉR felhasználói kézikönyve ad tájékoztatást.

Minden térképi réteghez tartozik WMS szolgáltatás, melyekhez az elérési út a metaadatok között megtalálható.

Az adatbázis portál: GeoDat

A NATÉR GeoDat egy böngészőben futó alkalmazás, amellyel a NATÉR rendszerben lévő adatokat jeleníthetünk meg táblázatos vagy grafikus (idősoros esetén) formában. Megfelelő jogosultság esetén a felület segítségével az adatok karbantartása is lehetséges.



4. ábra: A GeoDat kezdőképernyője és fő területei. A - Munkaterület, B - Funkcióindító sáv, C - Navigációs sáv, D - Státusz sor, E - Menü gomb

A GeoDat mögött egy Microsoft SQL szerver tárolja az adatokat. Az adatmodell központi entitása egy térbeli vonatkoztatási hellyel rendelkező objektum. Az objektumhoz tartoznak törzsadatok, attribútumadatok és idősoros adatok. Törzsadatok alatt az objektumok alapadatait értjük (pl. név, jel, koordináták, típus). Ha változás történik, az előző entitás archiválásra kerül, így később is megtekinthető, összevethető a jelenlegi állapottal. Az attribútumadatok egy általános adattárolási modell (entitás-attribútum-érték, EAV) alapján kerülnek rögzítésre több tábla segítségével. Az attribútumtáblák az alábbi öt adatkört tárolják:

- objektum-azonosító
- idő: a mérés/észlelés ideje
- paraméter-azonosító: a mért/észlelt paraméter azonosítója
- paraméterérték: a mért/észlelt paraméter értéke (numerikus vagy szöveges adat)
- megjegyzés: minden egyéb kiegészítő információ

Ez a megoldás lehetővé teszi bármilyen témakör tárolását. A NATÉR témakörök szinte mindegyike attribútumadatként tárolható. Az idősoros adatok is tárolhatók lennének ebben a szerkezetben, de ott a felhasználás módja (ti. egyszerre kell az egész adatkört mozgatni) indokoltá teszi az eltérő adattárolást. Az idősoros adatok jellemzői, hogy egy objektum egy attribútumához nagy számú (a NATÉR esetében több tízezer) adatot tartalmaz. Tipikus idősoros adat pl. a vízállás vagy hőmérséklet-rögzítés során keletkező adatsor.

A GeoDat alkalmazást a piLINE Kft. fejlesztette a NATÉR igényeinek megfelelően. Az alkalmazás alapja egy Java EE kompatibilis alkalmazásszerver. Ez egy Java alapú szoftverplatform, ami vállalati környezetben elfogadott egységes API-t és futtató környezetet kínál. A böngészőben futó felhasználói felület a Dojo Toolkit (vezérlőelemek) és a Dygraphs (idősoros diagramok) felhasználásával készült.

A felület csak a NATÉR regisztrált felhasználói számára érhető el. A munkaterületen (4. ábra) objektumokat és idősorokat lehet keresni összetett szűrési beállítások segítségével. A szűrések paraméterezhetők valamennyi attribútumadatra is. A felületen szabályozható, hogy az eredménylista milyen mezők adatait tartalmazza. Nem szükséges megjeleníteni minden mezőt, mely alapján a szűrés történt. Az eredménylista egy teljes képernyőt betöltő mátrix, amely az eredményrekordokat tartalmazza. A lista tulajdonságai:

- oszlop/attribútum szerint újrendezhető
- oszlopok sorrendje paraméterezhető, szélessége állítható
- attribútumcellák értéke azonnal módosítható, a korábbi adat ekkor sem törlődik, hanem naplózásra kerül és visszakereshető lesz
- a lista sorai kijelölhetőek további művelethez
- „végtelen” lista: a teljes találati lista lapozás nélkül, a görgetősávot használva bejárható

Az eredménylista exportálható Excel formátumban.

Az eredménylista bármely soráról eljuthatunk az adott objektum „törzslapjára” (5. ábra). A törzslapon megtalálható az objektumhoz tartozó minden törzssadat, valamint fülekre osztott paneleken az attribútum adatok. Külön panelen van lehetőség az objektumhoz dokumentumokat csatolni. A NATÉR rendszerben jelenleg a sekélyfúrásokhoz tartozó makroszkópos leírások szkennelt jegyzőkönyvei találhatók meg.

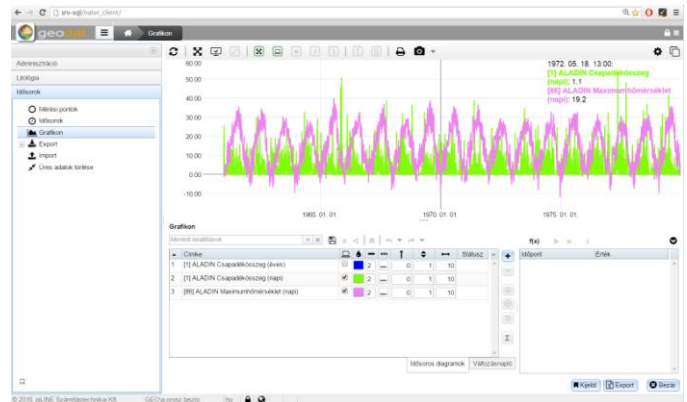
Sorrend	Dátum	Réteg teteje (m)	Réteg alja (m)	Töltött attribútumok	Attribútum csoportok
1		0.00	0.50	8	Sekélyfúrás
2		0.50	0.90	10	Sekélyfúrás
3		0.90	1.10	9	Sekélyfúrás
4		1.10	1.50	9	Sekélyfúrás
5		1.50	2.00	9	Sekélyfúrás
6		2.00	3.00	9	Sekélyfúrás
7		3.00	4.10	8	Sekélyfúrás
8		4.10	4.30	10	Sekélyfúrás
9		4.30	5.00	10	Sekélyfúrás
10		5.00	5.40	10	Sekélyfúrás
11		5.40	6.40	10	Sekélyfúrás
12		6.40	6.50	10	Sekélyfúrás
13		6.50	7.50	9	Sekélyfúrás
14		7.50	8.50	10	Sekélyfúrás
15		8.50	9.50	10	Sekélyfúrás
16		9.50	10.00	10	Sekélyfúrás
201	1981.04.23.	0.00	0.01	16	Sekélyfúrás
211		0.00	0.01	1	Sekélyfúrás

5. ábra: A 105/16-is sekélyfúrás törzslapja

Az idősoros attribútumok megjelenítése történhet grafikus formában is. Ezt külön modulall oldja meg a GeoDat. A funkció indításakor objektumokat kiválasztva a hozzájuk rendelt attribútumok közül kérhetünk többet is grafikonon megjeleníteni. A grafikon nagyítható, újabb attribútumok kérhetőek megjelenítésre, vagy eltávolíthatóak a látványból a már nem szükségesek.

Az egyes idősorok egymástól függetlenül skálázhatóak és függőlegesen eltolhatóak. További szokásos látványelemek is konfigurálhatóak, mint pl. vonal színe, felirat, vastagság. Vizuális beállítás még a folytonossági paraméter: idősoronként állítható, hogy milyen időhosszúságú adathiány jelenjen meg szakadásként a diagramon.

A létrehozott grafikonok kinyomtathatóak és exportálhatóak a képernyőn látható formában.



6. ábra: Grafikon megjelenítő

A GeoDat alkalmazás fontos része még az autentikáció és a jogosultság-kezelés. Az alkalmazás ezekkel együtt válik teljes értékűvé, mely szabályozott, ellenőrzött formában tudja a jogosultak számára elérni, szűrni, karbantartani és többféle módon megjeleníteni az adatokat.

A NATÉR-t többször hasonlították egy olyan képzeletbeli fiókos szekrényhez, melyben a fiókok száma és mérete tetszés szerint alakítható. A fentiekben bemutatott rendszer a szekrény, a váz. A váz is értékes mestermunka, de a benne lévő fiók-tematikák teszik még érdekesebbé, izgalmasabbá és a felhasználók számára vonzóvá azt. A cikk a NATÉR hivatalos átadása előtt került lezárásra, ezért egyelőre csak a készítőik csodálják a művet. Reméljük sokak érdeklődését felkelti a lehetőség, és a NATÉR mint hasznos eszköz kerül az alkalmazkodási témakörrel foglalkozók kezébe.

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció Izland, Liechtenstein és Norvégia EGT-támogatásokon és a REC-en keresztül nyújtott anyagi hozzájárulásával készült. Tartalmáért a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet felelős.

Irodalomjegyzék

94/2014. (III. 21.) Kormányrendelet a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer működésének részletes szabályairól

Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS), Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Nemzeti Alkalmazkodási Központ 2014. <http://nak.mfqi.hu/sites/default/files/files/nes080214.pdf>

Szalai, S., Auer, I., Hiebl, J., Milkovich, J., Radim, T., Stepanek, P., Zahradnicek, P., Bihari, Z., Lakatos, M., Szentimrey, T., Limanowka, D., Kilar, P., Cheval, S., Deak, Gy., Mihic, D., Antolovic, I., Mihajlovic, V., Nejedlik, P., Stastny, P., Mikulova, K., Nabyanets, I., Skyrk, O., Krakovskaya, S., Vogt, J., Antofie, T., Spinoni, J.: Climate of the Greater Carpathian Region. Final Technical Report. <http://www.carpatclim-eu.org/>

Sörös L. (2016): A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer metaadat kezelése. RS&GIS

A szerver oldali fejlesztésnél alkalmazott módszerekről:

JAVA EE:
<http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/overview/index.html>

<https://glassfish.java.net/>

<http://www.payara.fish/>

EAV:

https://en.wikipedia.org/wiki/Entity%E2%80%93Attribute-Value_model

A kliens oldali fejlesztésnél alkalmazott módszerekről:

Dojo: <https://dojotoolkit.org/>

SitePen Dgrid (táblázatok, mátrix): <http://dgrid.io/>

Idősoros grafikonok: <http://dygraphs.com>

Ikonok: <https://fortawesome.github.io/Font-Awesome/>

A nyilatkozat: A beküldött kézirat a feltüntetett szerzők munkája, a benne szereplő, mástól átvett információk, ábrák és egyéb anyagok szerzői mindenhol meg lettek jelölve. A cikk jelen formájában nem jelent meg más folyóiratban. A cikk Távérzékelési technológiák és térinformatika szakfolyóiratban történő publikálásával minden szerző, közreműködő és támogató egyetért. A kézirat nem tartalmaz valótlan információt, a szerzőknek nincs tudomásuk összeférhetlenségről és a kézirat feldolgozását, lektorálását, publikálását gátló tényezőről, továbbá hozzájárulnak, hogy az RS@GIS online fényképes szerzői adatbázisában szerepeljenek.

© 2015 by the authors; licensee RS&GIS, Hungary.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Tesztmező kialakítása az Iszka-hegyen és UAV-k pontossági vizsgálatának első eredményei

Balázsik V., Busics Gy., Engler P., Farkas R., Földváry L., Jancsó T., Kiss A., Tóth Z., Verőné Wojtaszek M.

¹ Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet.;balazsik.valeria@amk.uni-obuda.hu

Abstract—In the most recent years UAVs have become essential platform of photogrammetry and remote sensing. In spite the wide spread use of UAVs, the related accuracy issues are only partially investigated. Certainly, manufacturers calibrates the different compartments of the UAV, however no tests to analyze the capability of the whole device, as an integrated measuring system is performed in the surveying practice. In the frame of the present paper, the establishment of a UAV test field is introduced, subsequently the first test flies and the consequences drew based on them are discussed.

Index Terms: UAV, photogrammetry, test field, calibration.

Kulcsszavak: UAV, fotogrammetria, tesztmező, kalibráció.

1. Bevezetés

Az elmúlt évtizedben a fotogrammetria új korszakába érkezett: az UAV-k széleskörű elterjedésével, a felvevő berendezések és a feldolgozó számítási kapacitás folyamatos fejlődésével nagymennyiségű légi felvétel és megfelelő számítógépes háttér válik megfizethető áron elérhetővé. És bár az UAV-k nagymértékben megjelentek a geodéziai gyakorlatban is, az alkalmazásukkal végzett fotogrammetriai felmérések pontossági minősítése nem része a gyakorlatnak. Az UAV-ról végzett fotogrammetriai felmérés pontossága számos tényezőtől függ, egyrészt olyan műszaki paraméterektől, amelyek laborban kalibrálhatók (pl. kamera felbontása, elrajzolásai, GNSS-vevők pontatlanságai), másrészt a felvétel körülményeitől (pl. repülési magasság, terepi felbontás, repülési stabilitás, sebesség), amelyek a méréseket jelentősen befolyásolják, de hatásuk nehezen (vagy nem) modellezhető (Lin, 2008). Így, bár a kamera laborban végzett kalibrációjára számos módszert alkalmaznak a gyakorlatban (Pérez et al., 2011, Yanagi – Chikatsu, 2015, Tóth et al., 2005), az UAV-val végzett felmérés egy integrált mérőrendszer terméke, ezért ennek pontossági minősítésére ez nem alkalmas.

A pontossági minősítés céljára egy tesztmezőt alakítottunk ki a Székesfehérvár környéki Iszka-hegyen, amelyen az egyes hibaforrások hatásának vizsgálata helyett a mérőrendszer egészét vizsgáltuk a felmérés eredményeül kapott koordináták alapján.

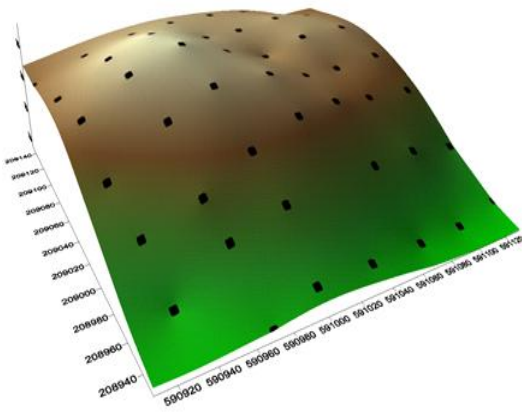
Bár világszerte alakítottak már ki komplex kalibrációs tesztpályákat (Saari et al., 2013, Tommaselli et al., 2014, Hamid – Ahmad, 2014, Tommaselli et al., 2016), hazánkban hasonló fejlesztések korábban nem történtek. Cikkünkben az UAV-val végzett geodéziai felmérés pontossági minősítése céljából kialakított tesztpálya létesítési munkáit, valamint az első teszt repülések eredményeit ismertetjük.

2. Tesztmező létesítése

A kialakított tesztmező dombvidéki területen helyezkedik el és mintegy 200 m × 200 m-es kiterjedésű. A terepen 7 × 7 = 49 pontjelet helyeztünk el, durván raszteres elrendezésben, közelítőleg északra tájolva. A tesztterület gyér vegetációval rendelkezik, alacsony fű borítja. A területen közel sík részek, enyhébb és meredekebb lejtők is találhatók; a maximális magasságkülönbség közel 20 m. A tesztmező pontjainak elrendezését és domborzati viszonyait az 1. ábra illetve a 2. ábra mutatja be.



1. ábra A tesztmező pontjainak elrendezése



2. ábra A tesztemző pontjainak domborzati viszonyai

A pontjelölésre műanyagból kialakított 50 × 50 cm-es, fekete-fehér táblákat használtuk (3. ábra). A pontjelek viszonylag nagy méretét az indokolta, hogy a terület felszínborítása homogén, nincsenek síkrajzi elemek, amely korábbi tapasztalatok alapján a képek automatikus illesztésénél gondot okozhat. A táblákat 5 ponton (sarkain és középpontján) szögekkel rögzítettük a talajba. Bár a rögzítés módja ideiglenes, minimális, összesen két pont pusztult el mintegy egy éves fennállása alatt.

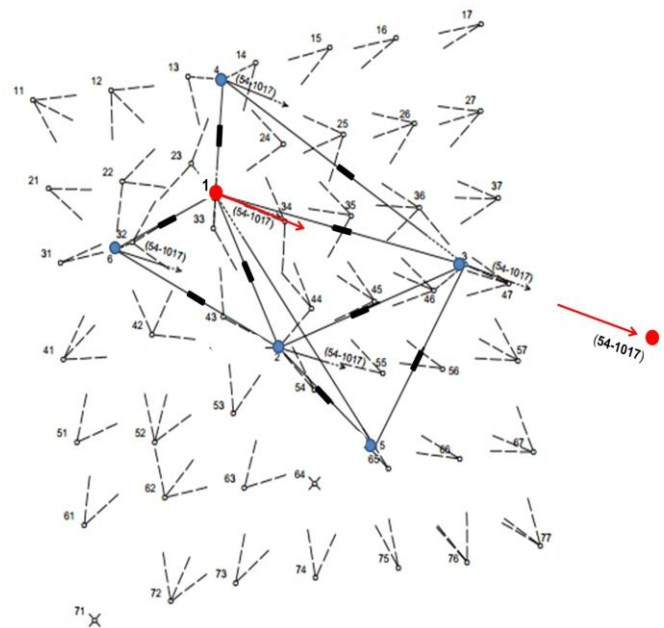


3. ábra A tesztemzőn kialakított pontjelölés

3. A tesztemző pontjainak geodéziai meghatározása

A geodéziai adatnyerést célzó UAV-k – az eddigi tapasztalatok szerint – 2–3 cm-es felbontású felvételek készítésére képesek, és (a nagyszámú felvételnek, többszörös átfedésnek köszönhetően) a feldolgozást követően is néhány cm pontosság elérése lehetséges alkalmazásukkal. Ebből adódóan a tesztemző pontjaival szembeni elvárás, hogy térbeli (vízszintes és magassági) homogén hálózatot alkossanak, középpontjaik ± 1 cm alatt legyenek. A tesztemzőn elhelyezett pontok koordinátáinak meghatározására mind mérés technikailag, mind feldolgozás szempontjából számos lehetőség van, ezeket tekinti át Busics (2016).

Az Iszka-hegyi tesztemző esetén egy tisztán mérőállomással végzett felmérés eredményét az országos hálózatban (EOV) kiegyenlítő határoztuk meg. Minden pont meghatározása legalább két, de legtöbb esetben három irány alapján történt (lásd 4. ábra).



4. ábra Az Iszka-hegyi tesztemző meghatározási terve

A kiegyenlítés eredményeül kapott koordináták átlagos megbízhatósága vízszintesen ± 0.4 cm, magasságilag ± 0.7 cm értékre adódott, maximális értékeiket tekintve a középhiba vízszintesen ± 0.5 cm, magasságilag ± 1.1 cm volt.

4. Kalibrációk eredményei

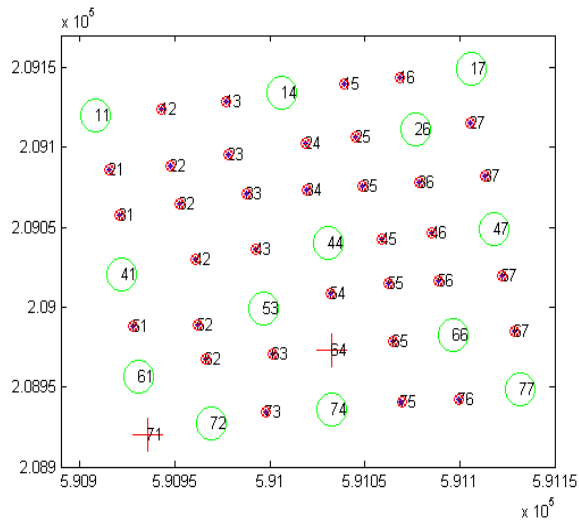
Ez idáig 5 különböző típusú UAV tesztrepülése valósult meg a tesztemző felett. Az 1. táblázatban feltüntettük az egyes repülések néhány fontosabb jellemzőjét, ügyelve arra, hogy az eszközök anonimitását megőrizzük, ezért márká helyett az egyes eszközökre sorszám alapján hivatkozunk.

sorszám	kialakítás	felbontás	kamera
1	merevszárnyú	16Mp	kalibrált
2	kopter	20 Mp	nem kalibrált
3	kopter	12 Mp	kalibrált
4	merevszárnyú	16 Mp	kalibrált
5	merevszárnyú	16 Mp	nem kalibrált

1. táblázat A vizsgálatban résztvevő eszközök néhány technikai paramétere

A repülés időzítése, a repülés útvonala, a felvételek száma, a feldolgozás módja mind-mind a tesztelésben résztvevő eszköz üzemeltetőinek döntése és feladata volt. A kalibrációt kizárólag az eredményül kapott koordináták alapján végeztük. A feldolgozáshoz a tesztemző 49 pontjából 13 pontnak, valamint a hálózatmérés során felhasznált egyik sokszögpontnak a koordinátáit megadtuk a tesztelésben résztvevőknek. Ebből tetszőleges számú pontot használhattak fel illesztéshez, de volt olyan eset is, amelynél a repülést végrehajtották a felvételeket saját GNSS méréseik alapján pozícionálták. Megjegyezzük továbbá,

hogy két pont (64-es és 71-es) idővel elpusztult. Mindezt összevéve pontossági mérőszámként a meghatározott koordináta eltéréseket, vízszintes és magassági ponthibát a 13 db illesztőpont és a 2 elpusztult pont kihagyása után fennmaradó 34 pontra számítottuk. Az 5. ábra a hálózat pontjait és azok szerepét mutatja.



5. ábra A tesztmező pontjainak elhelyezkedése, sorszáma. A zöld körrel bekarikázott pontok illesztőpontokat, a nagy, piros keresztrel jelölt pontok elpusztult pontokat jelölnek, a többi hálózati pont a statisztikák számításának helyeit képezi.

Az egyes repülések fontosabb adatai a 2. táblázatban található. Nyilvánvalóan az egyes felmérések körülményei inhomogének, hiszen mind az időjárás, mind a kezelő személyzet felkészültsége jelentősen eltérhet egymástól. Ebből a szempontból a kalibráció eredménye is inhomogén, így az esetek mindegyike az adott eszközzel, adott körülmények között megvalósított repüléssel, valamint a feldolgozással elért eredmény egészét tükrözi.

sorszám	repülés időpontja	repülési magasság	képek száma	terepi felbontás	ortofotó felbontása
1	2015.11.19.	75 m	~300	2cm	2cm
2	2015.11.26.	80 m	~250	2cm	2cm
3	2016.09.07.	116 m	16	5cm	-
4	2015.11.20.	120 m	~300	2cm	2cm
5	2016.03.13.	90 m	~170	2,3cm	3cm

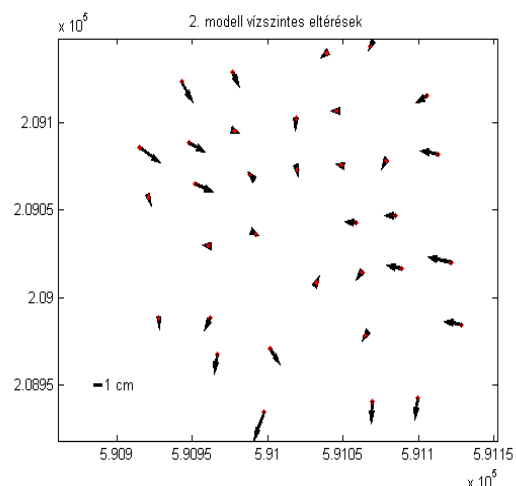
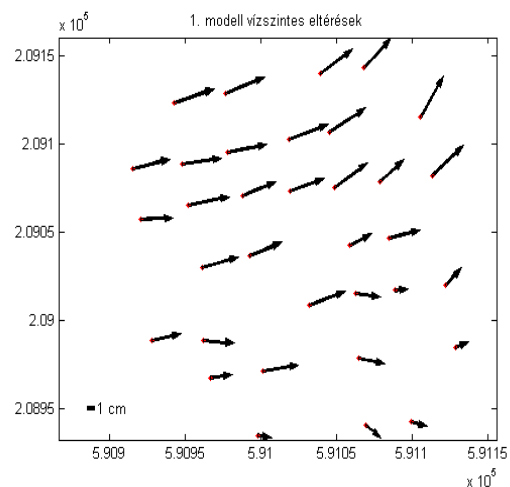
2. táblázat Az egyes repülések adatai

A 3. táblázat összegzi az egyes felmérések átlagos statisztikáit: X, Y és Z-irányú átlagos koordinátakülönbségek, vízszintes (2D) és térbeli (3D) átlagos hiba értékeket. Míg vízszintes irányban kiugró értékeket nem találtunk, a magassági koordinátákban esetenként ± 10 cm-es eltéréseket is tapasztaltunk; ezeket magassági durva hibaként értelmeztük és előfordulásuk számát a táblázat utolsó oszlopa mutatja.

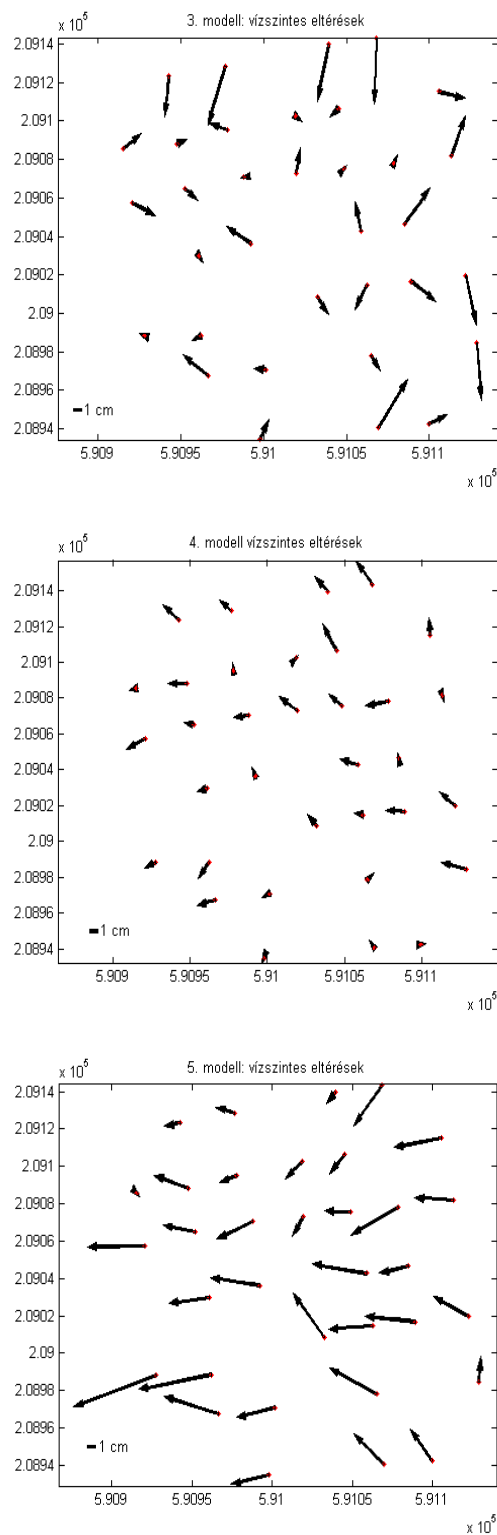
sorszám	Y-irányú hiba (cm)	X-irányú hiba (cm)	2D hiba (cm)	Z-irányú hiba (cm)	3D hiba (cm)	mag. durva hiba (db)
1	3,9	1,4	4,3	1,2	4,6	0
2	1,1	1,0	1,7	2,2	2,9	0
3	1,5	2,3	3,0	4,1	4,5	1
4	1,5	1,0	1,9	2,9	4,2	0
5	4,3	1,6	4,8	5,9	8,0	4

3. táblázat A geodéziai koordináták összehasonlításának statisztikái

A vizuális összehasonlítást az 6.-9. ábrák mutatják. A 6. ábrán az eltérés vektora látható (az 1 cm eltérésnek megfelelő léptéket a bal alsó sarokban mutatjuk). Az 1-es és az 5-ös számú UAV-k láthatóan nagyobb eltéréseket mutatnak az Y-tengely (közel kelet-nyugati) irányába. A felmérést végzők elmondása szerint a repülés kelet-nyugati irányban történt, így elképzelhető, hogy ezek az eszközök a repülés irányában pontatlanabb eredményekre képesek. A többi UAV esetében az eltérések iránya véletlenszerűnek mondható.

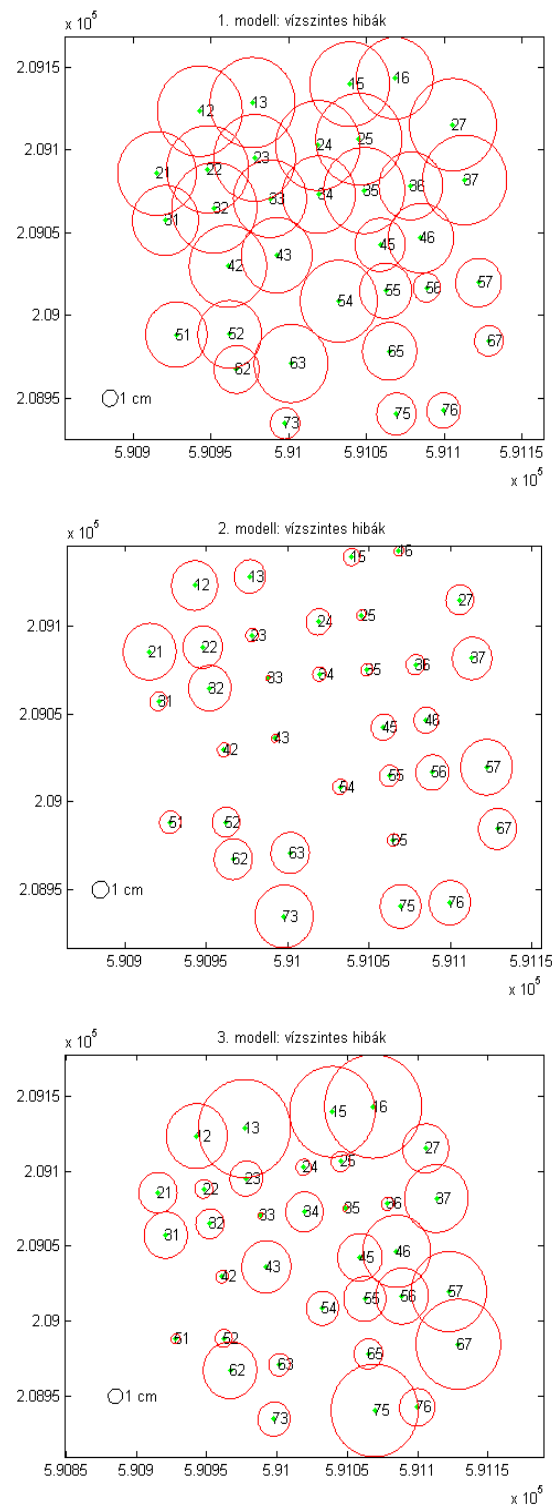


6.a. ábra Vízszintes eltérések vektora (1-2. modell)



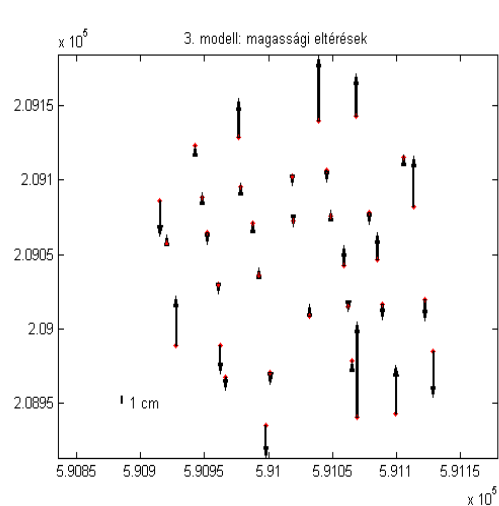
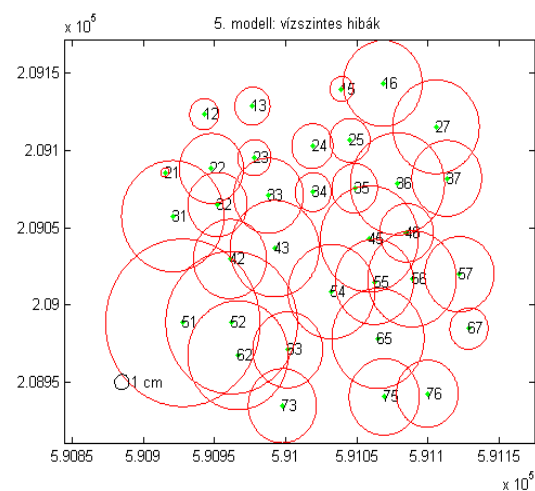
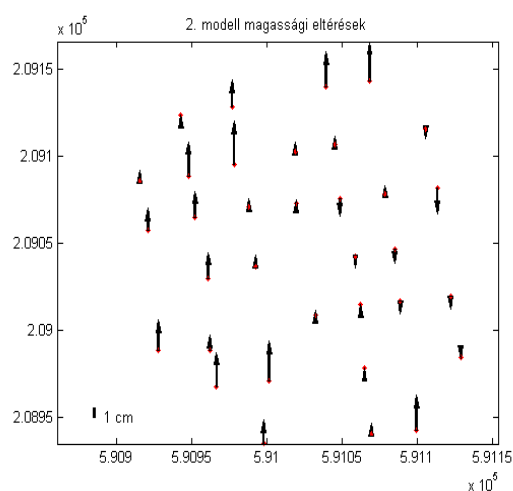
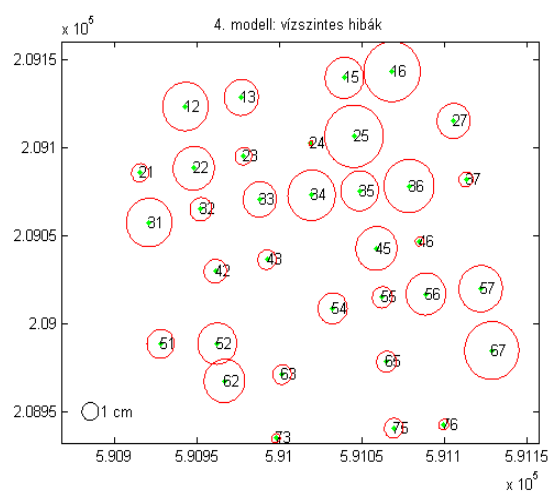
6.b. ábra Vízszintes eltérések vektora (3-5. modell)

A 7. ábrán a vízszintes hibákat a hibával arányos sugarú körökkel jelenítettük meg. Az 1 cm vízszintes hibának megfelelő kör méretét az ábra bal alsó sarkában mutatjuk. Alaposabb szemrevételezéssel a hibák nagysága némi korrelációt mutat a topográfiával (lásd 2. ábra). A 2-es és a 3-as sorszámú UAV-k a teszterület szélein általában valamivel nagyobb hibákat jeleznek, ami egy indokolt jelenség lehet, hiszen a terület szélein a pont meghatározása kevesebb kép alapján történik.

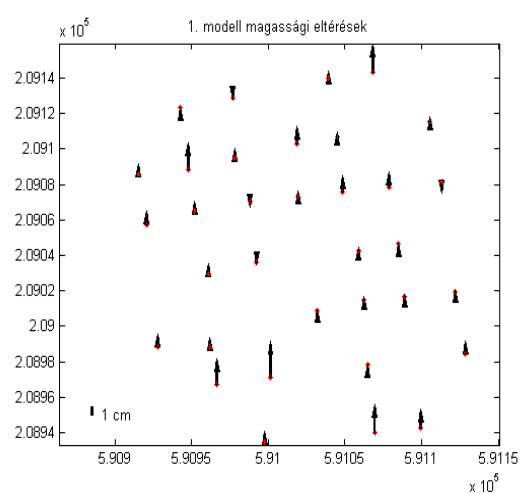


7.a. ábra Vízszintes hibák nagysága (1-3. modell)

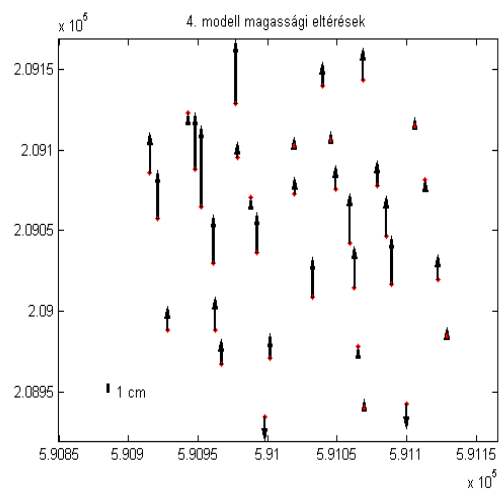
A 8-9. ábrák a magassági összehasonlítást mutatják az egyes esetekben. A vektoros megjelenítés során (8. ábra) felfelé mutató vektor esetén a meghatározott magasság a valódi érték felett, míg lefelé mutató vektor esetén az alatt adódott. A magassági eltérések vizsgálata során még figyelembe kell vennünk azt is, hogy egyes esetekben jelentős, 10 cm-t meghaladó hibát is tapasztaltunk (lásd III. táblázat), amelyek akár durva hibák is lehetnek. A 3. 4. és 5. sorszámú eszközök esetén az 5 cm-t meghaladó magassági eltérések száma nagy, amelyek közül a 4. és 5. UAV esetén az eltérések iránya némi szabályosságot mutat:



7.b. ábra Vízszintes hibák nagysága(4-5. modell)



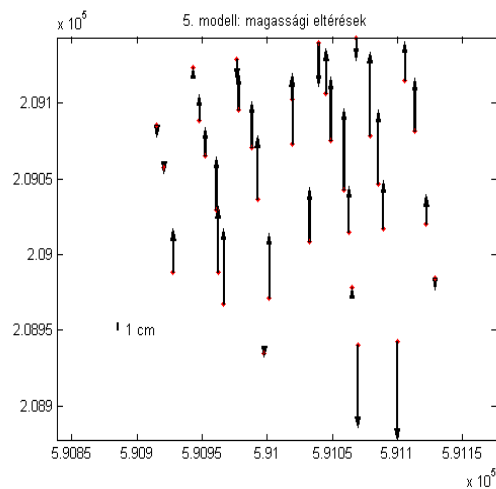
8.a. ábra Magassági eltérések vektorai (1. modell)



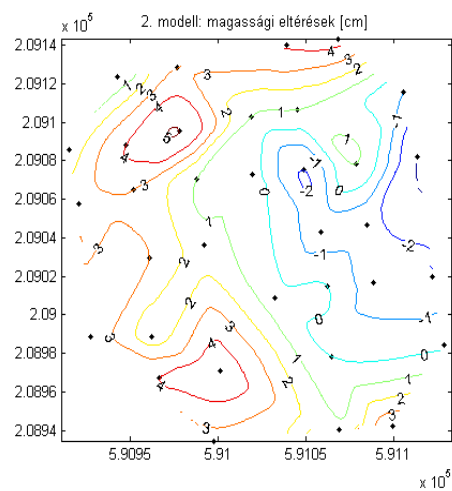
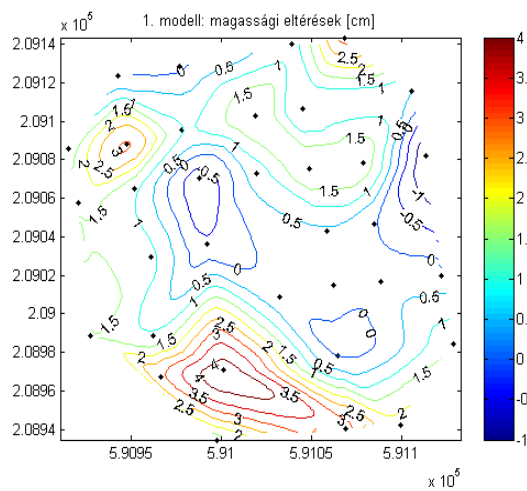
8.b. ábra Magassági eltérések vektorai (2-4. modell)

a terület északi, magasabban fekvő részén a mért értékek a valódinál magasabba, míg a lejjebb fekvő déli részen annál alacsonyabba adódtak. Érdekes még az 1-es és 2-es UAV-k által kapott magasságeltérések képe, amelyek hasonló mintát mutat-

nak; az ábrák alapján elképzelhető, hogy meredekebb terepen a magassági meghatározás pontatlanabb, mivel mind a nyugati, mind a déli lejtőn valamivel magasabb eltérések láthatók.

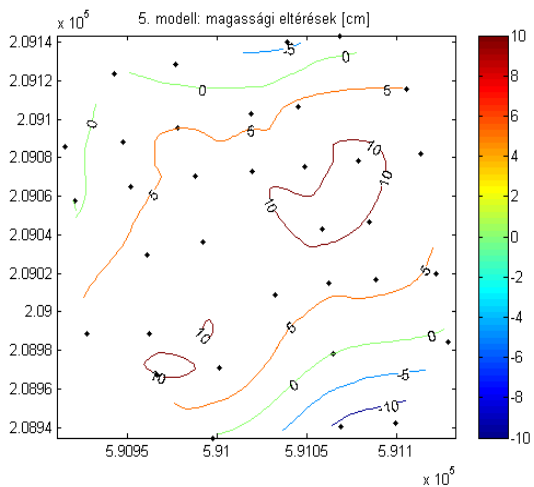
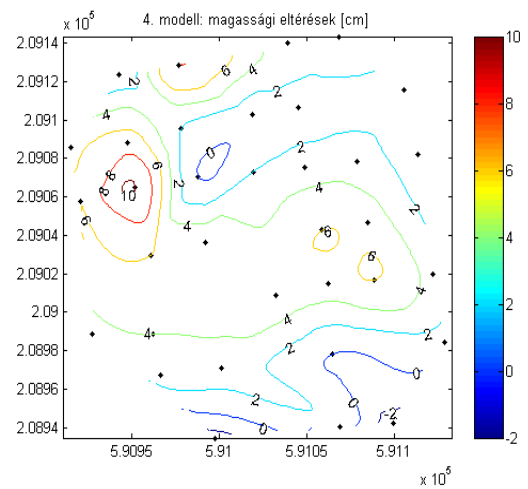
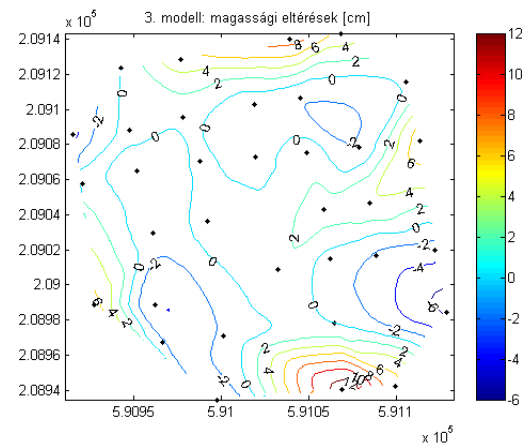


8.c. ábra Magassági eltérések vektorai (5. modell)



9.a. ábra magassági eltérések izovonalai(1-2. modell)

A vízszintes és a magassági eltérések hisztogramjait vizsgálva (nem mutatjuk) megállapítható, hogy a legtöbb esetben a hibák nem normális eloszlást követnek. Ez egyértelműen szabályos hibákra utal, még ha annak megnyilvánulásait a fenti 6-9. ábrákon nem is lehetett egyértelműen beazonosítani. A szabályos hibák szá-



9.b. ábra magassági eltérések izovonalai(3-5. modell)

mottevő jelenléte azt jelenti, hogy csak statisztikai jellemzés (mint a III. táblázat) nem elegendő a pontossági minősítéshez, annak szabályos vonásainak meghatározására további - a szabályos hiba forrásának meghatározására irányuló - vizsgálatok szükségesek.

5. Összegzés

A jelen tanulmányban bemutatott kalibrációs vizsgálat célja az UAV-k alkalmazásával végzett geodéziai felmérés hibáinak felhasználótól és külső körülményektől sem független becslése. Az első vizsgálataink alapján átfogóan elmondható, hogy a vízszintes koordináták 1-3 cm, a magasságiak pedig 2-5 cm pontossággal meghatározhatók, amelyek közül előbbi a geodéziai pontossági igényeket kielégíti, utóbbi egyes esetekben elfogadható.

A vizsgálatok további kérdéseket vetnek fel, amelyek érdekesek lehetnek mind az eszközgyártók, fejlesztők és a felhasználók számára. Így például további vizsgálatokra számot tartó kérdés, hogy a repülési irány mentén ténylegesen nagyobb pontatlanság várható-e (ez megfelelő repülési irány megválasztásával csökkenthető). Azt is érdemes vizsgálni, hogy a topográfia és a lejt viszonyok mutatnak-e kapcsolatot a hibákkal. A magassági meghatározás még kritikusabb kérdéseket vet fel, hiszen ez esetben nagy, decimétert meghaladó eltéréseket is tapasztaltunk, amelyek durva hibára utalnak.

Összességében úgy látjuk, hogy szükség van az egyes UAV-k rendszeres kalibrációjára, pontossági minősítésre, mely a pontossági mérőszámok mellett a hibák esetleges szabályos jellegéről is információt nyújthatnak.

Irodalomjegyzék

- Busics Gy. (2016): Tesztmező kialakításának lehetséges módszerei, (megjelenés jelen konferencia kötetben)
- Hamid, N.F.A., Ahmad, A. (2014): Calibration of high resolution digital camera based on different photogrammetric methods, 8th International Symposium of the Digital Earth (ISDE8), IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science Vol. 18, paper 012030, doi:10.1088/1755-1315/18/1/012030
- Lin, Z. (2008): UAV for Mapping – Low Altitude Photogrammetric Survey. The International Archived of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVII. Part B1, Beijing, China
- Pérez, M., Agüera, F., Carvajal, F. (2011): Digital camera calibration using images taken from an Unmanned Aerial Vehicle, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-1/C22
- Saari, H., Pölonen, I., Salo, H., Honkavaara, E., Hakala, T., Holmlund, C., Mäkynen, J., Mannila, R., Antila, T., Aki-Järvi, A. (2013): Miniaturized hyperspectral imager calibration and UAV flight campaigns. Proceedings of SPIE 8889, Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites XVII, 888910
- Tommaselli, A. M. G., Marcato Junior, J., Moraes, M., Silva, S. L. A., Artero, A. O. (2014): Calibration of panoramic cameras with coded targets and a 3D calibration field. Int. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 3, W1
- Tommaselli, A.M.G., Berveglieri, A., Oliveira, R.A., Nagai, L.Y., Honkavaara, E. (2016): Orientation and Calibration Requirements for Hyperspectral Imaging Using UAVs: a Case Study, ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-3/W4, pp.109-115
- Tóth Z – Mélykúti G – Barsi Á (2005): Digitális videokamera kalibrációja, Geomatikai Közlemények, Sopron, No. 8., pp. 297-302.
- Yanagi, H., Chikatsu, H. (2015): Camera calibration in 3D modelling for UAV application, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-4/W5

A nyilatkozat: A beküldött kézirat a feltüntetett szerzők munkája, a benne szereplő, mástól átvett információk, ábrák és egyéb anyagok szerzői mindenhol meg lettek jelölve. A cikk jelen formájában nem jelent meg más folyóiratban. A cikk Távérzékelési technológiák és térinformatika szakfolyóiratban történő publikálásával minden szerző, közreműködő és támogató egyetért. A kézirat nem tartalmaz valótlan információt, a szerzőknek nincs tudomásuk összeférhetlenségről és a kézirat feldolgozását, lektorálását, publikálását gátló tényezőről, továbbá hozzájárulnak, hogy az RS@GIS online fényképes szerzői adatbázisában szerepeljenek.

© 2015 by the authors; licensee RS&GIS, Hungary.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Tesztmező kialakításának lehetséges geodéziai technológiái

Busics György

Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet; busics.gyorgy@amk.uni-obuda.hu

Abstract—This paper summarizes the possible surveying technologies to get precise coordinates for test field points. The accuracy of RTK GNSS method is not suitable in this situation. The recommended technology is to create horizontal and vertical surveying micro net with angles and distances measuring with total station. The micro net must be adjusted as free network or constrained network. In the constrained case the 2 given points we can get from RTK GNSS or other GNSS method (among these for example PPP).

Index Terms: test-field, GNSS technology, surveying network

Kulcsszavak: tesztmező, GNSS technológia, geodéziai hálózat

Bevezetés

Az UAV-k minősítését szolgáló tesztmezővel szemben számos elvárást fogalmazhatunk meg. Legyen nyílt, repülésre alkalmas, változatos domborzatú területen; legyen könnyen megközelíthető; a pontjellek megfelelő méretűek, mozdulatlanok, egyértelműen azonosíthatóak, jól leképződőek legyenek, fennmaradásuk hosszabb időtávon legyen biztosított, a terület felett a biztonságos és engedélyezett repülés megoldható legyen. Témánk szempontjából a legfontosabb kritérium, hogy a pontjellek helymeghatározó adatai (koordinátái, magassága) legalább olyan, de inkább egy nagyságrenddel pontosabb legyen, mint amilyen pontosság a vizsgálni kívánt UAV egységgel elérhető.

Ebben a cikkben azokat a geodéziai mérési technológiákat tekintem át, amelyekkel legalább 1 cm-es ponthiba érhető el a tesztpontok meghatározásakor.

Ilyen célból ma kétféle mérőműszert illetve mérési technológiát alkalmazhatunk: GNSS-t és mérőállomást, illetve ezek kombinációját. Bár kézenfekvő és praktikus lenne az RTK GNSS technológia kizárólagos használata, azonban az elvárt pontosságbiztosításához nem ezt, hanem a mérőállomással, hálózatos szemlélettel végzett irány- és távmérést tartom legjobb megoldásnak. Ezt röviden mikrohálózatnak nevezhetjük. A most szóba jöhető technológiák a következők.

- 1) Tisztán GNSS meghatározás
 - a. RTK módszerrel
 - b. statikus méréssel.
- 2) Tisztán mérőállomásos meghatározás
 - a. adott pontok nélkül, szabad hálózatként kiegyenlítve
 - b. az országos (nemzeti) hálózatban számítva a mikrohálózatot.
- 3) GNSS és mérőállomás együttes alkalmazása
 - a. mikrohálózat 2 darab ETRS89 pontra alapozva

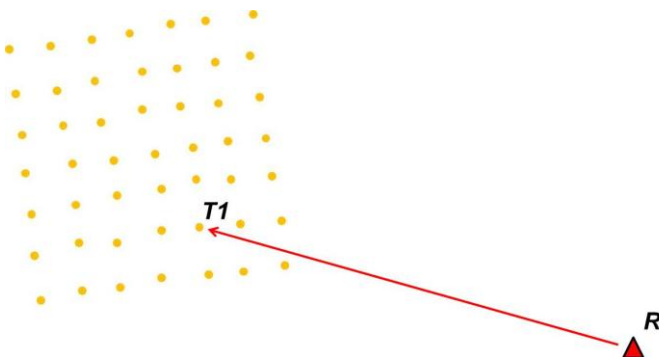
- b. mikrohálózat 2 darab ITRFyy pontra alapozva.

1. A tisztán GNSS technológia sajátosságai

A GNSS technológiák közül az RTK módszer vagy a statikus mérés jöhet szóba. Az RTK-t használhatjuk saját bázisvevővel (ún. hagyományos RTK), vagy átvett referenciával (egy bázisos RTK, hálózati RTK). A pontraálláskor feltétlenül biztosítani kell a tartóbot függőlegességét (igazított libellával, kitámasztással, vagy a dőlés kompenzálásával).

Az RTK módszer (1.a) rövid időszükséglete és kényelme folytán ideális módszernek tűnik (így gyakran használják illesztőpontok meghatározására), de tesztpontok mérésére nem ajánlott, mert pontossága erre a célra nem megfelelő. Nem felelnék meg ugyanis annak az alapvető elvárásnak, hogy a hibátlannak elfogadott viszonyító pont egy nagyságrenddel pontosabb legyen, mint a vizsgálandó érték. Különösen magassági értelemben lehetnek az elvárásokat lényegesen meghaladó (több centiméteres vagy akár deciméteres) hibák. Ez akkor is így van, ha többször, több különböző időpontban, ismételt inicializálással mérjük meg a pontot, kitámasztott tartórúddal.

A statikus módszer (1. b) pontossága alapján alkalmas lehet tesztpontok mérésére. A gyakorlati megvalósítást tekintve azonban mégsem javasolható ez a megoldás, mert itt olyan hosszú mérési időt kellene betartani, ami gazdaságtalanná teszi a mérést. Egyszerre több, azonos típusú geodéziai vevőt kellene használni, több, hosszú időtartamú mérési periódusban mérve a tesztpontokat. Minden GNSS pontmeghatározás egy térbeli vektor mérését jelenti. Mivel itt is fölös mérésekre kell törekednünk, több referenciavevő és több mozgó vevő hegyidejű használata lenne kívánatos.



1. ábra A tesztmező $T1$ pontja (és az összes többi pont) helyzetét az R referenciaponthoz képest adjuk meg. Ideális lenne több referenciapont és több mozgó vevő használata egyidejűleg. Fontos ismerni és pontosan megadni a referenciapont vonatkoztatási rendszerét.

Az említett hátrányok ellenére, mégis fontos lenne, hogy a GNSS térbeli vonatkoztatási rendszerében is megadjuk a tesztpontok

koordinátáit. Egyrészt azért, mert az UAV-k navigációja is ilyen rendszerben történik, másrészt pedig egyes UAV-k eleve RTK rendszert használnak helymeghatározásra. Az ilyen, ún. illesztőpont nélküli megoldásnál, amikor a repülés során saját RTK rendszert használatos, nagyon fontos, hogy referenciapontnak ugyanazt a pontot, ugyanazon koordinátákkal adjuk meg, mint a teszterület meghatározása során.

Tisztában kell lennünk a vonatkoztatási rendszer fogalmával, az alkalmazott rendszer gyakorlati megvalósításával is.

Minden nagy pontosságú GNSS technológia relatív, azaz egy (vagy több) a térbeli vonatkoztatási rendszerben ismert referenciaponthoz viszonyítva történik a helymeghatározás. Magyarországon (és Európában) az ETRS89 a hivatalos vonatkoztatási rendszer, amelyet a gyakorlatban a terepi OGPSH pontok vagy a FÖMI KGO által üzemeltetett referenciaállomások valósítanak meg.

Bármilyen GNSS technológiát használunk, az eredményül kapott koordináták először ETRS89 rendszerben keletkeznek. Ezek a koordináták azonban nem tekinthetők WGS84 koordinátáknak, ugyanis a WGS84 az amerikai GPS vonatkoztatási rendszere, amely gyakorlatilag a nemzetközi földi vonatkoztatási rendszerrel (ITRFyy) azonos. Az eltérés a két rendszer között az eurázsiai táblalamez folyamatos eltolódásából adódik, ami évente 2,5 cm körüli érték, így ma kb. 70 cm az eltérés vízszintes értelemben az ETRS89 és a WGS84 között. Ez az eltérés ismert transzformációs paraméterek alapján figyelembe vehető, ha szükséges.

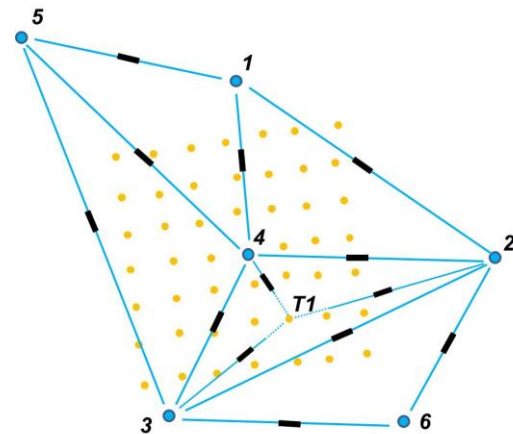
A másik kérdés, ami a GNSS technológia használatok problémaként felmerülhet, a helyi rendszerben való transzformáció kérdése. Ha ismertek az ETRS89 és a nemzeti (országos) vízszintes és magassági vonatkoztatási rendszerek közötti helyi transzformáció paraméterei (Magyarországon természetesen ismertek), akkor ezekben a rendszerekben is megadhatók a tesztpontok koordinátái. (Magyarországon például HD72 és Balti rendszerben). Ha az UAV RTK-rendszerben dolgozik, akkor arra kell ügyelni, hogy az UAV is ugyanazt a referenciapontot (ugyanazt az RTK technológiát) és ugyanazt a transzformációs módszert használja, mint amit a tesztálózat számításakor használtunk.

2. A tisztán mérőállomásos technológia sajátosságai

A tesztpontok meghatározására – a pontossági elvárásokat elsődlegesnek tekintve – a mérőállomással létesített olyan mikrohálózatot tartom legjobb megoldásnak, amelyet egyidejűleg vízszintes és magassági értelemben is mérünk. Ilyenkor a következő szabályok betartása ajánlott:

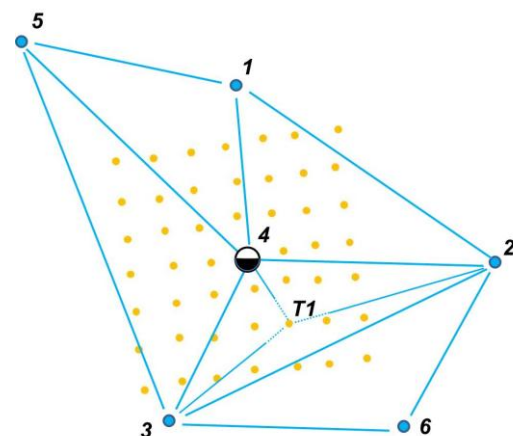
- kalibrált műszer használata (ismert összadó állandó és szorzóállandó);
- meteorológiai korrekció pontos figyelembevétele;
- kényszerközpontosan felállított műszerállványokon történő mérés;
- két távcsőállásban történő mérés;
- egyidejű vízszintes és magassági irányzás a prizmára;
- azonos műszer- és prizmamagasság (vagy a különbség pontos ismerete);
- műszerállvány vagy kitámasztott prizmarúd használata a tesztpontokon;
- megfelelő számú fölös mérés biztosítása.

A fölös adatok biztosítása nemcsak a mikrohálózat álláspontjai közötti irány- és távmérésekre vonatkozik, hanem a tesztpontokra is. Ha a tesztpontok nem műszerálláspontok, hanem poláris pontok, akkor minden ilyen poláris pontot legalább kettő, de a lehetőségek szerint kettőnél több műszerállásból célszerű megmérni, mégpedig a prizma ismételt felállításával.



2. ábra Mikrohálózat vízszintes meghatározási vázlata.

A mikrohálózat vízszintes koordinátáinak számítása, tekintettel a fölös adatok nagy számára, az egyértelmű és szabatos megoldásra, kiegyenlítéssel kell történnie. A többször mért poláris pontokat (tesztpontokat) is a hálózat részének kell tekinteni, azaz alappontként kezelni, még ha ezek nem is voltak álláspontok. A súlyozás megfelelő megadásához fontos az iránymérés és a távmérés előzetes középpontjának jó becslése, a súlyarányok reális megadása. A 2. ábra egy 6 álláspontból álló irány- és távméréses önálló (adott pontok nélküli) hálózatot mutat be. A mintának tekintett T1 tesztpontot (és természetesen a többi is) három álláspontból mértük polárisan.



3. ábra Trigonometriai hálózat magassági meghatározási vázlata.

A 2. fejezet bevezetőjében vázolt szabályok betartásával, egyidejűleg hozhatunk létre egy szabatos vízszintes hálózatot és egy szabatos trigonometriai magassági hálózatot. Ezáltal a tesztpontoknak nemcsak vízszintes koordinátáit, de magasságát is meghatározhatjuk, akár néhány mm-es középponttal. A 3. ábra ugyanazt a hálózatot ábrázolja, mint a 2. ábra, de itt a kék vonalak oda-vissza mért zenitszögeket jelentenek. Csak a 4-es ponton mértünk műszermagasságot (az összes többi állásponton a kényszerközpontos felállítás miatt erre nem volt szükség), minden pont magassága a 4-es ponthoz viszonyított. A T1 minta tesztpontra három álláspontból mértünk zenitszöget, így ennek a pontnak a magassága két fölös adattal van meghatározva.

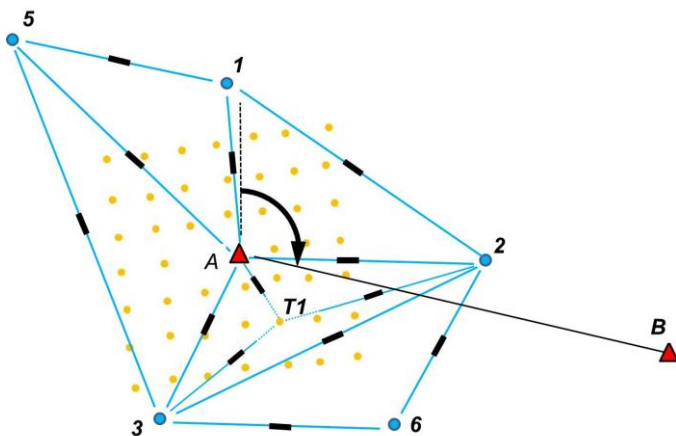
Végeredményként a tesztpontok kiegyenlített koordinátáit és magasságát kapjuk, valamint ezek középpontjait is. A számításra két lehetőség kínálkozik: önálló hálózat szabad hálózati kiegyenlítése, vagy kötött hálózat kiegyenlítése országos adott pontokra támaszkodva. A vízszintes hálózat kiegyenlítéséről, gyakorlati eseteiről (amióta ez személyi számítógéppel lehetséges) több alkalommal írtunk (Busics, Csepregi, 1992a,b).

A 2.a eljárás szerint szabad hálózatként végezzük a hálózat kiegyenlítését. Ez esetben csak egy vízszintes síkra redukáljuk a távolságokat, nem alkalmazunk alapfelületi és vetületi redukciót a távolságoknál. A magasságot is tetszőlegesen vesszük fel, egyetlen pont magasságát megadva. A végeredményt kizárólag saját méréseink befolyásolják. Bár a módszer szabatos, de hátránya, hogy a kapott koordinátáknak nincs kapcsolata az országos rendszerrel vagy a WGS84 (ETRS89) rendszerrel.

A 2.b eljárás szerint a távolságokat az országosan használt vetületi síkra redukáljuk (Magyarországon EOV-ra) és adott pontként az országos hálózat vízszintes és magassági alappontjait használjuk fel. Ezt természetesen csak akkor tehetjük meg, ha az előkészítés során az adott pontokat felkerestük, azok megfeleltetéséről, felhasználásáról, méréséről is gondoskodtunk. (A 2. ábra esetében például a 4, 5, 6 pontok lehetnének ilyen adott pontok, természetesen ennek a meghatározási terven is meg kellene jelennie a jelölésekben). Ebben az esetben azonban a felhasznált adott pontok kerethibái kedvezőtlenül hatnak a végeredményre, rontják a pontosságot. Ezért úgy célszerű eljárni, hogy csak két adott pontot használunk fel. Ha a két adott pont mért távolságában is eltérést találunk, akkor pedig csak egy pontot és a másik adott pontra menő irányszöveget fogadjuk el. Ezáltal kvázi országos (EOV) rendszerben kapjuk a koordinátákat, amelyek az ismert paraméterekkel átszámíthatók ETRS89 rendszerbe is.

3. A GNSS és mérőállomások technológia együttes alkalmazása

Mivel nem valószínű, hogy a teszt-területen megfelelő sűrűségben lennének ismert, országos alappontok (2.b eset), a mikrohálózatunk beillesztését országos vagy globális rendszerbe GNSS technikával célszerű megoldani. Ennél a 3-as számmal jelzett megoldásnál tehát mind a GNSS, mind a mérőállomás része a technológiának.



4. ábra Egy GPS-pontra (A) és egy irányra (A-B) illesztett önálló hálózat

A 3.a eljárás (és a 4. ábra) szerint a mikrohálózat két pontját GNSS technikával határozzuk meg az ETRS89 vonatkoztatási rendszerben. Ajánlott az egyik pontot a munkaterület közepén felvenni (A), a másikat pedig ettől minél távolabb, akár a munkaterületen kívül (B). Ez az utóbbi pont fogja megadni a hálózat tájékozását, ezt a pontot irányzásra használjuk (legalább egy, de több álláspontból is mérhetünk irányt). Az alkalmazott GNSS technológia lehet hálózati RTK, saját bázisos RTK, gyors statikus-, vagy statikus mérés.

A két pont ETRS89 koordinátáit átszámítjuk az országos (helyi) rendszerbe (Magyarországon EOV-be), majd a mikrohálózat kiegyenlítése a vetületi síkon történik (azaz a távolságokat erre a síkra kell redukálni). Azonban csak egyetlen pont (a munkaterület közepén lévő A pont) koordinátáit fogadjuk el fix-nek, a másik pontot csak a mikrohálózat tájékozásához használjuk. Így lényegében mentesítjük a hálózatot a

kerethibáktól, de mégis az országos (EOV) rendszerben dolgozhatunk. Itt is érvényes, hogy ha az UAV repüléshez RTK referenciapontot kell megadni, akkor az általunk meghatározott két pont valamelyikét adjuk meg ehhez, ugyanazokkal a koordinátákkal, amiket mi használtunk.

A 3.b eljárás szerint a mikrohálózat két pontját PPP (Precise Point Positioning) technikával határozzuk meg az aktuális ITRFyy vonatkoztatási rendszerben. A 4. ábrán ez az A és B pont. Lényegét tekintve ugyanúgy járunk el, mint a 3.a megoldásnál, de itt a GNSS mérés hosszú időt (akár 24 órát) vesz igénybe. Az eredményül kapott koordináták ITRFyy rendszerűek, amelyek most visszaármíthatók ETRS89 rendszerbe, onnan pedig EOV rendszerbe.

Eljárhatunk úgy is, hogy a PPP módszerrel kapott ITRFyy koordinátákhoz egy helyi vetületet veszünk fel. Ez célszerűen a WGS84 ellipszoidhoz tartozó olyan ellipszoidi sztereografikus vetület (például a Roussilhe-féle vetület), amelynek középpontja az egyik mért pont (a munkaterület közepén lévő Ajelű pont). Ezáltal mentesülünk a vetületi torzulásoktól, a távolságokat nem kell vetületre redukálni. Mivel azonban a vetület a WGS84 ellipszoidhoz tartozó érintő vetület, a távolságokat a WGS84 ellipszoid-felszínre redukálnikellene. Ezt az alapfelületi redukciót egy k vetületi méretarány tényezővel oldhatjuk meg. A k méretarány tényezőt az átlagos ellipszoid feletti magasság függvényében számítjuk. Legyen például az átlagos magasság 200 méter, akkor az egy kilométerre eső alapfelületi javítás -31 mm (31 ppm, vagy 0,999931 szorzótényező). A figyelembe veendő méretarány tényező $k=1,000031$. A végleges y, x vetületi koordinátákat a vetületi képletből számított koordináták k -szorosaként kapjuk.

Az irány- és távméréses vízszintes mikrohálózatunkat ebben az esetben is szabad hálózatként egyenlítjük ki úgy, hogy megkötyük az A pont síkvetületi y, x koordinátáit (valamilyen tetszőlegesen felvett értékben), valamint az AB irány síkvetületi irányszöveget. A trigonometriai hálózatot pedig egy olyan pont magasságának megkötésével számítjuk, amelynek ellipszoidi magasságából levontuk a geoidmagasságot. Ebben az esetben a tesztponatok síkvetületi koordinátákkal és balti magassággal adhatók meg, de megadhatók WGS84-beli ellipszoidi földrajzi koordinátákkal is.

4. Összegzés

Az UAV-k pontossági vizsgálatához tervezett teszhálózatot mérőállomással, irány- és távméréses szabatos mikrohálózatként célszerű létrehozni, szabad hálózati kiegyenlítéssel. Ezt a technológiát nemcsak elméleti megfontolások alapján, hanem a gyakorlati, mérnökgeodéziai munkák során kialakított hasonló hálózati mérések tapasztalatai alapján is tudjuk ajánlani. A gyakorlatban kipróbált szabályok betartásával elérhető az 1 cm-en belüli koordináta középhiba mind vízszintes, mind magassági értelemben. A WGS84 (ETRS89) rendszerrel és az EOV rendszerrel való kapcsolat érdekében a hálózat két pontját GNSS technikával is ajánlott megmérni és a szabad hálózatot egy ilyen pontra és a két pontot összekötő irányra illeszteni.

A Székesfehérvár környéki Iszka-hegyen létesített 49 pontos teszhálózat (Balázsik és tsai 2016) a fentebb vázolt technológiával készült.

Irodalomjegyzék

Busics Gy., Csepregi Sz. (1992a): Hálózati szemlélet a vízszintes alappont sűrítésben. Geodézia és Kartográfia, 1992/3. 157-166.

Busics Gy., Csepregi Sz. (1992b): Alsógeodéziai pontmeghatározások megoldása hálózatkiegyenlítéssel. Geodézia és Kartográfia, 1992/6. 402-407.

Balázsik és tsai (2016): Tesztmező kialakítása az Iszka-hegyen és UAV-k pontossági vizsgálatának első eredményei (jelen kiadványban).

A nyilatkozat: A beküldött kézirat a feltüntetett szerzők munkája, a benne szereplő, mástól átvett információk, ábrák és egyéb anyagok szerzői mindenhol meg lettek jelölve. A cikk jelen formájában nem jelent meg más folyóiratban. A cikk Távérzékelési technológiák és térinformatika szakfolyóiratban történő publikálásával minden szerző, közreműködő és támogató egyetért. A kézirat nem tartalmaz valótlan információt, a szerzőknek nincs tudomásuk összeférhetlenségről és a kézirat feldolgozását, lektorálását, publikálását gátló tényezőről, továbbá hozzájárulnak, hogy az RS@GIS online fényképes szerzői adatbázisában szerepeljenek.

© 2015 by the authors; licensee RS&GIS, Hungary.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

MEZŐGAZDASÁGI TERÜLETEK MONITORINGJA ÉS KÁRFELMÉRÉSEI

Pálincás Márk

Amores Robotics Kft, Budapest; palincas.mark.bela@gmail.com

Abstract: A mai mezőgazdaság mindennapjaiban már sok helyen fontos szerepet játszik a precíziós technológiák alkalmazása. Ezen technológiák közül is a pilóta nélküli légi járművekkel történő adatgyűjtés a legfontosabb, ha a tábla állapotára vagyunk kíváncsiak, az ehhez szükséges szenzorok és technológiák már rendelkezésre állnak, így akár naponta többször is adatot gyűjthetünk a területről, mindezt gyorsan és pontosan. A növénytakaró monitoringját illetve a kárfelméréseket különböző képelemzési és képkiértékelési módszerekkel gyorsan naprakészen elő lehet állítani és az agronómus szakember rendelkezésére lehet bocsájtani, aki ez alapján be tud avatkozni a táblán zajló folyamatokba, illetve módosítani tudja az alkalmazott agrotechnológiát. Jelen publikációban egy a Tök mellett található terület több éves monitoringjával, hozamtérkép összehasonlításával, és viharok elemzésével foglalkozom, ezeken felül több általunk felmért vadkár és belvíz által sújtott terület kiértékelésének eredményeit mutatom be. Az eredmények fényében kijelenthetjük, hogy mind a monitoringban, mind pedig a kárfelmérések során a távérzékelés és a térinformatika hatékony eszköze a gyors és pontos felméréseknek.

Index Terms: test-field, GNSS technology, surveying network

Kulcsszavak: remote sensing, vegetation monitoring, precision agriculture

1. Bevezetés

A XXI. század gyors technológiai fejlődése olyan lehetőségeket, eszközöket ad a kezünkbe, amelyek segítségével életünket jobbá, kényelmesebbé, gyorsabbá, biztonságosabbá tehetjük. Modern eszközök már a mezőgazdaságban is a rendelkezésünkre állnak. A világ népessége rohamosan növekszik és az emberiséget nem csak mennyiségben, minőségben is megfelelő, egészséges élelmiszerekkel kell ellátni adott, tovább már nem növelhető mezőgazdasági területről. Ezen elvárások teljesítéséhez van szükség olyan eszközökre, technológiákra, amelyekkel többet, gazdaságosabban tudunk termelni. Az ilyen eszközökön, technológiákon alapuló modern mezőgazdaságot nevezzük precíziós gazdálkodásnak. Ez a fogalom magában foglalja:

- a termelékenység növekedését,
- a műtrágyák, a talaj milyenségének megfelelő minőségű és mennyiségű kijuttatását,
- a GNSS (Globális Műholdas Navigációs Rendszer) vevőkkel irányított gépek használatát,
- a távérzékelés, a távérzékelte felvételek feldolgozását és széleskörű felhasználását (pl.: UAV, műhold).

Ezekkel a technológia megoldásokkal felszerelve, egy adott területről gazdaságosabban, a környezetet kevésbé terhelve, jobb minőségben állítható elő termény. Ahhoz hogy ezeket az előnyöket elérjük a modern módszerekkel, mindenképpen szükségünk van a kultúrnövények monitorozására, megfigyelésére, a vegetációs időszakban történő nyomon követésére természetesen távérzékelés segítségével. Ennek folyamán rá tudunk jönni, melyek azok a folyamatok, amelyek a növényben és környezetében lejátszódnak, és ezekből mi az, ami a felvételeken is egyértelműen ki tudunk mutatni. A ma fejlődésben, kialakulóban lévő pilóta nélküli rendszerekkel ez a nyomon követés még részletesebb és pontosabb képet tud adni a növény állapotáról.

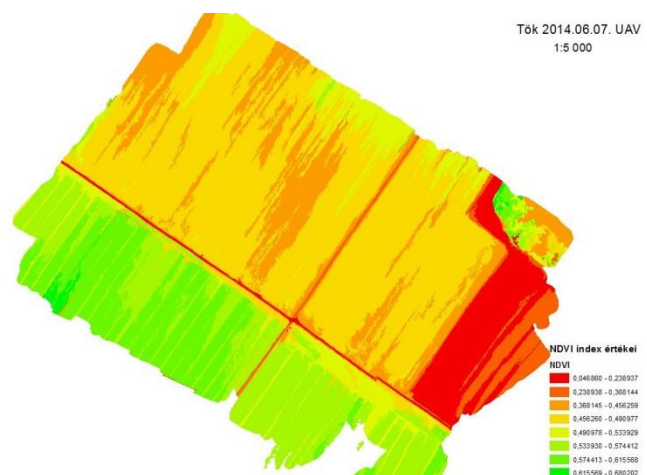
Ezekkel a rendszerekkel, naponta többször is, és akár a szuper nagy felbontású műholdképeknel is jobb felbontású felvételeket is tudunk készíteni az adott mezőgazdasági művelés alatt álló területről.

Ez a publikáció az Amores Robotics Kft. által elvégzett feladatokat és különböző mezőgazdasági felméréseket tartalmazza ebben a témakörben.

2. Növénymonitoring

Az általunk több éve monitoringozott terület a Tök település határában lévő Gyermelyi Kft által művelt táblák melyeken az idei 2016-os évtől a precíziós gazdálkodás eszközeivel gazdálkodnak.

2.1. NDVI térkép hozamtérképpel való összevetése



1. ábra A mintaterület júniusi NDVI index térképe
2014.06.07.

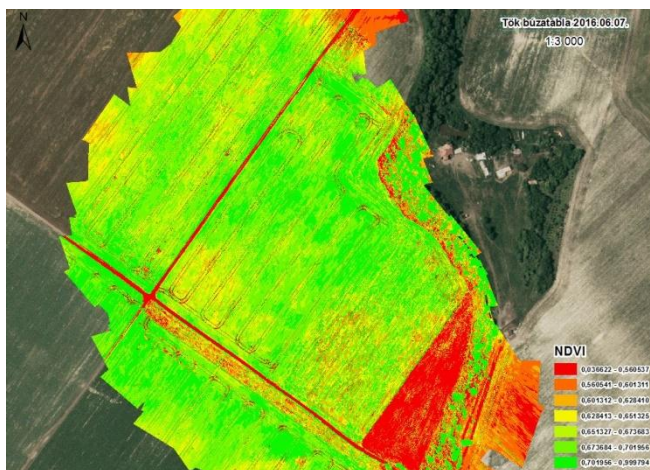


2. ábra A mintaterület hozamtérképe (kiemelt terület fedi az 1. ábrát) 2014

Az 1. ábrán látható a terület NDVI index térképe, amelyet összevetve a területről kapott hozamtérképező rendszer által készített térképpel (2. ábra) az alábbi következtetésekre jutottam:

- A hozamtérkép és a saját NDVI index térképek közti különbség alapját a térbeli felbontás és a térinformatikai feldolgozás jelenti.
- Az NDVI index még a növényzet száradása előtt készült, ezért lehet párba állítani a termés mennyiséggel. (zöld színtest nélkül nincs valós NDVI index)
- Az UAV felvétel alapján készített NDVI index térkép a hozamtérképnél nagyobb felbontással rendelkezik.
- Az NDVI index térképen egyértelműen kivehető, hogy a nagyobb értékeket felvevő szegmens jobb hozamot produkált.
- A hozamtérképen is megfigyelhetőek:
 - A tábla szélek kisebb hozamot hoztak, kisebb NDVI indexel rendelkeztek.
 - A táblában (1. ábra) észrevehetőek a művelés során kialakított forgók, (ahol a művelő gép elfordul).

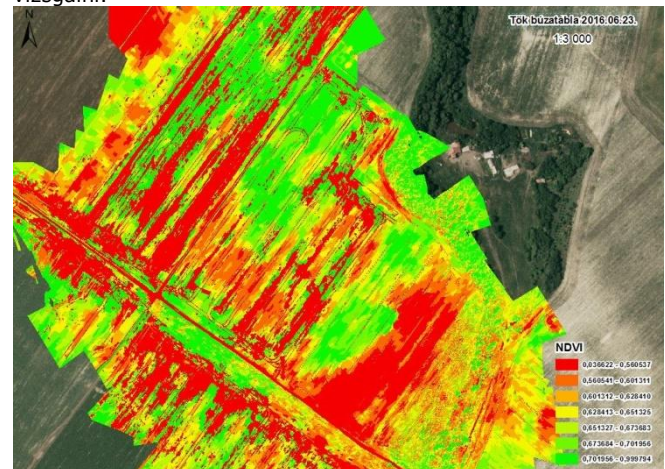
2.2. Növénymonitoring 2016 évben



3. ábra A mintaterület NDVI index térképe 2016.06.07.

A mintaterületet kéthetente újra felvételeztük, ezért szépen látszódott a növényzet fejlődése az NDVI index értékek növekedéséből. Az alacsonyabb értékű területek főleg a tábla szélén illetve a K-i részén találhatóak. A agrotechnológiai művelő utakon, amelyeket az inputanyag kijuttatáshoz használnak, a

növényzet le lett taposva, így nagyon alacsony NDVI index értékkel rendelkeznek ezek a területek. A terület nem öntözött, így az öntözés hatását a növényzet fejlődésére nem tudtam vizsgálni.



4. ábra A vihkárral sújtott mintaterület NDVI index térképe 2016.06.23.

Azaratás előtt vihkár keletkezett a búzában, amelyet automatikus képelemzéssel mértünk fel az NDVI index térkép alapján (4. ábra). A képelemzés során a területet szegmensekre bontottam, majd a szegmensek mindegyikére NDVI indexet számítottam ezek után a terület szemrevételezése után beállítottam a küszöbértéket, amely alapján a vihkár által érintett területeket egy osztályba soroltam, térinformatikai szoftver segítségével összevettem a feleslegesen különálló poligonokat és elkészítettem a 3cm felbontású RGB ortofotómoziakra a vihkár térképet (5. ábra).

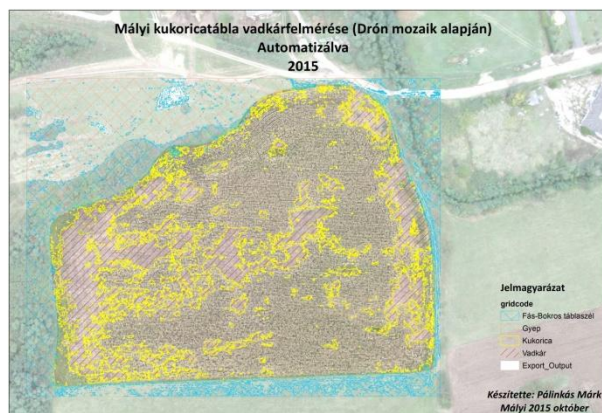


5. ábra A vihkárral érintett mintaterület térképe

A vihkár a terület 22 százalékát 1,6 hektárt érintett, a tábla e részein a betakarítás egyáltalán nem vagy nagyon kis mennyiségben volt lehetséges. A vihnem járt a környékentapasztalható átlagos nagy erősségű szélénél erősebb széllel, de a rossz időben (túlkésőn) történő inputanyag (szárszilárdító) kijuttatásnak köszönhetően a kalászos növények szára nem volt kellően erős, ahhoz, hogy ellenálljon a szélnek. A terület nem volt biztosítva vihkárra. Ha a betakarítási térkép is eljut hozzánk a megfelelő módszerekkel meg lehet becsülni a nem learatott termés mennyiségét, a korábbi NDVI index térképek segítségével.

3. Vadkárfelmérések

A vadkárfelmérések során az általunk elkészített ortofotómoziákat értékelem ki vizuális interpretációval, illetve automatikus osztályozással és képszegmentálással.



Összes felvételezett terület:	501476 m ²
Összes felvételezett mezőgazdasági terület:	37389 m ²
Károsodott mezőgazdasági terület:	13401 m ²
Károsodott mezőgazdasági terület az összes területhez képest (%):	36%

10. ábra Mályi vadkárfelmérés eredményei (automatikus módszer)

A két felmérés (9. ábra és 10. ábra) különbsége nyilvánvalóan az vizuális interpretáció aprólékosságának hiányára utal. A területen nagyon jól el lehetett különíteni a lábon állónövényzetet és a talajfelszínt, mozaik e tulajdonságát mind az automatikus mind manuális módszer során jól fel lehetett használni.

A területet hivatalos kárfelmérő is megvizsgálta az alábbi módszerekkel (idézet a jegyzőkönyvből):

„A NARIVO képviselőjével együtt, véletlenül kiválasztott kukoricasorokban 100-100 db tövet vizsgáltunk meg. A vizsgált 15 x 100 tövből a csóhiányos, állatok által kirágott vagy letaposott töveket megszámláltuk. Az alapadatokból az álló kukoricasorok károsodási százalékát határoztam meg. A NARIVO képviselőjével együtt az egybefüggő, teljesen letarolt területek térmértékét m²-ben meghatároztuk. A területen állati ürüléket és patanyomokat kerestünk, hogy a kárt okozó fajt meghatározhassuk. A terület nyugati, dombtető feletti részén, a táblával határos bozótos részen vadkiváltó helyeket kerestünk és találtunk. Az ép kukoricacsövekből mintát vettünk a termésmennyiség, illetve a termés kiesés meghatározáshoz.”

A kárbecslés a következő képen alakult (idézet a jegyzőkönyvből):

„Az összes, vetett kukoricaterület 3,58 hektár. Az állatok által okozott kár nagysága két részből tevődik össze:

Egyrészt a lábon álló kukoricaállomány területén (3,58 ha – 1,1 ha), azaz 2,48 hektáron számolt 18 % - os kárból, amely **0,45 hektárnyi terület kiesését jelenti.**

Másrészt az egybefüggően teljesen letarolt területből, amely **1,1 hektárt jelent.**

A kiesett termőterület összesen: **1,55 hektár.”**

Ezek tudatában a drónfelvétel alapján készített vadkárfelmérés nagyobb területen is alkalmazható minimális terepi bejárással, hiszen a felvétel elemzése során csak a lábon álló növényt láttam, ami számomra a nem vadkár kategóriába tartozott. Nyilvánvalóan egy kis táblában optimálisan lehet mintaterületeket kijelölni, de egy több 10 hektáros területen ez már nagy bizonytalansággal állítható csak. Véleményem szerint módszerem alkalmas nagyobb területek elemzésére is.

4. Belvíz felmérés

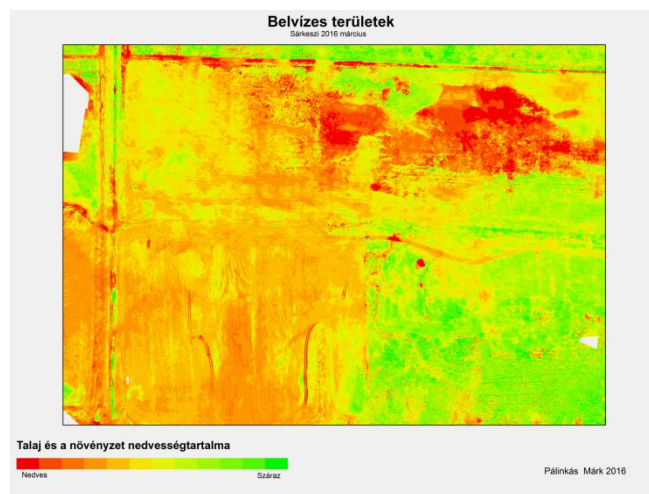
A belvíz felmérések mind a gyepgazdálkodás, mind a szántó gazdálkodás számára fontosak lehetnek, legyen szó kárfelmérésről vagy a talaj művelhetőségéről, illetve későbbi tápanyag és vízutánpótlásról.

Székesfehérvár mellett található Sárkeszi, ahogy azt a nevében is hordozza, belvizes sáros mocsaras terület. Általában kaszálóként vagy legelőként hasznosulnak a mezőgazdasági területek itt, de bizonyos helyeken szántóföldi növénykultúrákkal is foglalkoznak.



11. ábra Belvizes terület Sárkeszi mellett.

Az RGB felvételen (11. ábra) is jól láthatóak azok a területek, amelyek vízzel borítottak illetve nagyobb a nedvességtartalmuk.



12. ábra Talajnedvesség térkép Sárkeszi

Automatikus módszer során a közeli infravörös ortofotó-mozaikeket szegmentáltam és a legkisebb értelmezhető homogenitási kritériumot beállítva készítettem el a szegmentált állományt, az alkalmazott index az NDWI index volt (Normalized Difference Water Index) így nagyjából meg lehetett állapítani a víz és a talaj fény reflektancia görbéjéből a közeli infravörös és a zöld sáv segítségével, hogy az adott terület vízzel borított, vagy vízzel kevésbé, esetleg jelentősen átitatott.

A terület talajnedvességére vonatkozó számszerű információk sajnos nem álltak rendelkezésre, így a módszer nem kalibrált. A hátránya, hogy a vizes talajon álló száraz növényeket (nád) nem tudja értelmezni, ezért tartozik a száraz osztályba a térkép jobb szélén látható nádas.

5. Összefoglalás

A fentiekből kiderül, hogy a precíziós mezőgazdaság számára nem csak ortofotók készíthetők pilóta nélküli repülőeszközökkel, hanem olyan információk is kinyerhetők ezekből a felvételekből, legyen az RGB vagy akár multispektrális, amelyek az agronómus számára kulcsfontosságúak lehetnek egy adott pillanatban a döntéshozatal során.

A növénymonitoring fontos része lehet egy döntéstámogató rendszernek, illetve a differenciált tápanyag kijuttatás alapját képezheti, amely során a táblát homogén hozamúra vagy kiemelkedő termésátlagúra lesznek képesek állítani.

A vadkárfelmérésben alkalmazott módszer bizonyítottan megállja a helyét mind pontosság, mind objektivitás terén, mind egy kisebb vagy egy nagyobb táblán.

A belvízfelmérés egy kalibrálás után használható lesz vis maior esetek kezelésére is akár, könnyedén és gyorsan pontos információhoz juthatunk a terület vízzel telítettségét illetően.

A nyilatkozat: A beküldött kézirat a feltüntetett szerzők munkája, a benne szereplő, mástól átvett információk, ábrák és egyéb anyagok szerzői mindenhol meg lettek jelölve. A cikk jelen formájában nem jelent meg más folyóiratban. A cikk Távérzékelési technológiák és térinformatika szakfolyóiratban történő publikálásával minden szerző, közreműködő és támogató egyetért. A kézirat nem tartalmaz valótlan információt, a szerzőknek nincs tudomásuk összeférhetetlenségről és a kézirat feldolgozását, lektorálását, publikálását gátló tényezőről, továbbá hozzájárulnak, hogy az RS@GIS online fényképes szerzői adatbázisában szerepeljenek.

Abstract: Nowadays, applications that are based on precision technologies are playing important roles in agriculture. If we want to gather information about land parcels, then one of the most important technology is UAV remote sensing. The sensors and the technology that is needed are already available, so we can collect information about any area quickly and precisely, multiple times in a day. We can quickly create up-to-date vegetation monitoring or damage assessment with image analysis and image evaluation methods. After, we can send the results to an agronomist expert who can intervene to processes on the land parcels and can modificate the applied agrotechnologies. In this publication I want to show my work that I made in monitoring, yield map comparison and storm damage analysis at an area near Tök. Furthermore, I will show some evaluation results made by our team in connection with wild animal damage and areas strucked by inland water. Based on the results we can declare, that remote sensing and geographic information system are fast, precise and effective methods for monitoring and damage assessment.

A nyilatkozat: A beküldött kézirat a feltüntetett szerzők munkája, a benne szereplő, mástól átvett információk, ábrák és egyéb anyagok szerzői mindenhol meg lettek jelölve. A cikk jelen formájában nem jelent meg más folyóiratban. A cikk Távérzékelési technológiák és térinformatika szakfolyóiratban történő publikálásával minden szerző, közreműködő és támogató egyetért. A kézirat nem tartalmaz valótlan információt, a szerzőknek nincs tudomásuk összeférhetetlenségről és a kézirat feldolgozását, lektorálását, publikálását gátló tényezőről, továbbá hozzájárulnak, hogy az RS@GIS online fényképes szerzői adatbázisában szerepeljenek.

Távérzékelési célú képkalkotó algoritmusok összehasonlítása tartalom és szerkezet alapján

Enyedi Attila ¹, Kozma-Bognár Veronika ², Berke József ³

¹ Intézeti demonstrátor, Gábor Dénes Főiskola, 1139, Budapest, Mérnök út. 39.;
mail@attilaenyedi.com

² Mezőgazdasági szakértő, Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum Nonprofit Kft., Budapest, Keleti K. u.
24.; kozma.bognar@gmail.com

³ Főiskolai tanár, Gábor Dénes Főiskola, 1139, Budapest, Mérnök út. 39.; berke@gdf.hu

Abstract—Near the surface collected large and ultra-high-resolution aerial images, using drones today or mobile as easily can be made airworthy aircraft are recorded in the first row. These systems are mainly based on CMOS technology, the Bayer pattern based suited for taking pictures. Read between the sensor data and to display final images many operations will be performed, which is the largest device-independent part of the imaging algorithms. They greatly affect the final image parameters, such as its contents and structure. As explained below, the results of the comparative analysis of the best known and most widely used imaging algorithms in aerial photography which based on the image structure and image content own proprietary software measurements will be presented.

Index Terms: imaging algorithms, interpolation algorithms, remote sensing.

Kulcsszavak: képkalkotó algoritmusok, interpolációs eljárások, távérzékelés.

1. Bevezetés

A felszín közelében gyűjtött nagy- és ultranagyfelbontású légifelvételek napjainkban elsősorban drónok vagy könnyen mobilissá tehető repülésre alkalmas légi járművek segítségével kerülnek rögzítésre. Ezek a rendszerek elsősorban a CMOS technológiára épülő, Bayer-mintázat alapú képek készítésére alkalmasak. Az érzékelőből kiolvasott adatok és a megjeleníthető végleges kép között számos művelet kerül elvégzésre, melyek közül a legnagyobb eszköz független részt a képkalkotó algoritmusok képezik. Ezek jelentősen befolyásolják a végleges kép paramétereit, így annak tartalmát és szerkezetét. Az alábbiakban

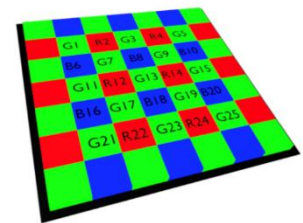
bemutatjuk, a legismertebb és leggyakrabban alkalmazott képkalkotó algoritmusok légifelvételek alapú összehasonlító elemzésének eredményeit, képszerkezet és képtartalom alapú, saját fejlesztésű programmal történő mérések alapján.

2. Elméleti háttér

2.1. Bayer filter

A mai forgalomban kapható digitális szenzorok szinte mindegyike monokromatikus, azaz nem képesek színeket megkülönböztetni.

Természetesen vannak a piacon speciális szenzorral felszerelt fényképezőgépek, melyeknél a fekete-fehér kép is elegendő információt ad, de legtöbb esetben az általános cél a színes felvételezés. Ennek a problémának a kiküszöbölésére a Kodak laboratóriumában Bryce Bayer 1975-ben beadta a szabadalmi hivatalnak az elképzelését (Bayer 1975), és 1976-ban US 3,971,065 (Bayer 1976) számon jóvá is hagyták ezt számára. Ez nem volt más, mint a Bayer-féle színszűrő (CFA – Color Filter Array) mely a piros, kék, zöld színből áll. A szűrő három szembetűnő tulajdonsággal rendelkezik.



1. ábra Bayer színszűrő elhelyezkedése a szenzoron (Berke D. et al. 2016)

Az általános Bayer színszűrő alapját négy színből álló 2x2-es mozaik alkotja (1. ábra), mely folyamatosan ismétlődik. A második alapvető eleme, hogy mindig két zöld és egy piros és kék szín van egy csoportban (R, G1, G2, B). Ennek oka az emberi látórendszerhez köthető, mivel szemünk a zöldre a legérzékenyebb. A harmadik paraméter, hogy minden fizikai pixelhez egy szín van rendelve. Minden szűrő csak a megadott szín-hullámhosszt engedi át, melynek köszönhetően egy hiányos mintarendszert fogunk kapni. Így a piros és a kék színhez pontosan 1/4 információ tartozik, míg a zöld színhez 1/2

a teljes kép felbontásából. A minta miatt kapott hiányosság kiküszöbölésére különböző interpolációs eljárásokat dolgoztak ki. Érdemes megemlíteni, hogy egyes gyártók próbálkoznak másfajta mintázattal is, de jelen cikkünk során az általános elvekre épülő 2x2-es mintázatú Bayer érzékelővel ellátott szenzorok esetén alkalmazható képalkotó algoritmusokra helyeztük a hangsúlyt.

2.2. Nyers képek

A RAW kép valójában a szenzorra jutó fényintenzitási értékeket, meta adatokat és sok egyéb kiegészítő adatot tartalmaz (Berke D. et al. 2016, Berke J. et al. 2010), képként azonban nem tekinthetünk rá. A fényképezőgépek azért, hogy kis erőforrással is meg tudják jeleníteni az elkészített RAW állományt, egy kisméretű JPG képet is tartalmaznak. A 2. ábra mutatja, ha a kinyert adatokat képpé alakítjuk, az egy monokromatikus, azaz egy csatornás plusz kerettel bővített sötét képet kapunk. Egy ilyen felvétel elkészítéséhez speciális alkalmazás szükséges, amely interpoláció és Bayer mintázat nélkül generálja a képet. Munkánk során az erre a feladatra is felkészített qChannel (Berke D. et al. 2016, qChannel, 2016) alkalmazást használtuk. A legtöbb gyártó esetében a szenzor nagyobb területtel rendelkezik, mint amennyi az effektív, felhasználó által elérhető képméret. Például a Canon EOS 5D Mark II – továbbiakban „5DmkII” - típusú fényképezőgépének teljes képpontszáma kb. 22M, míg a hasznos pixelek száma kb. 21,1M, A különbség a levágott fekete területből és egyéb pixelekből adódik.



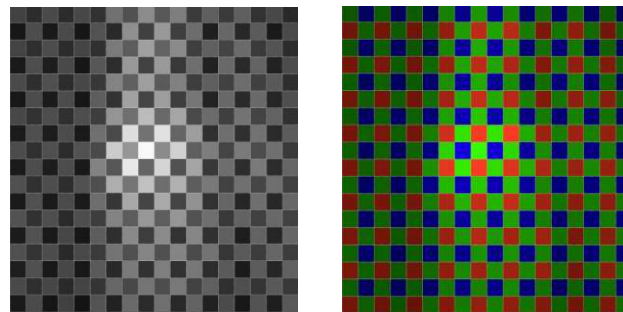
2. ábra Canon EOS 30D szenzorral leolvasott kép (Adobe Photoshop, Auto Tone-nal széthúzva)

Amennyiben 3000%-ra nagyítjuk a képet (3. ábra), láthatóvá válik a kép mozaikos felépítése, amely a különálló pixelek interpoláció előtti intenzitás-értékeinek köszönhető. Miután beállítjuk a Bayer mintát, melynek segítségével az adott intenzitásérték megkapja a megfelelő színt, egy zöldes árnyalatú, színes, 3 csatornás mozaikos képet kapunk.

A nyers kép egy jelentős paramétere a dinamika vagy árnyalat terjedelem, amely 8-16 bit közötti lehet. Napjainkban a legelterjedtebbek a 14 bites érzékelők, viszont a csúcskategóriás gépek esetén akár 16 bites CCD-k is megtalálhatóak. Általánosan jellemző, hogy a 10-14 bites szenzorok adatai is 16 bites ábrázolásban vannak tárolva.

2.3. Interpolációs eljárások

Az interpoláció bizonyos mennyiségű ismert adatból határozza meg egy vagy több ismeretlen értékét. A különbségek abban rejlenek, hogy milyen módon és sebességgel hajtja végre ezeket az eljárásokat. Nyolc különböző interpolációs eljárást vizsgáltunk, melyeket a 1. táblázatban foglaltuk össze (Berke D. et al. 2016).



3. ábra Monokromatikus és Bayer mintázatú kép (3000%-os nagyítás)

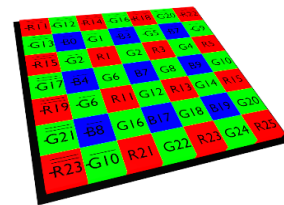
A 4. ábrán található képszeleken lévő pixelek a képhez közvetlenül nem tartozó, de a számításhoz figyelembe vett értékek (R1, G2, R3, G4, R5 és G6, R11, G16, R21) a „-” jelölést kapják, az egy felsővonással jelölt az első rendű, míg a két felsővonásos jelölés a másodrendű tagot jelöli.

A legközelebbi szomszéd alapú interpolációs eljárás során, az adott pixel első rendű legközelebbi szomszédos képpontja kerül felhasználásra. Ezek lehetnek a felette, alatta, balra vagy jobbra eső pixelek közül valamelyik. Az algoritmus a kép minden sávján (Red, Green, Blue) a hiányzó pixelértéket az adott pixeltől balra helyezkedő pixel értékével helyettesíti.

Eredeti név:	Táblázatokban, diagramon, méréseken jelölt elnevezés:
Legközelebbi szomszéd alapú interpoláció	<i>Nearest Neighbour</i>
Bilineáris interpoláció	<i>Bilinear</i>
Smooth Hue Transition interpoláció	<i>Smooth Hue</i>
Smooth Hue Transition interpoláció logaritmikus expozíciós térben	<i>Smooth Hue Log</i>
Él-érzékeny interpolációs algoritmus I.	<i>Edge Sensitive I.</i>
Él-érzékeny interpolációs algoritmus II.	<i>Edge Sensitive II.</i>
Lineáris interpoláció Laplace-féle másodrendű korrekcióval I.	<i>Laplace 1</i>
Lineáris interpoláció Laplace-féle másodrendű korrekcióval II.	<i>Laplace 2</i>

1. táblázat Interpolációs eljárások megnevezései

Például a zöld képsíkon nézve az 1. ábra alapján a G8 helyére a G7 érték kerül, a G12-es helyére a G11 és így tovább. A G6-os (1. ábra, B6-os pixel) esetében nem található baloldali szomszéd, ebben az esetben az alatta, felette vagy jobb oldalt található értéket veszi fel. Ugyanez a helyzet, ha a többi szélén lévő pixelt szeretnénk megadni. A felső szél esetén a lenti, bal vagy jobb oldali, az alsó szél esetén a fenti, bal vagy jobb oldali pixelértékek választhatók. A piros és kék képsíkon nem található semmilyen esetben sem baloldali szomszéd, mivel a pixelek átlósan helyezkednek el egymáshoz. Ezen képsíkok esetén az eltérő színű, de legközelebbi szomszédú pixelértéket vesszük, és azzal helyettesítünk. A szélső



4. ábra Interpolációs eljárás megértését segítő tábla (Berke D. et al. 2016)

értékek megadása megegyezik a zöld képsík során ismertetettével.

A Bilineáris interpoláció során a zöld pixelek kiszámításához vesszük a zöld képsík négy legközelebbi pixelértékének számtani átlagát az 1. ábra alapján. Például a $G18 = (G13 + G17 + G19 + G23) / 4$ értékkel egyezik meg. A piros-kék pixelek esetén, ha a zöld pozícióból szeretnénk helyettesíteni, akkor vegyük az azonos rétegen lévő két legközelebbi érték átlagát. Például: $B7 = (B6 + B8) / 2$ és $R7 = (R2 + R12) / 2$. Kék-pirosból piros-kék pozícióba való áttérés esetén hasonló az eljárás, de nem a kettő, hanem a négy legközelebbi pixelérték átlagát számoljuk ki. Például: $R8 = (R2 + R4 + R12 + R14) / 4$ és $B12 = (B6 + B8 + B16 + B18) / 4$. Képsízek esetén (R1, G2, R3...) a kibővített táblát kell figyelembe venni, amelyet a 4. ábra „-” jelöléssel mutat. Ezekhez a plusz pixelértékekhez csak a RAW állományból férhetünk hozzá. Az eljárás egyik nagy hibája, hogy a szomszédos képpont kezelés miatt, a zöld színek a képen túl erősek, míg a piros és kék színek túl gyengék lesznek.

A Smooth Hue Transition interpolációs eljárás hivatott javítani a Bilineáris interpoláció hibáját. A zöld pixelek számítása teljesen megegyezik a Bilineáris megoldással, de elsőként kerül kiszámításra, majd utána kerül számításra a piros és kék pixelek értékei.

A Smooth Hue Transition interpoláció logaritmikus expozíciós térben eljárás esetén is a zöld pixelek számítása megegyezik a Bilineáris megoldással. Miután a zöld pixelek interpolációs eljárása befejeződött, a kapott értékekkel felülírjuk az eredeti kép zöld pixeleit tartalmazó adatokat. Következő lépésben a pixelértékek lineáris, expozíciós terét átalakítjuk logaritmikus expozíciós térre. Ezt követően elvégezzük a (Adams, 1995) által leírt számításokat, és legvégül visszaalakítjuk az összes pixelértéket lineáris expozíciós térbe.

Fontos megjegyezni, hogy az eddig említett eljárások leginkább a szomszédos pixelek átlagolásával dolgoznak, melynek hatására „cipzár hatás” lép fel, amely az élek nem természetes átmenetét jelenti. Ezeket az eljárásokat nem adaptív algoritmusoknak nevezzük. A „cipzár hatás” kivédésére találták ki az adaptív szín interpolációs algoritmusokat, melyek némi intelligenciával felszerelve nem csak a szomszédos pixeleket nézik, de az éllel is foglalkoznak.

Az elsőként kitalált megoldás az Él-érzékeny interpolációs eljárás. Alapja, hogy megadunk egy horizontális és egy vertikális különbséget minden piros és kék pozícióba, valamint egy T küszöbértéket. A T általában a kép tartalmától és a szomszédos pontoktól függ. A Sakamoto és munkatársai (Sakamoto T. et al., 1998) szerinti egyik lehetséges érték alapján vesszük a horizontális és a vertikális irányú különbségek átlagát, majd ezt követően Adams (Adams, 1995) szerint részletezett interpolációs eljárást végrehajtjuk.

A Laroche (Laroche 1994) szerint leírt Él-érzékeny interpolációs eljárás egy másfajta szemléletet követ, mely az előbb taglalthoz képest a különbségek képzésében tér el.

Az előbb leírt Él-érzékeny interpolációs eljárások hibája, hogy az átlós éleket nem kezelik csak a függőlegeseket és vízszinteseket. Erre fejlesztették ki a Hamilton és Adams által 1997-ben (Hamilton et al., 1997) a lineáris interpoláció Laplace-féle másodrendű korrekcióval eljárást. Ez az algoritmus képes kezelni a horizontális és vertikális mellett az átlós irányú eltéréseket is.

2.4. Mért paraméterek

Méréseink során Claude Shannon amerikai matematikus által bevezetett átlagos információtartalom - Entrópia (Shannon, 1948a, Shannon, 1948b, Shannon, 1951) (rendezettség mérőszáma) mérését végeztük el Berke (Berke, 2012) és Ocskai (Ocskai, 2015) szerint leírtak alapján.

Az SFD (Berke, 2005) más néven spektrális fraktáldimenzió több, mint 100 évvel a fraktálszerkezetek megjelenése után került bevezetésre, mely kibővíti ezt és immáron már nem csak szerkezetet, de a színeket is figyelembe veszi a mérés során (Berke, 2007, Berke 2010).

Az SSRIRkep (Spatial and Spectral Resolution Image Range) (Berke D. et al., 2016) 2015-ben került bevezetésre az SSRCCD/CMOS (Spatial and Spectral Resolution Range) alapján (Berke, 2014), mellyel immáron már nem a CCD/CMOS-okat lehet egzaktul mérni, hanem a képekre vonatkozóan kapunk pontos megállapításokat és mérési lehetőségeket.

3. A tervezés folyamata

3.1. Légifelvétel alapú vizsgálat

Az interpolációs eljárások vizsgálatára saját készítésű légifelvételeket választottunk. A szerkezetet és információtartalom mérések miatt a képek kiválasztásánál több szempontra is figyelni kellett. A kiválasztás során fontos volt számunkra, hogy különböző spektrális sávokban is legyenek a felvételek, így került a választás egy gyári Canon EOS 30D – továbbiakban „30D” - típusú fényképezőgépre, amely 8,2MP-es CMOS szenzorral van szerelve és ISO 100-1600 közötti érzékenységre állítható. A 30D rendeltetésszerűen a látható tartományban (VIS) készít felvételeket, illetve ugyanebből a típusból egy átalakított változat, a közeli infravörös tartományban (NIR). Más típusú érzékelő vizsgálata is szóba került, például amely NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – Vegetációs Index) vagy hő felvételeket készít, de jobb összehasonlíthatóság miatt lényeges volt, hogy típusban megegyezzenek. Figyeltünk továbbá arra, hogy ne azonos időszakban készült képeket dolgozzunk fel, így különböző időjárási körülmények között készült eltérő évszakokat ábrázoló felvételek is megtalálhatóak. Összesen hét év tavaszi és nyári időszakát ölelik át a választott képek. A kiválasztás esetében a harmadik központi tényező a tartalom volt. Méréseink során vannak olyan felvételek, melyeken sok vagy kevés vízzel borított illetve vízmentes területek láthatóak (a víz alapvetően homogén, így más eredmény várható azon a részen), ezen kívül választottunk felhős, mezőgazdasági, épületekben és ipari területekben gazdag felvételeket is.

3.2. Labor szintű mérés

A RAW feldolgozó alkalmazások összetettsége és ismeretlen algoritmusait tekintve (minden gyártó szigorúan védi az általuk használt algoritmusok kiletét), szükségesnek láttunk egy laborszintű vizsgálat elvégzését, melyből reményeink szerint még több és pontosabb információt lehet kinyerni, vagy épp megerősítést adhat az egyéb képek mérése által adott következtetésekre. Ezeket a felvételezéseket stúdióban, a megbízható fények miatt profi digitális vakuval és egy stabil állvánnyal végeztük, így a különböző beállítású felvételek során pixel pontosan megegyező képek készülhettek. A felvételek elkészítéséhez egy 5DmkII-es típusú eszközt használtunk, mely full frame (35mm szenzor) méretű érzékelővel van ellátva. A laborban történt vizsgálatoknál fényérzékenység szempontból ISO 100-3200 közötti egész értékekkel dolgoztunk (100, 200, 400, 800, 1600, 3200).

3.3. Color Checker

A ColorChecker (ColorChecker Classic, 2015) klasszikus értelemben egy 24 színből álló színes tábla, melyen a fehértől a feketéig 6 szürkeárnyalat illetve 18 különböző szín található meg, melyeket a gyártó igyekezett a természetben előforduló színekből meríteni. Ilyenek például az emberi bőr, a fa levele valamint a kék ég színei. Az elkészített táblán lévő színek laborkörülmények között lettek bemérve, mindegyik mérete megegyezik, 6x4-es mátrixot alkotnak. A táblát úgy készítették el, hogy minden szín a látható spektrumban –fényerősségtől

függetlenül- szinte tökéletesen visszaveri a megfelelő tartományt, így minden megvilágítás mellett mérhetünk vele. Méréseink során a tábláról készült képet egészében és színenként is elemezzük.

3.4. Dark Frame

A sötét zaj és a kiolvasási zaj a legegyszerűbben a Dark Frame (Berke et al. 2010) módszerrel jeleníthető meg. A ColorChecker fotózásakor minden ISO értéknél készült a valódi tartalommal bíró kép mellett egy vele megegyező beállítással rendelkező Dark kép is.

3.5. Véletlenszerű képek

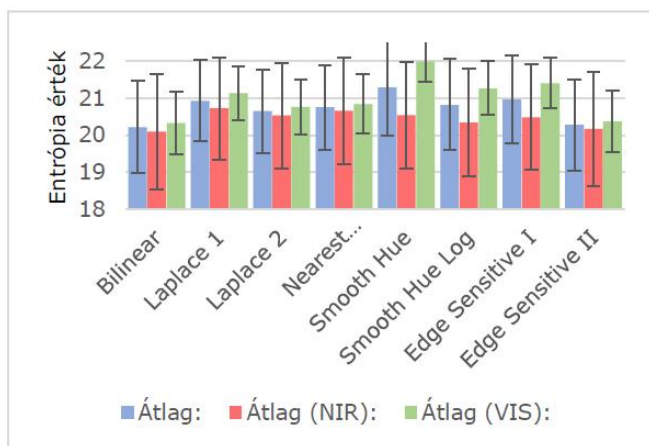
A RAW feldolgozó programok mérésénél az 5DmkII-es fényképezőgépre esett a választás, mely bár nem a legújabb eszköz a piacon, de még mindig nagy népszerűségnek örvend.

Az első gondolatunk az volt, hogy teljesen véletlenszerű képek felhasználásával fogunk méréseket végezni a programokon, de hamar kiderült, hogy ez nem feltétlen előnyös egy teszt során, hisz több különböző szempontnak megfelelő kép kimaradhat a válogatáskor. Így új megoldást keresve maradt a hagyományosnak tűnő megoldás, melynek következtében bizonyos kritériumoknak megfelelő képeket válogattunk be az 50 db feldolgozandó és lemérendő képek táborába. Figyelembe véve az érzékenység beállítását (ISO 100-6400), a kép szerkezetét (légifelvételek, égbolt, növényekkel borított képek, várfal, nagy területű homogén felület, haj) valamint azt, hogy legyenek nagy területeken sötét részek (fekete háttérű stúdió kép, éjszakai sötét égbolt). Kerestünk stúdióban és természetben készült felvételeket valamint mesterséges és napfénnel megvilágított képek is kerültek a kiválogatottak közé.

4. Eredmények

4.1. Interpolációs eljárások

4.1.1. Interpolációs algoritmusok vizsgálata információtartalom alapján

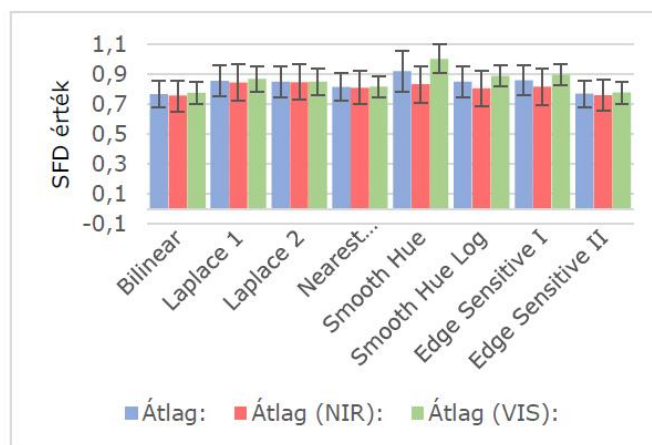


5. ábra Interpolációs eljárások Entrópia mérés eredményei

Az interpolációs képalkotó algoritmus Entrópia alapú mérése során megállapítható (5. ábra), hogy a 100 képet nézve a legnagyobb átlagos értéket a Smooth Hue eljárás éri el, amely 21,29. Amennyiben szétbontjuk a képeket látható és közeli infravörös tartományra, máris két különböző eljárás jön szóba a legnagyobb átlagos információt tekintve. A VIS esetén a Smooth

Hue (21,98), míg a NIR esetén a Laplace 1 (20,72) a legnagyobb. A NIR kamera köszönhetően annak, hogy utólag átalakított CCD-vel dolgozik, nem éri el azt az értéket, mint amelyet a VIS esetén kapunk. Valószínűleg az él-érzékes Laplace1 eljárás javítja ezt, amely Entrópia szinten is mérhető. Hasonló ok miatt van átlagosan kétszer nagyobb szórása az átalakított kamerának, amely minden képalkotó eljárás során jelentkezik. A legkisebb Entrópia értéket a Bilinear képalkotó eljárásnál mértük, amely átlagosan 20,21 volt.

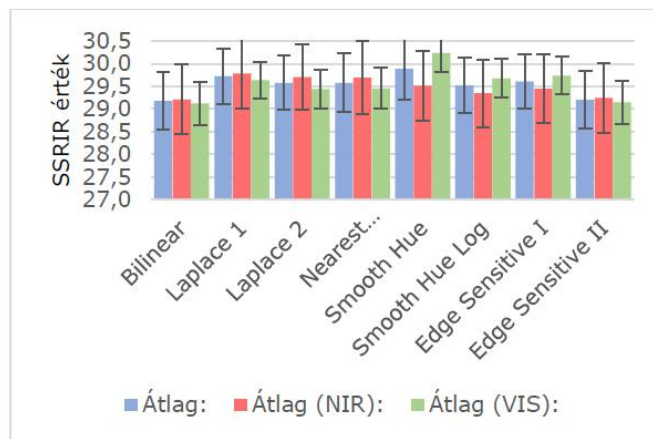
4.1.2. Interpolációs algoritmusok vizsgálata szerkezet alapján



6. ábra Interpolációs eljárások SFD mérés eredményei

Az SFD mérés (6. ábra) során VIS tartományban a Smooth Hue adta a legmagasabb eredményt (0,998), míg a Bilinear a legalacsonyabbat (0,773). Chen leírása alapján a Smooth Hue képalkotó eljárásnak kisebb a homályosító hatása (Chen, 1999), mint a Bilinear algoritmusnak, melyet jól szemléltet az SFD mérés által kapott eredmény is. A NIR képek esetén a Laplace 1 (0,841) és a Laplace2 (0,844) hozta a legjobb eredményt, melyek két tizedes jegy pontossággal nézve egyenlőnek mondhatók, és csak a harmadik tizedes jegy figyelembevétele során található különbség. A Laplace féle összetett él-érzékes eljárásnak köszönhető az, hogy ezekkel az algoritmusokkal jobb eredményt kaptunk. A NIR esetén szintén a Bilinear adta a legkisebb értéket (0,754).

4.1.3. SSRIR



7. ábra Interpolációs eljárások SSRIR mérés eredményei

Az SSRIR értékeket figyelembe véve (7. ábra) a legmagasabb átlagos értéket a Smooth Hue adta (29,59), mely megegyezik a VIS átlagát nézve legmagasabb értéket adó (30,23) eljárással is. NIR esetén a Laplace1 a legmagasabb értékű (29,79). Megjegyezzük, hogy az Entrópia és az SFD esetében is a VIS képek adták a magasabb értékeket, míg SSRIR mérés során 8 algoritmusból 5 esetén a NIR felvételek értékei voltak magasabbak. Ennek oka valószínűleg, hogy az árnyalat alapú eljárások (mint például az Smooth Hue) a láthatótartományú képeket kiemelte, míg az árnyaltszegény infra képeket nem. Ezzel ellentétben az élkimelő eljárások a NIR kamera képeit növelték, így információ-tartalmat és szerkezetet együtt nézve magasabb értéket értek el.

4.2.Szoftverek

A szoftveres vizsgálat során négy különböző gyártó által készített RAW feldolgozó alkalmazást hasonlítottunk össze információ-tartalom, szerkezet és SSRIR alapján. A programok a következők: Adobe Photoshop Lightroom (továbbiakban: Lightroom), Capture One Pro (továbbiakban: Capture One), Digital Photo Professional (továbbiakban: DPP), DxO OpticsPro (továbbiakban: DxO). Választásunk során meghatározó szerepet játszott, hogy a három nagy RAW kép menedzselő, szerkesztő alkalmazás mindenkiéppen benne legyen a listában (Lightroom, Capture One, DxO), illetve a negyedik programra a DPP-re a Canon gyári programjára, a kamerák gyártója miatt gondoltunk. Közülük a Lightroom az egyetlen, amely külön a maga nevében, mert a többi esetén beépített RAW feldolgozó modul van, míg a Lightroom esetén az Adobe Camera RAW dolgozik. Ez az oka annak, hogy az Adobe Photoshop (továbbiakban: Photoshop) nem került a kiválasztott programok listájába. Amennyiben a Lightroom és a Photoshop külön frissítve van, de a feldolgozó modul azonos, akkor tökéletesen ugyanolyan képet állítanak elő. Esetünkben a könnyebb feldolgozás miatt esett a választásunk a Lightroomra.

Tudni kell, hogy a programok mögött futó algoritmusok zártak és védettek. Több gyártót is felkerestünk ez ügyben, abban a reményben, hogy kapunk valamilyen tájékoztatást velük kapcsolatban. Sajnos érdemi visszajelzés nem érkezett, illetve egyáltalán nem kaptunk semmilyen választ ezekre a leveleinkre. Az általunk vizsgált szoftverek esetén nem az algoritmust teszteltük, hanem az egész programot, hogy lássuk melyik, milyen módon dolgozza fel/alakítja át a nyers képeinket és milyen eltérések vannak közöttük. Fontos megjegyezni, hogy mind a négy szoftver esetén tapasztaltunk előre beállított értékeket. A méréseink során így külön kezeljük a gyári beállításokkal és a „felhasználó által minden beállítást nullára állítva” megoldással készített képeket.

4.2.1.Gyári beállítások

Ahhoz, hogy jól értelmezhetőek legyenek a mért adatok, elengedhetetlen megvizsgálni minden programot, hogy milyen beállításokat hajtanak végre gyárilag egy-egy képen.

A Fehéregyensúlyt minden program a nyers képben tárolt EXIF adatokból veszi ki, amely ha nem fixen megadott érték pl. „Flash”, akkor az egy számított érték lesz. Ez azért fontos, mert a szoftverek ilyenkor nem a fényképezőgéptől kapnak egy számított értéket, hanem mindenki maga számolja az előre megírt metódusok alapján. Ennek következtében a színek tekintetében biztosan várhatóak eltérések.

Fények esetén bár mind a négy program különbözően sötét vagy világos (közel megegyező) képet ad, a DxO külön egy „DxO Smart Lighting” funkciót is bekapcsol, amellyel tapasztalataink alapján a csúcspontokat lehet állítani, és világosabb eredményt ad átlagosan a többi program által generált képekhez képest.

Kromatikus Aberráció (Nagy, 2009) az objektívek fizikai tulajdonságaiból adódó színhiba, mely a kész kép tartalmának színes szegélyt adhat, amely a valóságban nem található meg. Ezek szűrését gyárilag csak a Capture One és a DxO végzi el.

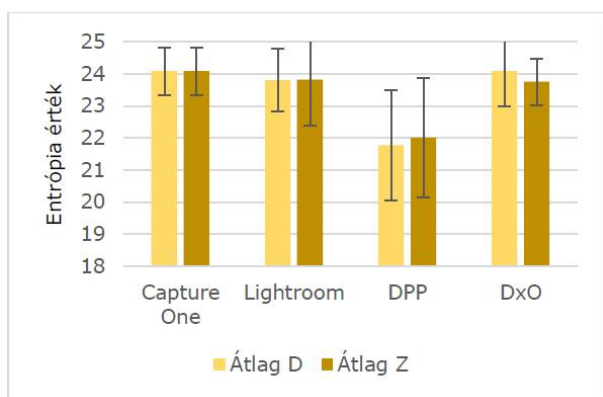
Az élesítés és zajszűrés több esetben is összefügg. Mind a négy program esetén léteznek valamilyen módon ezek a funkciók. A zajszűrés a DPP-t leszámítva minden szoftver esetén ISO 100-tól már jelen van, míg a DPP ezt csak ISO 200-tól kezd el, ennek nyomát később látni is lehet a mérések során. ISO 200-1600 közötti értéken a DPP folyamatosan erősödő zajszűrést végez, míg a három másik alkalmazás konstans értékekkel dolgozik. Az élesítés ISO 100-1600 érték között - bár eltérő módszerekkel és értékekkel -, de mindenhol konstans. ISO 3200-6400 közötti értékeknél még jobban különböznek a programok, és sokkal eltérőbb megoldásokat képviselnek. A DxO és a Lightroom marad a konstans beállításnál. A Capture One ezen az ISO értékeken erősebb zajszűrést és gyengébb élesítést alkalmaz, illetve ISO 6400-as értéken egy extra megoldást tartogat a felhasználói számára. Itt ugyanis jobban megszüri a „single pixel” zajokat, és helyettesíti egy kevés saját gyártású „film noise” zajjal (effekttel). Tehát a kamera által generált kisebb méretű zajokat igyekszik a saját zajával keverni/cserélni, így látványban jobb eredményt kíván elérni. Ez természetesen fotózás szempontjából remek megoldás lehet, de mérőkamerás mérések esetében semmiképpen nem megfelelő. A DPP esetében folyamatosan növekszik a zajszűrés mértéke és ISO 6400-on gyengít az élesítésen.

Ezeket a paramétereket figyelembe véve készítettük el a kétféleképpen exportált tartalmakat minden program esetén TIFF, 16 bit, Adobe RGB, 300 DPI kimeneti beállításokkal.

Méréseink során kétféle jelölést használunk. Átlag D (Default) és Átlag Z (Zero), melynél a Default felel meg a gyári beállításoknak, és a Zero ezen beállítások megszüntetett verzióját jelenti.

4.2.2.Szoftverek vizsgálata információ-tartalom alapján

A RAW feldolgozó alkalmazások Entrópia mérése során számos megfigyelés és kérdés is felmerül. (8. ábra) Az „Átlag D” esetén azt várnánk el, hogy magasabb értéket fog produkálni az „Átlag Z” értékéhez képest, mivel itt komoly zajszűrés eljárással is végbemennek, amellyel javítania kellene az átlagos információ-tartalom. Méréseink során kapott eredmények alapján megállapítható, hogy ilyen várt értéket csak a DxO produkált (24,088 - 23,755). A DPP esetén 0,24 értékkel csökkent, a Capture One és a Lightroom-nál pedig szinte változatlan maradt az „Átlag Z”-hez képest. Amennyiben csak az Entrópia mérés eredményeit vizsgáljuk, felmerül a kérdés, hogy ezek a programok végeznek-e tényleges zajszűrést, vagy bármilyen egyéb műveletet a képen, és ha igen, akkor minek köszönhető ez a majdnem megegyező érték? A DPP kapta a legkisebb Entrópia érték párost (21,774 - 22,015), amelynél felmerül szintén a kérdés, hogy ez minek köszönhető, és vajon mi dolgozik a háttérben?



8. ábra RAW feldolgozó alkalmazások Entrópia mérés eredményei

Ekkor még csak sejthettük a teszt mérések során kapott eredményekből, hogy tüzetesebben megvizsgálva a mérési adatokat, lesznek nagyobb eltérések is. A 9. táblázat értékei esetében kivettünk néhány képet, és annak mért adatait, amelyeknél szabadszemmel is jól látható Entrópia érték eltérések voltak.

A 2. táblázatban megfigyelhető, hogy a VAR_FAL kép esetén a DPP-t leszámítva majdnem megegyező Entrópia értékeket kaptunk, míg a TORONY és az ELBUJT esetén nagy a terjedelem a mért négy program között. Méréseink során több esetben is elmondható a magas eltérés az értékek között.

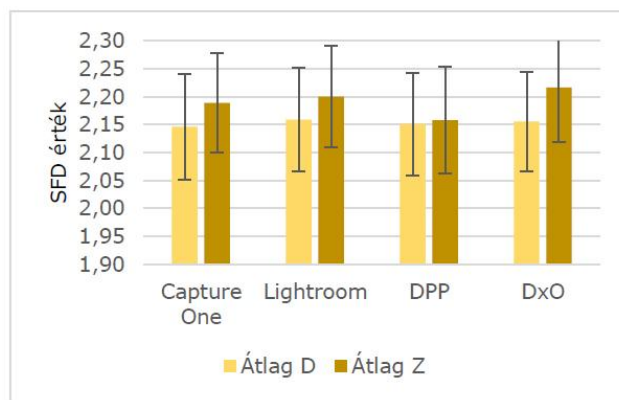
Kép neve:	Capture One	Lightroom	DPP	DxO
TORONY	23,27	15,33	12,43	20,21
VAR_FAL	24,32	24,28	23,03	24,32
ELBUJT	24,30	22,11	19,95	24,22

2. táblázat feldolgozó alkalmazások Entrópia mérésből (Default) kiemelt eredmények.

Vizuális interpretáció alapján megállapítható, hogy minden olyan kép, amelynél nagy eltérések mérhetők, magas arányban lelhető fel sötét, világos vagy homogénnek mondható terület. A TORONY és az ELBUJT esetén a kép nagy részét sötét homogén pixelek fedik, míg a VAR_FAL esetén a kapuk sötét részeit leszámítva egy részletgazdag képről beszélhetünk.

Megfigyelhető, hogy a TORONY ISO3200-as értéke esetén - amely sok zajt generál - a Capture One adta a legmagasabb értéket, majd a DxO, Lightroom, és a DPP a legkisebbet. A kapott értékek alapján következtetni tudunk a zajszűrési mechanizmusra és egyéb feldolgozó módszerekre is, melyekre a későbbiekben még kitérünk.

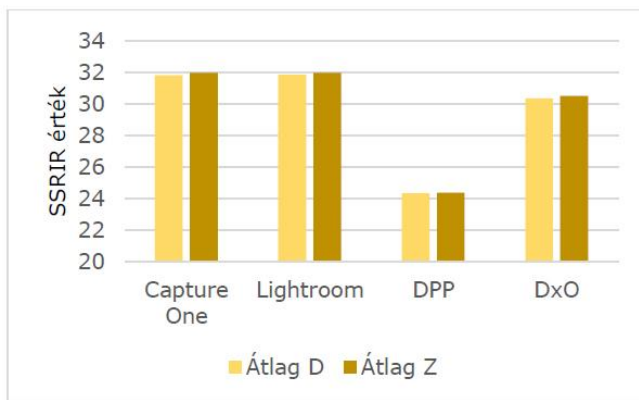
4.2.3.Szoftverek vizsgálata szerkezet alapján



9. ábra RAW feldolgozó alkalmazások SFD mérés eredményei

Az SFD vizsgálat során megállapítható (9. ábra), hogy a spektrális szerkezetet a DPP szinte egyáltalán nem változtatja meg. Ellenben a másik három program esetén átlagosan 2,16%-al kisebb értéket kapunk az alapbeállításokkal, mint az azoktól mentes verzióiktól. Bár a szoftverek algoritmusait és zajszűrő eljárásait nem ismerjük, de a mérések során többször és jelen helyzetben is megmutatkozik a hatásuk. A zajszűrő eljárásoknak köszönhetően a spektrális szerkezet csökken, hiszen a zaj okozta információtartalom és szerkezeti anomáliák erőteljesen befolyásolják a mérési eredményeket.

4.2.4.Szoftverek vizsgálata SSRIR alapján



10. ábra RAW feldolgozó alkalmazások SSRIR mérés eredményei

Az SSRIR alapján, mely a képeket három különböző paraméterrel is figyeli, elmondható, hogy a programok gyári beállításokkal és a beállítástól mentes kimeneti állományaik esetén csak minimális csökkenés tapasztalható. Ezen mérések alapján azt a megállapítást lehet levonni, hogy az árnyalatokat figyelembe véve nem sok eltérés található a kétféle kimenet között.

Az adatok feldolgozásánál szembevetendő, hogy a programok más-más bitnyi hasznos adatot tartalmaznak: DPP 11 bit, DxO 15 bit, illetve a Lightroom és Capture One 16 bit terjedelemmel dolgozik.

4.2.5. ColorChecker és Dark Frame mérések

A Color Checker mérés folyamán több jelenséget is tapasztaltunk. A mérés során precíz fénymérőt, digitális vakut, profi állványokat és táblát használtunk.

A tesztképek során kiderült, hogy a legerősebb és leggyengébb fényerő esetén az ISO 100-3200-as sorozat f22-es rekeszt fog megkövetelni. Objektívnek egy Canon EF 100mm f/2.8L Macro-t használtunk. Ennek az oka, hogy a tábla nem rendelkezik túl nagy méretekkel, a vizsgálat során viszont csak azt szerettük volna megörökíteni, így a megfelelő közelség miatt egy makró objektívre volt szükségünk. Minden képnek készült egy Dark Frame párja is.

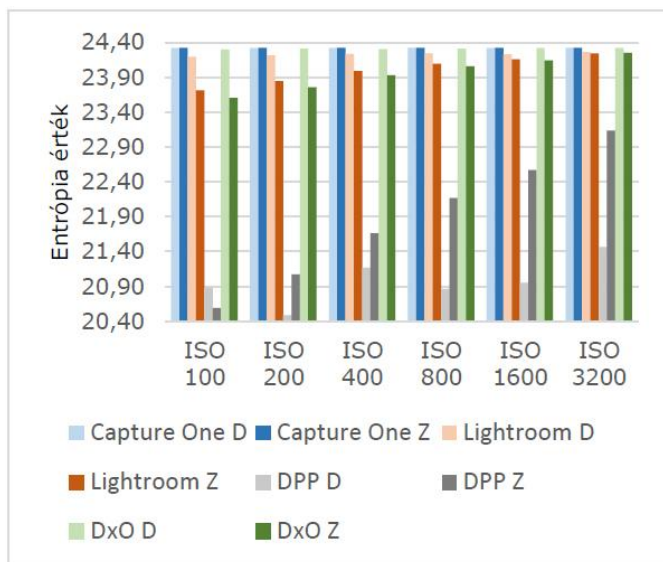


11. ábra ColorChecker és Dark Frame sorozat

A 11. ábrán látható képek alkotják a teljes sorozat eredményét. Vizuális interpretációval már a készítés után megállapítható a vaku okozta színhőmérsékletbeli eltérés. A szemrevételezés során már a készítéskor észrevehető volt, illetve a Capture One is megmutatta, hogy vannak minimális intenzitás eltérések a képek között. Ezek miatt több teszt kép is készült. Jól látható volt, hogy a tökéletesen egyenletes világítástól függetlenül vannak kilengések.

4.2.5.1. ColorChecker Entrópia mérési eredmények

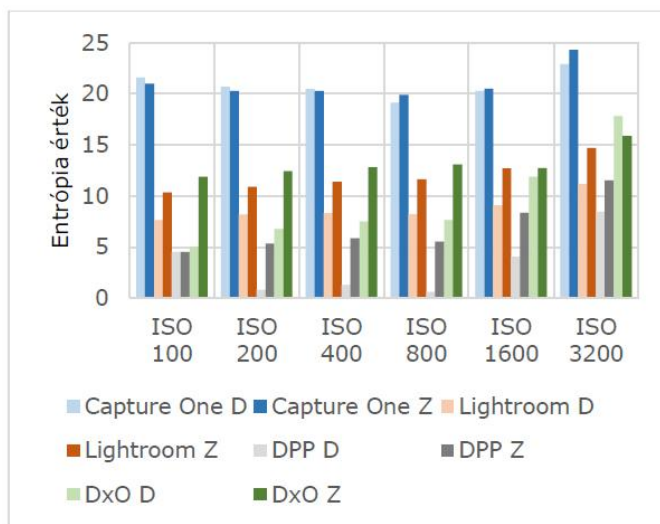
A négy program vizsgálata a ColorChecker alapján lehetőség ad zajszint alapú vizsgálatra. A 12. ábrán látható, hogy a programok egy-egy eredménypárosa milyen módon változik Entrópia vizsgálat alapján.



12. ábra RAW feldolgozó alkalmazások ColorChecker alapú Entrópia mérés eredményei

A Capture One esetében az alapbeállításokkal rendelkező és a beállítás mentes képek között Entrópiával szinte semmilyen különbséget nem lehet mérni, csupán ezred értékkülönbség jelentkezik. Ez teljesen megegyezik az 50 kép által mért átlagos értékek eredményével. Az eddigi megállapítás tehát a programmal kapcsolatban változatlan, illetve vizuális interpretáció alapján elmondható, hogy zajszűrés és élesítést ténylegesen végez, de ezt információ tartalom változás nélkül teszi. A Lightroom és a DxO esetén megállapítható, hogy zajszűrés, élesítés és egyéb beállítások következtében nőtt az információ tartalom. Ez a folyamatos növekedés a zajszint emelkedésénél is megtalálható, de sokkal kisebb mértékben, mint ahogy azt a szűretlen kép esetén láthatjuk. A két programot egymáshoz viszonyítva megállapítható továbbá, hogy a DxO használatával a gyári zajos kép esetén is kisebb minden ISO értéknél az átlagos információ tartalom. A gyári beállításokat alkalmazva a képekre nagyobb Entrópia értéket kapunk, mint a Lightroom esetén. A DPP - a Canon gyári programja - vonatkozásában változatos eredmények alakultak ki. A zajszint növekedésével a szűretlen képek esetén az információ tartalom magasabb növekedést mutat a többi programhoz képest. Átlagosan 20%-kal kisebb Entrópia értékről indul ISO 100 esetén és a teljes sorozat alatt 12,3%-os növekedést mérünk, míg a többi programnál a maximális növekedés 2%-os volt. A folyamatos érzékenységtől változó zajszűrésnek és élesítésnek köszönhetően nem folyamatos az Entrópia érték növekedése. Ebből lesűrűsödhet, hogy bizonyos zajszintnél jobban, míg máshol kevésbé kerül szűrésre a zaj.

A DarkFrame alapú képek mérése során megfigyelhető, hogy a programok miként viselkednek ilyen típusú képekkel, melyek alapvetően sötétek és csak kevés információt tartalmaznak. (13. ábra) A Lightroom és a DxO esetében jól látható, hogy az ISO növelésével nő az információ tartalom gyári beállítások és beállítások nélküli esetben is. A Capture One egy hullámzóbb eredményt hozott. Itt az ISO 100-400 között a gyári beállításokkal több az információ, mint a beállításoktól mentesek esetén. Az ISO 800-3200 között cserélődik az arány, illetve a Capture One az, amely átlagosan 1.5-4x magasabb Entrópiával rendelkezik. A DPP esetén jól megfigyelhető, hogy ISO 100-nál nem végez zajszűrés, így ott megegyezik a képek átlagos információ tartalma. Az ISO 200-3200 között folyamatosan változó zajszűrés hullámzó Entrópia értékeket produkál.



13. ábra RAW feldolgozó alkalmazások ColorChecker alapú Entrópia mérés eredményei, DarkFrame képekre

Vizuális interpretáció során szintén hasonló eredményre jutottunk a képek vizsgálatakor. Érdekes megjegyezni, hogy a Capture One magas zajszinthez képest szintén szűri a zajt, de ezt főként a kiolvasási zajokkal teszi. Ahogy a korábbi mérések

során is említettük, a sötét tartalmú képek esetén magas szórással rendelkező eredmények születtek. Ennek a 13. ábra remek szemléltetője, ahol az látható, hogy a sötét területeken egyes programok esetén, milyen átlagos információtartalom eltérés keletkezik.

4.2.5.2. ColorChecker színenkénti Entrópia mérési eredmények

Annak érdekében, hogy összetettebb képet kapjunk az Entrópia által mért eredményekről és hogy milyen képi elemek befolyásolják, színenként is elvégeztük a mérést. A CSVago saját fejlesztésű program segítségével pontosan 630x630 pixeles négyzeteket vágunk ki minden színből, képtől és programtól függetlenül mindig ugyan ott, ugyanazt a darabot.

A mérésnek köszönhetően jobban megfigyelhettük, hogy mely színeknél, hogyan dolgoznak a programok.



14. ábra ColorChecker színenkénti méréseknél használt hivatkozási számok

Méréseink során a színekre csak számokkal fogunk hivatkozni, melynek a pontos megfelelője a 14. ábrán látható.

Minden mérés esetén azt találtuk, hogy az Entrópia értéke a Capture One programnál elhanyagolható, de kisebb a gyári beállításokkal rendelkező képeknél, mint amelyiken nincs semmilyen beállítás. Az eredmények alapján megállapítható, hogy ennek legfőbb oka két szín. A 13-as színkóddal jelölt bizonyos esetekben kevesebb, de van ahol magasabb entrópiát ad ISO értéktől függően az átlaghoz képest. A 8-as számmal rendelkező ISO 100 estén 1%-kal kevesebb információt tartalmaz, mely az érzékenység növekedésével közeledik a határhoz. Valószínűsíthetően ezt a két szint rosszul kezeli le és ennek következménye az eltérés, amely egy sajnálatos hiba, hiszen egy egyenletes információtartalmat ront el.

A vizsgálatok során kimért 8-as és 13-as színkód a sárga és a zöld egy árnyalatát jelenti. Ez hangsúlyos lehet például az agrár és környezetvédelmi területen dolgozó kutatók számára, hiszen a növények vizsgálatánál a zöld és sárga színek jelentős információval rendelkeznek, itt pedig információ veszteséggel számolhatnak.

Az összesen 1152 db színnégyzetből a Capture One az egyetlen olyan program, amely 16 négyzet esetén elérte a maximális entrópia értéket, ez a 630x630px méretű kép esetén ~18,598416.

A DPP-nél több részre bomlik az érzékenység növeléséből adódó zaj által generált Entrópia növekedés. A saját kialakított feldolgozása végig megmarad, csak az információnövekedés változik. A Capture One-nal ellentétben itt nincs egységes információ és az 5-ös színkóddal tapasztalható kiugrás negatív irányban. Gyári beállításokkal rendelkező képek esetén azt várnánk, hogy ezeket a kiugrásokat javítja a program, de pontosan az ellenkezőjét tapasztaltuk. Az 5-ös kódszámú

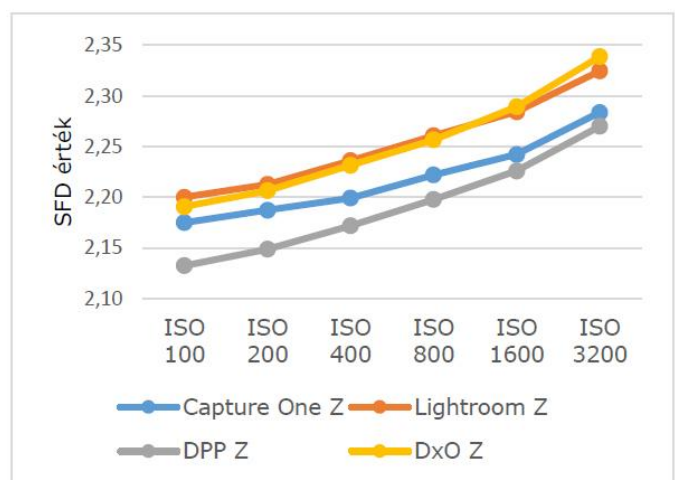
színnél megmaradt a negatív kiugrás, de az egyenletesség nem mondható el az összképről. A program a folyamatosan változó zajszűrés, élesítés és valószínűleg egyéb algoritmusoktól (amelyekről sajnos nincs információnk) egy gyengébb és szétesett információtartalmú képet eredményez.

A DxO mérési eredményei hozták a leglátványosabb változást. A gyári beállítások nélküli képek esetén színenként majdnem teljesen eltérő információtartalommal rendelkező képeket kaptunk. A gyári beállítások után a program tökéletesen kiegyenlíti a képeket. Ennek eredménye - amely a korábbi mérések folyamán is látszódott - hogy a gyári beállításokkal rendelkező képek magasabb Entrópiával rendelkeznek, mint a beállítás mentesek. Az 1., 3., 14., 23. színkóddal rendelkező négyzetek esetén minimális kilengések maradtak, melyek elhanyagolhatónak minősíthetők. Az 5-ös számú esetén van maximálisan fél százalékos csökkenés az átlaghoz képest. Ez a kódszám a fehér színhez tartozik, így a mérések alapján megállapítható, hogy a gyártói felé további fejlesztési igények merülnek fel.

A Lightroom Entrópia méréseinek eredményei a DxO-hoz képest kevésbé erőteljesek. Itt is változatos információtartalom mérhető ki az érzékenység és a színek függvényében. A Lightroom esetén a gyári beállítások nem hoznak akkora kiegyenlítődet, mint a DxO-nál. A 8. és a 12. színkód mögött található kép esetén Entrópia csökkenés van a beállítások nélküli verzióhoz képest, illetve a 0. és a 17. esetén érzékelhető minimális kimozdulás az átlaghoz képest.

Összességében elmondható - a 4 programot összevetve - a DxO és a Capture One három tizedes jegy pontosan megegyezik egymással átlagos Entrópia értékben. A legjobban a DxO az, amely képes volt a 24 színt egymáshoz közelíteni információtartalom alapján érzékenységtől függetlenül. Tehát ahol az információtartalom fontos szempont (osztályozás, tartalom alapú összehasonlítás), ott érdemes az előbb mért eredményeket figyelembe venni. Természetesen a mérés során csak és kizárólag egy vágott színes területi részletet vizsgáltunk, ahol a keretek nem szerepeltek. Ettől függetlenül a mérés eredményei magáért beszélnek és megmutatják, hogy mely program, mely árnyalatnál jeleskedik.

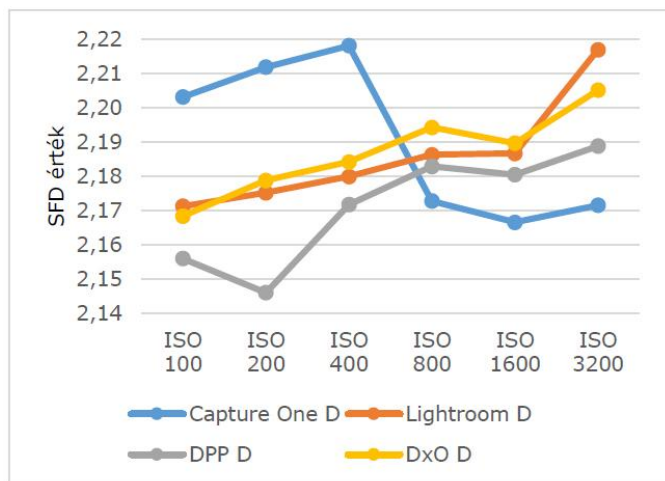
4.2.5.3. ColorChecker SFD mérési eredmények



15. ábra RAW feldolgozó alkalmazások ColorChecker alapú SFD mérési eredményei, gyári beállítások nélkül

A 15. ábrán látható SFD vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a gyári beállítással nem rendelkező képek esetén a zajszint növekedésével folyamatosan növekszik az SFD érték. Átlagosan 5,9%-os emelkedés tapasztalható az ISO 100 – 3200 között mért képeknél. A DxO kisebb értéket ad a

Lightroomhoz képest ISO 100-800 között, majd ISO 1600-3200-on már magasabbat. A spektrális szerkezet nagyon érzékeny minden zajtípusra, hiszen a zaj vagy annak szűrése képes megbontani egy kép szerkezetét, amely a 15. ábrán remekül látható és jól mérhető is az SFD paraméterrel.



16. ábra RAW feldolgozó alkalmazások ColorChecker alapú SFD mérési eredményei, gyári beállításokkal

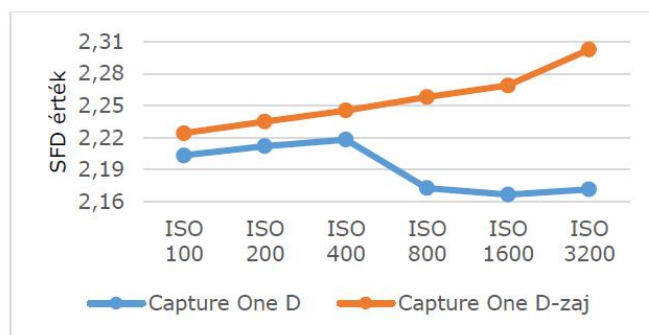
A gyári beállításokkal konvertált képek alapján jelentős eltérések mutatkoznak a programok között. A 16. ábrán látható a négy program viselkedése különböző érzékenységen, SFD értékek alapján.

A DPP-nél megfigyelhető, hogy ISO 100-on magasabb, mint ISO 200-on, amely a kezdeti zajszűrés mentes viselkedésre vezethető vissza. ISO 200-800 között, bár folyamatosan változó szűrést használ a program, erős emelkedés jelentkezik. ISO 1600-tól megáll ez a tendencia, ahol ISO 800-hoz képest minimális visszaesés tapasztalható, majd egy enyhe növekedés ISO 3200-on.

A Capture One esetén - ahogy korábban már többször megállapításra került - az ISO 100-400 között gyengébben, vagy nem dolgozik a zajszűrés, mert SFD értéket figyelembe véve magasan indul 2,20 és egészen 2,22-ig emelkedik ISO 400-ra. ISO 800-on már csökken a szerkezet, amely erős szűrésekre vezethető vissza. Itt 2,17-es értéket mértünk, ez ISO 1600-on még csökken, majd 3200-on minimális növekedést produkál. Ez az eredmény meglepő volt számunkra, hiszen ilyenkor már a program erősebb zajszűrést végez.

A Lightroom és DxO megközelítő értékeket adtak egymáshoz képest. ISO 100-on a Lightroom ad magasabb értéket, majd ISO 200-1600 között megfordul és a DxO ad magasabb SFD értékeket. ISO 3200-on a Lightroom valószínűleg rosszabb szűrőket használhat, mert ott ismét magasabb értékek mérhetőek.

A Capture One kiugró adatainak vizsgálata miatt külön elvégeztünk még egy mérési sorozatot. Itt gyári beállításokat állítottunk be a képeknél, csak és kizárólag a zajszűrés funkciót kapcsoltuk ki. A végeredmény meglepő volt. Bár ISO 100-400 között igen magasan kezd SFD értékeket nézve, -ahogy azt korábban is jeleztük- a következő mérés alapján látható, hogy ez nem a zajszűrés hiányából adódik. A 17. ábra eredményeiből megfigyelhető, hogy ezen a területen átlagosan 1%-ot esett a spektrális szerkezettel mért érték. Ez bizonyítja, hogy a szűrés tényleg aktívan dolgozik és végzi a munkáját. ISO 800-3200 közötti érzékenység esetén tovább nő a zajszint és ezzel az SFD érték is. Ezen az érzékenységi szinten már átlagosan 4,66%-os (3,78%, 4,51%, 5,69%) csökkenés lép fel spektrális szerkezeti értéket mérve, melyből arra lehet következtetni, hogy a gyártó algoritmusait magasabb ISO-ra fejlesztették ki.



17. ábra RAW feldolgozó alkalmazások ColorChecker alapú SFD mérési eredményei, gyári beállításokkal és gyári beállítások zajszűrés mentes megoldásában

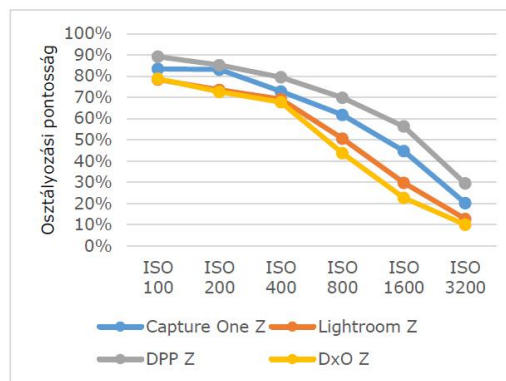
4.2.5.4. Maximum Likelihood osztályozás vizsgálata

Az osztályozás folyamán az Erdas Imagine 2013-as verziót használtuk. A ColorChecker tábla könnyítést jelentett számunkra az osztályok definiálásakor, összesen 24 osztályt hoztunk létre, mely a 24 szint jelöli. Az AOI-kal (Area of Interest), melyek minden szín esetén megegyező méretűek, csak az elhelyezkedésben térnek el a színes négyzet középpontjától.

Külön mérést végeztünk arra nézve is, hogy az AOI elhelyezkedése milyen befolyással rendelkezik a végeredményeket tekintve. Ennek a vizsgálatnak a menete, hogy középen, a négy sarokban és a négy szélén elhelyezve mekkora pontossági különbség kapható. Az eredmények alapján megállapítható, hogy 0,34%-os pontossági eltérést okoz az AOI-k elhelyezkedésének eltérése, így ezzel a hibahatárral tudunk számolni.

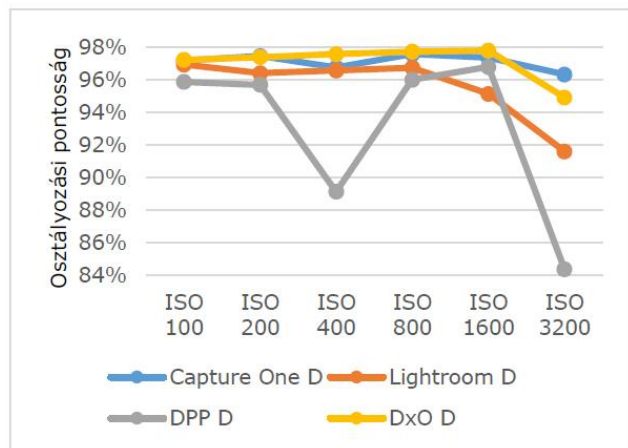
A Maximum Likelihood osztályozást paralelepipedon módszer segítségével először a gyári beállításoktól mentes képeken vizsgáltuk. Ez az osztályozási módszer kizárólag a fájlok tényleges tartalmát vizsgálja (Kozma-Bognár, 2012), (Kozma-Bognár – Berke, 2013), mely a méréseink központi célját képezi. Ezen kívül felettébb érzékeny a zajokra is, amellyel a zaj okozta pontatlanságot mérhettük.

A 18. ábrán megfigyelhető, hogy a kamera érzékenységének növelésével milyen mértékben csökken az osztályozás pontossága. Átlagosan 64%-ot esett a pontosság, ISO 100 és 3200 közötti képek esetén. Legjobb osztályozási eredményt a DPP, míg a legrosszabbat a DxO hozta. A Lightroom és a DxO kezdetben -a hibahatárt is figyelembe véve- egyenlőnek tekinthető és csak ISO 200-tól térnek el egymástól.



18. ábra RAW feldolgozó alkalmazások ColorChecker alapú, Maximum Likelihood osztályozás pontosságának mérési eredményei, gyári beállítások nélkül

A 19. ábrán látható eredmények mutatják be a gyári beállításokkal kapott képek osztályozásának pontosságát. A nyers képekhez képest itt komoly változások figyelhetők meg programonként és érzékenységenként is egyaránt. Alapvetően csökkenő tendenciát várunk el a zaj növekedésével, ennek ellenére hullámzó teljesítményt kaptunk. Míg a gyári beállításoktól mentes képek esetén a DPP hozta a legjobb eredményt, addig a zajsztűrt és élesített képeknél már majdnem minden esetben a legrosszabb értékeket kaptuk. A Maximum Likelihood ISO 100-on 95,88%-os pontossággal indított, melyet nem sokkal gyengébb ISO 200 után egy 89,13%-os ISO 400 követett.



19. ábra RAW feldolgozó alkalmazások ColorChecker alapú, Maximum Likelihood osztályozás pontosságának mérési eredményei, gyári beállításokkal

Ezt a kb. 6%-os csökkenést követően a görbe lefutása ISO 800 és 1600-ra már érdekesebbé válik. Az ISO 400-on kapott alacsonyabb pontosság valószínűsíthetően valamilyen fejlesztési probléma következménye lehet, mert utána ismét emelkedik az osztályozás pontossága. ISO 800-on majd 1600-on éri el a maximumot (96,8%), majd ISO 3200-on a 84,36%-kal összesítésben is a leggyengébb osztályozási pontosságot kaptuk. Szintén érdekes jelenség, hogy DPP esetén, ISO 1600-on pontosabb volt az osztályozás, mint a kisebb érzékenységeken. A Capture One és a DxO esetén is megfigyelhető, hogy ISO 800-on vagy 1600-on adják a legmagasabb pontosságot. Ez valószínűleg az erős zajsztűrésnek köszönhető, mely elmosza az éleket. ISO 100 - 1600 között a DxO képeit lehetett a legjobban osztályozni, mely teljesen ellentétes a gyári beállításoktól mentes eredménnyel, ahol a DxO volt a legrosszabb. ISO 3200-on a Capture One adta a legpontosabb osztályozási eredményt. Természetesen ezen értékek figyelembevételkor szem előtt kell tartani a 0,34%-os hibahatárt is. Ennek figyelembevételével elmondható, hogy 1-2 nagyobb kirívó esetet leszámítva a DxO, a Capture One és a Lightroom hasonló eredménnyel dolgozik.

Az osztályozások során megvizsgáltuk azokat az eseteket is, amikor Dark Frame módszerrel a sötét képet kivonva az eredeti képből kapunk egy olyan képet, amely jelentősen zajmentesebb lesz. Megállapítható, hogy ez az eljárás két esetet leszámítva nem javította, hanem rontotta az osztályozás eredményeit. A DPP ISO 100 és 200 értéknél jelentkezett javulása +0,18% és +0,26%-ot jelent, de a mért 0,34%-os hibahatáron belül. Így nem nevezhető számottevőnek. Némely esetben pár százalékkal, de van ahol több mint 50%-al lett rosszabb a pontosság az osztályozás során.

A gyári beállításokkal rendelkező képek esetén a Dark Frame kivonása után mért osztályozási pontosság már javult, de még így is elmaradt a várt eredménytől. Egy esetben a Capture One ISO 3200-on mutatott 0,6%-os javulást. A Lightroom kivételével alig volt eltérés a két verzió között, ott ugyanis 1,8-62%-ot romlott a pontosság.

5. Összefoglalás

Régóta foglalkoznak a hazai kutatók osztályozási eljárások vizsgálatával (Hargitai, 2006, Tamás – Róth, 2008), (Kozma-Bognár, 2012). Entrópia, SFD alapú mérésekkel (Kozma-Bognár – Berke, 2013, Berke 2010), (Berke et al., 2015a, Berke et al., 2016) vagy multi és hiperspektrális képekkel erdészeti (Milics, 2008), mezőgazdasági (Berke et al., 2015b), katasztrófavédelmi (Berke et al., 2011a, Berke et al., 2011b), ipari és egyéb kutatási területeken (Pechmann et al., 2003, Mucci, 2004, Kardeván, 2010, Verőné, 2010). Ezeknek a méréseknek az első és legfontosabb feltétele a több száz, ezer, akár tízezer kép digitális előfeldolgozása.

Az osztályozási eljárások ismertek, azonban egy precíz és megbízható osztályozás alapja a pontos (terepi vagy egyéb) referenciák ismerete valamint a megfelelő AOI-k felvétele is. A legtöbb szakember véleményünk szerint úgy dolgozhat, hogy kiválasztja kedvenc programját vagy megkapják amellyel dolgozni kell és azzal készítene a RAW állományaikból TIFF-eket a további feldolgozás érdekében. Az összetett osztályozási méréseink alapján elmondható, hogy az sem mindegy, milyen programmal és milyen beállítások mellett dolgozunk velük. Fontos szem előtt tartani az adott képek EXIF adatait is, amelyek megmutatják az elkészült képek hardveres beállításait. Az ISO, azaz a szenzor érzékenysége esetünkben szintén jelentős, mivel így megtudható, hogy milyen pontossággal/pontatlansággal számolhatunk. Ennek az ismeretnek a birtokában a mért adatok alapján megállapítható, hogy milyen programmal célszerű ezeket a képeket feldolgozni ahhoz, hogy a legjobb pontossági értéket kapjuk a munkánk során. Vizsgálataink eredményeképpen arra is fény derült, hogy a Dark Frame szűrési módszer bár régen hasznos volt és még a mai napig hasznos lehet bizonyos feladatokra, azonban a mai programok olyan algoritmusokat használnak, amelyek mellett az osztályozásnál nem érdemes használni, mert esetenként romlik az osztályozási pontosságunk.

Környezetvédelmi, természetvédelmi vagy mezőgazdasági célú, képi adatokra épülő vizsgálatok során úgy járjuk, hogy a legtöbb (képfeldolgozási) feladat esetében már elengedhetetlen az osztályozási eljárások használata. Ezek kimeneti eredményét természetesen rengeteg tényező befolyásolja. Példánknál – melyet egy doktori értekezés (Kozma-Bognár, 2012) alapján már korábban is egyértelműen megállapítottak – remekül látható akár szemrevételezéssel is, hogy mennyivel jobb eredményt adott egy zajsztűrt kép, egy szűretlenél. Az ilyenfajta mérések pontosságát cikkünkben vizsgált tényezők felhasználásával tovább lehet javítani.

Az SFD használata egyre népszerűbb különböző feladatok végzésére vagy mérésére. Eddigi gyakorlati elemzések közé tartozik a mezőgazdasági, a katasztrófavédelmi elemzés, illetve nem utolsósorban lehetőségünk van multi vagy hiperspektrális felvételek hasznos sávjainak leválogatására is (Berke, 2005), (Berke, 2007), (Berke, 2010), (Berke, 2011a), (Kozma, 2012), (Prema et al., 2016), (Chamorro-Posada, 2016). Ezek a mérések már előrejelzik, hogy az SFD alkalmazás még több kiaknáztatlan lehetőséget rejt magában. Méréseink során különböző szoftvereket és interpolációs eljárásokat vizsgáltunk spektrális szerkezetre vonatkozóan. Ezek során kiderült, hogy mely eljárások azok, melyek a legmagasabb eredményt adják SFD-re. Így ha valaki saját fejlesztésű RAW feldolgozót szeretne használni, vagy a meglévőket esetén ismeri, hogy milyen algoritmust használnak, a mérések alapján könnyedén kitudja választani a megfelelő attól függően, hogy ezek milyen spektrális sávban készült felvételek. Azoknál a kutatási anyagoknál ahol kulcsfontosságúak az élek, ott egy NIR felvétel esetén sem mindegy, hogy milyen eljárással dolgozunk. A gyártók által készített programokat akár cikkünkhöz hasonlóan is bele lehet mérni. Az ilyen mérések szükségességét például az dönti el, hogy fontos-e az adott mérésünk folyamán a képi spektrális szerkezet.

Az interpolációs eljárások használata bár távolinak tűnhet, mégis nap, mint nap használatban vannak. Egyszerű példát nézve a Photoshop esetében egy kép kicsinyítése vagy nagyítása esetén megadható, hogy mely eljárást kezelje, ami például idősoros felvételek illesztése esetén elhanyagolhatatlan lépés, vagy az Erdas Imagine esetén az, hogy milyen eljárással nyissa meg képünket. Ezekkel a beállításokkal, lehetőségünk van szerkezetileg megváltoztatni, élkimielést végezni a képen.

A RAW feldolgozó programok esetén ott vannak a világos és sötét területek, melyek erősen befolyásolják a szerkezetet és az információtartalmat is. Amennyiben olyan képekkel dolgozunk, melyeknél ezek fellelhetőek, előfordulhat, hogy olyan információt is elveszíthetünk egy-egy területen, amely méréseinket tekintve lényeges. Ilyenek az alacsony napállásnál készült légifelvételeknél jelentkező erőteljes árnyékok hatása.

Az entrópia használata a térinformatikában, a környezetvédelem vagy az agrártudomány területein sem ismeretlen (Berke et al., 2012), (Sakamoto et al., 1998), (Kozma-Bognár et al., 2013), (Szilágyi, 2013), (Szilágyi et al., 2014), (Berke et al., 2015c), (Magyar, 2016). Eredményeink segítséget adhatnak azon kutatóknak, akiknek feladataik során az információtartalom kiemelt jelentőséggel bír. Ezenkívül minden felhasználót érint, aki digitális képekkel dolgozik munkája során.

Irodalomjegyzék

- Adams, J. E., 1995. Interactions between color plane interpolation and other image processing functions in electronic photography. 1995. Proceedings of SPIE Vol. 2416 o.144-151..
- Bayer, B. E. 2015. Kodak scientist who created ubiquitous Bayer Filter for color digital imaging, has passed away. Online letöltés: 2015.12.10., <http://www.imaging-resource.com/news/2012/11/20/bryce-bayer-who-created-bayer-filter-for-digital-cameras-has-died>.
- Bayer, B. E. 1976. „Color imaging array”, U.S. Patent 3,971,065.
- Berke, D., Ocskai, Zs., Major, K., Enyedi, A., Berke, J., 2016. Digitális képalkotó algoritmusok összehasonlító elemzése képszerkezet és entrópia alapján, VIII. Magyar Számítógépes Grafika és Geometria Konferencia, 2016. március 30-31, Budapest, ISBN 978-615-5036-11-8
- Berke, D., Ocskai, Zs., Enyedi, A., Berke, J., 2015a. Digitális képérzékelők képalkotó eljárásainak összehasonlítása információtartalom és képszerkezet alapján. Fény-Tér-Kép konferencia. Gyöngyös, 2015. október 30.
- Berke, J., Kozma-Bognár, V., Ladányi, P., Nemesszeghy, Gy., 2015b. Termikus képi információk alkalmazása a környezetvédelem és az agrártudományok területein, 19th International THERMO Conference, 2015.07.07-12., pp. 29-39., Budapest.
- Berke, J., Szabó, R., Bérczy, I., Enyedi, A., Gambár, K. 2015c. Digitális fotósuli diákműhely lehetőségei a tehetséggondozásban. 2. IKT az oktatásban nemzetközi konferencia elektronikus kiadvány. Szabadka, 2015. május 22-23. pp. 279-281, ISBN 978-86-87095-54-0.
- Berke, J., Kelemen, D., Kozma-Bognár, V., Magyar, M., Nagy, T., Szabó, J., Temesi, T., 2010. Digitális képfeldolgozás és alkalmazásai (DIGKEP v7.0). Elektronikus és nyomtatott tankönyv. Kvarc Számítástechnikai Bt., Keszthely. ISBN 978-963-06-7825-4.
- Berke, J., Kozma-Bognár, V., Tomor, T. 2012. Entrópia alkalmazása a térinformatikában. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás „Az elmélet és gyakorlat találkozása”. In: Lóki J. (szerk.) konferencia kiadvány. Debrecen, 2012. május 24-25. pp. 61-66. ISBN 978-963-318-218-5.
- Berke, J., 2007. Measuring of Spectral Fractal Dimension, Journal of New Mathematics and Natural Computation, ISSN: 1793-0057, 3/3: 409-418..
- Berke, J., 2005. Spectral fractal dimension. Proceedings of the 4th WSEAS International Conference on Telecommunications and Informatics. Prague, Czech Republic, 14-15 March 2005. pp. 23-26. ISBN 960-8457-11-4.
- Berke, J., 2014. Digitális képérzékelők egységes paraméterezése információtartalom és fraktálszerkezet alapján. Seventh Hungarian Conference on Computer Graphics and Geometry, Budapest, 2014.
- Berke, J., Enyedi, A., Berke, D., Ocskai, Zs., Major, K., 2016. Nagyfelbontású légifelvételek képalkotó eljárásainak összehasonlító elemzése, VII. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, Debrecen, 2016, megjelenés alatt.
- Berke, J., 2010. Using Spectral Fractal Dimension in Image Classification, Innovations and Advances in Computer Sciences and Engineering, Springer Science and Business Media B.V. DOI: 10.1007/978-90-481-3658-2_41., 2010.
- Berke, J., Kozma-Bognár, V., Kováts, L. D., Nagy, T., 2011a. Results of the Thermal, Near Infrared and Visible Remote Sensing Data Investigation of Red Sludge Catastrophe. International Conference on Emergency Management Technology. Budapest- Veszprém-Szekszárd, 23-25 May 2011.
- Berke, J., Bíró, T., Burai, P., Hoffmann, I., Józsa, J., Kováts, L. D., Kozma-Bognár, V., Nagy, T., Németh, T., Tomor, T., Tóth, F., 2011b. A vörösiszap katasztrófa telemetriai adatfeldolgozásának eredményei – Remote sensing results of red mud catastrophe. Informatika a felsőoktatásban, Debrecen; 08/2011.
- Berke, J., Kozma-Bognár, V., Tomor, T., 2012. Entrópia alkalmazása a térinformatikában. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás „Az elmélet és gyakorlat találkozása”. In: Lóki J. (szerk.) konferencia kiadvány. Debrecen, 2012. május 24-25. pp. 61-66. ISBN: 978-963-318-218-5.
- Chamorro-Posada, P., 2016. A simple method for estimating the fractal dimension from digital images: The compression dimension, Chaos Solitons Fract 91 (2016) 562-572.
- Canon EOS 5D Mark II., 2015. Online letöltés: 2015.12.10., http://www.canon.hu/for_home/product_finder/cameras/digital_slr/eos_5d_mark_ii/.
- Chen, T., 1999. A Study of Spatial Color Interpolation Algorithms for Single-Detector Digital Cameras, Psych221/EE362 Course Project, Information System Laboratory, Department of Electrical Engineering, Stanford University, 1999.
- ColorChecker Classic, 2015. Online letöltés: 2015.12.30. http://xritephoto.com/ph_product_overview.aspx?id=1192&catid=28.
- Hamilton, J. & Adams, J. 1997. Adaptive color plane interpolation in single sensor color electronic camera. U.S. Patent No. 5,629,734, 1997.
- Hargitai, H., 2006. A hiperspektrális képfeldolgozás módszerei és az első magyarországi képalkotó spektrométeres repülés adatainak elemzése. Doktori (PhD) értekezés. Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar. Budapest.
- Kardeván, P., Jung, A., Deákvári, J., Szalay, D. K., Tolner, I. T., Kovács, L., Fenyvesi, L., 2010. A hiperspektrális távérzékelési technológia sajátosságai, és minőségbiztosított alkalmazásának hazai lehetőségei. XV. ESRI Magyarország Felhasználói Konferencia. Budapest, 2010. október 7.
- Kozma-Bognár, V., 2012. Hiperspektrális felvételek feldolgozásának és mezőgazdasági alkalmazásának vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés. Pannon Egyetem Állat-és Agrárkörnyezet-tudományi Doktori Iskola. Keszthely.

Kozma-Bognár, V., Berke, J., 2013. Hiperspektrális osztályozó eljárások összehasonlítása felszínborítási kategóriák megállapításánál. Agrárinformatika Nemzetközi Konferencia, DOI: 10.13140/2.1.1406.7847, o. 67-76. Debrecen, 2013.

Kozma-Bognár, V., Szabó, R., Berke, J., 2013. Információtartalmú elemzések a közlekedéseredetű szennyezőanyagok hatásvizsgálatánál. In: Lóki I (szerk.) Térinformatika konferencia és szakkiallítás: Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában konferencia kiadvány. pp. 257-264. Debrecen, 2013. május 23-24. ISBN 78-963-318-334-2.

Laroche, C. A., 1994. Apparatus and method for adaptively interpolating a full color image utilizing chrominance gradients. U.S. Patent 5,373,322, 1994.

Magyary, V., 2016. Ultranagy felbontású légifelvételék illesztése és osztályozása. Szakdolgozat. Gábor Dénes Főiskola Mérnök-informatikus szak, Budapest.

Milics, G., 2008. A térinformatika és a távérzékelés alkalmazása a precíziós (helyspecifikus) növénytermesztésben. Doktori (PhD) értekezés. Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar. Pécs.

Mucsi, L., 2004. Műholdas távérzékelés. Libellus. Szeged, 2004. ISBN:963-214-903-3.

Nagy, K. 2009. Fotóelmélet: Optika 5. Online letöltés: 2016.01.27. https://pixinfo.com/cikkek/fotoelmélet_optika_5.

Ocskai, Zs., 2015. Entrópia alapú információtartalom mérés digitális képeken. Szakdolgozat. Gábor Dénes Főiskola, Mérnök-informatikus szak. Budapest.

Pechmann, I., Tóth, T., Tamás, J., Kardeván, P., Róth, L., Burai, P., Katona, Zs., 2003. Elterő talajszótartalmú növényzeti foltok elkülönítése hiperspektrális technológiával. In: Gaál Z., Máté, F., Tóth, G., (szerk.) Földminősítés és földhasználati információ konferencia kiadványa. Keszthely, 2003. december 11-12.

Prema, M., Mohideen faril sumaiya, Y., Ramya, R. 2016. High Secure Finger Vein Authentication System For ATM, <https://www.researchgate.net/publication/303329827>.

qChannel, 2016. Online letöltés: 2016.01.18. <http://www.req.hu/kepfeldolgozas/qchannel/>.

Sakamoto, T. et. al., 1998. Software pixel interpolation for digital still cameras suitable for a 32-bit MCU. IEEE Transactions on Consumer Electronics. Nov. 1998. Vol.44, No.4, P.1342-1352.

Shannon, C. E. (1948a): A Mathematical Theory of Communication, The Bell System Technical Journal, 27:379-423.

Shannon, C. E. (1948b): A Mathematical Theory of Communication, The Bell System Technical Journal, 28:623-656.

Shannon, C. E. (1951): Prediction and entropy of printed English, The Bell System Technical Journal, 30:50-64.

Szilágyi, J. 2013. Multispektrális felvételek vegetációs osztályozása ENVI SVM osztályozási eljárással, Szakdolgozat. Gábor Dénes Főiskola, Mérnök-informatikus szak. Budapest.

Szilágyi, R., Herdon, M., Lengyel, P., Rózsa, T., 2014. Tudás disszemináció és innovatív információs technológiák a mezőgazdaságban, Informatika a felsőoktatásban 2014 konferencia, Debrecen, 2014. augusztus 27-29. o. 302-310.

Tamás, J., Róth, L., 2008. Hiperspektrális adatfeldolgozási és megjelenítési lehetőségek. 6. Fény-Tér-Kép konferencia. Dobogókő, 2008. szeptember 18-19.

Verőné, W. M., 2010. Fotointerpretáció és távérzékelés 5., Távérzékeléssel szerzett adatok számítógépes kiértékelése.

Nyugat-magyarországi Egyetem. Online letöltés: 2016.03.18. http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0027_FOIS/ch01s02.html.

A nyilatkozat: A beküldött kézirat a feltüntetett szerzők munkája, a benne szereplő, másról átvett információk, ábrák és egyéb anyagok szerzői mindenhol meg lettek jelölve. A cikk jelen formájában nem jelent meg más folyóiratban. A cikk Távérzékelési technológiák és térinformatika szakfolyóiratban történő publikálásával minden szerző, közreműködő és támogató egyetért. A kézirat nem tartalmaz valótlán információt, a szerzőknek nincs tudomásuk összeférhetetlenségről és a kézirat feldolgozását, lektorálását, publikálását gátló tényezőről, továbbá hozzájárulnak, hogy az RS@GIS online fényképes szerzői adatbázisában szerepeljenek.

© 2016 by the authors; licensee RS&GIS, Hungary.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

A tájszerkezet hatása a veresnyakú árpabogár (*Oulema melanopus*) levélkártételére

LAJOS Károly*, SZALAI Márk, TÓTH Ferenc, AMBRUS Gergely, KISS József

Szent István Egyetem, MKK, Növényvédelmi Intézet; * Lajos.Karoly.Atila@phd.uni-szie.hu

Abstract — The current agricultural practice is dependent on the use of pesticides. Integrated Pest Management (IPM) gives priority to natural regulating mechanisms including pest control by natural enemies as one of the ecosystem services provided by various habitats over agricultural landscape as phrased by the EU directive on Sustainable Use of Pesticides (Directive 2009/128/EC). We investigated the relationship between this ecosystem service and the landscape metrics of the SNHs in agricultural landscapes. We compared the leaf damage caused by *Oulema melanopus* larvae in winter wheat with different landscape metrics of the SNHs in north-western Jászágó, Hungary. We used the freely available program FRAGSTATS v4 to calculate the landscape metrics of the examined 24 landscape sectors. With exception for the woody areal subcategory, the results showed hardly any or no correlation between SNH spatial configuration and the damage of *Oulema melanopus*. In case of the woody areal landscape element, however, two landscape metrics, the patch density ($r = 0.41$; $p = 0.048$) and the edge density ($r = 0.48$; $p = 0.017$), showed correlation with the leaf damage estimated at 2 m distance from the field edge. This indicates, that the leaf damage level caused by *Oulema melanopus* is likely to be influenced more by other factors.

Index Terms: landscape metrics, ecosystem service, *Oulema melanopus*, natural enemies, FRAGSTATS

Kulcsszavak: tájökölógiai mutatók, ökoszisztéma szolgáltatás, *Oulema melanopus*, természetes ellenségek, FRAGSTATS

1. Bevezetés

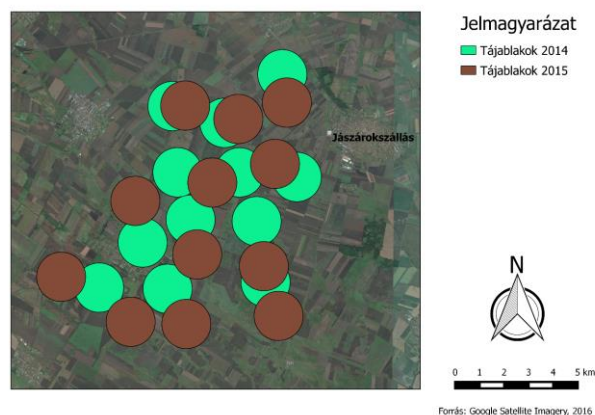
Az utóbbi évtizedekben egyre komolyabb lett az igény a peszticid használat csökkentésére és alternatív módszerek kifejlesztésére. Ez a törekvés tükröződik az Európai Parlament és a Tanács 2009/128/EK irányelvében, amely a peszticidok fenntartható használatát, valamint az alternatív megközelítések és technikák kidolgozását és bevezetését tűzte ki célul. E cél elérésében segítségünkre lehetnek a természetben zajló szabályozó folyamatok, mint például a kártevők természetes ellenségeinek kártevő-gyérítő tevékenysége, ami az ökoszisztéma szolgáltatások egyike (MEA 2005). Azonban ahhoz, hogy ezeket a természetes folyamatokat eredményesen ki tudjuk használni, ismerni kell a tájszerkezetnek mind a kártevők, mind a természetes ellenségeik populációinak dinamikájára kifejtett hatását. Azt, hogy hogyan befolyásolják a féltermészetes - vagyis a mezőgazdasági tájban található, emberi tevékenység által kevésbé bolygatott - élőhelyek különböző típusai és ezek térbeli elrendezése a mezőgazdasági kártevők és ezek természetes ellenségeinek tevékenységét. Már több kutatás keretében vizsgálták a féltermészetes élőhelyek

tájökölógiai paramétereinek (például a részarányának, sokszínűségének vagy térszerkezetének) a különböző kártevő- és természetes ellenség-fajoknak a térbeli eloszlására kifejtett hatását (pl. Di Giulio et al. 2009, Chaplin-Kramer et al. 2011). Azonban a mai napig nem tanulmányozták árpabogarak (*Oulema* spp.) kártétele és a féltermészetes élőhelyek tájökölógiai paramétereinek közötti kapcsolatot.

2. Vizsgálati módszerek

A Jászágó északnyugati részén, Jászárokszállás és Jászágó települések körül, 2014-ben és 2015-ben, 12-12 búzatáblát jelöltünk ki (1. ábra), amelyekben a mezőgazdasági kártevők gyérítését mint ökoszisztéma szolgáltatást kívántuk felmérni és számszerűsíteni. A táblák 1 km sugarú környezetét mint vizsgálandó tájablak jelöltük ki és a QGIS 2.8.7-Wien segítségével az ETRS89/ETRS-LAEA vetületi rendszerben digitalizáltuk. Alaptérképként a QGIS „Open Layers plugin” nevű modul által betöltött Google Satellite műholdképek szolgáltak. A térképezésnél szerkesztett poligonokat a műholdképek alapján két fő kategóriába osztottuk:

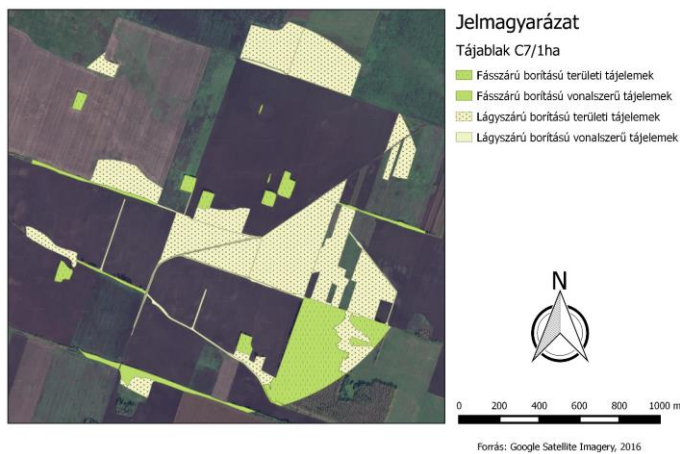
- ✓ Féltermészetes élőhelyek
- ✓ Egyéb területek, mint például táblák, további mezőgazdasági területek, városi környezet, utak, vízfelületek, stb.



1. ábra: A vizsgált tájablakok térbeli elhelyezkedése. Jászárokszállás város külön kiemelve.

A féltermészetes élőhelyeket további négy alcsoportba osztottuk (2. ábra) térbeli alakjuk valamint a területükön található fás- és lágyszárú növények részaránya alapján:

- ✓ Fásszárú borítású területi tájelemek, mint például zárt erdők
- ✓ Fásszárú borítású vonalszerű tájelemek, mint például mezővédő erdősávok
- ✓ Lágyszárú borítású területi tájelemek, mint például gyepek
- ✓ Lágyszárú borítású vonalszerű tájelemek, mint például útszegélyek



2. ábra: A féltermészetes élőhelyek térbeli elhelyezkedése az egyik 1 km sugarú táblakban.

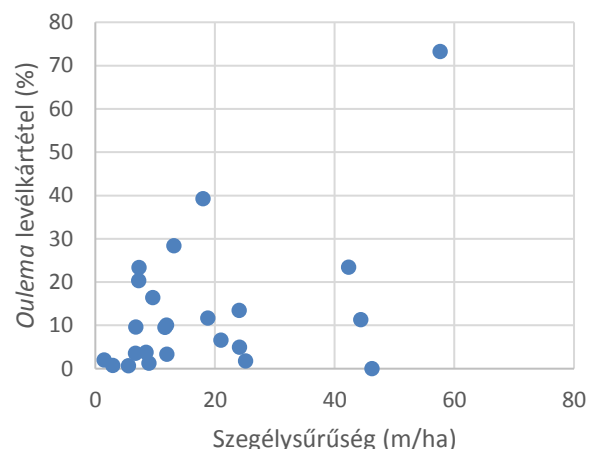
Azokat a területeket, amelyek szélesebbek, mint 25 m és legalább 50 m hosszúak voltak, úgynevezett területi tájelemek alcsoportjába soroltuk. Olyan területeket, amelyek viszont keskenyebbek, mint 25 m, de emellett legalább 50 m hosszúak voltak, a vonalszerű tájelemek közé soroltuk. Azokat a területeket, ahol a fás szárú növények borítása (vagyis a lombkorona vetülete) 30% fölött volt a fásszárú, amelyek ezt a feltételt nem teljesítették pedig a lágyszárú alcsoportba soroltuk. Így jött létre a fenti csoportosítás. A féltermészetes élőhelyek ezek a feltételek alapján való csoportosításának hitelességét a Földmérési és Távérzékelési Intézet által kialakított Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer adatai alapján, valamint 2015-ben terepi bejárással is ellenőriztük. Külön élőhelynek csak a legalább 1,5 m széles, 50 m hosszú valamint 75 m² kiterjedésű poligonokat vettük. Azok a területek, amelyek ezeket a feltételeket nem teljesítették, a szomszédos, megfelelő kiterjedésű poligonokkal lettek összeolvasztva. Ezután a táblakokat a „Rasterize (vector to raster)” GDAL paranccsal raszteres GeoTiff formátumba alakítottuk át, 1 x 1 méteres pixelméretű raszterképeket eredményezve.

A vizsgált tájegységek különböző tájékológiai paramétereit a FRAGSTATS v4 (McGarigal et al. 2012) programmal számítottuk ki. Csak területi és szegélyi, alaki és aggregációs indexeket vizsgáltunk. Ezeknek a vizsgálatoknak az volt a célja, hogy felmérjük a vizsgált táblakokban található féltermészetes élőhelyek térszerkezetét, és hogy összevegyük ezeket az adatokat az *Oulema melanopus* által okozott levélkártétel mértékével. A levélkártételt a táblaszéltől 2-25-50-75 méter távolságban elhelyezkedő búzánövények zászlós levelein vizsgáltuk és százalékos értéként kerültek feljegyzésre (Schermann 2015). A statisztikai elemzéseket az R (R Development Core Team 2016, v3.2.5) program segítségével végeztük.

3. Eredmények

Az összes táblát tekintve az *Oulema melanopus* által okozott levélkár viszonylag alacsony, de nagyon változatos volt ($14\% \pm 11,17\%$). A féltermészetes élőhelyeket leíró tájékológiai paraméterek és a levélkártétel mértéke között néhány eset kivételével nagyon alacsony vagy semmilyen korrelációt nem észleltünk:

- ✓ A legerősebb kapcsolat a fásszárú borítású területi tájelemek térszerkezeti mutatóinál volt megfigyelhető. Az összes felvételi pontnál mért átlagos levélkártétel több tájékológiai mutatóval, méghozzá a foltosság (Patch Density), az osztályra vonatkoztatott tájszintű alaki mutatóval (Landscape Shape Index), keveredési és egymásmellettségi mutatóval (Interspersion and Juxtaposition Index) valamint a szegélyek hosszával és sűrűségével (Total Edge és Edge Density) mutatott nagyobb korrelációt (mindegyiknél $r > 0,3$). Továbbá az is megfigyelhető volt, hogy a megvizsgált búzánövények táblaszéltől való távolsága is befolyással volt a korreláció értékére. A vizsgált tájékológiai paraméterek többségénél a táblaszélhez közelebbi felvételezési pontoknál (2 és 25 m) a korreláció magasabb volt, mint a távolabbi pontoknál (50 és 75 m). A legmagasabb érték a szegélysűrűség és a 2 méternél felmért kártétel között volt ($r = 0,48$, 3. ábra). Ezekből az adatokból, kellő óvatossággal, megfogalmazható az a feltételezés, hogy minél nagyobb az érintkezési felület a fásszárú meg nem fásszárú borítású területek között, annál nagyobb a kártétel. Ez az óvatosság indokolt, mivel a korreláció nagymértékben függ egy kiugró ponttól (3. ábra).
- ✓ Az összes többi kategóriánál nem volt említésre méltó kapcsolat a levélkártétel és a tájékológiai mutató között, a táblaszéltől mért bármelyik távolságra.



3. ábra: A fásszárú borítású területi tájelemek szegélysűrűsége és az *Oulema melanopus* által a 2 méternél található felvételi pontnál okozott levélkártétel közötti kapcsolat (Pearson-féle korrelációs együttható, $r = 0,4826$).

A legszorosabb kapcsolat a fásszárú borítású területi tájelemek folt- ($r = 0,41$; $p = 0,048$) és szegélysűrűsége ($r = 0,48$; $p = 0,017$) és a táblaszéltől 2 méteres távolságban felmért levélkártétel között volt. Ami az összes többi felvételezési pontot illeti, egyiknél sem tapasztaltunk hasonlóan erős korrelációt az említett térszerkezeti mutatókkal. Ezek az eredmények talán arra utalhatnak, hogy a két, imént említett térszerkezeti paraméternek az *Oulema melanopus* által okozott levélkártételre kifejtett hatása csak rövidtávon érvényesül.

4. Összefoglaló

A mezőgazdasági gyakorlatunk jelenleg nagymértékben függ a peszticidok használatától. Az Integrált Növényvédelem előnybe helyezi a természetben zajló önszabályozó folyamatokat és ökoszisztéma szolgáltatásokként kezeli őket. Ezekhez az agrártájban található élőhelyek által nyújtott szolgáltatásokhoz tartozik a természetes ellenségek kártevőszabályozása, amit az EU fenntartható peszticidhasználat irányelve is megemlít (Directive [2009/128/EC](#)). Mi az előbb említett szolgáltatás kapcsolatát vizsgáltuk az agrártájban található féltermészetes élőhelyek tájökológiai paramétereivel. Az *Oulema melanopus* levélkártétel mérték fel, és a féltermészetes élőhelyek FRAGSTATS v4 által 24 táblákra kiszámított térszerkezeti mutatókkal vetettük össze. Kijelenthető, hogy a fás szárú növények által dominált területi tájelemeket kivéve valószínűleg más környezeti tényezők sokkal erősebb hatással vannak az *Oulema melanopus* által okozott levélkár mértékére, mint a féltermészetes élőhelyek térszerkezete. A fásszárú borítású területi tájelemek esetében viszont két térszerkezeti mutatónál, méghozzá folt- ($r = 0,41$; $p = 0,048$) és szegélysűrűségénél ($r = 0,48$; $p = 0,017$), és a táblaszéltől 2 méteres távolságban felmért levélkártétel között egy erősebb korreláció volt megfigyelhető.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást részben a QuESSA (Quantification of Ecological Services for Sustainable Agriculture / Ökoszisztéma szolgáltatások a fenntartható mezőgazdaságért: www.queessa.eu) EU FP7 kutatási projekt, részben a Kutató Kari Kiválósági Támogatás - Research Centre of Excellence - 1476-4/2016/FEKUT támogatta. Továbbá köszönjük a SZIE Növényvédelmi Intézet munkatársainak a terepi felvételezés során nyújtott segítségét.

Irodalomjegyzék

A szövegben hivatkozott Európai Uniói irányelv:

DIRECTIVE [2009/128/EC](#) OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 October 2009 establishing a frame work for Community action to achieve the sustainable use of pesticides

A szövegben hivatkozott cikkek:

Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, M. E., Blitzer, E. J., & Kremen, C. (2011): A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology letters*, 14, 922-932.

Di Giulio, M., Holderegger, R., & Tobias, S. (2009): Effects of habitat and landscape fragmentation on humans and biodiversity in densely populated landscapes. *Journal of environmental management*, 90, 2959-2968.

Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., ... & Eggers, S. (2010): Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, 11, 97-105.

Hanke, W., & Jurewicz, J. (2004): The risk of adverse reproductive and developmental disorders due to occupational pesticide exposure: an overview of current epidemiological evidence. *International journal of occupational medicine and environmental health*, 17, 223-243.

Losey, J. E., & Vaughan, M. (2006): The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56, 311-323.

McGarigal, K., SA Cushman, & E Ene. (2012): FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous

Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: www.umass.edu

Millennium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and human well-being. Washington, DC. www.millenniumassessment.org

R Core Team (2016): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rosenstock, L., Keifer, M., Daniell, W. E., McConnell, R., Claypoole, K., & Pesticide Health Effects Study Group. (1991): Chronic central nervous system effects of acute organophosphate pesticide intoxication. *The Lancet*, 338, 223-227.

Rusch, A., Valantin-Morison, M., Sarthou, J. P., & Roger-Estrade, J. (2010): Biological Control of Insect Pests in Agroecosystems: Effects of Crop Management, Farming Systems, and Seminatural Habitats at the Landscape Scale: A Review. *Advances in agronomy*, 109, 219-260.

Schermann D. (2015): Féltermészetes élőhelyek hatása egy ökoszisztéma szolgáltatásra: a veresnyakú árpabogár gyérítésére őszi búzában. Diplomadolgozat, Szent István Egyetem, Gödöllő.

A nyilatkozat: A beküldött kézirat a feltüntetett szerzők munkája, a benne szereplő, mástól átvett információk, ábrák és egyéb anyagok szerzői mindenhol meg lettek jelölve. A cikk jelen formájában nem jelent meg más folyóiratban. A cikk Távérzékelési technológiák és térinformatika szakfolyóiratban történő publikálásával minden szerző, közreműködő és támogató egyetért. A kézirat nem tartalmaz valótlan információt, a szerzőknek nincs tudomásuk összeférhetetlenségről és a kéziratfeldolgozását, lektorálását, publikálását gátló tényezőről, továbbá hozzájárulnak, hogy az RS@GIS online fényképes szerzői adatbázisában szerepeljenek.

© 2015 by the authors; licensee RS&GIS, Hungary.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

A tájszerkezet hatása a veresnyakú árpabogár (*Oulema melanopus*) levélkártételére

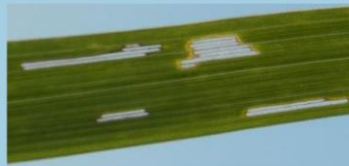
LAJOS Károly*, SZALAI Márk, TÓTH Ferenc, AMBRUS Gergely, KISS József

Szent István Egyetem, MKK Növényvédelmi Intézet, Páter Károly utca 1, 2100 Gödöllő

*Lajos.Karoly.Atila@phd.uni-szie.hu

Bevezetés

Ezidáig már többször vizsgálták a féltermészetes élőhelyek tájékológiai paramétereinek a különböző kártevő- és természetes ellenség-fajoknak tevékenységére és térbeli dinamikájára kifejtett hatását. Azonban még nem tanulmányozták az árpabogarak (*Oulema* spp.) levélkártétele (1. ábra) és a féltermészetes élőhelyek tájékológiai paramétereinek közötti kapcsolatot.



1. ábra: Az árpabogarak (*Oulema* spp.) levélkártétele.

Vizsgálati módszerek

A Jászság északnyugati részén 2014-ben és 2015-ben, 12-12 búzátáblát jelöltünk ki (2. ábra). A térképezésnél szerkesztett poligonokat a műholdképek alapján két fő kategóriába osztottuk:

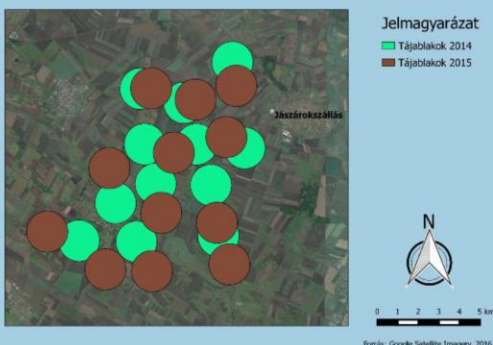
- Féltermészetes élőhelyek (ember által kevésbé bolygatott, lágyszárú és fás szárú borítású tájelemek)
- Egyéb területek (mezőgazdasági területek, városi környezet, utak, vízfelületek, stb.)

A féltermészetes élőhelyeket térbeli alakjuk valamint a területükön található fás- és lágyszárú növények részaránya alapján további négy alcsoportba osztottuk (3. ábra):

- Fás szárú borítású területi tájelemek
- Fás szárú borítású vonalszerű tájelemek
- Lágyszárú borítású területi tájelemek
- Lágyszárú borítású vonalszerű tájelemek

A vizsgált tájegységek különböző tájékológiai paramétereit, mint például a területi és szegélyi, alaki és aggregációs tájékológiai indexeket, a FRAGSTATS v4 programmal számítottuk ki.

A levélkártételt a táblaszéltől 2-25-50-75 méter távolságban elhelyezkedő búzánövények zászlós levelein vizsgáltuk és százalékos értéként kerültek feljegyzésre.



2. ábra: A vizsgált táblák térbeli elhelyezkedése.

Köszönetnyilvánítás

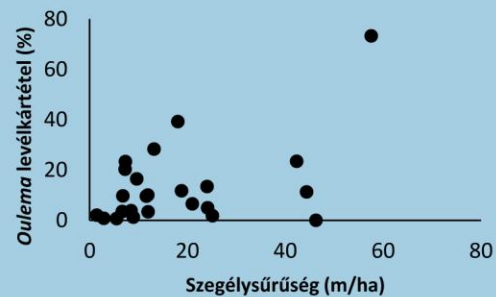
A kutatást részben a QuESSA (Quantification of Ecological Services for Sustainable Agriculture www.QUESSA.eu) EU FP7 kutatási projekt támogatta.



3. ábra: A féltermészetes élőhelyek térbeli elhelyezkedése az egyik 1 km sugarú táblákban.

Eredmények

- A lágyszárú borítású valamint a fás szárú borítású vonalszerű féltermészetes élőhelyek tájékológiai paramétereinek és a levélkártétel mértéke között nagyon alacsony vagy semmilyen korrelációt nem észleltünk.
- A legszorosabb kapcsolat a fás szárú borítású területi tájelemek folt- ($r = 0,41$; $p = 0,048$) és szegélyszűrűsége ($r = 0,48$; $p = 0,017$; 4. ábra) és a táblaszéltől 2 méteres távolságban felmért levélkártétel között volt.



4. ábra: A fás szárú borítású területi tájelemek szegélyszűrűsége és az *Oulema melanopus* által a 2 méternél található felvételezési pontnál okozott levélkártétel közötti kapcsolat.

Konklúzió

- Az eredményeink a vizsgált esetek többségében a féltermészetes élőhelyek térszerkezetének elhanyagolható hatására utalnak.
- Ez alól kivételt képeznek fás szárú növények által dominált területi tájelemek, ahol bizonyos tájékológiai paraméterek (foltszűrűség és szegélyszűrűség) és a 2 méternél található felvételezési pontnál okozott levélkártétel között egy enyhe korreláció volt tapasztalható.

Szuperfelbontású felvételek osztályozásának kihívásai városi környezetben

Veróné Dr. Wojtaszek Malgorzata¹,

Egyetemi docens, Óbudai Egyetem AMK, Székesfehérvár; wojtaszek.malgorzata@amk.uni-obuda.hu

Abstract—Very high-resolution satellite imagery provides an important data source for many fields of research. This paper deals with object-oriented image analysis applied for an urban area. Very high-resolution images in conjunction with object-oriented image analysis have been used for land cover detection. Using the eCognition software with object-oriented methods, not only the spectral information but also the shape, compactness and other parameters can be used to extract meaningful objects. The spectral and geometric diversity of urban surfaces is a very complex research issue. It is the main reason why additional information is needed to improve the outcome of classification.

Index Terms: Remote Sensing, Image Processing, OBIA, urban environment

Kulcsszavak: távérzékelés, képosztályozás, OBIA, városi környezet

1. Bevezetés

A múlt század második felében a Föld természetes ökoszisztémáinak változása és degradációja nagymértékben felgyorsult. A környezet negatív változásainak fő oka a természeti erőforrások regeneráló képességüket meghaladó kiaknázása, az élőhelyek csökkenése, iparosodás illetve urbanizáció. A beépített területek növekedése, valamint a természetes és a természetközeli élőhelyek csökkenése, és az ezzel járó környezeti negatív változások napjaink legaktuálisabb problémái közé tartoznak. A környezet állapotának objektív felméréséhez, a változások nyomon követéséhez és a felmerülő problémák hatékony kezelése érdekében, megfelelő adatokra és vizsgálati módszerekre van szükség. A távérzékelés, mint adatforrás kiemelkedő szerepet játszik a földfelszín felmérésében és az ehhez kapcsolódó kutatásban. Az adatgyűjtő távérzékelési technológiák folyamatos fejlődése következtében egyre jobb minőségű és egyre több adat áll rendelkezésre. Ezekből az adatokból csak megfelelő osztályozási módszerekkel nyerhető tematikus információ. A képfeldolgozás és távérzékelési adatok gyakorlati alkalmazása, a képfeldolgozási technológiák és térinformatikai szoftverek állandó fejlődése, évek óta kihívást jelent a témával foglalkozók számára. Az egyre nagyobb mennyiségű adathalmaz kezeléséhez és egyre növekvő pontossági igények kielégítéséhez, új osztályozási módszerekre van szükség.

A távérzékelési felvevőrendszerek technikai fejlődésével, a szenzorok javulása – geometriai, spektrális, radiometriai és időbeli – felbontásával növekszik a feldolgozandó adatok mennyisége és

minősége. Szuper nagyfelbontású felvételek esetében a képpontok mérete az ábrázolt objektumokhoz viszonyítva csökken (Mucsi L. 2007), így egy tematikus kategórián belül igen eltérő intenzitású pixelek fordulhatnak elő (pl. úthálózat és rajta lévő útjelző festés, háztető szellőző nyílásokkal, mezőgazdasági táblán belüli növény fejlődési anomáliák). A pixel-alapú osztályozási eljárás egy ismeretlen hovatartozású képpont intenzitását önmagában vizsgálja, figyelmen kívül hagyva a pixel környezetét, vagyis a homogén területekre (pl. út, épület, mezőgazdasági tábla) eső szomszédos képpontok egymáshoz való viszonyát, térbeli kapcsolatát. A pontonkénti osztályozás tipikus tévedése, hogy a környezet átlagától eltérő pixelt nem oda sorolja be, mint ahová a szomszédjaival együtt valójában tartozik, hanem kiragadva a környezetéből – abba a kategóriába kerül, ahová önmagában nézve a legjobban illeszkedik. A nagyobb felbontás miatt célravezetőbb, ha az azonosítás és az osztályba való sorolás alapját nem egy pixel, hanem valamilyen szempont szerint összetartozó pixelek csoportjai (szegmensei) képezik. Ennek értelmében – az osztályozást megelőzően – szükséges a kép tartalmát olyan régiókra (szegmensekre) felbontani, amelyek szomszédos, összetartozó pixelekből állnak és a valós világ elemeit részben vagy teljes egészében képviselik. A numerikus képelemzés tudományában kialakult egy új irányzat, mely ellentétben a pixel-alapú módszerekkel a térbeli kapcsolatok figyelembe vételén alapul. Az ún. objektum-alapú képfeldolgozó technikák meghatározására a szakirodalomban több összefoglaló kifejezés fejlődött ki. Ezek közül a legelterjedtebb az OBIA (Object-based Image Analysis), ami objektum-alapú képelemzést jelent (Blaschke T.– Hay G.J. 2001, Blaschke T. 2010). A rendelkezésre álló képfeldolgozó eszköztár azonban ún. szegmentálási és osztályozási algoritmusok, eljárások és gyakorlati alkalmazáshoz szükséges módszertan, nem tekinthető véglegesnek és további fejlesztések szükségesek.

A felvételek geometriai felbontásának növelésével a tematikus osztályokon belüli különbségek oly mértékben megnövekedhetnek, hogy ez zavarhatja a feldolgozást és csökkentheti az osztályozás pontosságát. További gondot jelent, hogy a városi felszínborítás egyes kategóriái hasonló vagy azonos spektrális jellemzőkkel rendelkeznek, vagy egy kategórián belül spektrális eltérések lépnek fel. A mesterséges anyagkeverékek spektrális tulajdonságai koruk és pozíciójuk függvényében ugyanazon anyag esetében a felszínen jelentősen eltérhetnek. Jelen publikáció a városi környezet osztályozás egyes kérdéseivel foglalkozik. Egyes kérdések tárgyalásában szoftver specifikus megoldásokat mutat be.

2. Szegmentálás egyes kérdései

Az objektum orientált osztályozás egyik kritikus lépése a szegmentálás, melynek során a képet alkotó pixelekből szegmenseket építünk ki. Az előállított szegmenseket (objektumokat) az osztályozás további lépéseiben input adatként használjuk. A szegmentálás eredménye döntően befolyásolja az osztályozás pontosságát, hiszen az osztályozás alapját a

szegmensekre (objektumokra) számított jellemzők (spektrális, geometriai, térbeli, stb.) képezik.

Szegmentálás során az összetartozó és egy előre meghatározott hasonlósági kritériumot teljesítő pixelek egy objektumba (szegmensbe) kerülnek. A szegmensek olyan régiók, amelyek egy vagy több dimenziós tulajdonságtérben (feature space) a homogenitás egy vagy több kritériumának eleget tesznek (Blaschke T. 2010). A szegmensek (objektumok) legfontosabb tulajdonsága, hogy a megadott jellemzők szempontjából közel homogén egységeket képeznek, vagyis a szegmens spektrálisan hasonló, szomszédos képpontok egybefüggő halmaza. A szegmentálással szembeni elvárások a következőkben foglalhatók össze:

- egy szegmens egységes és homogén legyen valamilyen jellemző szerint
- egyszerű és tömör legyen
- különbözzön a szomszédos szegmenstől
- a határvonala ne legyen töredezett.

Továbbá a szegmensek lefedik a teljes képet, nincsenek átfedésekben, minden szegmens kielégíti a homogenitási kritériumot és a szomszédos régiók uniója nem elégíti ki a homogenitási kritériumot (heterogének!).

Az eCognition szoftver környezetében több szegmentáló algoritmus található, a legegyszerűbb ún. sakktablás eljárástól kezdve az összetett régió-orientált módszerig terjedően. Ezeknek a módszereknek a döntő többsége a szegmenseket nem csak spektrális tulajdonságaik alapján határozza meg, hanem figyelembe veszi az alak, geometriai összefüggéseket, a szomszédsági viszonyokat, valamint az objektumok hierarchiáját (az objektumokat fölé- és alárendeltségét) is. Az eltérő, de hierarchikusan egymásra épülő szegmentálási szintek objektumai olyan rendszert képeznek, amely lehetőséget biztosít a vizsgált jelenség észlelésére, azonosítására, egyedi (optimális) léptékben (1. ábra). Például a földrészleten belüli beépítettség térképezése esetén a földrészlet azonosítása és kategorizálása kisebb léptékben, az ún. superobjektum szintjén oldható meg a legkönnyebben. A superobjektum szintjén a rendezett réteg - részletesebb, nagyobb léptékű objektumok révén - a vegetáció és mesterséges felületek elemzését teszi lehetővé (2. ábra). A szoftver továbbá lehetőséget ad eltérő geometriai felbontású (több forrásból származó) adatok együttes szegmentálására, valamint egyéb tematikus térképek figyelembe vételére az objektumok meghatározása során. Az input adatok (egyes sávok) súlyozhatók.



1. ábra Hierarchikus szegmentálás folyamatára.

A városi környezet osztályozásának alapját képező objektumok összetett, több lépésből álló szegmentálással érhetők el. Megfelelő eredmény több algoritmus kombinálásával érhető el, a szegmentálás kritériumainak véglegesítése a kísérletezés és tesztelés útján lehetséges. Fontos megjegyezni, hogy ugyanazon kép esetében a szegmentálás paramétereinek beállításánál is célszerű figyelembe venni a vizsgálandó területek beépítési jellegét. Azok a paraméterek, amelyek tömbház övezetben jó eredményt adnak, nem biztos, hogy alkalmasak családi házas övezet felméréséhez. Szegmentálás optimális eredménye a 3. ábrán látható. A homogén felületek jól elkülöníthetők.



2. ábra Elemzések szub-objektum szinten: A) földrészleten belüli szegmentálás eredménye, B) földrészleten belüli mesterséges területek osztályozásának az eredménye.

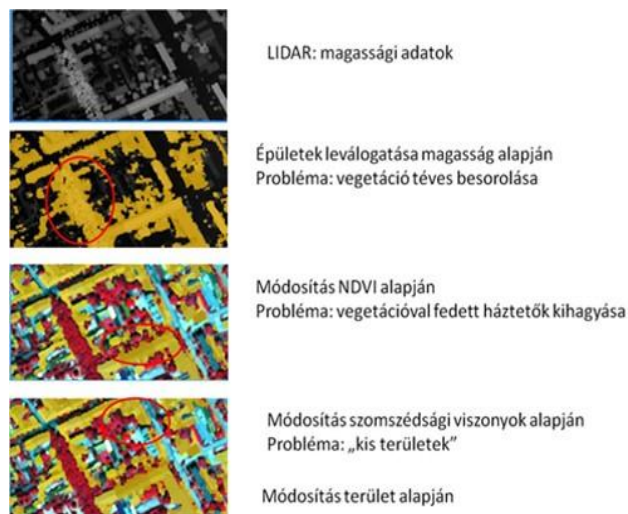


3. ábra Szegmentálás optimális eredménye.

3. Osztályozás egyes kérdései

A városi környezet térképezése távérzékelési adatok osztályozásával, különösen a mesterséges területek elkülönítése a természetes környezettől, viszonylag egyszerű feladatnak tekinthető. Amennyiben megfelelő adatok állnak rendelkezésre (multispektrális felvételek), akkor vegetációs indexek (pl. NDVI) segítségével a növényzet nagy pontossággal elkülöníthető. Természetesen a pontosság a felhasznált adatok geometriai, spektrális felbontásától függ, továbbá a felvétel készítés ideje is hatással van az ilyen jellegű felmérésekre. Abban az esetben, amikor a felmérés tárgyát alkategóriák, mint pl. épületek, utak, különböző borítású városi terek, stb. képezik, a feladat jóval nehezebbé válik. Egyes mesterséges alkategóriák elkülönítése csupán spektrális jellemzők alapján nehezen, vagy egyáltalán nem oldható meg. A városra jellemző felszínborítási kategóriák sokasága és egyes kategóriák spektrális heterogenitása, valamint a távérzékelés fizikai törvényszerűségei miatt a városi környezet osztályozása csak spektrális jellemzők alapján nem egyértelmű és mellősoztályozáshoz vezet, különösen az épületek és utak esetén. Egyes szegmensek, amelyek valójában egyéb mesterséges osztályhoz (utak, parkolók, betonozott területek) tartoznak, a spektrális hasonlóság miatt tévesen az épületek kategóriában

jelenhetnek meg. A melléosztályozások egy része a geometriai jellemzők, mint pl. az objektum mérete, térbeli eloszlása, szabályos alakzatra való illeszkedése alapján javítható. Azonban sem a tető alakja, sem pedig mérete nem tekinthető stabil tulajdonságnak, ami azt jelenti, hogy az épület, mint osztályozási kategória csak spektrális és geometriai jellemzőkkel nem írható le egyértelműen. Az épületek legstabilabb és legmegbízhatóbb tulajdonsága a magasság. A felszíni objektumok magasságára vonatkozó információt a vizsgált terület digitális domborzatmodellje és a digitális felszínmodell különbségéből számított érték adja. Amennyiben magassági adatok állnak rendelkezésre, célszerű ezeket a multispektrális adatokkal együtt inputként a szegmentálás folyamatába is beépíteni. Az épületek magasság alapján történő leválogatása lényegesen pontosabb eredményt ad, de nem csökkenti a spektrális adatok fontosságát (Verőné Wojtaszek M. et al. 2015). Elmondható, hogy több forrásból származó adatok együttes használatával érhető el a megfelelő eredmény. A 4. ábra az épületek leválogatásának egyes lépéseit és eredményeit mutatja (Verőné Wojtaszek M. – Ronczyk L. 2012).



4. ábra Épületek leválogatásának szempontjai és eredményei.

Egyes esetekben, mint például a földrészleten belüli beépítettség térképezése vagy földrészletek osztályozása a beépítettség százalékos aránya függvényében a hierarchiarendszernek az osztályozás folyamatába való figyelembe vétele segítséget jelent a feladat megoldásában. A hierarchiarendszer egyes szintjein lévő objektumok tulajdonságai, kapcsolatai, valamint a szub-objektumok és szuper-objektumok viszonyára építve az objektumorientált osztályozás alkalmassá válik a tematikus osztályozásra, földrészleten belüli térképezésre (2. ábra).

4. Összefoglalás

A távérzékelési adatok felhasználása és az objektum-alapú osztályozási eljárások alkalmazása a városi területek tematikus térképeinek olyan lehetőségeket biztosít pl. a városi vegetáció térkép, mesterséges felszínborítás térkép, BGA index (Blue-Green Area Index), stb. elkészítésére, amely jelenleg más módszerekkel nem valósítható meg. A település pillanatnyi állapotáról gyorsan és nagy pontossággal szolgáltat adatokat különböző szakterületek számára, melyek fontos információkat tartalmaznak mind a rövid, mind a hosszú távú várostervezéshez. Emellett hatékonyan támogatják a városüzemeltetést. Segítségükkel olyan statisztikai adatok nyerhetők, amelyek a térinformatikai elemzésekben input adatként használhatók fel. Az elért eredmények a megjelenítő és lekérdező GIS modulban a térinformatikai rendszerbe integrálva hasznosíthatók. Az osztályozás pontossága azonban nem csak az adatok geometriai és spektrális tulajdonságaitól függ, de az alkalmazott képfeldolgozási eljárás is befolyásolja az osztályozás eredményességét. Az

objektum orientált osztályozás egyik kritikus lépése a szegmentálás, melynek eredményét az osztályozás további lépéseiben input adatként használjuk. A szegmentálási eredmény javítható (az optimális szegmensek elérése), ha a folyamat elején a bemenő adatok összeállításánál a következő szempontokat vesszük figyelembe:

- több forrásból származó adatok integrálása (műholdas képek spektrális információ, LIDAR - magassági adatok)
- eredeti sávok és azokból levezetett értékek: PC, indexek (az adatok súlyozhatók)
- kataszteri és tematikus térképi adatok figyelembe vétele.

Városi környezetben egyes tematikus kategórián belül gyakoriak a spektrális eltérések és a heterogén objektumok sokasága pl.: tetőkre jellemző különböző héjazat, anyag, továbbá a méret és az alak. A tematikus kategóriákra jellemző tulajdonságok kiválasztása nem könnyű feladat és az osztályozás pontosságát döntően befolyásolhatja. Az objektum orientált osztályozás figyelembe veszi az előre definiált szegmensek tulajdonságait (pl. spektrális, geometriai) és kapcsolatait (pl. egymáshoz, szegmens osztályhoz). Ezzel a módszerrel a város felszínborításának térképezése lehetővé válik. Az adatok integrálásával, hierarchia rendszerek beépítésével és különböző szegmentáló és osztályozó algoritmusok figyelembe vételével növelhető a beépített területek térképezésének pontossága.

Irodalomjegyzék

Blaschke T. - Hay G.J. 2001. Object-oriented image analysis and scale-space: Theory and methods for modeling and evaluating multiscale landscape structure. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* 34 (4/W5), 22–29.

Blaschke T. 2010. Object-based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65 (1), 2–16.

19. Mucci, L. et al. (2007): Városi földhasználat és felszínborítás vizsgálata távérzékelési módszerekkel. *Földrajzi tanulmányok Vol.1, Városökológia* pp.:19-42, JATEPress

Verőné Wojtaszek M. - Ronczyk L. (2012): Object-based Classification of Urban Land Cover Extraction Using High Spatial Resolution Imagery, *International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint (NymE TÁMOP 4.2.1/B), Proceedings*, ISBN 978-963-334-047-9, 7 pp.

Verőné Wojtaszek M. et al. (2015): Képosztályozási módszerek összehasonlítása városi környezetben. *Geodézia és Kartográfia*. 3-4 (67. évf.), pp.11-17.

A nyilatkozat: A beküldött kézirat a feltüntetett szerzők munkája, a benne szereplő, mástól átvett információk, ábrák és egyéb anyagok szerzői mindenhol meg lettek jelölve. A cikk jelen formájában nem jelent meg más folyóiratban. A cikk Távérzékelési technológiák és térinformatika szakfolyóiratban történő publikálásával minden szerző, közreműködő és támogató egyetért. A kézirat nem tartalmaz valótlan információt, a szerzőknek nincs tudomásuk összeférhetlenségről és a kézirat feldolgozását, lektorálását, publikálását gátló tényezőről, továbbá hozzájárulnak, hogy az RS@GIS online fényképes szerzői adatbázisában szerepeljenek.

© 2015 by the authors; licensee RS&GIS, Hungary.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Távérzékelés szerepe a precíziós mezőgazdaságban, különös tekintettel az UAV felvételekre

Veróné Dr. Wojtaszek Malgorzata¹, Körmendy Endre²,

¹ Egyetemi docens, Óbudai Egyetem AMK, Székesfehérvár; wojtaszek.malgorzata@amk.uni-obuda.hu

² Ügyvezető, Geodéziai és Geofizikai Szolgáltató Kft., Budaörs; geoservice@t-online.hu

Abstract—Precision Agriculture is a farming management approach using information technology, satellite positioning (GNSS) data, remote sensing and proximal data gathering. These technologies focus on optimizing returns on inputs whilst potentially reducing environmental impacts. Precision Agriculture is a concept based upon observing, measuring and responding to inter and intra-field variability in crops. Drone technology is uniquely equipped to transform crop surveillance with high definition cameras and advanced GPS systems. Drones provide new methods of surveying and managing crop damage, soil deficiencies, pest infestations, and irrigation issues. Accurate, high-tech data collection means crop production and profits increase while conservation of valuable environmental resources becomes highly refined. This paper is dealing with precision farming. In our work we have used a multispectral and NIR (Near Infrared) images acquired by a drone (eBee, Geoservice Kft.) in order to monitor agricultural fields and to correlate different spectral transformations with crop growth and also to investigate the performance of different cultivars under different fertilization treatments. The study covers the examination of the impact of different irrigations as well.

Index Terms: Precision Agriculture, Remote Sensing, UAV, Image Analysis.

Kulcsszavak: precíziós-mezőgazdaság, távérzékelés, UAV, képelemzés.

1. Bevezetés

Az ember élete szorosan kapcsolódik a környezethez, így a civilizáció fejlődésével az antropogén hatások következtében egyre nagyobb mértékben változik meg az eredeti ökoszisztéma, teherbíró képessége csökken. Példaként említhető a XIX. században kezdődött iparosodás és a hozzá kapcsolódó urbanizáció, amely gyökeresen megváltoztatta a föld- és a tájhasználatot. A Föld lakosságának folyamatosan növekvő lakóhely igénye a létszám növekedésével és az életszínvonal emelkedésével függ össze. Egyes becslések szerint a bolygónk

népessége 30 év múlva eléri a kilenc milliárdot! Az ENSZ előrejelzései szerint a világ urbanizációs rátája a következő évtizedekben jelentősen meg fog nőni, 2030-ban el fogja érni az 59,7%-ot, 2050-ben pedig a 69,6%-ot (Mrekva L. 2010). Ehhez kapcsolódik a beépített területek folyamatos növekedése is. Minden új beépítéssel csökken a természetes élettér. Általános tendencia, hogy az ipar, a városok fejlődése egyre nagyobb területet igényel, ami a mezőgazdasági terület csökkenését eredményezi. Természetszerűen következik ebből, hogy a fennmaradó termőterületekkel egyre céltudatosabban kell gazdálkodni. A termőterület csökkenése mellett nagyon komoly problémát jelent a termőtalaj degradációja, ami sok esetben az intenzív mezőgazdasági művelés következménye.

Magyarország 9,3 millió hektárnyi területének 79%-a – 7,4 millió hektár – termőterület. Ezen belül 2013-ban 5,3 millió hektár mezőgazdasági és 1,9 millió hektár erdőterület volt. A mezőgazdasági terület 57%-ot, az erdő 21%-ot foglalt el az ország területéből. Előbbi közel 6%-ot csökkent 2004 óta, míg az utóbbi mérsékelten, de folyamatosan nőtt az elmúlt években (<http://www.piackutatasok.hu/2014/08/ksh-az-orszag-teruletenek-79-szazaleka.html>).

A XXI. században az emberiségnek több új kihívással kell szembesülnie. Ilyen kihívásnak számít a megújuló természeti erőforrások fenntarthatósága, a mezőgazdasággal szemben támasztott elvárások, vagy a Föld népességének növekedése és a termőterület csökkenés problémája. Az egy főre jutó termőterület a világon 1961-ben 0,44 ha volt, ami 2050-re várhatóan 0,15 hektárra fog csökkenni (Várallyay Gy. 2001). A fenntartható mezőgazdasági termelés célja az egyre növekvő igények kielégítése úgy, hogy közben képesek legyünk megvédeni és megőrizni a környezetünket és annak különböző erőforrásait (termőtalaj, ivóvíz, növény- és állatvilág stb.). A fenntartható fejlődés speciális követelményei csak a földhasználat optimalizálásával, a termőhely-specifikus gazdálkodással teljesíthetők (Németh T. 2002, 2007). A megvalósítás alapvető követelménye a terület természeti adottságainak és a használat egyensúlyának megteremtése. Ennek alapvető feltétele a területi adottságok, jellemzőinek felmérése és olyan adatbázis felépítése, amely aktuális, objektív, pontos és több szinten felhasználható adatokat biztosít.

Az első erőforrás kutató műhold megjelenése óta több mint negyven év telt el. Az adatnyerési és kiértékelési technológiák rohamosan fejlődnek, és ennek köszönhetően egyre növekvő mennyiségű és minőségű adatokat biztosítanak a felhasználók számára. A távérzékelési adatok egyik legnagyobb felhasználója, és egyik legtöbb gyakorlati hasznot hozó területe a mezőgazdaság. A termesztett növények spektrális tulajdonságai a növényfajtól, a

növényzet állapotától és fejlettségétől függenek. Ez lehetőséget ad a különböző növénykultúrák térképezésére, állományukban bekövetkezett fejlettségi eltérések kimutatására. Ezek a mérések önmagukban is értékesek a mezőgazdaság számára és gyakran a távérzékelési adatok tematikus kiértékelésének célját képezik, de egyben alapvető információként használhatók fel a termésbecslési modellek kidolgozásában. Az időben elkészített, megfelelő pontosságú termésbecsléseknek stratégiai fontossága van a nemzetgazdaság szempontjából. Az eddigi tapasztalatok alapján a távérzékelés fontos adatforrásnak bizonyult a következő területeken: a termesztett növények területi felmérése, a növényzet állapotának felmérése, termésbecslés (Csornai G. 2001), talajdegradáció felmérése, aszály és ár- illetve belvíz monitoring, stb. Továbbá több, nem agrárjellegű távérzékelési projekt végtermékeit (pl. CORINE, MADOP) eredményesen használjuk például a földhasználati, vagy mezőgazdasági kérdések, problémák megoldásához (Büttner et al. 2010).

Néhány évvel ezelőtt a távérzékelési adatnyerésben új hordozó eszközök jelentek meg, melyek köznapin nyelven drónokként egyre nagyobb teret hódítanak. Az ún. pilóta nélküli légi járművek (UAV, Unmanned Aerial Vehicle) - a repülési céltól függően - több típusú adatrögzítő kamerával szerelhetők fel. Jelenleg a látható tartományban működő (RGB) kamerák mellett lehetőség van az infravörös és multispektrális szenzorok használatára. Az utóbbi időben az első hyperspektrális kamerás kísérletekről is beszámol a szakirodalom. Továbbá alkalmazhatók olyan speciális szűrők, amelyek a vegetáció biológiai aktivitás méréséhez szükséges adatokat, vagyis csak a látható vörös és a közeli infravörös energiát engedik át. A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásával rendkívül nagy térbeli felbontású (3-5 cm) képalkotásra van lehetőség. A drón technológia - jellege miatt időben könnyedén ismételhető, szuper nagyfelbontású adatnyerési lehetőség - a jövőben a precíziós mezőgazdasági döntéshozatalban fontos szerepet tölthet be. A táblán belüli heterogenitást felméréséhez és hely specifikus gazdálkodás megtervezéséhez, valamint a kivételezéséhez is szükséges adatforrássá válhat.

A továbbiakban bemutatásra kerül két esettanulmány, amelyek során professzionális robotrepülővel készült felvételeket használtunk fel az öntözés hatékonyságának vizsgálatához, valamint a növény-monitoringhoz és a menedzsment zónák térképezéséhez.

2. Adatok és módszerek

A növényfejlődés nyomon követéséhez, állapot felméréséhez professzionális, merevszárnyú robotrepülővel vegetációs időszakban több alkalommal felvételeket készítettünk. Ehhez egy svájci-amerikai fejlesztésű komplett rendszert (UAV + feldolgozó SW) használtunk. Három illetve hat cm-es felbontású felvételeket multispektrális (RGB) és infravörös kamerával készítettük. Az adatok feldolgozása során az SW egység az elkészített képek alapján egy ún. pontfelhőt, mozaik képeket és ortofotót generál. Az ortofotó spektrális kiértékelését az eCognition képfeldolgozó rendszer alkalmazásával végeztük el. A kiértékelést minden mezőgazdasági táblára külön-külön, de ugyanolyan szempontok szerint végeztük.

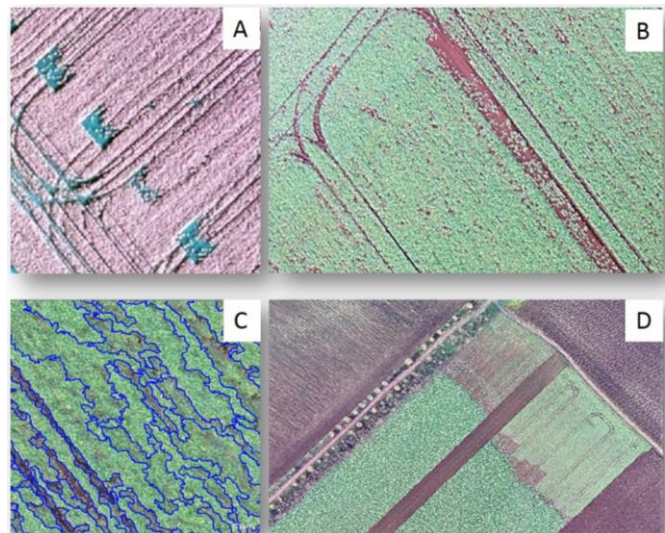
3. Eredmények

A táblán belüli heterogenitást, vagyis felszínborítási és a növény fejlődésbeli eltéréseket, objektum-alapú osztályozással derítettük fel. A felvételek osztályozásával, a táblán belüli heterogenitást feltérképezhető és ez alapján a menedzsment zónák térképe is szerkeszthető (3. ábra). A táblán belüli heterogenitás ismerete alapvető fontosságú a precíziós mezőgazdaságban. A kezelési egységek meghatározását és az egyes kezelési egységek termesztési adottságainak felmérését követően a táblán belüli eltérések figyelembe vehetők a növénytermesztésben. A kezelési

egységek ismeretében olyan döntések hozhatók, amelyek hatékonyabb, nagyobb jövedelmet biztosító, és a környezetet kímélő gazdálkodás megvalósításához vezethetnek. Az osztályozást megelőzően a képek szegmentálására került sor, melynek során egy adott képet alkotó pontokból - spektrális és térbeli paraméterek alapján - homogén régiókat (objektumokat) hoztunk létre. Az így előállított szegmensképet az osztályozás további lépéseiben input adatként használtuk. A szegmensek besorolása egy adott kategóriába a szegmensekre számított tulajdonságok (jellemzők) és küszöbértékek alapján oldható meg. Az osztályozás alapját képező tulajdonságok a következők voltak: intenzitás, szegmensek átlaga, átlagtól való eltérése, szórása sávonként, vegetációs indexek (NDVI, VI, zöld vegetációs index) és a textúra.

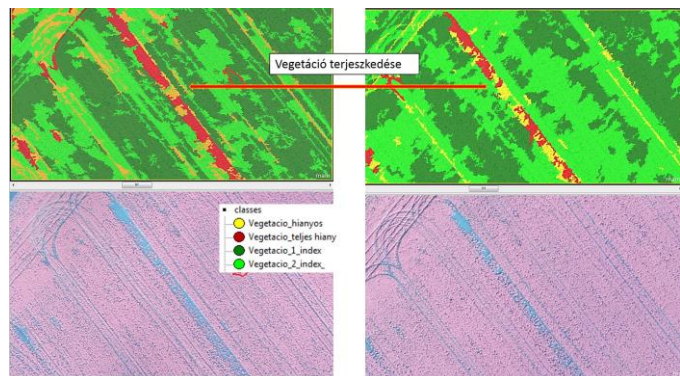
Táblán belüli elemzés során azonosított felszínborítási osztályok (1. ábra): vegetáció teljes hiánya, hiányos vegetáció (heterogén terület, nem egybefüggő növényborítás: vetéshiány, művelési nyomok, egyéb), vegetáció minőségbeli különbségéből adódó eltérések (összefüggő növényzet, de a minőségkülönbség látható és spektrálisan kimutatható).

Az egyes repülések alkalmával nyert adatok osztályozásával tematikus térképeket készítettünk. A tematikus térképek a vetéshiányos területeket, valamint a termesztett növény táblán belüli fejlődésbeli eltéréseit mutatják. Az adatok elemzése alapján elmondható, hogy minden vizsgált tábla területének 6-7 %-a vegetáció mentes, ami alapvetően vetéshiányra utal. Vetéshiány leginkább a táblák széleire jellemző, de több esetben táblán belül is kimutatható volt. Egy tábla esetében a nagyobb méretű vegetáció hiánya kártevő megjelenéséhez kapcsolódik (1. ábra). A hiányos vegetációs kategória, nem egybefüggő növényborítást (heterogén terület) jelent, ami szintén vetési, illetve kelési problémákra utal. A kívánnál ritkább növényzet a művelési nyomok mentén is azonosítható volt. Az összefüggő növényzet spektrális jellemzőinek - vegetációs indexek - vizsgálata alapján egyértelműen kimutatható minőségbeli különbség - vizsgálatára terület talajminőségének és a tápanyag ellátásának eltéréseire utal. A terület topográfiai adatai és a korábbi vegetáció mentes időszakban készült távérzékelési adatok elemzése a fenti állítást igazolják.

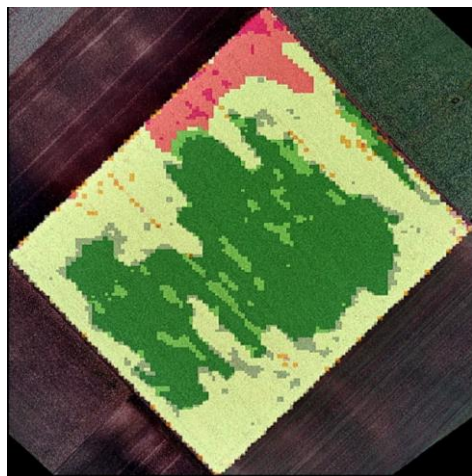


1. ábra Táblán belüli felszínborítási eltérések: A, B - vegetáció teljes hiánya, C- vegetáció minőségbeli különbségek, D - kártevő által károsított terület.

A két időpontban készült felvételek, illetve a tematikus térképek (2. ábra) összehasonlítása automatikus módon történt. Így az egyes felszínborítás kategóriák változása kimutatható és mérhető. A terület talajtani adatai, a korábbi felvételek és a fejtrágyázáskor kijuttatott műtrágya dózis ismeretében vizsgálható a fejtrágyázás eredményessége.



2. ábra Kora tavaszi és tavaszi felvétel, valamint az osztályozás eredménye (részlet).



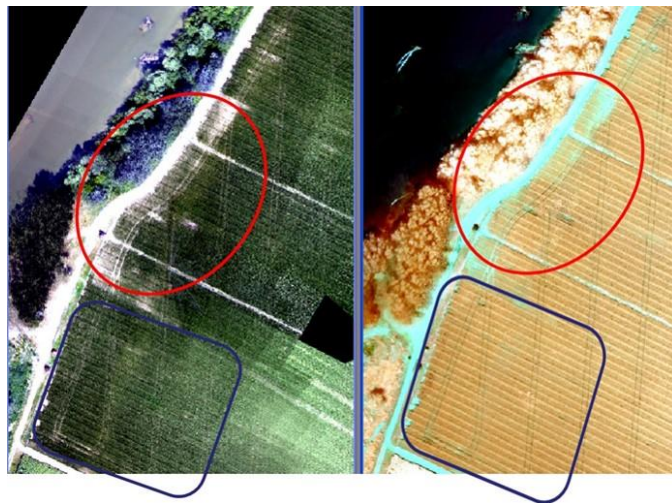
3. ábra Menedzsment zónák, az egyes színek különböző kezelési egységet jelentenek.

Egy másik esettanulmányban robotrepülővel készült felvételeket használtunk fel az öntözés hatékonyságának vizsgálatához. Ennek során egy mezőgazdasági területen a csepegtető öntözés és a dobos öntözési technológia hatását mértük fel és hasonlítottuk össze.

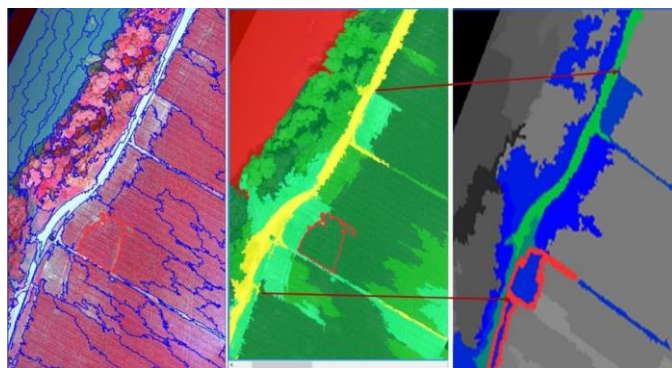
Az öntözési időszak alatt a területre kijutott vízmennyiség mérése folyamatos volt. A természetes csapadék mérését a területre kihelyezett esőmérő edények segítségével oldották meg. A talajnedvesség ellenőrzése céljából talajszondákat helyeztek ki.

A vizsgált területen a domborzati és a talajtani adatai hasonlóak, így a növényzet fejlődésbeli eltérései az öntözési módszer jellegéből adódnak. A dobos öntözésű táblákon megfigyelhető, hogy a táblák szélei rendszeresen kimaradnak az öntözésből. Ezekre a területekre hiányos vegetáció jellemző. Továbbá, több helyen – egyéb öntözési problémák miatt – vizenyős foltok azonosíthatók, ahol szintén fejlődésbeli differenciák észlelhetők. Ezzel szemben a csepegtető rendszerrel öntözött területre fenti anomáliák nem jellemzőek, a vegetáción belüli eltérések minimálisak, ami egyenletes vízellátásra utal. Az összehasonlítás eredményeit a 1. táblázat tartalmazza.

A 4. és az 5. ábra a növény fejlődési eltéréseit mutatja be adott táblán belül. Dobos öntözési rendszer esetén, a tábla szélén vízellátási hiány miatt kialakult gyenge vegetáció látható. A növény állapotát jellemző NDVI érték eltérése 0,2-0,4. Teljes fedés esetén az NDVI értéke nagyobb volt, mint 0,42 (Verőné Wojtaszek M.-Körmeny E. 2015).



4. ábra Táblán belüli növényfejlődési eltérések: dobos öntözési rendszer (pirossal jelölt terület) és csepegtető öntözés esetén (késsel jelölt terület).



5. ábra Szegmentálás és osztályozás eredménye (részlet). A táblára jellemző értékektől eltérő szegmensek (területek) kék színnel kiemelve.

Kategória	NDVI érték	Σ terület/ha	Dobos öntözés/ha	Csepegtető öntözés/ha
Hiányos vegetáció	$\leq 0,4$	1,4	1,28	0,12
Teljes lefedést adó vegetáció	$\geq 0,4$	23,46	14,44	9,02

1. táblázat A vizsgálat eredményei

3. Eredmények

Hazánkban a mezőgazdaság kiemelt jelentőséggel bír, azonban hatékonysága alacsonyabb, mint ami a hasonló adottságú nyugat-európai országok területeire jellemző. Az informatika, távérzékelés és más egyéb technológiák alkalmazásával növelhető a hatékonyság, a mezőgazdasági munkafolyamatok optimalizálhatók. Modern adatgyűjtési és vizsgálati eszközök felhasználásával olyan térinformatikai rendszerek építhetők, amelyek a precíziós mezőgazdaság és a fenntartható földhasználat alapjául szolgálhatnak. A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásával mezőgazdasági táblákról rendkívül nagy térbeli

felbontású (3-5 cm) felvételek készíthetők. A technológia jellege miatt – a felvételezés időpontja könnyen egyeztethető a növény fejlődési stádiumával, a táblát érintő mezőgazdasági munkálatokkal.

Az UAV technológia hatékony eszközzé válhat az adatnyerésben, térképezésben a következő területeken: táblán belüli kezelési egységek detektálása, növény fejlődésének nyomon követése, fejlődési eltérések azonosítása, klorofil tartalom, nitrogén ellátás felmérése, kártevők és egyéb stressz hatások, kárbecslés, stb.

Irodalomjegyzék

Büttner Gy. et al.: CLC2006: Mapping Land Cover of Europe under GMES, 29th EARSeL Symposium, Chania, Greece, June 15-18, 2009 – Proceedings of the 29th EARSeL Symposium, Chania, Greece; edited by I. Manakos and Ch. Kalaitzidis, Milpress, 2010.

Csornai G.: Operatív termésbecslés űrfelvételek alapján. Természettudományi Közöny. 2001. 132. II. különszám.

Mrekva L. 2010, <http://magyardiplo.hu/archivum/2010-aprilis/189-a-vilag-teljes-elvarosiasodasa>

Németh T. et. al.: Precíziós növénytermesztés (részjelentés 2002 okt.), MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet

Németh T. – Neményi M. – Harnos Zs.: A precíziós mezőgazdaság módszertana. JATE PRESS - MTA TAKI, Szeged. 2007 (ISBN:978-963-482-834-1)

Várallyay Gy.: 2001 <http://www.matud.iif.hu/01jul/varally.html>

Verőné Wojtaszek M.- Körmeny E.: Űr- és UAV felvételek a precíziós mezőgazdaságban In: Busics Gy (szerk.) Országos Geoinformatikai Szakmai Továbbképzés összefoglalója. Székesfehérvár: Óbudai Egyetem, Alba Regia Műszaki Kar, 2015. p. 8. (ISBN:978-615-5460-54-8)

<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/PrecisionFarming/>

http://ikr.hu/fejlesztes_precizios.php

precíziós mezőgazdaság: <http://www.pix-agri.com/>

<http://www.piackutatasok.hu/2014/08/ksh-az-orszag-teruletenek-79-szazaleka.html>

A nyilatkozat: A beküldött kézirat a feltüntetett szerzők munkája, a benne szereplő, mástól átvett információk, ábrák és egyéb anyagok szerzői mindenhol meg lettek jelölve. A cikk jelen formájában nem jelent meg más folyóiratban. A cikk Távérzékelési technológiák és térinformatika szakfolyóiratban történő publikálásával minden szerző, közreműködő és támogató egyetért. A kézirat nem tartalmaz valótlan formációt, a szerzőknek nincs tudomásuk összeférhetlenségről és a kézirat feldolgozását, lektorálását, publikálását gátló tényezőről, továbbá hozzájárulnak, hogy az RS@GIS online fényképes szerzői adatbázisában szerepeljenek.

© 2015 by the authors; licensee RS&GIS, Hungary.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Szoftvertámogatás felszínborítás műhold- és légifelvétel alapú becsléséhez

Urbanizációs index számítását támogató blokk alapú automatikus osztályozó alkalmazás bemutatása és felhasználási lehetőségeinek ismertetése

Lipovits Ágnes

Tudományos segédmunkatárs, Pannon Egyetem, Matematika Tanszék, lipovitsa@almos.uni-pannon.hu

1.

Abstract—The examination of the impacts of urbanization to nature is becoming more and more important owing to human population growth and the rapid increase of cities both in scale and number. The specific investigations need objective methods to compare the urbanization rates of the habitats.

This paper presents a software to automate a validated method for calculating urbanization index from the rate of surface using statistical manners. The ratio of surface is estimated from wildly available satellite imagery using classification of features extracted by image processing algorithms.

Index Terms: Urbanization index, Satellite imagery, Classification, Impact of urbanization.

Kulcsszavak: Urbanizációs index, műholdképek, osztályozás, urbanizáció hatása.

1. Bevezetés

Az egyre nagyobb térbeli, időbeli és spektrális felbontású műholdképek és légifelvételek megjelenése az élet több területén minőségi változásokat hozott (Belward and Skøien 2015). Felhasználásuk hasznosnak bizonyul például mezőgazdasági folyamatok tervezésénél, mivel előre becsülhető a termés mennyisége és minősége, településfejlesztésnél nyomon követhetőek a változások, természeti katasztrófák esetén felmérhető a kár értéke, és általában monitorozhatóak a természet és az ember által előidézett folyamatok földfelszínre vonatkozó hatásai. A szenzoradatok automatikus kiértékeléséhez használható algoritmusok folyamatosan fejlődnek, igazodva azokhoz a kihívásokhoz, melyeket az adatok minőségi és mennyiségi növekedése okoz (Yu et al. 2014).

Az új eredmények lehetővé teszik a korábban időigényes emberi munka automatizálását. A cikkben bemutatott módszer és szoftver területek urbanizáltsági fokának számszerűsítéséhez használt kézi eljárás (McDonnell et al. 2008; Liker et al. 2008) gépiesítése kép-

feldolgozásra és gépi tanulásra támaszkodva. A szoftvert bevezetése óta több kutatásnál alkalmazták, ezek közül bemutatásra kerül néhány publikációban megjelent felhasználás.

2. A módszer ismertetése

Az eredeti, kézi kiértékelésre támaszkodó módszer (Liker et al., 2008) 1 km x 1 km-es területeket bont 10x10 db egyenlő méretű blokkra, és minden területre három értéket rendel az alábbi képlet szerint.

$$R_B = \begin{cases} 0 & \text{ha nincs épület} \\ 1 & \text{ha az épületek aránya 0\% és 50\% között van} \\ 2 & \text{ha az épület aránya 50\% felett van} \end{cases}$$

$$R_V = \begin{cases} 0 & \text{ha nincs növényzet} \\ 1 & \text{ha a növényzet aránya 0\% és 50\% között van} \\ 2 & \text{ha a növényzet aránya 50\% felett van} \end{cases}$$

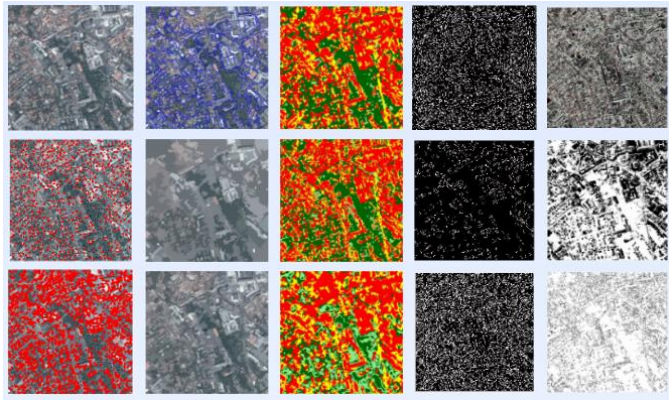
$$P_R = \begin{cases} 0 & \text{ha nincs szilárd burkolatú út} \\ 1 & \text{ha van szilárd burkolatú út} \end{cases}$$

Szakértők által hozott döntések alapján kapott értékekből a módszer egy 5 dimenziós D vektort állít elő minden területre, $D = [R_B, R_V, N(R_B = 2), N(R_V = 2), N(P_R = 1)]$, ahol $\bar{}$ az átlagot, az $N()$ függvény a feltételt teljesítő darabszámot jelenti. Az urbanizációs indexet a D vektorokból számolt első főkomponens értékek adják.

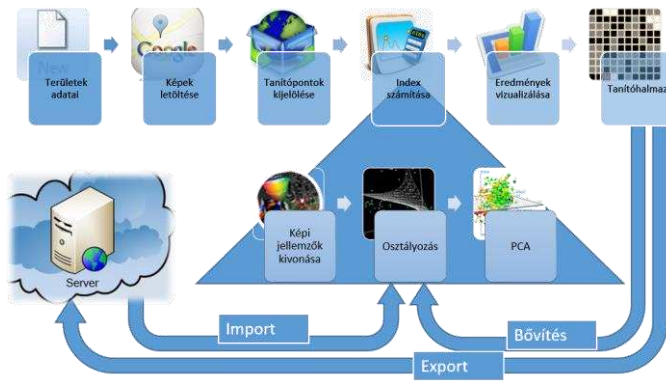
Az automatizált módszerben R_B , R_V és P_R értékeit műholdfelvételek képi jellemzőinek kinyerése után osztályozással kapjuk meg. A robosztusság érdekében sokféle képi jellemzőt használunk, például textúrát, éleket, sarokpontokat, színcsatornák statisztikai mutatóit (1. ábra). Az algoritmusok részletes bemutatása korábbi publikációkban elérhető (Czúni et al. 2012; Seress et al. 2014; Lipovits et al. 2015).

3. A szoftver bemutatása

Az urbanizációs index számításának folyamatát egy több modulból álló szoftverrendszer biztosítja. A folyamat logikai felépítését a 2. ábra mutatja be.

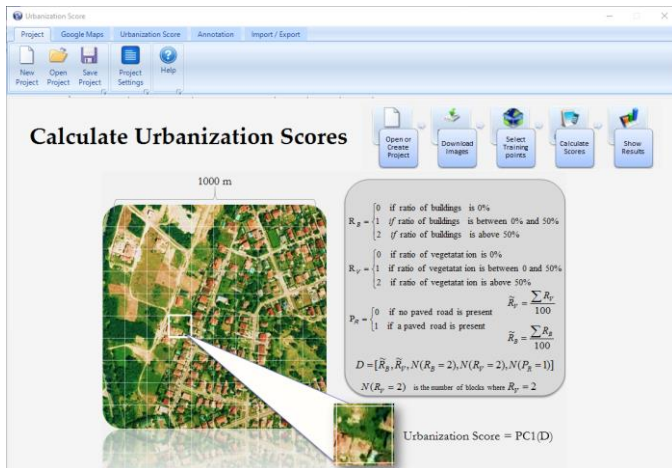


1. ábra Az eredeti műholdkép és a hozzá tartozó képfeldolgozási algoritmusok eredményképei.



2. ábra Urbanizációs index számítását támogató szoftverrendszer logikai felépítése.

A főprogram nyitóképernyőjén a módszer alapjául szolgáló eljárás és a szoftver használatának lépései láthatóak (3. ábra). Ez a program felelős a területek menedzselésért, a szükséges képek letöltéséért, a képfeldolgozási és osztályozó algoritmusok futtatásáért és az eredmények megjelenítéséért.



3. ábra A szoftver nyitóképernyője bemutatja a módszer alapjául szolgáló eljárást és a szoftver használatának lépései

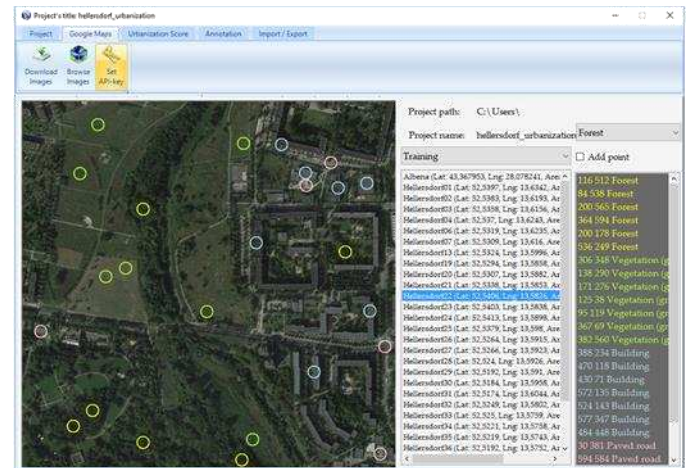
A felügyelt tanulási algoritmusok pontosságát növeli a tanító esetek számának bővítése, ezért a program lehetőséget ad az osztályozott értékek szakértők általi felülbírlatára, és a javított értékek exportálására. Ezek importálhatóak lesznek a tanítóhalmazba, javítva ezáltal az újabb osztályozások eredményeinek mutatóit. A letöltött és annotált területek exportjai importálhatóak más projektekbe, lerövidítve a feldolgozási folyamatot. A felhasználók import-export csomagkezeléséhez - jelenleg tesztelés alatt álló - webes támogatást hoztunk létre, ahová validált kutatócsoportok tölthetnek fel csomagokat, és regisztráció nélkül bárki által letölthetők az adatok. A területek válogatását könnyen kezelhető vizuális megjelenítés segíti.

A jelenlegi verzió az eredeti módszer szerinti $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ -es területekhez tud indexet rendelni, de már elindultak a területek rugalmasabb méretezését lehetővé tevő kutatások és fejlesztések. A számítások elvégzéséhez a kiválasztott területek középpontjainak szélességi és hosszúsági koordinátáit kell megadni, és egy tetszőleges nevet hozzárendelni. A koordináták alapján fix $1,6129 \text{ m/pixel}$ felbontású képeket állít össze a Google Maps API segítségével (4. ábra).



4. ábra Urbanizációs index számítását támogató szoftverrendszer által felhasznált képtípusok.

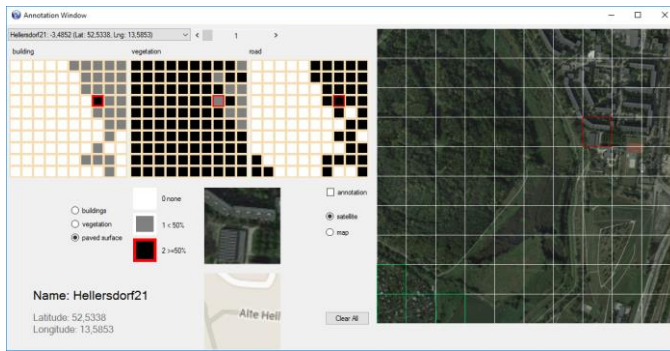
A képi jellemzők kivonásánál alkalmazott algoritmusok közül a textúra leíróhoz tanítópontok kijelölése szükséges a felszínborításokhoz (5. ábra).



5. ábra A tanítópontok kijelöléséhez tartozó felhasználói felület.

A felszínborítás típusa listából választható, a pontok kattintással jelölhetőek.

Az index számításának elindítása után a program előállítja a képi leírókat, majd az osztályozókból számolt statisztikai adatok PCA(1) értéke alapján sorba rendezi a területeket. Az osztályozás eredményei szakértői beavatkozással javíthatóak a 6. ábrán lévő felületen, és beépíthetők a tanítóhalmazba. Ez különösen akkor hasznos, ha a tanítóhalmazba bekerült területek megjelenésétől jelentősen eltér a vizsgálandó hely vizuális megjelenése.



6. ábra Az osztályozás eredményei szakértői beavatkozással javíthatók a felületen.

4. Felhasználási lehetőségek

Az urbanizáció jelentős hatással van környezetünk élővilágára, főleg a táplálék összetételének, a hő-, fény- és stresszhatások szintjének különbözősége mutatható ki biológiai vizsgálatokkal. A továbbiakban a szoftver néhány publikációkban megjelent felhasználása kerül ismertetésre, ahol az urbanizáltság mértékét a bemutatott eszközzel határozták meg.

Andersson és munkatársai (Andersson et al. 2015) a zsírsavak összetételét vizsgálta városi és vidéki szénecinegékénél, amelyek befolyásolják a gyulladásos reakciókat, a hőszabályozást és a sejtmembrán fluiditását. Eredményül azt kapták, hogy az arachidonsav ($\omega - 6$ többszörösen telítetlen zsírsav, ami a hőszabályozásért és a gyulladásos folyamatok kialakulásáért felelős) jelenléte a városi környezetben meghatározóbb, míg az $\omega - 3$ többszörösen telítetlen zsírsavak (gyulladásgátló hatás) a vidéki madaraknál figyelhetők meg nagyobb mennyiségben. Ezeket az eredményeket a városi élőhelyek szennyezettségével, és a táplálék nagyobb szezonális ingadozásával magyarázzák. További kutatást igényel a különbségek fiziológiai hatásának megfigyeltése.

Adirofilariosis (közismert néven szívférgesség) térbeli előfordulási mintázatát vizsgálták Szegeden kutyák körében Trájer és munkatársai (Trájer et al. 2016). Arra következtetésre jutottak, hogy a távolság a potenciális szúnyog élőhelyektől és az urbanizáció intenzitása közösen határozza meg a megbetegedések előfordulási gyakoriságát.

54 madárfajt vizsgáltak 3800 km hosszú sávban, Európában Møller és munkatársai (Møller et al. 2015). Azt találták, hogy az énekési időszak korábban kezdődik és tovább tart a városi területeken a vidékihez képest.

Vincze és munkatársai (Vincze et al. 2016) az emberi jelenlétre adott reakciókat elemezték városi és vidéki házi verebeknél. Az eredmények alapján a városi verebek közelebb engedték az embereket, mint a vidékiek. Bár egyenlő valószínűséggel rejtőztek el az ember megjelenésénél, és egyaránt csökkent a rejtőzködés ideje a kísérletek újbóli ismétlésénél, azonban a városi verebek esetén ez a csökkenés gyorsabb ütemű volt.

5. Összegzés

A szoftver jelenleg 1 km x 1 km-es élőhelyek urbanizáltsági rangsorolását biztosítja a fő felszínborítások becslése alapján, ami főleg a madarak és kisebb testű állatok megfigyeléséhez kapcsolódó kutatásokat támogatja. További célunk a módszer kiterjesztése más méretű területekre és a folyamat teljes automatizálásának biztosítása. Az osztályozás pontosságának növeléséhez hozzájárulhat a képi leírók bővítése (Lipovits et al. 2016). A szoftver letölthető: <https://keplab.mik.uni-pannon.hu/en/urbanization-index>

Köszönetnyilvánítás

A kutatási fejlesztési munkát a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0072 támogatta. Köszönet a szoftvermodulok fejlesztésében való részvételért Kiss Andrásnak, Nagy Gergely Andrásnak, Szabó Istvánnak, Laukó Tamásnak, Horváth Gyulának és Giczi Dánielnek,

továbbá a tanítóhalmaz létrehozásához nyújtott szakértői munkájáért Seress Gábornak.

Irodalomjegyzék

- Andersson, M. N., Wang, H. L., Nord, A., Salmón, P., & Isaksson, C. (2015). Composition of physiologically important fatty acids in great tits differs between urban and rural populations on a seasonal basis. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3, 93.
- Belward, A. S., & Skøien, J. O. (2015). Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observation satellites. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 103, 115-128.
- Czúni L., Lipovits Á., Seress G., Estimation of Urbanization Using Visual Features of Satellite Images, AGILE International Conference on Geographic Information Science, 23-26 April, 2012, Avignon, France, ISBN: 2012978-90-816960-0-5
- Liker, A., Papp, Z., Bókony, V., & Lendvai, A. Z. (2008). Lean birds in the city: body size and condition of house sparrows along the urbanization gradient. *Journal of animal ecology*, 77(4), 789-795.
- Lipovits, A., Czuni, L. and Seress, G. (2015). "A Tool for Quantifying the Urban Gradient", Athens: ATINER'S Conference Paper Series, No:PLA2015-1709. ISSN:2241-2891 18/11/2015
- Lipovits, A., & Kulcsar, A., Extended features improve accuracy of urbanization index calculation method, 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Albena, Bulgaria, 28 June - 7 July 2016.
- McDonnell, M. J., & Hahs, A. K. (2008). The use of gradient analysis studies in advancing our understanding of the ecology of urbanizing landscapes: current status and future directions. *Landscape Ecology*, 23(10), 1143-1155.
- Møller, A. P., Díaz, M., Grim, T., Dvorská, A., Flensted-Jensen, E., Ibáñez-Álamo, J. D., ... & Tryjanowski, P. (2015). Effects of urbanization on bird phenology: a continental study of paired urban and rural populations. *Climate Research*, 66(3), 185-199.
- Seress, G., Lipovits, Á., Bókony, V., & Czúni, L. (2014). Quantifying the urban gradient: a practical method for broad measurements. *Landscape and Urban Planning*, 131, 42-50.
- Trájer, A., Rengei, A., Farkas-Iványi, K., & Bede-Fazekas, Á. (2016). Impacts of urbanisation level and distance from potential natural mosquito breeding habitats on the abundance of canine dirofilariasis. *Acta Veterinaria Hungarica*, 64(3), 340-359.
- Vincze, E., Papp, S., Preiszner, B., Seress, G., Bókony, V., & Liker, A. (2016). Habituation to human disturbance is faster in urban than rural house sparrows. *Behavioral Ecology*, arw047.
- Yu, L., Liang, L., Wang, J., Zhao, Y., Cheng, Q., Hu, L., ... & Li, X. (2014). Meta-discoveries from a synthesis of satellite-based land-cover mapping research. *International Journal of Remote Sensing*, 35(13), 4573-4588.

A nyilatkozat: A beküldött kézirat a feltüntetett szerzők munkája, a benne szereplő, mástól átvett információk, ábrák és egyéb anyagok szerzői mindenhol meg lettek jelölve. A cikk jelen formájában nem jelent meg más folyóiratban. A cikk Távérzékelt technológiák és térinformatika szakfolyóiratban történő publikálásával minden szerző, közreműködő és támogató egyetért. A kézirat nem tartalmaz valótlan információt, a szerzőknek nincs tudomásuk összeférhetlenségről és a kézirat feldolgozását, lektorálását, publikálását gátló tényezőről, továbbá hozzájárulnak, hogy az RS@GIS online fényképes szerzői adatbázisában szerepeljenek.

© 2015 by the authors; licensee RS&GIS, Hungary.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).