

**AZ ELMÉLET ÉS A GYAKORLAT TALÁLKOZÁSA
A TÉRINFORMATIKÁBAN**

XII.

THEORY MEETS PRACTICE IN GIS



Szerkesztette:
Molnár Vanda Éva

Technikai szerkesztők:
Abriha Dávid,
Nagy Bálint,
Nagy Loránd Attila,
Pataki Angelika,
Szopos Noémi Mária

Lektorálta:
Dr. Négyesi Gábor

ISBN 978-963-318-977-1

A kötet a 2021. november 11–12. között Debrecenben megrendezett
Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás előadásait tartalmazza.
A közlemények tartalmáért a szerzők a felelősek.

A konferenciát szervezte:

A Debreceni Egyetem Földtudományi Intézete, az MTA Természetföldrajzi
Tudományos Bizottság Geoinformatika Albizottsága, az MTA DTB
Földtudományi Szakbizottsága, a HUNAGI és az eKÖZIG ZRT.



Debrecen Egyetemi Kiadó
Debrecen University Press

Készült
Kapitális Nyomdaipari Kft.
Felelős vezető: ifj. Kapusi József
Debrecen
2021

A 75 ÉVES LÓKI JÓZSEF KÖSZÖNTÉSE

Lóki József 1946-ban született és 1966-ban az akkori Kossuth Lajos Tudományegyetemen Debrecenben kezdte meg egyetemi tanulmányait, ahol 1971-ben matematika-földrajz szakos tanárként diplomázott. Pályafutását pedagógusként a debreceni Irinyi János Élelmiszeripari Szakközépiskolában kezdte meg, ahonnan 8 év után tért vissza az egyetemre. Doktori értekezését, amely a Belső-Somogy természetföldrajzi jellemzését adta, még pedagógusi éveit alatt készítette el. Az egyetemre való visszakerülés után Borsy Zoltán professzor vezetésével (Patakné Félegyházi Enikővel közösen) éveken keresztül vizsgálták a Bodrogtó felszínfejlődést, amelynek során számos új eredményt értek el, pl. a homokmozgások korának, valamint a Tisza és a Bodrog folyásirányának tisztázásával kapcsolatban, valamint az Alföld mélyszerkezeti viszonyainak feltárásában. Ennek során máig tartó kapcsolatot építettek ki az MTA Atommagkutató Intézetével.

Az 1990-es évek elején kutatásai helyszíne áttevődött a Duna-Tisza-közébe, amelynek mezőgazdasági szempontú természetföldrajzi vizsgálatát és értékelését az 1996-ban megvédett kandidátusi értekezésében végezte el. Ugyanakkor már ekkor is élénken érdeklődött a szél felszínformálásának jelenkori hatásai iránt, akadémiai értekezését is a szélrózsiós folyamatok vizsgálatából írta és 2004-ben védte meg. Ennek keretében szerkesztette meg Magyarország potenciális szélrózsió-veszélyességi térképét.

A debreceni geoinformatika kiépülésének úttörő egyénisége. Már az 1990-es években meglátta a számítástechnika bevezetésének fontosságát az egyetemi képzésbe, és szorgalmazta a geoinformatikához kapcsolódó tárgyak tantervébe illesztését. Az 1993-ban alakult GIS-labor vezetője lett, majd később 2003-ban a Természetföldrajz Tanszék nevébe is bekerült a geoinformatika.

2005 és 2011 között a Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszéket vezette, melynek ügyeit és érdekeit mindig szívén viselte, mind szakmailag, mind emberileg kiváló példával jár kollégái előtt. Nevéhez fűződik a debreceni Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, amely először 2009-ben, és azóta is évente megrendezésre kerül. Az alap gondolata, az elmélet találkozása a gyakorlattal, megtalálta azt a kutatói réteget, ahol a cél a hasznosítható eredmények előállítása, ugyanakkor a munkaerőpiac szereplői is megjelennek és a konferencia alatt kiváló szakmai kapcsolatok alakultak.

Számos kitüntetésben és díjban részesült: Miniszteri Dicséret (1979); Miniszteri Dicséret (1988); Magyar Földrajzi Társaság Pro Geographia (1997); Széchenyi Professzori Ösztöndíj (1999–2002); Autodesk Ltd. Térinformatikai pályázat országos fődíj; Magyar Köztársaság Ezüst Érdemkereszt (2003); Lóczy Lajos-emlékérem (2011); Pro Universitate (2015); a Magyar Földrajzi Társaság tiszteleti tagja (2016).

Lóki József kiváló kutató és oktató, nagyszerű ember, aki kitartó és soha véget nem érő elhivatottsággal éli életét. Szakmai- és magánélete egyaránt példaként szolgál kollégái, ismerősei és tanítványai számára is.

Jó egészséget és további sikereket kívánunk, reméljük, még sokáig tanulhatunk Tőled!

2021. október 13.

A DE TTK Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék munkatársai

Tartalomjegyzék

Előadások

Abriha Dávid – Szabó Szilárd – Enyedi Péter: Városi objektum kinyerést célzó deep learning algoritmus alkalmazása nagy felbontású légifelvételek alapján	9
Abriha Dávid – Szabó Szilárd – Varga György: Sentinel-5P műholdadatok alapján végzett légköri aeroszol koncentráció vizsgálat Google Earth Engine platformon	17
Khilola Amankulova – Nizom Farmonov – András Gudmann – Krisztián Bónus – László Mucsi: Investigation the reason of affected Hybrid Corn in Agricultural Fields by Using Multi-Temporal Sentinel-2 Images in Mezőhegyes, South-Eastern Hungary	25
Anikó Apró – Engidaw Getachew Dejene – György Terdik: Visualization of Global Data: COVID-19 data by Countries on Sphere	35
Barsi Árpád – Horváth Viktor Győző – Krausz Nikol – Lógó János Máté – Potó Vivien: Adatbázis-szemlélet megvalósítása a nagyfelbontású térképek tárolásában	41
Bastidas Lenin – Deák Márton – Karátson Dávid: Changes of glaciers and snow-caps cover at the volcanoes of Ecuador	49
Berke József – Sándorfi András – Major Krisztina – Milics Gábor – Kozma-Bognár Veronika: Drónirányító és -adatelemző szakirányú továbbképzés a Széchenyi Egyetemen	57
Birinyi Edina – Kristóf Dániel – Barcza Zoltán – Kern Anikó: Vegetációs indexek és meteorológiai tényezők idősorainak aszálydetektálási célú vizsgálata különböző hazai termőterületeken, kukorica haszonnövényre	67
Buday Tamás – Bertalan Eszter Viola: Geotermikus hőszivattyús rendszerekhez kapcsolódó GIS elemzések alföldi alkalmazhatósága	69
Budayné Bódi Erika – Kun Sándor – Madar Lili Adrienn – Fehér Zsolt – Nagy Péter Tamás – Tamás János – Kutasy Erika Tünde: Komplex talaj és növényi mérések őszi zab szabadföldi kísérleti parcellákon	75
Czímber Kornél – Tomor Tamás: TLS pontfelhő feldolgozó dinamikus algoritmusok fejlesztése	83
Czirok Lili – Bozsó István – Molnár Gábor: A Délkeleti – Kárpátokban elvégzett feszültség-inverziókhöz kapcsolódó megjelenítési feladatok optimalizálása	89
Czomba Péter – Vass Róbert – Túri Zoltán: Mederzátonyok elmozdulásának vizsgálata felső-tiszai mintaterületeken	93

Gradwohl-Valkay Alexandra – Ficsor Johanna – Halmai Ákos – Nagyvárad László – Kiss Kinga – Czigány Szabolcs – Pirkhoffer Ervin – Liptay Zoltán Árpád – Balogh Richárd: A Dráva morfológiai változásainak térinformatikai vizsgálata	99
Gudmann András – Nizom Farmonov – Bónus Krisztián – Mucsi László: DESIS hiperspektrális úrfelvételek első magyarországi alkalmazása terméshozam beclésre	105
Gyenyisz Péter – Elekes Tibor – Németh Gergő: Miskolc lakott területének geoinformatikai minősítése. Mi változott egy évtized alatt?	113
Viktor Győző Horváth: Building and programming a mobile mapping platform	121
Juhász Dániel: Mezőkövesd talajvízminőségének állapotfelmérése és értékelése	129
Kajári Balázs – Boudewijn van Leeuwen: Belvíz detektálása felhővel borított multispektrális műholdképeken	137
Kiss Levente – Eke Zoltán: Medermérések az egyszerű eszközöktől a multisugaras szonárig	147
Konkoly Enikő Bianka – Szilágyiné Czimre Klára – Túri Zoltán Krisztián: Az Interreg interregionális együttműködési programok vizsgálata geoinformatikai módszerekkel a 2014–2020 közötti költségvetési ciklusban	153
Kupásné Szalóki Annamária – Tomor Tamás – Lénárt Csaba – Csige László – Burai Péter: Mádi szőlőtermőhelyek erőzőérzékenységének vizsgálata különböző távérzékelési módszerek segítségével	161
Lógó János Máté – Barsi Árpád: Topology analyses in OpenDRIVE maps	167
Lovász Virág – Karsa Róbert – Halász Amadé – Halmai Ákos: Deep Learning megoldások alkalmazhatóságának vizsgálata földtani környezetben, a Bodai Agyagkő Formáció tektonikai töréseinek példáján	175
Alasli Malak: Accustoming Moroccans to Hungarian place names’ pronunciation	181
Massimi Mohunnad – Radocz Laszlo: Preliminary Test: Evaluation and Selection of Tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) Varieties Resistant to Drought and Powdery Mildew	189
Massimi Mohunnad – Radocz Laszlo: Stabilization of Acquired Systematic Immunity by Genotype Selection Under Salicylic Acid Foliar Spraying in Tomatoes and Paprika	191
Mészáros Márk: A potenciálmodell alkalmazhatósága autópári adatok felhasználásával	193

Miszori Krisztián – Czimmer Kornél: Multiplatformos geoinformatikai megoldás területosztáshoz, poligon szerkesztéshez	199
Molnár Tamás – Somogyi Zoltán – Király Géza: A Debreceni Nagyerdő Sentinel-2 űrfelvételeken alapuló erdőmonitoring rendszer terve	205
Molnár Vanda Éva – Simon Edina – Szabó Szilárd: Species level classification using images from WorldView-2 and WorldView-3 satellites, in a study area in Debrecen	211
Molnár Vanda Éva – Simon Edina – Szabó Szilárd: Classification of tree species and estimation of Leaf Area Index based on satellite imagery	215
Nagy Bálint: E-OBS adatbázisok időbeli és térbeli szűrése, illetve átalakítása pontosvesszővel tagolt szöveges állománnyá Python programozási környezetben	219
Nagy Bálint: HEC-RAS 1D-s modellkeret automatizált építése Python programozási környezetben egy kisvízfolyás városi szakaszának példáján	223
Nagy Bálint – Bertalan László: Mederközpontú koordináta-rendszerbe történő transzformálás automatizálása Python programozási környezetben	229
Nagy Loránd Attila – Szabó Gergely – Pataki Angelika – Bertalan László: Eltérő külső tájékozással generált UAV-magasságmodellek pontosság-vizsgálata, különböző feldolgozó szoftverekben	237
Németh Gergő – Lóczy Dénes – Gyenizse Péter: Antropogén zavartság vizsgálata a Dél-balatoni berkek területén	243
Daniel O. Nyangweso – Mátyás Gede: Evaluation of volunteer schema attributes using GIS; Case of Nairobi Metropolitan area, Kenya	251
Nyerges János – Takács Zoltán: Topográfiai adatbázisépítés és -fejlesztés tapasztalatai	253
Pataki Angelika – Nagy Loránd Attila – Bertalan László – Szabó Szilárd: Zöldfelületek térképezése drón alapú légifelvételekből	261
Pázmányi Sándor – Földi Ferenc Norbert: Városüzemeltetési, zöldterületi feladatkezelés térinformatikai alapokon	269
Pecsmány Péter – Hegedűs Andárs – Vágó János: Az aktív tektonika kimutatása digitális terepmodell és vízhálózat alapján számított morфомetriai mutatók segítségével a Bükkalja példáján	271
Md. Mostafizur Rahman – György Szabó: Comparing K-Means Clustering and Random Forest technique to classify urban land cover	279
Stenzel Sándor: Geodéziai ellenőrzések az M44 Tisza-híd kivitelezési munkálatai közben	287
Sütő László – Hegyi Balázs – Molják Sándor – Szepesi János: Antropogén felszínformálás terepi lézerszkenneres mérése telkibányai horpák példáján	291

Szeghalmy Szilvia – Fazekas Attila: Városi terepfelületek osztályozásának javítása mintavételezési módszerekkel	295
Szondi Attila – Pődör Andrea: Fényszennyezés mérése drón segítségével	301
Szopos Noémi Mária – Szabó Szilárd: Vízyűjtővizsgálat térinformatikai módszerekkel a Tarna vízyűjtőjének példáján	307
Szujó Gábor – Szabó Balázs – Soltész Emese – Král Friderika: Web alapú térinformatikai rendszer fejlesztése a Bábaapáti Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló példáján	313
Tóth Nikolett – Nagy Bálint – Szopos Noémi Mária: Hidrometeorológiai tényezők kapcsolatának vizsgálata a vízhozammal a Galga-patak vízyűjtő területén	321
Varga Ákos – Szatmári József – Tobak Zalán – Boudewijn van Leeuwen – Mucsi László: Fotogrammetriai módszerekkel feldolgozott adatok használata épületek szolarenergia-potenciáljának számítása során	327
Varga Orsolya Gyöngyi – Kupásné Szalóki Annamária – Kovács Zoltán – Hunyadi Gergely: Vízfelületek és vizes élőhelyek változásának vizsgálata Landsat idősoros adatok alapján	339
Varga Zsolt – Czédli Herta – Fülöp Ferenc Krisztián: Minőségi és mennyiségi indikátorok szerepe városi zöldfelületek felmérése során	345
Dobai András – Dobos Endre: Árvízi jelenségek térképezésének támogatása elméleti lefolyásmodellekkel	349
Posztterek	
Czicze Gábor: Vadkempingezés területi felmérése a Tisza-tónál	357
Tran Quang Hop: Modelling water balance with mike she using modis land cover type as model input data in Dong-ér catchment, Hungary	359
Mellékletek	361
Szponzorok és kiállítók	366

Városi objektum kinyerést célzó deep learning algoritmus alkalmazása nagy felbontású légifelvételek alapján

Abriha Dávid¹ – Szabó Szilárd² – Enyedi Péter³

¹ PhD hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
abriha.david@science.unideb.hu

² tanszékvezető egyetemi tanár, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
szabo.szilard@science.unideb.hu

³ kutató mérnök, EnviroSense Hungary Kft., peter.enyedi@envirosense.hu

Abstract: Deep learning architectures are applied in many areas of life. One such architecture is the U-Net, a fully convolutional network used primarily for semantic segmentation. In our study, we investigated the applicability of U-Net in building segmentation using a 4 band orthomosaic. We compared 4 models with different numbers of training data and investigated the impact of data augmentation on the accuracy. Our results showed that U-Net can be used effectively for building segmentation tasks. We achieved accuracies between 60 and 97 percent.

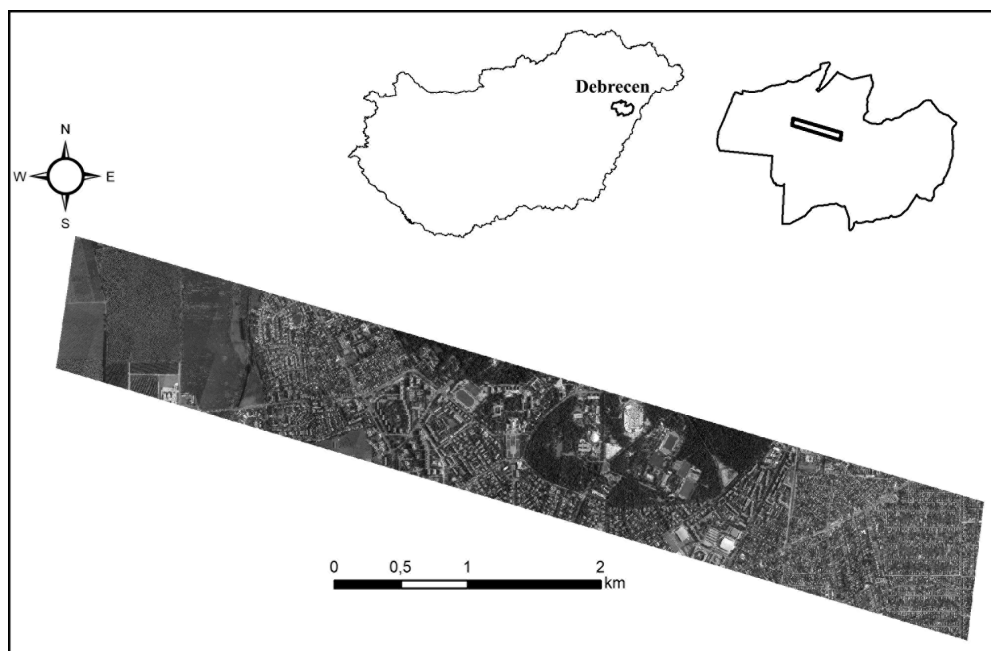
Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben felerősödő, és mind a mai napig tartó urbanizációs folyamatok által az ember jelentősen befolyásolja a természeti környezetet (BRAMHE ET AL. 2018). A Föld népességének gyors növekedése mellett említést érdemel a városlakók arányának jelentős gyarapodása is: míg 1950-ben a globális népesség 30%-a élt városokban, addig az ENSZ 2018-as jelentése alapján az akkori 55% 2050-re 68%-ra fog növekedni (ENSZ 2018). Mindezek miatt a várostervezés egyik legfontosabb alapelve a fenntarthatóság, a fenntartható városfejlesztési stratégiák kidolgozása lett.

A fent említett várostervezési kihívásokhoz a távérzékelés egyre szélesebb körben kínál megoldásokat. Segítségével gyorsan, relatívan olcsón tudunk nagy területeket térképezni. A különböző technológiák fejlődése révén egyre pontosabban tudjuk nyomon követni a beépített területek kiterjedésének változásait, valamint megfigyelni és elemezni az ilyen térszíneken belül végbemenő változásokat, állapotokat (LILLESAND ET AL. 2014; BERTALAN ET AL. 2016).

A városi területek tanulmányozása kapcsán kiemelhető a városi objektumkinyerés, mint az egyik legtöbbet kutatott téma. Az igen komplex, nagyfokú heterogenitású városi övezeteken belül számos objektumcsoport képezheti az ilyen jellegű vizsgálatok tárgyát (vegetáció, vízfelszín, úthálózat stb.), azonban az ide köthető módszerek egyik legfőbb alkalmazási területe az épületek kinyeréséhez kapcsolódik (SCHLOSSER ET AL. 2020).

A kutatott téma népszerűségéből adódóan az épületek kinyerésére mára számos megoldás született, azonban ezek sokszor igen drága alapadatokon (pl. LiDAR)



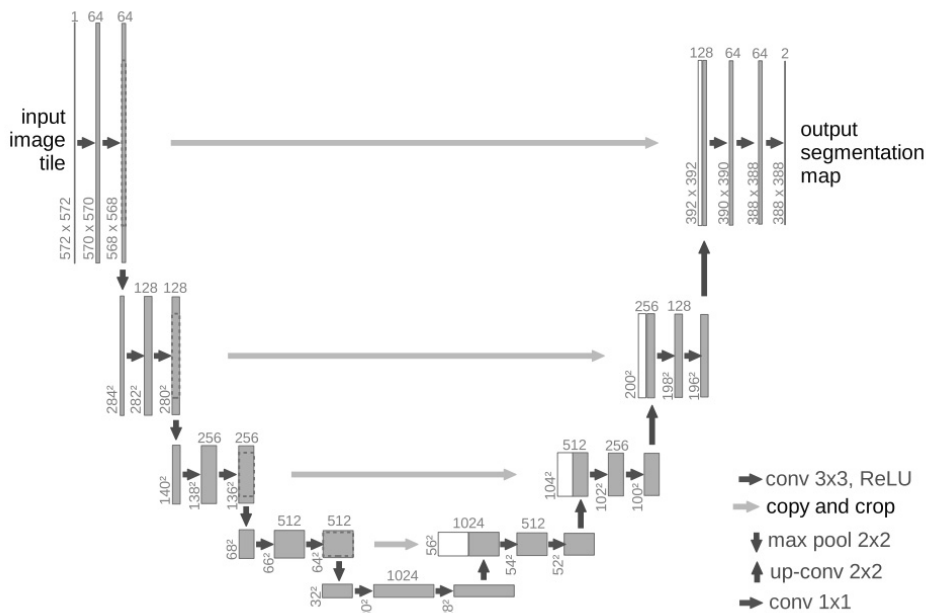
1. ábra A mintaterület elhelyezkedése

nyugvó módszerekkel kerülnek kivitelezésre. Jelen munka célja megvizsgálni az elmúlt években egyre nagyobb népszerűsége szert tevő U-Net mélytanulási algoritmus felhasználhatóságának lehetőségeit relatívan olcsón előállítható adatok (ortofotók) alkalmazásával.

Anyag és módszer

Az elemzéseket a Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszékén rendelkezésre álló ortofotó-mozaik alapján végeztük el. A felvételeket az Envirosense Hungary Kft. készítette 2013 nyarán. Az ortofotó 4 csatornából áll (kék, zöld, vörös, közeli infravörös), térbeli felbontása 10 cm-es. Mintaterületünk (1. ábra) igazodik a lerepülés sávjához, ami Debrecen északi részének egy 7 km²-es szelete. A területen a lakóépületek legfőbb típusai mind fellelhetők: a nagy számban előforduló családi házak mellett jelen van számos panel és társasház is.

Az épületek kinyeréséhez a U-Net konvolúciós neurális hálózatot használtuk. A U-Net architektúrát 2015-ben fejlesztették ki, eredetileg 2D-s orvosi képfeldolgozáshoz, szegmentációs eljárásként (RONNEBERGER ET AL. 2015). AU-Net architektúra két fő szakaszból áll (2. ábra): az úgynevezett kódoló, vagy másnéven tömörítő, illetve a dekódoló, vagyis kiterjesztő részből. A tömörítő szakasz konvolúciós és max pooling rétegekből áll. Ennek során a modell a képek fő részeit, a képek kontextusát rögzíti, azonban ezzel egyidőben elveszíti az ezek helyére vonatkozó információkat. A kódoló szakasz során a képek mérete csökken, míg a dimenziók (csatornák) száma nő.

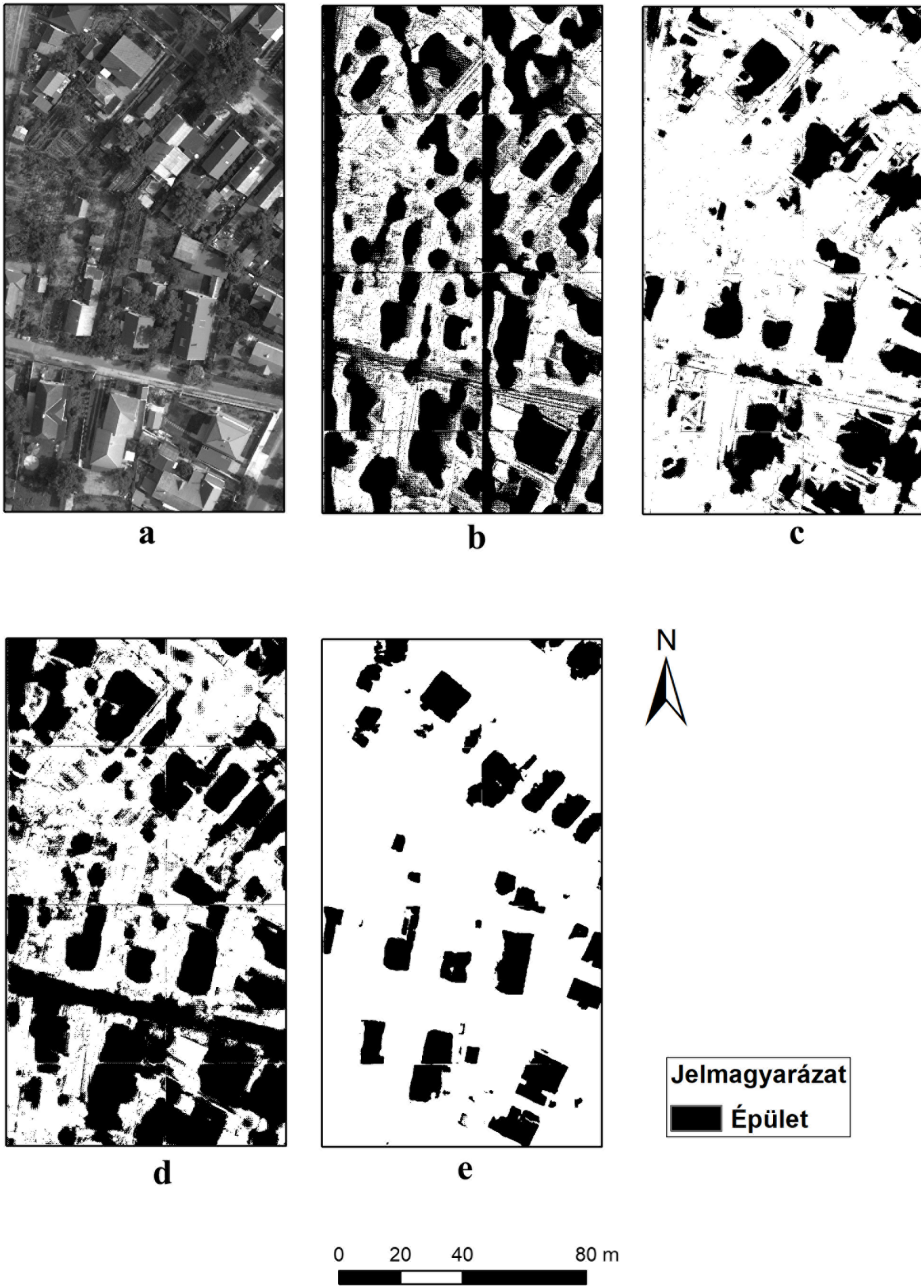


2.ábra A U-Net modell architektúrája

Mivel a szemantikus szegmentáció eredményeként a célunk az, hogy az eredeti kép minden pixelét beosztályozzuk, így szükségessé válik egyrészt a lokalizációra vonatkozó információ kinyerése, valamint az eredeti képméret visszaállítása is. Ezt valósítja meg a U-Net dekódoló (kiterjesztő) szakasza, amely erre a célra transzponált konvolúciós, másnéven dekonvolúciós rétegeket használ. Összefoglalva elmondható, hogy a modell először a képek lényegi információit nyeri ki, majd ezeknek a konkrét térbeli elhelyezkedését is megadja (RONNEBERGER ET AL. 2015).

A modell betanításához az eredeti felvételt először kisebb, 512×512 pixeles darabokra bontottuk szét. A tanításhoz két dolog szükséges: egyrészt az eredeti (feldarabolt, 4 csatornás) raszter, valamint az ehhez tartozó bináris maszk. Elvégeztük az adatok augmentációját (bővítését) is, amely a mélytanulási modelleknél egy különösen fontos lépés, ugyanis ezzel a modellek robusztusabbá válnak. Az adatbővítés során a meglévő adatokat változtatjuk meg oly módon, hogy azok hordozott lényegi információi nem változnak, ezáltal úgy tudjuk bővíteni a tanításra felhasználható adatmennyiséget, hogy új, egyedi adatokat nem gyűjtünk (NEMOTO ET AL. 2021). Az augmentáció többféleképpen is kivitelezhető, mi a munkánk során a térbeli elhelyezkedésre vetítve végeztük el: az eredeti adatokat 90, 180, valamint 270 fokkal elforgattuk, illetve tükröztük horizontálisan és vertikálisan, ezáltal a tanításra használható adatmennyiség a hatszorosára nőtt.

Az elemzéseket nagyteljesítményű munkaállomáson végeztük el, Python programozási környezetben. A modellek pontosságának ellenőrzéséhez a betanítás előtt a referenciaadatok 20%-át elkülönítettük a végeredmény teszteléshez.



3. ábra A szemantikus szegmentáció eredménye a 4 modell esetében: a) eredeti kép; b) 10 eredeti adat; c) 10 eredeti adat + augmentáció; d) 50 eredeti adat; e) 50 eredeti adat + augmentáció

Eredmények

Az eredmények bemutatása 4 modell alapján történik, amelyek 10, illetve 50 egyedi tanító adat, valamint ezek augmentált változatainak felhasználásával végzett betanítás útján álltak elő (3. ábra).

Eredményeink alapján a következő következtetéseket vonhatjuk le:

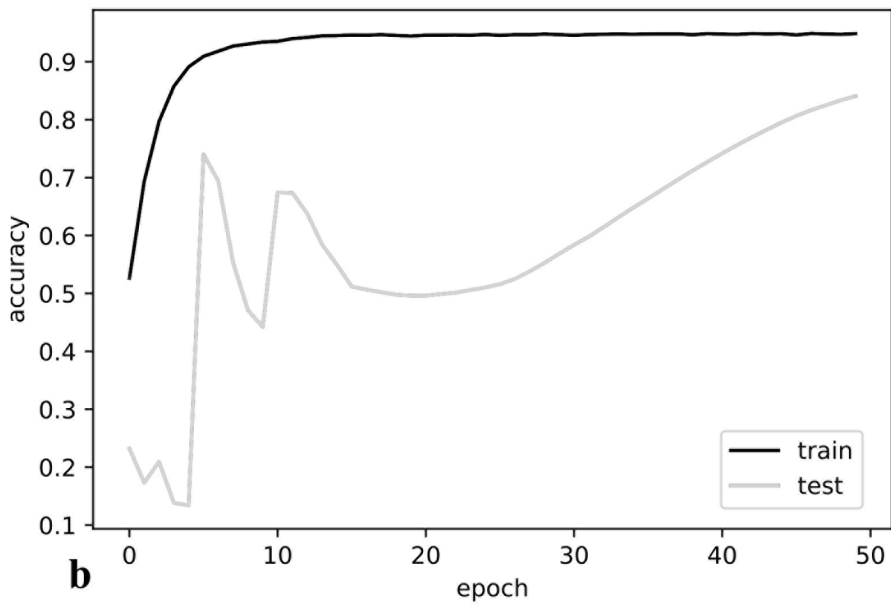
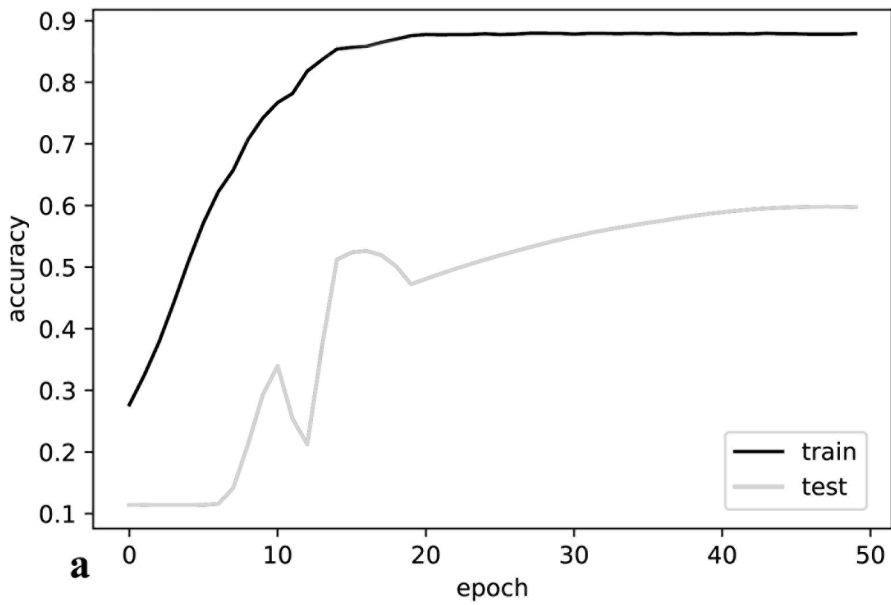
- mindössze 10 tanítóadat felhasználásával (3/b. ábra) kirajzolódnak az épületek alaprajzai, azonban a szegmentált kép még számos hibával terhelt: vegetációs foltok, valamint az úttest egyes részei is épületekként jelennek meg.
- összehasonlítva a 10 eredeti adat augmentált változatát (3/c. ábra) az 50 eredeti adattal készült eredménnyel (3/d. ábra) az látszik, hogy bár utóbbinál sok esetben szebben kivehetőek az épületek, egyéb objektumok is jóval nagyobb arányban kerültek beválogatásra ennél a modellnél.
- 300 felvételt használtunk (3/e. ábra; 50 eredeti adat + augmentáció). Ennél már sehol sincs jelen az úttestből, illetve a vegetációból fakadó hiba.

A modellek pontosságait a 4. és az 5. ábra szemlélteti. Mindkét esetben elmondható, hogy az augmentált adatokkal történő tanítás jelentős pontosságbéli növekedést eredményezett: a 10 eredeti adattal történő modellezés esetében (4. ábra) 25%, míg 50 adat esetében (5. ábra) 32%-kal nőtt a tesztadatokon mért pontosság. A vizsgált esetekre elmondható, hogy az augmentáció jelentősebb tényezőnek bizonyult a modellek pontosságának javításában, mint az új eredeti adatok bevonása: míg a 10 eredeti adattal (4/a. ábra) rendelkező modellhez viszonyítva az 50-es (5/a. ábra) modell mindösszesen 5%-os javulást eredményezett, addig ez az érték 25% volt a 10 eredeti adattal rendelkező modell augmentált változata esetében (4/b. ábra).

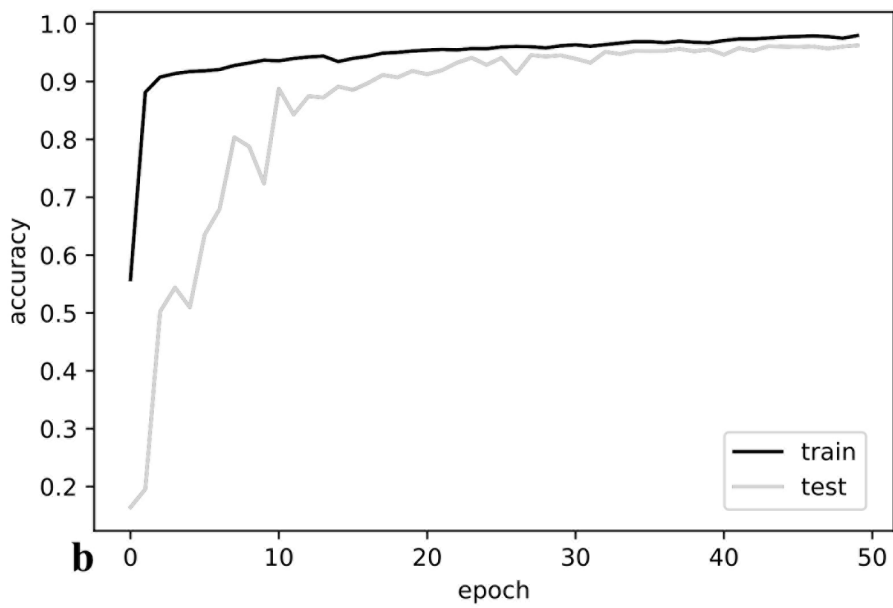
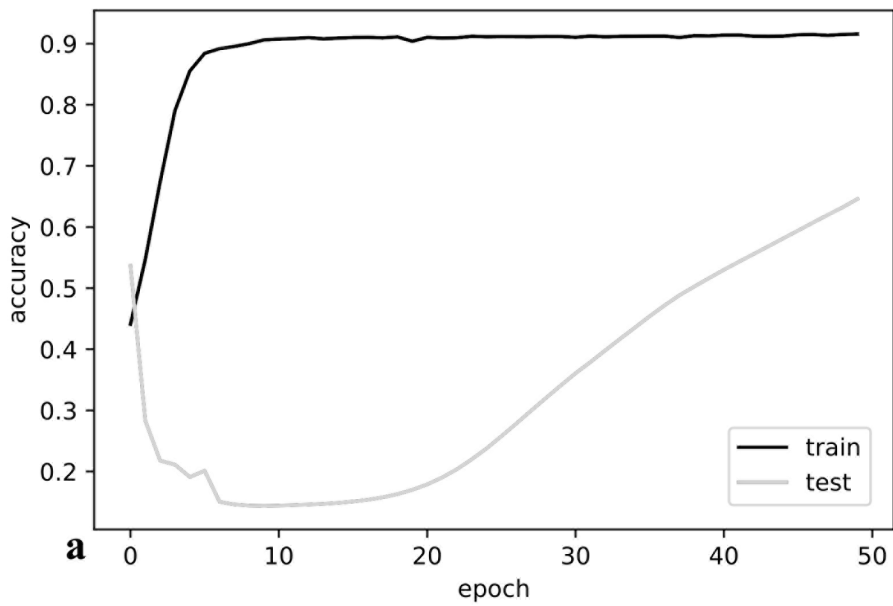
Legjobb eredményt az augmentációval bővített 50 eredeti adatot tartalmazó modell (5/b. ábra) esetében értünk el: a tesztadatokon mért pontosság 97% volt. Itt megemlítenéd az is, hogy a tanításhoz felhasznált képek száma (az augmentáció miatt összesen 300) jelentősen több volt, mint a másik 3 modell esetében (10, 50, illetve 60 kép).

Konklúzió

Összességében elmondható, hogy a U-Net, mint napjaink egyik legjelentősebb képszegmentációt célzó konvolúciós neurális hálózata jól használható ortofotókon alapuló épületkinyerési feladatokra. A kapott eredmények alapján itt is elmondható, ami általánosságban igaz a gépi tanulásra támaszkodó adatelemzési eljárásokra: a – jóminőségű – tanítóadatok növelése a modellek pontosságának növekedését fogják eredményezni. Fontos azonban kiemelni, hogy a U-Net viszonylag kis mennyiségű tanítóadat rendelkezésre állása mellett is képes jó eredményeket szolgáltatni, illetve célszerű augmentációval bővíteni a tanítóadatok halmazát, amely nem csak az új eredeti adatok előállításával járó – igen tetemes – idő megspórolásának, hanem a modellek teljesítőképességének növelése kapcsán is jó választás lehet.



4.ábra A modellek pontossága: a) 10 eredeti adat; b) 10 eredeti adat + augmentáció alapján



5. ábra A modellek pontossága: a) 50 eredeti adat; b) 50 eredeti adat + augmentáció alapján

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program doktori hallgatói ösztöndíj programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Felhasznált irodalom

- BERTALAN, L. – TÚRI, Z. – SZABÓ, G. (2016): UAS photogrammetry and object-based image analysis (GEOBIA): erosion monitoring at the Kazár badland, Hungary. *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment*, 10, pp. 169–178.
- BRAMHE, V.S. – GHOSH, S.K. – GARG, P.K. (2018): Extraction of built-up area by combining textural features and spectral indices from landsat-8 multispectral image. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-5, pp.727–733.
- LILLESAND, T. – KIEFER, R.W. – CHIPMAN, J. (2014): *Remote sensing and image interpretation*, 7th Edition. John Wiley & Sons, ISBN: 978-1-118-34328-9
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*, Online Edition. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf> (Letöltve: 2021. 09. 28.)
- RONNEBERGER, O. – FISCHER, P. – BROX, T. (2015): U-net: convolutional networks for biomedical image segmentation. In: *International conference on medical image computing and computer-assisted intervention*. Springer, pp 234–241.
- SCHLOSSER, A.D. – SZABÓ, G. – BERTALAN, L. – VARGA, Z. – ENYEDI, P. – SZABÓ, S. (2020): Building Extraction Using Orthophotos and Dense Point Cloud Derived from Visual Band Aerial Imagery Based on Machine Learning and Segmentation. *Remote Sensing*, 12(15), 2397.

Sentinel-5P műholdadatok alapján végzett légköri aeroszol koncentráció vizsgálat Google Earth Engine platformon

Abriha Dávid¹ – Szabó Szilárd² – Varga György³

¹ PhD hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
abriha.david@science.unideb.hu

² tanszékvezető egyetemi tanár, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
szabo.szilard@science.unideb.hu

³ tudományos főmunkatárs, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földrajztudományi Intézet
varga.gyorgy@csfk.org

Abstract: Atmospheric aerosols (especially mineral dusts) play an important role in shaping the Earth's energy balance. The main sources of atmospheric dust are the extensive arid and semi-arid (Sahara, Sahel) regions of North Africa. In this study, two Saharan dust storm events affecting Hungary were investigated. Data from the TROPOspheric Monitoring Instrument (TROPOMI), the on-board imaging spectrometer of Sentinel-5P, were used. We found that although the path and concentration of dust clouds can be well tracked, identifying the source regions can be difficult in certain cases.

Bevezetés

A légköri aeroszol részecskék fontos szerepet játszanak Földünk energiaháztartásának alakításában. Különösen fontos kiemelni az ásványi porokat, melyekből bolygónk különböző területeiről évente több milliárd tonna kerül a légkörbe és szállítódik el akár igen hatalmas (több ezer km-es) távolságokra (PISANI ET AL. 2007; VARGA 2012). A légkörbe kerülő por fő forrásának az észak-afrikai kiterjedt arid, szemiarid (Szahara, Száhel öv) területek tekinthetők, melyek egyes kutatások alapján a globális emisszióhoz 50–70%-ban járulnak hozzá (GINOUX ET AL. 2012; VARGA ET AL. 2021).

A légköri por mind közvetlen, mind pedig közvetett módon hozzájárul bolygónk energiaháztartásának alakításához. A közvetlen befolyásolás a Naptól érkező sugárzás szórása, elnyelése és visszaverése kapcsán jelenik meg, melyek a légköri rétegek felmelegedéséhez vagy lehüléséhez vezetnek. Említhető egyfajta félig közvetlen hatás, amely abból adódik, hogy a porrészecskék elnyelik a napsugárzást és ezáltal melegítik a légkört és egyúttal gátolják a felhőképződést is. A közvetett hatás a poranyag, mint a felhőképződést elősegítő kondenzációs mag útján valósul meg (SAIDOU ET AL. 2020).

A légköri porszemcsékéghajlatot alakító bonyolult kölcsönhatásokban jelentkező szerepén túl az emberi egészségre gyakorolt hatásai is említést érdemelnek. A szél a sivatagi porral többek közt az egészségre káros biológiai anyagokat (baktériumok, vírusok) is elszállítja (POLYMENAKOU ET AL. 2008). A porkoncentrációhoz kapcsolódó megbetegedések igen sokrétűek lehetnek, idetartoznak például egyes légzőszervi

megbetegedések (asztma, tüdőgyulladás stb.), szív- és érrendszeri rendellenességek, de említendő a kötőhártya-gyulladás vagy a különböző bőrirritációk is (DÍAZ ET AL. 2017).

Az elmúlt évtizedekben számos földmegfigyelő és erőforrás-kutató műholdcsalád került felbocsátásra, ilyen az amerikai Landsat-program, a francia SPOT vagy az indiai IRS. Az Európai Unió kapcsán kiemelendő a Bizottság által koordinált, az egyes tagállamokkal és az Európai Űrügynökséggel partnerségben 2014-ben elindított Copernicus program, melynek célja – a Sentinel műholdcsalád révén – egy globális, folytonos, pontos és könnyen hozzáférhető adatbázis létrehozása, melynek felhasználási területei igen kiterjedtek: a Copernicus információt és különböző szolgáltatásokat biztosít többek közt a szárazföldek (felszínborítás, biofizikai paraméterek) és tengerek (erőforrások, part menti és tengeri környezet), a légkör (összetétele, levegő minősége, ózonréteg), az éghajlatváltozás illetve a különböző veszélyhelyzetek (árvíz, erdőtüz, aszály stb.) kapcsán.

Jelen munka során két, Magyarországot is elérő szaharai porviharos eseményt vizsgáltunk. Kutatásunkhoz a Sentinel-5P műholdon elhelyezkedő TROPospheric Monitoring Instrument (TROPOMI) elnevezésű szenzor által biztosított adatokat használtuk. A TROPOMI egy ultraibolya, látható fény, közeli és rövidhullámú infravörös tartományban működő spektrométer, amely a légkörben lévő ózon, formaldehid, metán, aeroszol, szén-monoxid, nitrogén-dioxid és kén-dioxid megfigyelésére szolgál. Megvizsgáltuk a légköri por útját a forrásterületől, valamint a hazánkat elérő aeroszol koncentrációt.

Anyag és módszer

A TROPOMI által biztosított adatok közül az úgynevezett UVAI-t (Ultra-Violet Aerosol Index) használtuk. Az UVAI két hullámhosszon (354 és 388 nm) mért radianciaértékek alapján kerül kiszámításra: az index lehetővé teszi az UV-abszorbens részecskék (pl. vulkáni hamu, sivatagi por stb.) elkülönítését a nem UV-abszorbens részecskéktől, oly módon, hogy a pozitív értékek azok, amik az UV-abszorbens aeroszol szemcsék légköri jelenlétét jelzik (TORRES ET AL. 2020).

A vizsgálatokat Google Earth Engine-en (GEE) végeztük el. A GEE egy felhőalapú platform, melyet térbeli adatok tudományos elemzéséhez, feldolgozásához, vizualizálásához hoztak létre. A GEE nyilvános adatarchívumában egyrészt évtizedekre visszamenőleg megtalálhatók a különböző térinformatikai adatok (pl. műholdfelvételek), másrészt pedig a meglévő adatbázisokat naponta is frissítik, bővítik. Mivel a felhőben a Google szerverei végzik a számítási feladatokat is, így a több, mint 40 petabájtnyi adat elemzésre azonnal rendelkezésre áll (GORELICK ET AL. 2017). Az adatok feldolgozásához JavaScript és Python programozási nyelveket használtunk.

Az elérhető adatok alapján átnéztük az elmúlt 3 évben bekövetkező, Európát is elérő porviharos eseményeket, majd ezek közül kiválasztottunk kettőt, amelyeket

részletesebben is megvizsgáltunk. Az első ilyen egy kisebb intenzitású esemény volt, amely Magyarországot 2019.04.23-án érte el, míg a másik, ennél jóval nagyobb volumenű 2021.07.13-án következett be. A hazánkat elérő porviharos események forrásterületeinek vizsgálatához az időpontokat megelőző napokra/hetekre elkészítettük az UVAI alapján a szaharai térségre a koncentrációs térképeket, napi gyakorisággal.

Eredmények

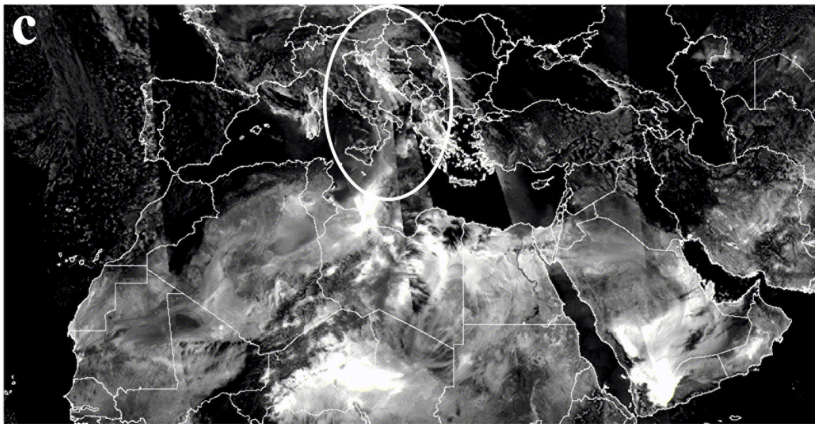
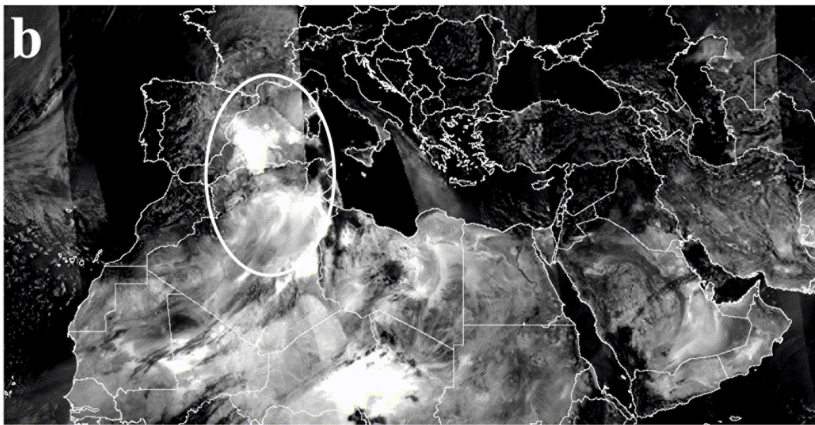
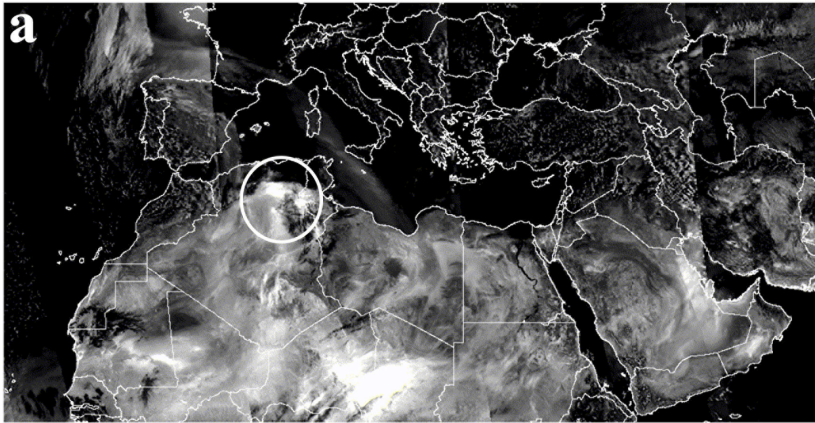
A 2019. 04.23-i szaharai por megérkezése előtti 1 hét napi térképeiből jól látszik, hogy 2019.04.19-én, az Atlasz hegység előterében kezd nőni az aeroszol koncentráció, és az elkövetkezendő napokban ebből a térségből indul ki Európa felé a porfelhő. Bár Magyarországot elérve az UVAI alapján az aeroszolkoncentráció már jelentősen lecsökkent, azonban a nyugati országrészen még így is kirajzolódnak ennek nyomai a légkörben (*1. ábra*).

2021.07.13-i poresemény mind területi kiterjedésre, mind pedig a légköri koncentrációban jelentősen felülmúlja az előzőt (*2. ábra*). A forrásterület vizsgálatát időben távolabbról kezdtük vizsgálni, ugyanis már július elejére a Szahara feletti légkör szinte teljes egészében nagy koncentrációban volt jelen a por. Alapvetően elmondható, hogy míg az előző vizsgált eseménynél a porfelhő leginkább az Atlasz hegység előterének térségében koncentrálódik, és innen indul útnak Európa felé, addig a második porviharos esemény az egész észak-afrikai kontinenst érinti. Bár a porfelhő legnagyobb koncentrációban július 13-án érte el hazánkat, kisebb események is megfigyelhetők napokkal korábbról – és későbből – is. Mindezek hatására (az esemény területi kiterjedése és időbeni elnyúlása) pusztán az UVAI alapján a pontos forrásterület kijelölése nem lehetséges.

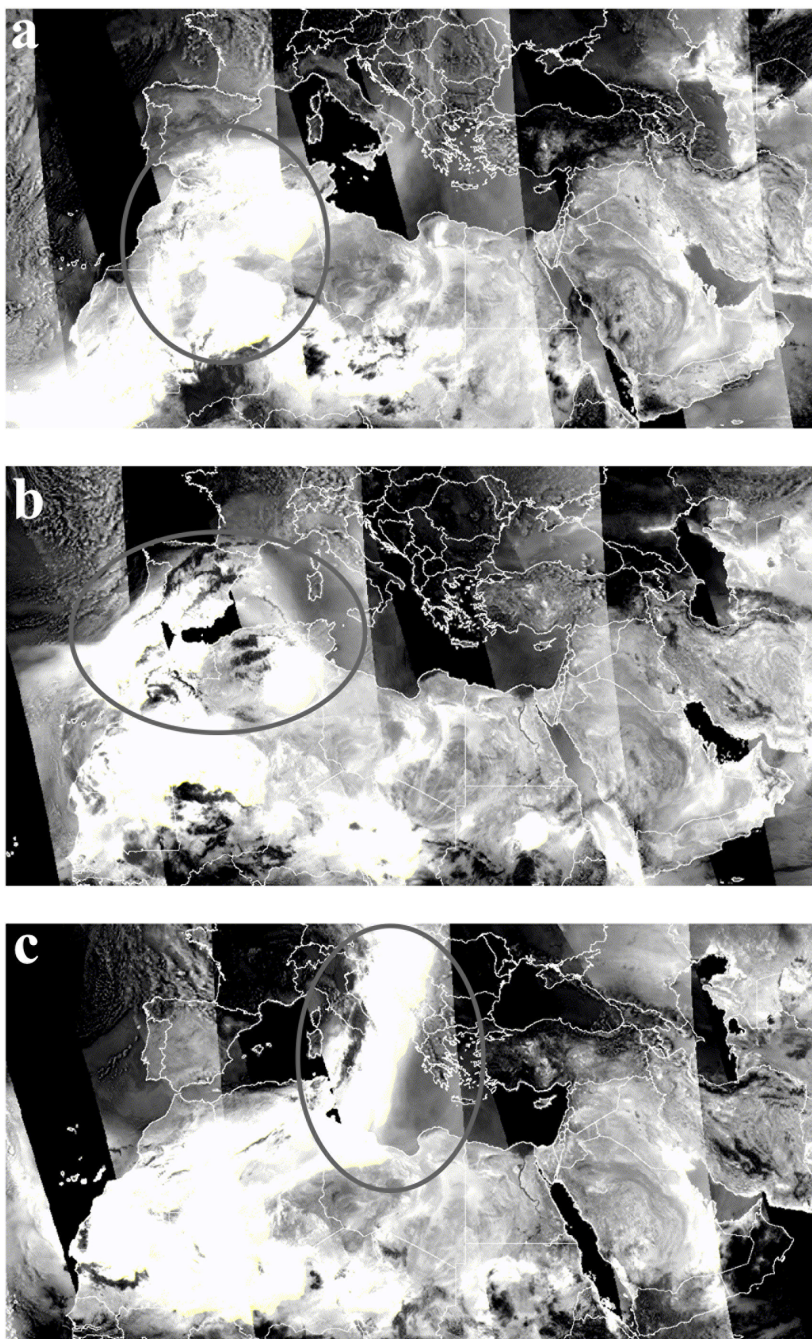
A forrásterületek vizsgálatán túl a Magyarországot elérő légköri aeroszol koncentrációt is elemeztük (*3. ábra*). A vizsgált időszak kezdete a Sentinel-5P műhold által közzétett első adatok időpontjával esik egybe (2018.07.04), és a cikk írásakor aktuálisan elérhető utolsó dátummal (2021.10.10) végződik.

A *3/a. ábra* a teljes ország területére számolt átlagos napi UVAI-t mutatja. A 2019. áprilisi esemény országos szinten negatív UVAI-t produkált, aminek oka kettős: egyrészt a porfelhő Magyarországot már felhígulva, kisebb intenzitással érte el, másrészt pedig jelentősebben csak az ország nyugati területét érintette az esemény. Ugyanezen időszakra elvégeztük az elemzést csak a Dunántúlra koncentrálva, hogy megnézzük, azonosítható-e az adatokból így az esemény. Ezt szemlélteti a *3/b. ábra*, ahol az UVAI értéke már pozitív, és markánsabban elkülönül a környező napok/hetek során mért koncentrációktól.

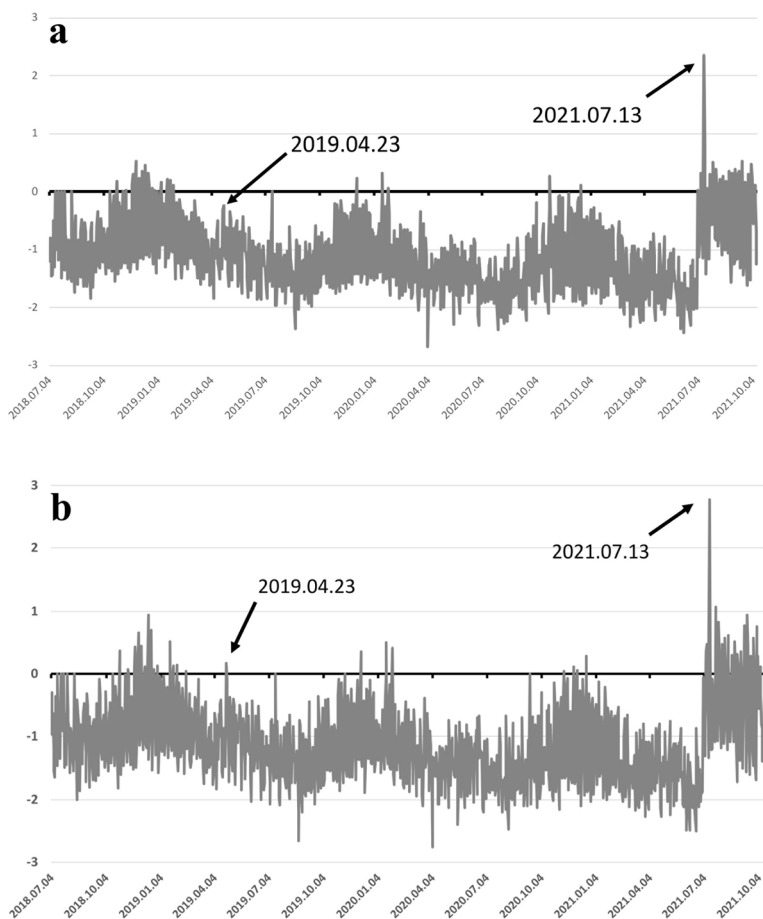
A 2021. júliusában bekövetkezett szaharai porvihar messze felülmúlja a valamivel több, mint 3 évet felölelő adatsorból leolvasható egyéb magas UVAI-eseményeket.



1. ábra A 2019.04.23-án Magyarországot is elérő szaharai porfelhő útja 3 időpontban:
a) 2019.04.19; b) 2019.04.21; c) 2019.04.23 (a világosabb árnyalatok utalnak a magasabb aeroszol koncentrációkra)



2. ábra A 2021.07.13-án Magyarországot is elérő szaharai porfelhő útja 3 időpontban:
a) 2021.07.09; b) 2021.07.11; c) 2021.07.13 (a világosabb árnyalatok utalnak a magasabb aeroszol koncentrációkra)



3. ábra A Sentinel-5P által biztosított UVAI (UV Aerosol Index) átlagos értékei az adatbázis elérhetőségének kezdetétől (2018.07.04) az aktuális legfrissebb adatokig (2021. 10. 10):
 a) a teljes országra; b) a Dunántúlra vetítve

Bár az igen magas porkoncentráció országosan (3/a. ábra; UVAI = 2.4) csak egy napon (július 13.) jelenik meg, az ezt megelőző és követő napokban mért értékek is kiemelkedőnek tekinthetők. Látható továbbá, hogy csak úgy, mint a 2019. áprilisi esemény kapcsán, itt is a Dunántúlról kerültek ki magasabb értékek (3/b. ábra).

Konklúzió

A Sentinel-5P műholdon található TROPOMI szenzor által szolgáltatott aeroszol koncentrációra vonatkozó adatok alapján a Szahara felől érkező porviharos események jól azonosíthatók. Bár egy-egy ilyen porfelhő útjának, koncentrációjának változása jól nyomon követhető, azonban a forrásterületek azonosíthatósága már korántsem bizonyul ilyen egyszerű feladatnak. A kisebb intenzitású események

forrását jó eséllyel lehet azonosítani csupán a TROPOMI adatok felhasználásával, azonban a nagy, potenciálisan az egész észak-afrikai kontinensre kiterjedő, időben is hosszasan elnyúló események esetében ez a módszer önmagában nem elégséges. Fontos azt is kiemelni, hogy a pozitív UVAI utalhat egyéb UV abszorbens aeroszol részecskék légköri jelenlétére is, nem csak a (szaharai) porra, ezért pusztán ilyen jellegű vizsgálatokból nem lehet egyértelműen szaharai porviharos eseményeket azonosítani.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



Felhasznált irodalom

- GINOUX, P. – PROSPERO, J.M. – GILL, T.E. – HSU, N.C. – ZHAO, M. (2012): Global-scale attribution of anthropogenic and natural dust sources and their emission rates based on MODIS Deep Blue aerosol products. *Reviews of Geophysics*, 50(3), RG3005
- GORELICK, N. – HANCHER, M. – DIXON, M. – ILYUSHCHENKO, S. – THAU, D. – MOORE, R. (2017): Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202(1), pp. 18–27.
- PISANI, G. – ARMENANTE, M. – BOSELLI, A. – FRONTOSO, M.G. – SPINELLI, N. – WANG, X. (2007): Atmospheric aerosol characterization during Saharan dust outbreaks at Naples EARLINET station. *Proc. SPIE 6745, Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere XII*, 67451R,
- POLYMENAKOU, P.N. – MANDALAKIS, M. – STEPHANOU, E.G. – TSELEPIDES, A. (2008): Particle size distribution of airborne microorganisms and pathogens during an Intense African dust event in the eastern Mediterranean. *Environmental Health Perspectives*, 116(3), pp. 92–296.
- SAIDOU CHAIBOU, A.A. – MA, X. – SHA, T. (2020): Dust radiative forcing and its impact on surface energy budget over West Africa. *Scientific Reports* 10, 12236.
- TORRES, O. – JETHVA, H. – AHN, C. – JAROSS, G. – LOYOLA, D.G. (2020): TROPOMI aerosol products: evaluation and observations of synoptic-scale carbonaceous aerosol plumes during 2018–2020. *Atmospheric Measurement Techniques*, 13(12), pp. 6789–6806.
- VARGA, GY. (2012): Szaharai eredetű por a Kárpát-medence légkörében. *Földrajzi Közlemények*, 136(2), pp. 106–123.
- VARGA, GY. – DAGSSON-WALDHAUSEROVÁ, P. – GRESINA, F. – HELGADOTTIR, A. (2021): Saharan dust and giant quartz particle transport towards Iceland. *Scientific Reports* 11, 11891.

Investigation the reason of affected Hybrid Corn in Agricultural Fields by Using Multi-Temporal Sentinel-2 Images in Mezőhegyes, South-Eastern Hungary

Khilola Amankulova¹ – Nizom Farmonov² – András Gudmann³ –
Krisztián Bónus⁴ – László Mucsi⁵

¹ PhD student, Doctoral School of Geosciences, Department of Geoinformatics, Physical and Environmental Geography, University of Szeged, amankulova.khilola@stud.u-szeged.hu

² PhD student, Doctoral School of Geosciences, Department of Geoinformatics, Physical and Environmental Geography, University of Szeged, farmonov.nizom@stud.u-szeged.hu

³ PhD student, Doctoral School of Geosciences, Department of Geoinformatics, Physical and Environmental Geography, University of Szeged, gudmandras@geo.u-szeged.hu

⁴ Director of Precision farming and Commodity Plant Division, Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt., Mezőhegyes, bonus.krisztian@mezohegyesbirtok.hu

⁵ Professor (Associate), Department of Geoinformatics, Physical and Environmental Geography, University of Szeged, mucsi@geo.u-szeged.hu

Abstract: The main objective of this work was to study the reason for low accuracy and misclassified pixels in hybrid corn crop parcels. In this study, we employed Sentinel-2 (S-2) data and Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation (fAPAR) acquired between the beginning of April and September 2020, on Mezőhegyes town in south-eastern Hungary. A different set of spectral indices (SI) and fAPAR were applied as inputs to Random Forest (RF) and Support Vector Machine (SVM) algorithms to generate crop map. The research showed that despite the high overall accuracy (OA) classified map, there are might be an error or low pixel resolution on it which can be the result of the temporal, spatial, temporal characteristics and a condition in crop plants. We have found the cause of misclassification are due to overirrigation and high precipitation rate during the growing stage of hybrid corn. Moreover, almost 99% of affected hybrid corn areas are identified when the multi-temporal spectral bands (SB) and spectral indices (SI), in combination with fAPAR datasets were added.

Introduction

Land-use/cover research has attracted a great deal of focus over the last decades, is currently one of the main research areas. However, studying and evaluating the reasonableness of misclassification pixels on classified thematic maps remains scarce. Free optical satellite remotely sensed datasets play a key role to produce high-resolution maps and vegetation monitoring (DOBRINIĆ ET AL. 2021). Although, it is challenging to create a map with multiple classes which are almost similar spectrally in complex land cover areas.

Currently, a significant number of studies using Sentinel 1 (S-1), and Sentinel 2 (S-2) satellite images in agricultural research are widely used by scientists (IMMITZER ET AL. 2016). Sentinel 2 is a multispectral instrument part of the Copernicus Programme developed by the European Space Agency (ESA) has a high revisit time of 10 days at the equator with one satellite and 5 days with 2 satellites under

cloud-free conditions will capture Earth surface changes. Nevertheless, there is a big challenge with the application of optical remotely sensed images is cloudy and rainy weather which might be limiting the acquisition period and can affect image quality as well (EBERHARDT ET AL. 2016). Several studies have indicated that multi-temporal satellite images promote crop type mapping over the various climate and different cropping systems (GUDMANN ET AL. 2020).

Several classification methods have been used to generate crop mapping by the remote sensing community, however, Random Forest (RF) and Support Vector Machine (SVM) are the two most mainly employed machine learning algorithms for mapping purposes (SU – HUANG 2009; GHIMIRE ET AL. 2012). The main goal of this paper is to investigate classification error and the potential of multi-temporal S-2 (optical), spectral indices (NDVI and MSAVI2) multi-temporal satellite imagery and fAPAR composite derived from Sentinel-2 instrument and their combinations for automatically mapping agricultural areas in Mezőhegyes, Békés county, Hungary.

Materials and Methods

Study Area

Stud Farm of Mezőhegyes is located in Mezőhegyes town, Békés and Csongrád-Csanád counties, Hungary next to the Romanian border between coordinates of latitude 46° 19' N and longitude 20° 49' E (Figure 1). The total area of town is 155.44 km² and its population is about 4945 people.

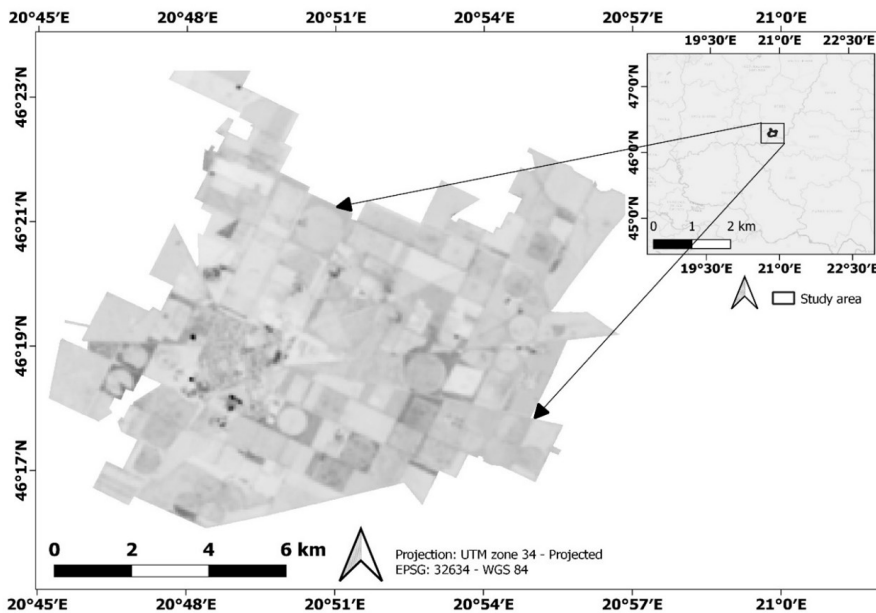


Figure 1. Location of the study area and overview of the study area (Sentinel-2 imagery; band: B2, acquisition date: 28th June 2020)

Its area is characterized by different kinds of chernozem soil. The meadow chernozem and the lowland chernozem with lime content provide an excellent basis for the field growing of plants.

Field Data Collection and Validation data

In Stud Farm Mezöhegyes, certain crops are cultivated at the starting of May to early June and harvested in mid-September according to information provided by Mezöhegyes company. Field measurements were performed from 15 to 20 June in 2020 and data was collected with special agronomists in the farmland. Meanwhile, we used the official spatial crop plan map for 2020 which is in digital format (Figure 2). During the field campaign, we identified affected crops like hybrid corn since this crop was considered our main research target.

We found affected hybrid corn when we compared field information, time-series analysis of very high-resolution Google Earth images and RGB False colour composite from Sentinel 2 satellite imagery which was captured in April and June (Figure 3). There was a dry season lack of precipitation during the Spring. Therefore, hybrid corn parcels were irrigated during the dry season. But when summertime came rain was relatively high 190.6 mm from 21 May until 28 June over the agricultural lands according to information by Operational Water Scarcity Assessment and Forecasting System in Hungary (<http://aszalymonitoring.vizugy.hu>) and Stud Farm Mezöhegyes.

Yearly precipitation is 550–600 mm and more than 30% of yearly precipitation fall during this period. Weather conditions and overirrigation harmed crops. For

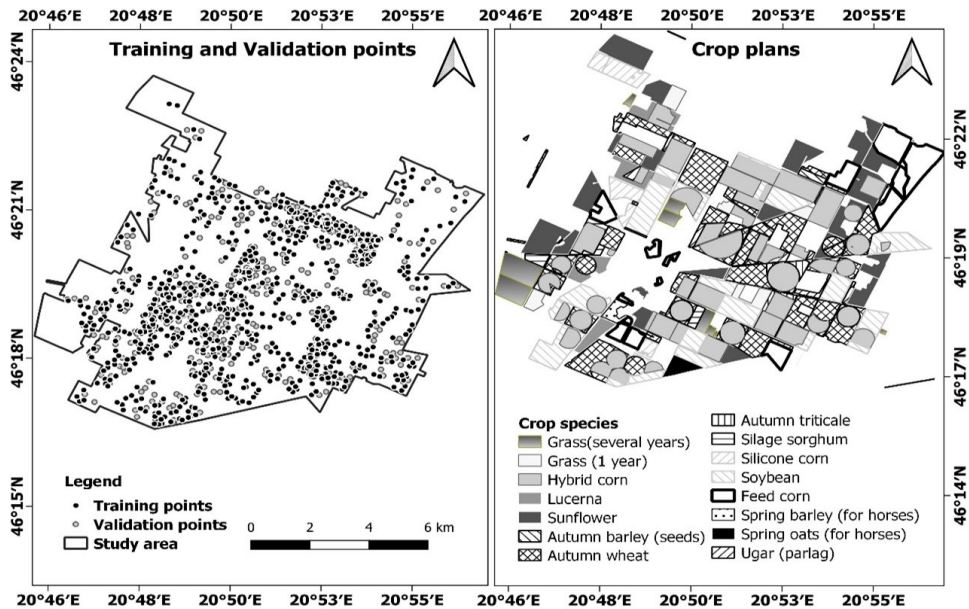


Figure 2. Official crop plans and spatial distribution of training and validation points

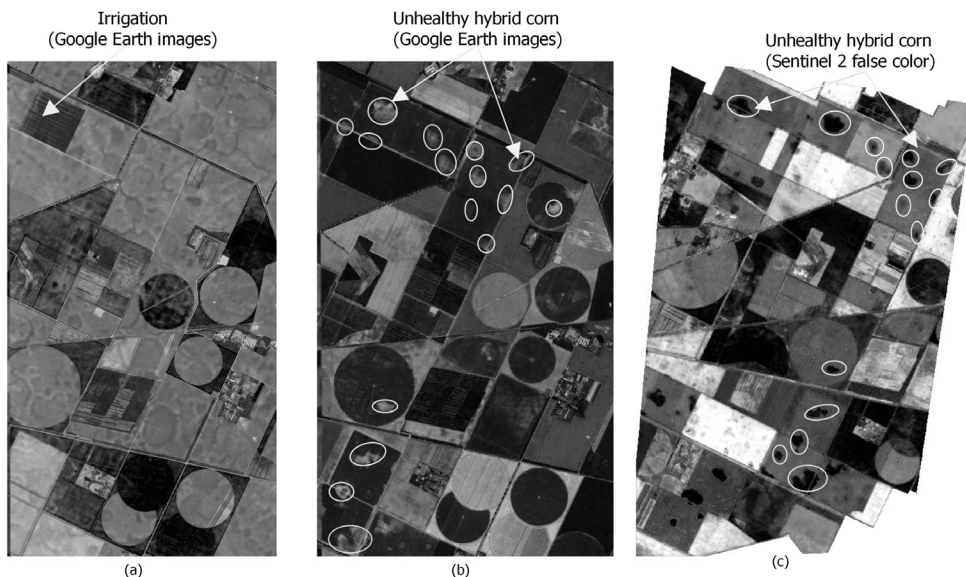


Figure 3. Affected hybrid corn (a) as a result of the irrigation, acquisition date: 17th April 2020 and (b) Affected hybrid corn after high precipitation, acquisition date: 09th July 2020: Time series analysis of high-resolution Google Earth images. (c) Affected hybrid corn from Sentinel 2 False-color composite: acquisition date: 28th June 2020

instance, hybrid corn in major parcels was affected, rare, unhealthy corns and most of them even died because of these problems. Additionally, we selected training points and validation points manually according to a field survey with a combination of Sentinel 2, crop plan map and time-series analysis of geo-referenced Google earth images based on ground truth. Main Land Use/Land Cover classes including hybrid corn, sunflower, autumn wheat, soybean, feed corn (for horses), silicone corn trees, grasslands, barley, lucerne, silage sorghum, build-up areas, water bodies are identified.

Hybrid corn separated two classes including healthy and affected for further classification. Then, feed corn (for horses), silicone corn, grasslands, barley, lucerne, silage sorghum, build-up areas and water reclassified into others classes. These sample data are chosen manually for each land cover class and 70% of them are used for image classification as reference data, and remains are considered (30%) as validation points (*Figure 2*).

Sentinel-2 Data and Pre-processing

An indication of the overall methodological workflow employed for this research is in the flow chart (*Figure 4*). In this study, we downloaded and pre-processed six Sentinel 2 images with 13 spectral bands at high spatial resolution (i.e., four bands at 10 m, six bands at 20 m and three bands at 60 m spatial resolution. under cloud-free tiles from open access hub which is a free and open-source website

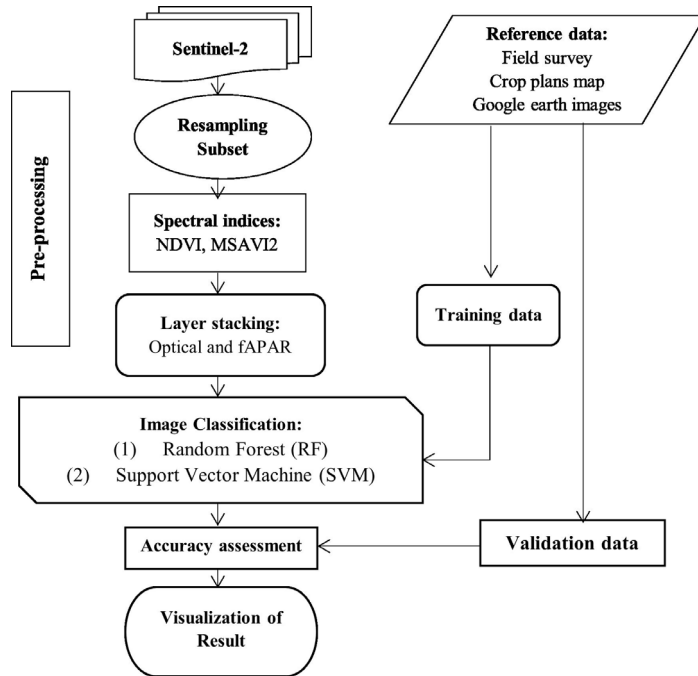


Figure 4. An indication of the overall methodological workflow employed for this research

(<https://scihub.copernicus.eu>). The images were resampled and the subset from different spatial resolutions into 10 m to preserve the pixels' original values using the nearest neighbour interpolation method (ETTEHADI OSGOUEI ET AL. 2019) in Sentinel Applications Platform (SNAP) version 8.0.

We extracted two spectral indices from Sentinel 2 images using Sentinel-2 Toolboxes. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was developed by Rouse et al., and the optical vegetation index used to quantify vegetation greenness is useful in understanding vegetation density is mostly used in remote sensing society. The modified soil-adjusted vegetation index, version two (MSAVI2) minimizes the effect of bare soil when monitored vegetation is at the starting of the crops growing stage and useful estimator of phenology (BORGOGNO-MONDINO ET AL. 2020). Finally, the fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation (fAPAR) product with a 10 m spatial resolution, improves monitoring of vegetation productivity generated from Sentinel-2.

Table 1. Equation of spectral indices

Spectral Indices	Formula
Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$
Modified Soil-Adjusted Vegetation Index, version 2 (MSAVI2)	$MSAVI2 = \frac{(2 * NIR + 1 - \sqrt{(2 * NIR + 1)^2 - 8 * (NIR - RED)})}{2}$

Classification scheme

Dataset integration

We observed the result of spectral bands and indices and fAPAR datasets used on the classification. The optical spectral indices were calculated for each image. These datasets were used alone or in combination with fAPAR. For example, 13 the spectral bands for S-2 and two spectral indices and fAPAR. Therefore, three datasets sets were utilized in this article, these are as follows below:

1. Spectral indices only (SI-fAPAR);
2. Spectral bands only (SB);
3. Spectral indices only and spectral bands only (SI-fAPAR-SB);

Classification Methods

In this study, the two most popular classification techniques The RF and SVM algorithms which are supervised classification methods were employed to map over agricultural fields during the summer of 2020.

The RF algorithm is an ensemble model which means that it uses the results from many different models to calculate a response (VARGA ET AL. 2021). This method is most commonly used in the remote sensing community because of its high accuracy in its classification (BELGIU – DRĂGUȚ 2016). According to RF classification, the total area of hybrid corn is 2633,28 ha. Almost 10% of the total area is considered as affected hybrid corn which is 225,54 ha. We used The EnMAP-Box is free and open source plug-in for QGIS to visualize and process remote sensing raster data (VAN DER LINDEN ET AL. 2015).

The SVM is a machine learning algorithm that produces suitable separating hyperplanes by maximizing the border between land cover classes (SU – HUANG 2009). However, in this study, we used radial basis function (RFB) kernels which are most commonly used in recent years (CORTES – VAPNIK 1995). We used the same software EnMAP-Box for SVM classification.

Accuracy assessment

After the classification process, it is important to assess the accuracy of land cover classification to identify map errors. An accuracy assessment was done for each classification scheme with the calculation of an error matrix (CONGALTON – GREEN 2019). The overall accuracy (OA), producer's accuracy (PA), user's accuracy (UA), and Cohen's kappa coefficient of agreement (κ) were computed using the confusion matrices.

Results and Analysis

SVM and RF Results

Table 2 demonstrated the averaged producer's accuracy (PA) and user's accuracy (UA) per class category, kappa and overall accuracy (OA) of SI, SB, and

Table 2. Land cover classes overall accuracy (OA) with producer's accuracy (PA), user's accuracy (UA) and kappa obtained using RF and SVM

	RF						SVM					
	SB [%]		SI [%]		SB-SI-fAPAR [%]		SB [%]		SI [%]		SB-SI-fAPAR [%]	
	PA	UA	PA	UA	PA	UA	PA	UA	PA	UA	PA	UA
Corn Healthy	97.6	97.6	95.6	97.6	97.6	97.6	97.4	94.9	97.8	94.1	97.6	95.1
Corn Affected	97.8	97.8	97.8	93.28	98.68	96.55	98.24	99.55	96.48	95.63	98.68	99.56
Forested areas	100	100	100	97.06	100	100	98.79	100	100	98.8	98.79	100
Others	94.5	88.79	82.12	88.02	86.59	96.27	83.8	91.46	82.12	83.52	86.59	92.26
Soybean	100	96.88	94.5	92.79	94.5	88.03	94.5	93.64	92.66	92.66	94.5	92.79
Sunflower	97.8	97.27	96.77	84.51	100	96.88	95.16	96.72	85.48	98.15	95.16	96.72
Wheat	87.71	92.9	96.15	96.69	98.35	96.76	98.9	94.74	98.35	97.81	98.35	97.28
OA	96.65		94.28		96.72		95.96		94.14		96.37	
Kappa	0.96		0.93		0.96		0.9505		0.93		0.96	

SI-SB-fAPAR which were obtained from both RF and SVM classification. According to the accuracy assessment, OA of the SB and SB-SI-fAPAR datasets values showed the highest accuracy from 97.8% to 98.7% to find affected corns for both RF and SVM classification methods. Furthermore, based on the input image lists, SVM and RF had not the highest differences between SB, SI and SB-SI-fAPAR.

With the RF classification, Integration of SB-SI and fAPAR showed a slight improvement compared with SI-fAPAR feature datasets. *Figure 5* demonstrates RF generated classification map by utilizing SB-SI-fAPAR datasets from Sentinel 2 images.

For SVM classification, differences for all classification schemes percentage of overall accuracy were not big. However, a bit of an increase in the ratio of overall accuracy when SB and SB-SI-fAPAR were added to the classification and reported 95.96% and 96.37%. *Figure 6* presents SVM generated map by using SB-SI-fAPAR datasets from S-2A (optical) images.

Conclusions

The research evaluated the integration of multi-temporal S-2 images, spectral indices and fAPAR acquired in the maize growing season, which could detect affected corns from healthy corns by employing two robust RF and SVM machine learning algorithms in Mezöhegyes, South-Eastern Hungary. We identified affected hybrid corn which was caused by overwatering in Spring during the dry season and an extremely high precipitation rate in July. This information is crucial and lacks in our study area. Thereby, overall crop yield decreased to 10% as a result of these

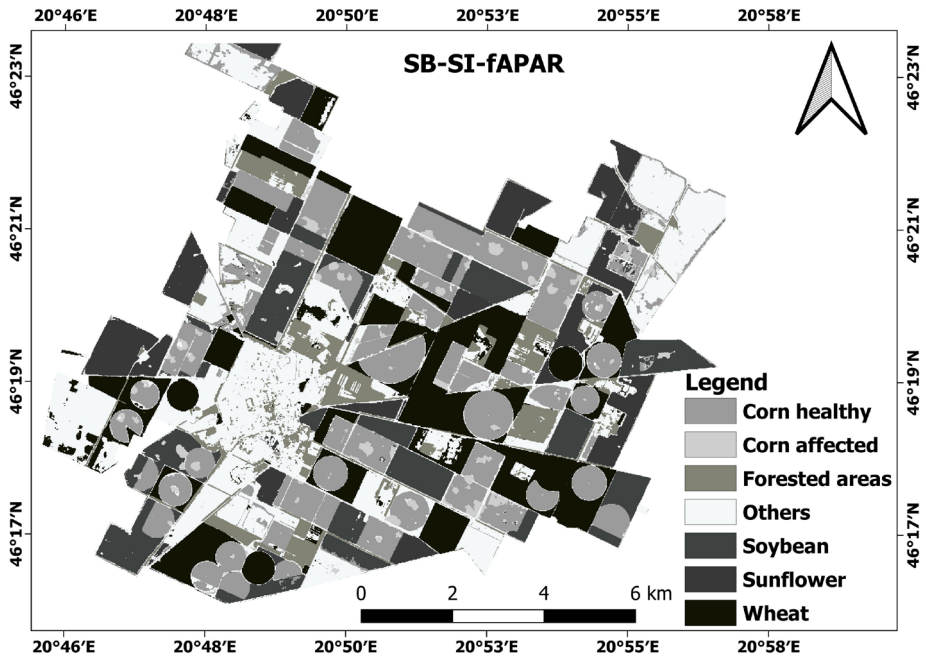


Figure 5. Classification by RF, generated using combined Spectral bands, spectral indices and fAPAR

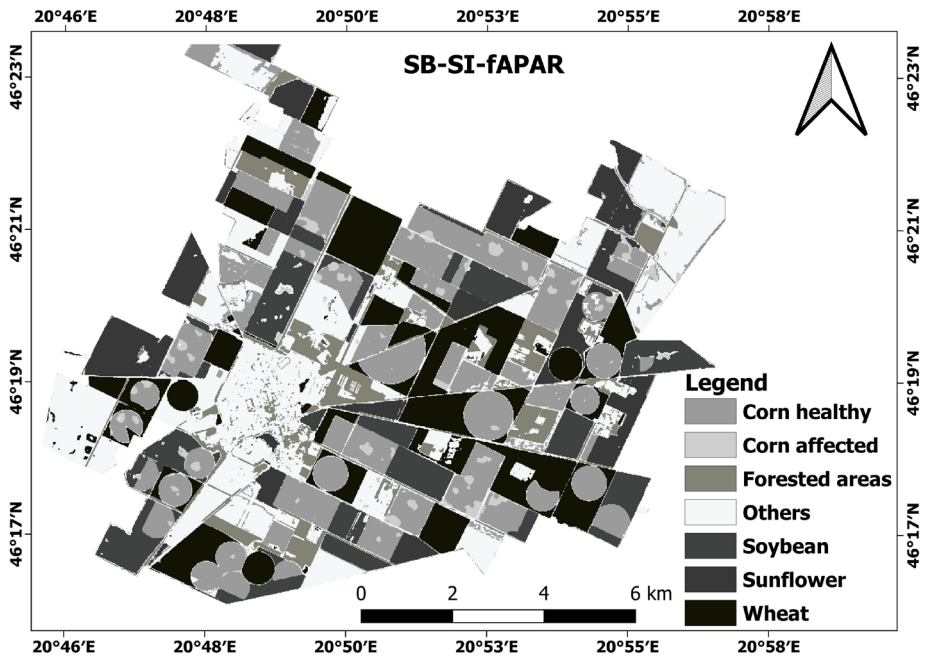


Figure 6. Classification by SVM, generated using combined Spectral bands, spectral indices and fAPAR

issues. Our result demonstrated that the highest OA of classification was obtained by RF using SB and SB-SI-fAPAR datasets. This approach achieved OA 97.35% (kappa 0.93) and 96.72% (kappa 0.93) respectively. However, SB-SI-fAPAR datasets showed a great AO rate for both SVM and RF classification to identify affected crops. Our research results showed that it is possible to identify affected corns and map crop fields based entirely on free and open-source satellite imagery at relative small agricultural fields since it is time-saving and cost-effective.

Acknowledgement

This research was supported by National Scientific Research Funds (Hungary) in support of the ongoing research, 'Time series analysis of land cover dynamics using medium - and high-resolution satellite images' (NKFIH 124648K), at the Department of Geoinformatics, Physical and Environmental Geography), University of Szeged, Szeged, Hungary.

References

- ABUBAKAR, G.A. – WANG, K. – SHAHTAHAMSSEBI, A. – XUE, X. – BELETE, M. – GUDO, A.J.A. – MOHAMED SHUKA, K.A. – GAN, M. (2020): Mapping Maize Fields by Using Multi-Temporal Sentinel-1A and Sentinel-2A Images in Makarfi, Northern Nigeria, Africa. *Sustainability*, 12, 2539.
- BELGIU, M. – DRĂGUȚ, L. (2016): Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 114, pp. 24–31.
- BORGOGNO-MONDINO, E. – DE PALMA, L. – NOVELLO, V. (2020): Investigating Sentinel 2 Multispectral Imagery Efficiency in Describing Spectral Response of Vineyards Covered with Plastic Sheets. *Agronomy*, 10, 1909.
- CONGALTON, R.G. – GREEN, K. (2019): *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*, Third Edition, 3rd ed. CRC Press.
- CORTES, C. – VAPNIK, V. (1995): Support-vector networks. *Mach. Learn.*, 20, pp. 273–297.
- DOBRINIĆ, D. – GAŠPAROVIĆ, M. – MEDAK, D. (2021): Sentinel-1 and 2 Time-Series for Vegetation Mapping Using Random Forest Classification: A Case Study of Northern Croatia. *Remote Sens.*, 13, 2321.
- EBERHARDT, I. – SCHULTZ, B. – RIZZI, R. – SANCHES, I. – FORMAGGIO, A. – ATZBERGER, C. – MELLO, M. – IMMITZER, M. – TRABAQUINI, K. – FOSCHIERA, W. – JOSÉ BARRETO LUIZ, A. (2016): Cloud Cover Assessment for Operational Crop Monitoring Systems in Tropical Areas. *Remote Sens.*, 8, 219.
- ETTEHADI OSGOUEI, P. – KAYA, S. – SERTEL, E. – ALGANCI, U. (2019): Separating Built-Up Areas from Bare Land in Mediterranean Cities Using Sentinel-2A Imagery. *Remote Sens.*, 11, 345.
- GHIMIRE, B. – ROGAN, J. – GALIANO, V.R. – PANDAY, P. – NEETI, N. (2012): An Evaluation of Bagging, Boosting, and Random Forests for Land-Cover Classification in Cape Cod, Massachusetts, USA. *GIScience Remote Sens.*, 49, pp. 623–643.

- GUDMANN, A. – CSIKÓS, N. – SZILASSI, P. – MUCSI, L. (2020): Improvement in Satellite Image-Based Land Cover Classification with Landscape Metrics. *Remote Sens.*, 12, 3580.
- IMMITZER, M. – VUOLO, F. – ATZBERGER, C. (2016): First Experience with Sentinel-2 Data for Crop and Tree Species Classifications in Central Europe. *Remote Sens.*, 8, 166.
- SU, L. – HUANG, Y. (2009) Support Vector Machine (SVM) Classification: Comparison of Linkage Techniques Using a Clustering-Based Method for Training Data Selection. *GIScience Remote Sens.*, 46, pp. 411–423.
- VAN DER LINDEN, S. – RABE, A. – HELD, M. – JAKIMOW, B. – LEITÃO, P. – OKUJENI, A. – SCHWIEDER, M. – SUESS, S. – HOSTERT, P. (2015): The EnMAP-Box—A Toolbox and Application Programming Interface for EnMAP Data Processing. *Remote Sens.*, 7, pp. 11249–11266.
- VARGA, O.G. – KOVÁCS, Z. – BEKŐ, L. – BURAI, P. – CSATÁRINÉ SZABÓ, Z. – HOLB, I. – NINSAWAT, S. – SZABÓ, S. (2021): Validation of Visually Interpreted Corine Land Cover Classes with Spectral Values of Satellite Images and Machine Learning. *Remote Sens.*, 13, 857.

Visualization of Global Data: COVID-19 data by Countries on Sphere

Anikó Apró¹ – Engidaw Getachew Dejene² – György Terdik³

¹ PhD student, Faculty of Informatics, UD, apro.aniko@inf.unideb.hu

² PhD student, Faculty of Informatics, UD, engidaw.getachew@inf.unideb.hu

³ Prof.em, Faculty of Informatics, UD, terdik.gyorgy@inf.unideb.hu

Abstract: This paper presents COVID-19 data in 3D as interactive plots over a 2D sphere by countries. The software package called Rcosmo has been applied which is originated from the HEALPix system of NASA. Geologists, Epidemiologists among others and r community users can benefit with visualizing the spherical data.

Introduction

Spherical data arise in many areas of scientific experimentation and observation. As examples of vectorial data from various fields, such as from Astrophysics, Structural Geology, Meteorology and many more others areas of studies (FISHER ET AL. 1993). Spherically mapped data able to describes objects or entities with locations of that lie on or can be projected onto real or conceptual sphere (TERDIK – JAMMALAMADAKA 2018). There are a number of different data structures such as Planonic, Igloo HEALPix specifically designed to store and access spherically mapped data have been developed (YOUNGREN – PETTY 2017). For indexing locations of observations specially dealing with spherical data the Cartesian, geographic, spherical or HEALPix coordinate systems are mostly seen used by vast majority of spatial applications (MAHDAVI-AMIRI ET AL. 2015).

The word HEALPix, is an acronym for Hierarchical Equal Area isoLatitude Pixelization of a 2-sphere, refers to pixelization of the 2-sphere or to the associated class of map projections and it is built geometrically as a self-similar, refinable quadrilateral mesh on the sphere (SHAKERINAVA – RAVANBAKHSI 2021). In HEALPix the base-resolution consists of twelve pixels structured in three rings around the poles and equator. As shown in the *Figure 1* below A planar projection of the base pixels referred that the number 5, 6, 7 and 8 are "equatorial"; pixels 1, 2, 3 and 4 are "north polar"; and pixels 9, 10, 11 and 12 are "south polar" respectively (FRYER – OLENKO 2019).

The resolution of the grid is defined by N_{Side} , where ($N_{\text{Side}} = 1, 2, 4, \dots$) parameter which expressed the number of divisions along the side of a base-resolution pixel that is needed to reach a desired high-resolution partition and the total number of

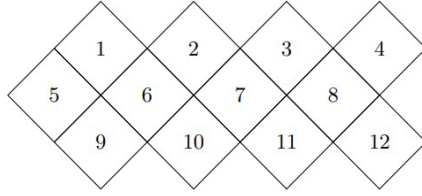


Figure 1. HEALPix base pixel planar projection as 12 squares (FRYER ET AL. 2019)

pixels equal to $N_{\text{Pix}} = 12 \times N_{\text{Side}} \times N_{\text{Side}}$, where ($N_{\text{Pix}} = 12, 48, 192, \dots$). To increase the resolution, each given pixel divides into 4 sub-daughter pixels of a spherical surface in which every pixel covers the same surface area as every other pixel and the process is continue recursively for higher resolutions with each pixel at given resolution achieved (GÓRSKI ET AL. 2005). Numbering scheme order of child index are also assigned either of "Ring" or "Nested" to count the pixels (FRYER ET AL. 2020). In case of ring ordering scheme, indices are assigned in the increasing manner from east to west along isolatitude rings, and then increasing north to south. In the nested ordering scheme the children of base pixel are also labelled with consecutively (KRZYSZTOF M GÓRSKI ET AL. 1999)

Background

While the HEALPix is the main representation in cosmological applications there are also numerous spherical data, for example, in geosciences, locations of trees, seismological events, data aggregated over a set of zones to specific "central" locations. Spatial point data are also common in geographical epidemiology studies that deal with disease mapping, clustering, and finding locations of possible sources (FRYER ET AL. 2020). Spheres have been used in several data visualizations. Visualization applications that are specifically suited to spheres include any form of global data, such as map-based (e.g. Google Earth) or sky-based visualizations (e.g. starrynight.com) (BRATH – MACMURCHY 2012). In times of crisis, such as the COVID-19 pandemic, Global data is critical to understanding the issues (UNWIN 2020). But simply collecting data is not enough. To make use of data we need to be able to communicate it effectively and efficiently to a broad audience and helps us to quickly grasp and disseminate complex information.

Data Visualization and analysis has been crucial to better understanding, tracking, and preventing the spread of pandemic (WU ET AL. 2020). As "a picture is worth a thousand words", having methods to visualize and visually analyze these big data makes it easily to comprehend the data and the discovered knowledge (LEUNG ET AL. 2020). Packages like rcosmo in R is also efficient to conduct information processing, visualization, manipulation and various spatial statistical analysis of Cosmic Microwave Background (CMB) radiation and other none HEALPix format or spherical data (FRYER ET AL. 2020).

The aim of Our study was to add new visualization tools for plotting of densities and histograms on the sphere as well as visualize the global spread of COVID-19 on

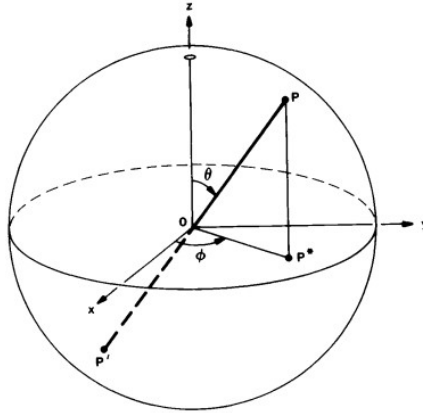


Figure 2. Spherical coordinate on sphere (https://en.wikipedia.org/wiki/Spherical_coordinate_system)

how their analysis and presentation of global data has shaped our coverage of the pandemic or different phenomena in large scale. So that the researcher, Epidemiologist and r community users can benefit much with visualizing the spherical data density and Histogram in Global sense.

Coordinate systems for spherical data representation.

The quantitative description of any spherical data is dependent on the definition of a particular spherical coordinate system. There are several systems are in general use (FISHER ET AL. 1993). The most common in the auditory literature (cartesian coordinates, Geographical coordinates and Spherical or HEALPix). In GIS, the geographic coordinates are the main indexing tools, Earth, and planetary sciences, while HEALPix has become very popular in recent cosmological research dealing with CMB data. Figure 2 shows a sphere of unit radius, centered at O. P is a point on its surface, and can be identified with the unit vector \vec{OP} . Also drawn are three orthogonal axes (x, y, z). The colatitude θ is the angle between \vec{OP} and \vec{OZ} ; the longitude ϕ is the angle, measured anticlockwise, between \vec{OX} and \vec{OP}^* , the projection of \vec{OP} on to the x-y plain.

If the unit sphere with radius 1, Using the Cartesian coordinate system to specify a point location uniquely on the sphere(S^2) is identified by three parameters (x, y, z), where, x, y, z $\in \mathbb{R}$ and

$$\| (x, y, z) \| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = 1 \quad (1)$$

As shown In Fig. 2 above, the spherical coordinates representation (θ, ϕ) of a point P are obtained from the cartesian coordinate (x, y, z) by calculating the equation number (Eq.2), (Eq.3) and (Eq.4) as follows:

$$x = \sin(\theta)\cos(\phi) \quad (2)$$

$$y = \sin(\theta)\sin(\varphi) \quad (3)$$

$$z = \cos(\theta) \quad (4)$$

, where $\theta \in [0, \pi]$ and $\varphi \in [0, 2\pi]$.

For a given point with the spherical coordinates (θ, φ) its geographic coordinates will be written as (θ_G, φ_G) . The Geographic coordinates are also obtained from spherical coordinates by setting Eq.5.

$$\varphi_G = \begin{cases} \varphi, & \text{for } \varphi \in [0, \pi], \\ \varphi - 2\pi, & \text{for } \varphi \in [\pi, 2\pi], \end{cases} \text{ and } \theta_G = \frac{\pi}{2} - \theta. \quad (5)$$

Thus $\varphi_G \in [-\pi, \pi]$ and $\theta_G \in [-\pi/2, \pi/2]$. when representing Earth's surface in either of the above listed coordinate systems we always align the x-axis with the Earth's Prime Meridian and have the z-axis pointing North direction. Usually, φ_G is referred to as longitude and θ_G is referred to as latitude and both are often measured in degrees instead of radians measure.

COVID-19 and World city Geographic Data

The number of COVID-19 cases along with their geo-locations also can help to track the growth of the pandemic and the geographical distribution of patients. For the demonstration purpose, we used the Global pandemic COVID-19 Reported Cases and Deaths by Country or territory dataset which is collected and provided by the website (<https://www.worldometers.info/coronavirus>) and saved as a CSV file. The data were collected from 265 different countries and selected cities all over the world. Observations comprised the number of Total cases, Total Deaths, New deaths, Total recover, new recover, Active cases and population etc. After cleaning the dataset, we also used only latitudes and longitudes of world cities which is gained from World Cities Database datasets (<https://simplemaps.com/resources/free-country-cities>) and aggregate with their corresponding population and we consider the covid death ratio for our demonstration.

Visualization of Covid Data

The global outbreak of COVID-19 has had a strong impact on economic and social life in various countries. In the early stage of epidemic prevention, lack of transparency in information, in sufficient understanding of the virus, and various and frequent rumors brought challenges to prevention and control, and increasingly highlighted the weakness of traditional governance. Differences in the population size between countries are often large, and the COVID-19 death count in more populous countries tends to be higher. Because of this it can be insightful to know how the number of confirmed deaths in a country compares visually, especially when comparing across countries. *Figure 3* shows the Spatial distribution of the data reported in 265 each country cities and towns of COVID-19 confirmed deaths per 10,000 M people as of September 16, 2021.

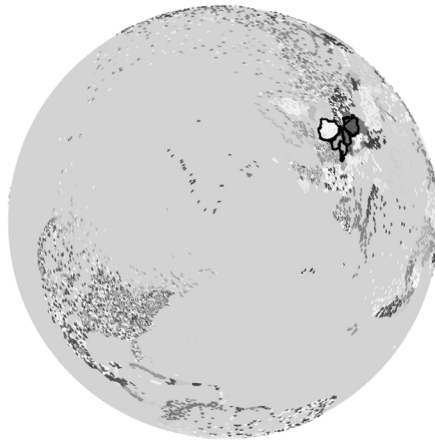


Figure 3. COVID-19 confirmed Death around the world as of Sep.16/2021

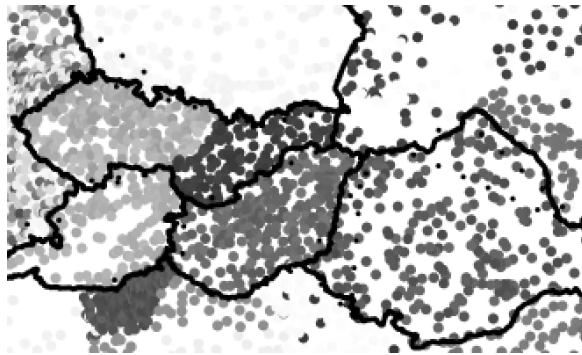


Figure 4. Spatial Locations of different Central Europe countries boundaries and their death ratio per 10M population

As shown in the above *Figure 4*, different color scale is used to show the death ratio of populations due to COVID-19 for each country, for instance if we take some countries in central Europe namely ('Hungary', 'Romania', 'Czechia', 'Slovakia', 'Poland', 'Austria') with the darkest shades in Hungary, representing the highest proportions of such data available. Countries in grey are those countries where no data have been recorded.

Table 1. Hungary and Neighbors countries Statistics as of Sep. 16/2021

Country Name	Population	Death/10M
Hungary	9630690	31278.13
Romania	19082444	18529.6
Czechia	10732992	28349.04
Slovakia	5462839	23008.18
Poland	37796497	19968.25
Austria	9068473	11999.82

Reference

- BRATH, R. – MACMURCHY, P. (2012): Sphere-based information visualization: Challenges and benefits. Proceedings of the International Conference on Information Visualisation, January 2019, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IV.2012.11>
- FISHER, N. I. – LEWIS, T. – EMBLETON, B. J. J. (BRIAN J. J.)(1993): Statistical analysis of spherical data. Cambridge University Press.
- FRYER, D. – LI, M. – OLENKO, A. (2020): rcosmo: R Package for Analysis of Spherical, HEALPix and Cosmological Data. R Journal, 12. <http://irsa.ipac.caltech.edu>
- FRYER, D. – OLENKO, A. (2019): Spherical Data Handling and Analysis with R package rcosmo. In Communications in Computer and Information Science: Vol. 1150 CCIS. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1960-4_15
- GÓRSKI, K. M. – HIVON, E. – BANDAY, A. J. – WANDEL, B. D. – HANSEN, F. K. – REINECKE, M. – BARTELMANN, M. (2005): HEALPix: A Framework For High-Resolution Discretization And Fast Analysis Of Data Distributed On The Sphere. The Astrophysical Journal, 622, 759. <http://www.eso.org/>
- GÓRSKI, KRZYSZTOF M – WANDEL, B. D. – HIVON, E. – HANSEN, F. K. – BANDAY, A. J. (1999): The HEALPix Primer Revision: Version 1.0. ArXiv Preprint Astro-Ph/9905275. <http://www.tac.dk/>
- LEUNG, C. K. – CHEN, Y. – HOI, C. S. H. – SHANG, S. – WEN, Y. – CUZZOCREA, A. (2020): Big Data Visualization and Visual Analytics of COVID-19 Data. Proceedings of the International Conference on Information Visualisation, 2020-Septe(Iv), 415–420. [HTTPS://DOI.ORG/10.1109/IV51561.2020.00073](https://doi.org/10.1109/IV51561.2020.00073)
- MAHDAVI-AMIRI, A. – ALDERSON, T. – SAMAVATI, F. (2015): A Survey of Digital Earth. Computers and Graphics (Pergamon), 53, 95–117. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2015.08.005>
- SHAKERINAVA, M. – RAVANBAKHS, S. (2021): Equivariant Networks for Pixelized Spheres. ArXiv Preprint ArXiv:2106.06662. <http://arxiv.org/abs/2106.06662>
- TERDIK, GY H – JAMMALAMADAKA, S RAO. (2018): Simulation and Visualization of Spherical Distributions. ResearcGate, April, to appear in Florence Nightingale Directional Statistics volume, Sringer.
- UNWIN, A. (2020): Why is Data Visualization Important? What is Important in Data Visualization? Harvard Data Science Review, 2, 1–7. <https://doi.org/10.1162/99608f92.8ae4d525>
- WU, J. – WANG, J. – NICHOLAS, S. – MAITLAND, E. – FAN, Q. (2020): Application of big data technology for COVID-19 prevention and control in China: Lessons and recommendations. Journal of Medical Internet Research, 22(10). <https://doi.org/10.2196/21980>
- YOUNGREN, R. W. – PETTY, M. D. (2017): A multi-resolution HEALPix data structure for spherically mapped point data. Heliyon, 3(6), e00332. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00332>

Adatbázis-szemlélet megvalósítása a nagyfelbontású térképek tárolásában

Barsi Árpád¹ – Horváth Viktor Győző² – Krausz Nikol³ – Lógó János Máté⁴
– Potó Vivien⁵

¹ BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, barsi.arpad@emk.bme.hu

² BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, horvath.viktor.gyozo@emk.bme.hu

³ BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, krausz.nikol@emk.bme.hu

⁴ BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, logo.janos.mate@emk.bme.hu

⁵ BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, potovivien@emk.bme.hu

Abstract: A vezető nélküli járművek kutatása napjainkban rendkívül gyakran szerepel a hírekben. A technikai kérdések megválaszolásában, az eljárások fejlesztésében egyre növekvő szerepet töltenek be a szimulátorok, amelyek a valóság minél részletesebb és pontosabb modelljeit követelik meg. A szimuláció támogatására javasolt OpenDRIVE formátum szabványos XML-struktúrájú leírást tartalmaz. Nagyobb kiterjedésű területen, nagyobb elemszám esetén azonban előjönnek a kezelésének nehézségei. Konceptiónk szerint a relációs adatbáziskezelők által nyújtott lehetőségek ezeket a hátrányokat képesek kiküszöbölni. Ötletünk igazolására relációs adatmodellt terveztünk, mintaállományok feldolgozásához szükséges szoftveres eljárást fejlesztettünk, majd az adattáblák felhasználásával lekérdezéseket és QGIS-ben megvalósított megjelenítéseket készítettünk. A mintamegoldás igazolta a várakozásokat, így a közeljövőben további intenzív kutatást tervezünk ebben az irányban.

Bevezetés

Napjaink egyik leggyorsabban fejlődő technológiája a járművek minél magasabb szintű automatizálására, végső soron pedig az önvezetés megvalósítására törekszik (EURÓPAI BIZOTTSÁG 2018). Ennek a célnak számos technikai, társadalmi és jogi fejlesztést kell alárendelni. A műszaki fejlesztések meglehetősen széles kutatói kört foglalkoztatnak, így az autópálya mellett a kutatóintézetek, egyetemek alkalmazottai is ilyen kérdéseken dolgoznak. A fejlesztéshez ezen emberi erőforrásokon túl rendkívül sok anyag beszerzésére, vizsgálat elvégzésére, szoftveres megoldás kidolgozására van szükség.

Az elmúlt időszakban felismerték, hogy ennek a törekvésnek a támogatására a számítógépet minél erőteljesebben be kell vonni, különösen azáltal, hogy a szimulációk rendkívül pontosak, hatékonyak lettek. Az autópálya szimulációk esetén is érvényes az a szabály, hogy a szimulátorban alkalmazott modell és annak környezete minél pontosabban feleljen meg a valóságnak. Ennek a követelménynek kell tehát eleget tennie a járművek számára szükséges útinfrastuktúra leírásának, azaz a térképnek is.

A szimulációs feladatokhoz ezért az úthálózatot és annak szomszédságát növekvő részletességgel és az elérhető legnagyobb pontossággal kell felmérni, majd térképezni. Ezen elvárás eredményezte azt, hogy a térképek, pontosabban azok adatbázisai növekvő méretű és adattartalmú adatbázissá váltak. A minél részletesebb felméréssel nyert objektumleírások azonban már messze meghaladták

az ember feldolgozási és értelmezési képességeit; legalábbis olyan rövid idő alatt nem képes az emberi agy a számára lényeges információt kinyerni ebből a hatalmas adattömegeből, amire egy-egy éles forgalmi helyzetben rendelkezésre álló nagyon rövid reakcióidő elvárná. Ennek lett a következménye, hogy a térképek fogalmát felülvizsgálva megalkották az emberi felhasználásra szolgáló ún. *small-definition* (SD) és a számítógépes feldolgozásra való *high-definition* (HD) térképmodell fogalmát (HARSHA VARDHAN 2017)(‘HD MAPS | HERE - WEBPAGE’ 2018).

Nem sokat változott az emberi, vagyis az SD-térképek használata: elsősorban a tájékozódást, célmegjelölést szolgálják. Ezzel ellentétben a HD-térképek a folyamatosan bővített részletek érdekében egyre összetettebb felmérési módokat, megnövelt tárolási megoldásokat és gyors algoritmusokat követelnek meg. A szimulációkban hasonló okokból a HD-térkép tartalmát várják el.

Tanulmányunkban a HD-térképi tartalomnak megfelelő egyik legigéretesebb szimulációhoz kifejlesztett formátumnak, az OpenDRIVE formátumnak (‘OPENDRIVE WEBPAGE’ 2015) felhasználását és a lehetőségeinek bővítését mutatjuk be. Mivel korábbi munkánk során felismertük a szabvány jelenlegi korlátait, ezért a hatékony adatbáziskezelés eszközeivel ötvöztük a szabványos leírást.

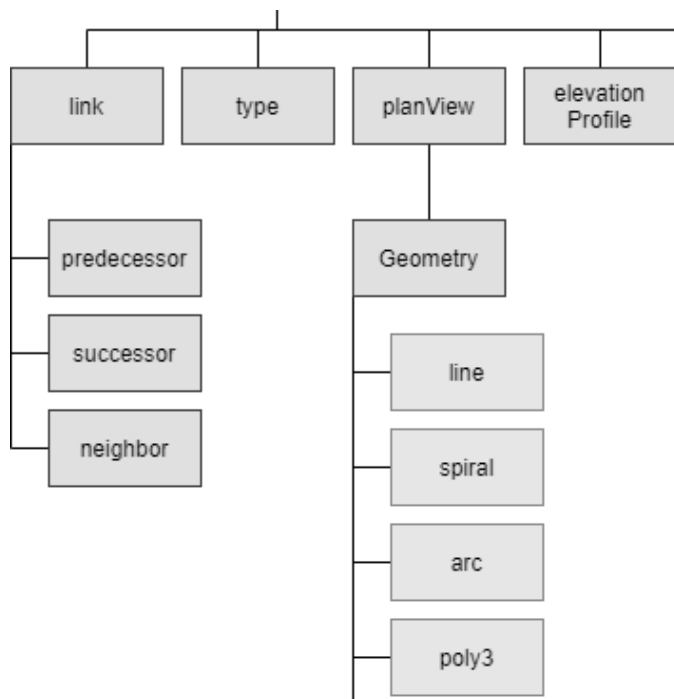
A cikk második fejezete a formátum nagyon tömör ismertetése és használatának bemutatása; a harmadik fejezetben az adatbáziskezelést foglaljuk össze igen röviden, majd a negyedik fejezetben bemutatjuk, hogy milyen módon lehetséges a szabvány szem előtt tartásával a HD-térkép tárolása relációs adatbáziskezelőben. Az utolsó fejezetben a fejlesztés tapasztalatairól és a jövőbeli lehetőségekről adunk áttekintést.

Az OpenDRIVE szabvány és gyakorlati használata

Az OpenDRIVE szabvány jelenleg az ASAM (*Association for Standardization of Automation and Measuring Systems*) szervezet által koordinált testület fennhatósága alá tartozó, nyílt szabvány. 2005-ben a német Daimler Driving Simulator és a VIRES Simulationstechnologie GmbH indította útjára; jelenleg az 1.7-es verziónál tartunk.

A szabvány rögzít egy olyan formátumot, amit elsődlegesen járműipari szimulátorok képesek fogadni. Az adattartalom középpontjában az úthálózat áll. Leírásához megadja azokat az elemeket, amelyek az infrastruktúrában megtalálhatók: utak, keresztezések, állomások és ún. vezérlők (például jelzőlámpák), továbbá kiegészülnek egy metaadat-elemmel, a fejléccel. A formátum leírja az utak síkrajzi és magassági geometriáját, a sávokat, az úthoz kapcsolódó tereptárgyakat, az utcabútorokat, vasutakat. A sávok részletessége kiterjed többek között a szélességi adatokra, a felület anyagára, a felfestésekre, a láthatósági és sebességadatokra. A leírás különös hangsúlyt fektet az utak és sávok kapcsolatainak, összekötöttségének (azaz a topológiának) megadására (*1. ábra*).

Az OpenDRIVE szervesen kapcsolódik a többi OpenX szabványhoz; például a felületet részletesen leíró OpenCRG-hez vagy a forgalmi viszonyokat megadó OpenSCENARIO-hoz.



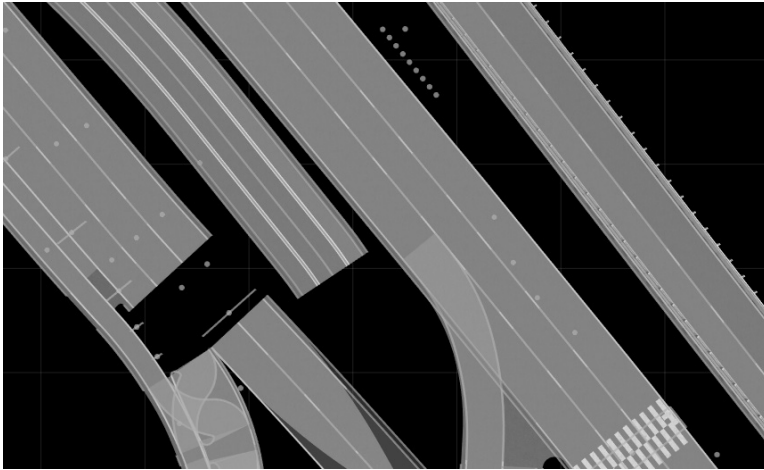
1. ábra Részlet az OpenDRIVE hierarchikus adatleíró struktúrájából

Az OpenDRIVE fizikai file-formátuma az XML-nyelven alapul. Ennek köszönhetően ASCII-szöveggként olvasható, azonban ez jelenti a hátrányát is: rendkívül gazdaságtalanul tárolható, továbbá a keresés ebben a formátumban meglehetősen körülményes, lassú.

A szabványt manapság egyre több számítógépes környezet támogatja, így a jelentősebb szimulátorok, mint pl. az IPG CarMaker, MathWorks Matlab, TASS PreScan, Vires VTD. A 2. ábrán egy RoadRunnerben megjelenített OpenDRIVE modell látható a Budapesten található Szent Gellért térről.

Az adatbáziskezelés lényege

Az adatok gyors, gépesített tárolásának és visszakeresésének igénye már az 1900-as évek elején is felmerült a lyukszalagos számítógépek megjelenésével. A jelenlegi korszerű formák viszont csupán a 60-as évektől kerültek bevezetésre, amikor rutinfeladatokra hierarchikus vagy hálós tárolást alkalmaztak. Lassan a fizikai, alacsony szintű adattárolás és a magas szintű logikai szerkezet különvált, s létrejöttek a relációs adatbáziskezelők (GAJDOS 2016). Ennél a módszernél az adatmodell szerint a reláció egy halmaz, ennek megfelelően a reláció minden eleme (sora) egyedi. Az adatokat táblákban tároljuk; a sorokhoz (vagy rekordokhoz) tartozóan az attribútumok (mezők) szerepelnek az oszlopokban. Különböző adattípusok szerepelhetnek: egész vagy tört szám, rögzített vagy változó hosszúságú karakterlánc, dátum, idő, stb. A



2. ábra A budapesti Szent Gellért tér részletének OpenDRIVE modellje

táblákban tárolt sorok egyedi azonosítói a kulcsok, amelyek révén több táblát is össze lehet kapcsolni; ez adja a relációs modell legnagyobb erősségét. Az adatbázis feltöltésénél mód van kényszerek figyelembe vételére, így szabályozottan történik meg az adatfeltöltés.

Manapság a relációs adatbáziskezelők szabványos adatdefiníciós és -hozzáférési nyelvet, az SQL-t (*Structured Query Language*) használják.

A logikai szerkezet, az adatmodell gondos tervezéssel állítható elő, majd az adatok feltöltése gyakran automatizmusokkal történik. A fizikai adattárolás akár földrajzilag elkülönülő több tároló egységen történhet, ezzel szinte tetszőleges méretű adatbázisok hozhatók létre. A modern adatbáziskezelők több felhasználót is képesek kezelni, akik eltérő jogosultságokkal használják a táblákból vett különféle szűréseket, nézeteket. A kezelőmotor megoldja az egyidejű (konkurens) hozzáférés problémáját is (pl. adatsorok zárolása egy-egy művelet elvégzési idejére). Az adatbáziskezelők rendkívüli tárolási és adathozzáférési hatékonyságra tettek szert mostanra; köszönhetően sok algoritmikus eredmény beépítésének.

A térkép tárolása adatbáziskezelőben

Kutatásunkban egy mintarendszert terveztünk meg. Ennek a következő tábláit, azon belül pedig a legfontosabb attribútumait specifikáltuk:

- **header:** id, verzió, dátum, készítő
- **road:** id, név, hossz, predecessor (megelőző) link attribútumok, successor (követő) link attribútumok
- **geometry:** id, hossz, kezdőpont koordinátái, irányszög, hossz, típus (line, arc, spiral, poly3)
- **lanesection:** id, szakasz, oldalinfo
- **lane:** id, típus, szint, predecessor link attribútumok, successor link attribútumok.

A fenti felsorolás egyszerűsítve példaként illusztrálja a mintaadatbázis táblaszerkezetét. Észrevehető, hogy

- minden táblában vannak egyedi azonosítók,
- szerepelnek egyszerű és összetett tulajdonságok vegyesen,
- több táblában is előfordul azonos jellegű tulajdonság (pl. hossz, ami a különböző aggregációs szinteknek felel meg),
- az egyes táblák kapcsolásához tárolásra kerültek a relációhivatkozások (pl. az adott azonosítójú geometry-elem melyik azonosítójú úthoz tartozik),
- a topológia út és sáv szinteken kezelt (predecessor és successor linkek).

Az adatbázis feltöltéséhez az OpenDRIVE-modell beolvasását követően egy Matlab-szkripttel megvalósított ún. parserrel nyertük ki a táblázatokba szánt adatokat és tároltuk átmenetileg szöveges állományokban.

A választott adatbáziskezelő a PostgreSQL 13.2 verzió volt ('POSTGRESQL: WEBPAGE' 2021), ami egy szabad és nyílt forráskódú relációs adatbáziskezelő rendszer. Kezelőfelületként a pgAdmin 4 5.3 verziója szolgált. Az adatbáziskezelőben a megtervezett táblákat létrehoztuk, majd importáltuk a szöveges állományokat.

A feltöltött adatbázis gyors ellenőrzése változatos SQL-lekérdezésekkel történt. Így például könnyen ki lehetett mutatni utanként csoportosítva a geometria táblákban tárolt különböző alakzatok (egyenesek, ívek stb.) együttes hosszát:

```
SELECT geometry.roadID, SUM(geometry.length) AS "SUMgeomLength by roadID ", road.length AS "roadLength"
FROM geometry INNER JOIN road ON geometry.roadID = road.roadID
GROUP BY road.length, geometry.roadID
ORDER BY geometry.roadID
```

Az érthetőbb és természetesen látványosabb megjelenítéshez grafikus megoldás szükséges. Ehhez a QGIS 3.16 verzióját választottuk ('QGIS - WEBPAGE' 2010). Az adatbázisból exportált adattartalmat Delimited Text réteggént olvastuk be, majd ESRI shp-ként tároltuk és jelenítettük meg (3. ábra).

A Points_to_path plugin felhasználásával a pontokból folytonos nyomvonal képezhető; így szebb megjelenítés érhető el (4. ábra).

Konklúzió és jövőbeli lehetőségek

Az adatbáziskezelővel elképzelt megvalósíthatóságot mintaterületeinken sikerült igazolni. A szekvenciálisan tárolt eredeti formátumú HD-térkép tartalmával azonos adatbázis ezek alapján alkalmas az információ tárolására, ezen túl azonban kihasználhatóvá válnak a korszerű adatbáziskezelés előnyei.



3. ábra Megjelenített adatbázispontok sorozata Google Maps háttéren (a mintaterület ezúttal Karlsruhe)



4. ábra Jobb minőségű megjelenítés nyomvonal létrehozása után

Az elkövetkező időben szeretnénk a megkezdett kutatást folytatni. Elsősorban a táblastruktúra bővítésén keresztül további adatelemek bevonását tervezzük, továbbá végső soron a teljes szabványos tartalom megfeleltetését a bővített adatbázis struktúrának. Az adatfeltöltési folyamat szintén javítható azáltal, hogy az XML-állomány olvasását követően közvetlenül a relációs adatbáziskezelőbe töltjük az adatokat, amihez erősebben támaszkodunk az SQL-nyelv lehetőségeire. Végül a táblákban tárolt adatokból a megjelenítés továbbfejlesztésével szeretnénk szebb vizualizációt biztosítani nem pusztán a QGIS-ben, hanem a különféle grafikus motorok integrálásával. A megjelenítés javításához elkezdtek a szabványos geometriai elemek paraméterein alapuló térbeli vonalvezetés kialakítását, így az út sávjainak határvonalait 3D-s pontsorozattal fogjuk reprezentálni.

A vázolt koncepció gyakorlati tesztelése elindította azt a vizsgálati sorozatot, amelyben több, különböző forrásból származó OpenDRIVE modell betöltését és használhatóságát elemezzük. Ebben az analízisben kitérünk a pontossági mérőszámok és a teljesítménymutatók meghatározására is.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges Intelligencia (BME FIKP-MI/FM) tématerületi programja keretében. A cikk az Emberi Erőforrások Minisztériuma Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült. (ÚNKP-21-3-II-BME-26) A szerzők továbbá köszönetüket fejezik ki Supka Zsófia MSc-s hallgatónak az adatbázistáblák feltöltésében és megjelenítésében nyújtott segítségével.

Felhasznált irodalom

- [Internet] HD Maps | HERE - Webpage, (2018):HD Maps for Autonomous Driving and Driver Assistance.
- [Internet] OpenDRIVE webpage, (2015)
- [Internet] PostgreSQL webpage, (2021)
- [Internet] QGIS webpage, (2010)
- Európai Bizottság (2018): [Internet] Úton az automatizált mobilitás felé: európai uniós stratégia a jövő mobilitásával kapcsolatban.
- Gajdos, S. (2016): Adatbázisok. Szeged.
- Harsha Vardhan (2017): HD Maps: New age maps powering autonomous vehicles – Geospatial World.

Changes of glaciers and snow-caps cover at the volcanoes of Ecuador

Bastidas Lenin¹ – Deák Márton² – Karátson Dávid³

¹ PhD Student, Eötvös Loránd University Department of Physical Geography, lebastidas17@student.elte.hu

² PhD, Eötvös Loránd University Department of Physical Geography, dmarton@elte.hu

³ PhD, Eötvös Loránd University head of Department of Physical Geography, dkarat@ludens.elte.hu

Abstract: This study used remote sensing data and GIS techniques to update historical series of seven Ecuadorian volcanoes covered with glaciers and snow-caps (GSC) in the past 30 years. The source of imagery was provided by Landsat and Sentinel 2. The areas of GSC Antisana and Cayambe volcanoes were affected positively during La Niña phenomena 1999–2001. Tungurahua and Cotopaxi volcanoes had eruptive process during the time of the study with periodic ashfalls that might affect the albedo of certain glaciers. Likewise, the eruptive activity of Cotopaxi in 2015–2016 and its glacier retreat increased, especially on west flanks. Carihuairazo and South Iliniza volcanoes were reported as showing minor glacier areas with serious retreat trend. Overall, during the study period the trend indicates significant GSC retreats.

Introduction

Several studies had monitored and reported considerable alterations around the mountains of the world including the Andes (JORDAN AND HASTENRATH 1998; MORUETA-HOLME ET AL. 2015; VEETIL – KAMP 2017; GÄRTNER-ROER ET AL. 2019). The Ecuadorian Andes are in the tropic and in the Northern Volcanic Zone (NVZ). (THORPE 1984; MONZIER ET AL. 1999). Additionally, the Ecuadorian Andes represents 4% of the tropical glaciers of the world (RABATEL ET AL. 2013).

The evolution and dynamism of these glaciers are influenced by the altitude, oceanic streams, and the climatic conditions for instance: Intertropical Convergence Zone (ITCZ) (SIERRA ET AL. 2015; POVEDA ET AL. 2020) and El Niño Southern Oscillation (ENSO) (FRANCOU ET AL. 2004; BASANTES-SERRANO ET AL. 2016). Likewise, the glaciers during the year are influenced by the Amazonia humidity, usually from S-E direction, therefore the eastward slopes of the highest volcanoes are more heavily glaciated than the W slopes. (POURRUT 1983; CLAPPERTON 1990; JORDAN – HASTENRATH 1998; STERN 2004; HASTENRATH 2009; VEETIL ET AL. 2014)

The tropical glaciers are important because: they are source of fresh water for population and agriculture, part of particular ecosystems, indicators of climate change, associated risk factors, economic importance, tourism sites and cultural icons (RHOADES 2009; THOMPSON ET AL. 2011; BORSODORF – STADEL 2015; JURT ET AL. 2015).

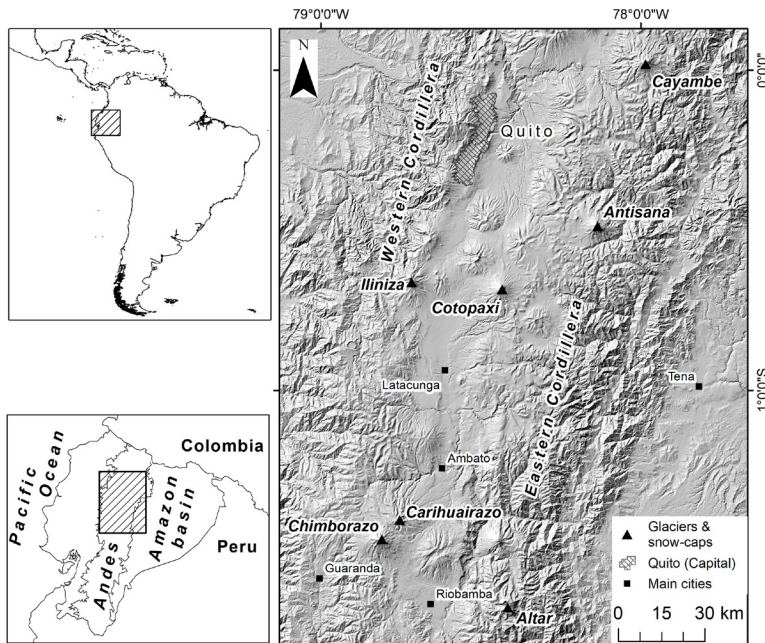


Figure 1. Approaching of Ecuador's north Andean region and the location of glaciers and snow-caps; elaborated by Bastidas, based on Topographic Maps 1:50000 (IGM 2015)

Study area

The study area is distributed in the Ecuadorian Andes (Fig. 1), on the Western Cordillera, direction S-N, the studied volcanoes: Chimborazo (6,268 m.a.s.l.), Carihuairazo (5,020 m.a.s.l.), and South Iliniza (5,263 m.a.s.l.). In the Eastern Cordillera, direction N-S, the volcanoes: Cayambe (5,790 m.a.s.l.), Antisana (5,758 m.a.s.l.), Cotopaxi (5,897 m.a.s.l.), and Altar (5,319 m.a.s.l.) (JORDAN – HASTENRATH 1998; MONZIER ET AL. 1999; IG 2020).

Methodology

The methodology of the data extraction implemented consist of three main stages: preprocessing, processing, post-processing for satellite imagery and validation.

Imagery and preprocessing

The method required a selection of Landsat and Sentinel 2 imagery, the main requirement was cloud-free imagery which is considering the climate resulted in only a few appropriate images. Landsat imagery used were: 10 TM (1987–1998), 15 ETM+ (1999–2016), and 2 OLI (2016–2017). Sentinel imagery of study involved: 7 Sentinel 2A (2017–2020) and 5 Sentinel 2B (2018–2020). Processing and pre-processing were carried out with software: ENVI, SNAP and QGIS.

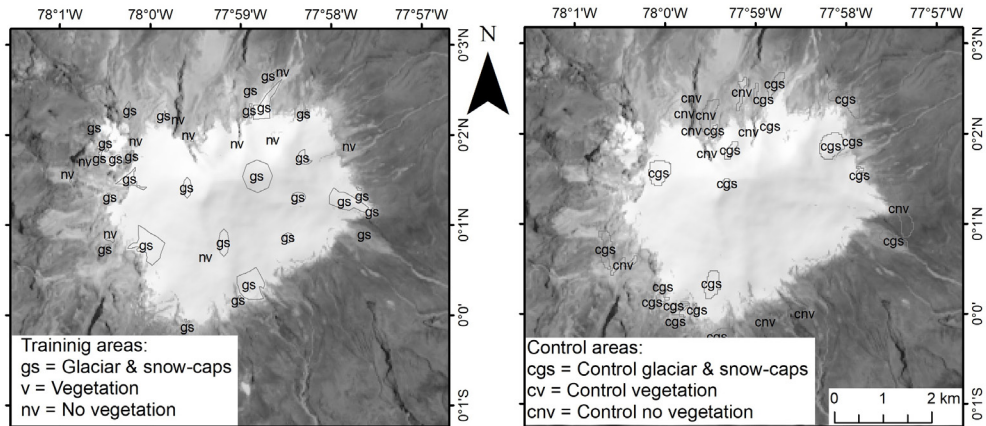


Figure 2. Samples of training and control areas, Cayambe image Landsat 8 (B3) 2017.09.20.



Figure 3. Panoramic own photos: Antisana volcano 2021.08.14 (left). west flanks; Altar volcano 2021.09.19. north flanks (right)

The preprocessing included the preserving of the spatial consistency of Landsat / Sentinel 2; therefore Sentinel 2 imagery was resampled to identical spatial resolution and location of pixels than Landsat. The time sampling of the images is not equal, because there were several images where the cloud cover made impossible the analysis.

Processing

Previously processing techniques were applied to improve imagery contrast. Furthermore, several unsupervised and supervised methods of classification were tried. Finally, the supervised classification of maximum likelihood provided optimal results with the visible and infrared bands. The training areas were defined by a basic thematic legend included: glaciers/snow areas, no vegetation and vegetation (Fig. 2). For each study area, the training areas used >10% of the pixels of the total area to carry out the thematic classification. Additionally, these training areas were selected by personal and alpinist panorama photos of each volcano (Fig. 3).

Post-processing and validation

During the post-processing a reclassification for the quantification of areas of GSC was included considering a minimum mapping unit (MMU) >3 pixels. Moreover, the assessing of accuracy of classifications was based on the use of confusion matrices (CONGALTON 1991). The confusion matrices used control areas >8% of the pixels of the total area for each study area and the minimum overall accuracy and kappa coefficient were >85% and >0.8, respectively.

Moreover, a validation was supported through fieldtrips from July to September 2021; during this period of the year the precipitations are minimal. Therefore, the limits of the GSC are in minimum level as well. The aim was to validate a sample of the limit with every registered point. Due to the difficulty of the topography and the altitude only it was possible to visit the accessible areas of the limits of the GSC. A registration of the limits was made with a handheld GNSS with ± 5 m. of accuracy. This accuracy is enough considering that the spatial resolution of the imagery is 30 m. On steeper areas the limits were estimated from the most accessible point.

Results and discussion

It was difficult to analyze the imagery collection of Cayambe, Antisana and Altar because the cloudiness and SLC-Off of Landsat 7. These volcanoes are further east thus more exposed to the climatic conditions of the Amazon. Similar effects occur on Cotopaxi.

The result of Cotopaxi shows a reduction of the glaciers in area around the crater since 2002. It was monitored by thermal cameras during 2002 – 2005 and reported loss of glacial cover in the upper parts of the cone and crater produced by the increases of temperature (RIVERO ET AL. 2005; DELGADO GRANADOS ET AL. 2015). Intensive retreats on the west slopes were detected by changes in the albedo after the last eruptive process of 2015 (CÁCERES 2016; RAMÓN ET AL. 2016). Moreover, during this eruptive process mostly several westwards ashfalls affected the surrounding areas of the volcano (TRONCOSO ET AL. 2017), especially western slopes (GAUNT ET AL. 2016). This study reports accelerated retreats of Cotopaxi's GSC during the last period of the study.

Chimborazo, Carihuairazo and Iliniza obtained an optimum historical series. Landsat ETM+ was optimal, the SLC-Off affected minimally the strip North-South where are these volcanoes. Chimborazo is the highest volcano in Ecuador and Carihuairazo barely exceeds the 5000 m in altitude. The outcomes for Chimborazo were variable but overall trend indicates retreats (*Fig. 4*), especially the last decade. Additionally, the eruptive process of Tungurahua 1999 – 2015 contributed with the retreats of Chimborazo because some ashfalls (GINOT ET AL. 2010; LA FRENIERRE – MARK 2017). Tungurahua volcano is located no more than 40 km from Chimborazo and the trend of the winds are east to west during the year (TOULKERIDIS – ZACH

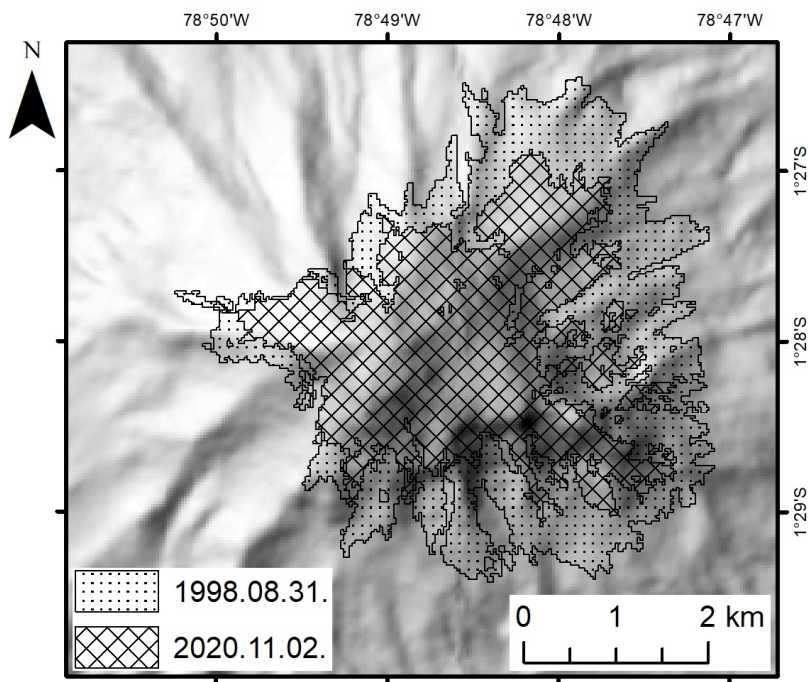


Figure 4. Chimborazo sample glacier and snow-cap changes 1998 (large) to 2020 (small)

2017). Carihuairazo and Iliniza reported retreats each period. Carihuairazo almost lost its whole glaciers, only snow covers the highest areas occasionally.

Conclusion

This study used a conventional imagery and methodology to cover at the same time the seven most representative volcanoes with GSC and the present work has shown an affordable alternative for mapping them. The use of Landsat and Sentinel imagery are an important source of historical information because it provides free and adequate information for working in middle scales. For each volcano of the study, the limits of GSC areas broadly moved to higher altitude during every period. South Iliniza and Carihuairazo were reported with higher losses. Likely, Carihuairazo will lose the entire glaciers in brief time. The broadly trend indicates retreats of GSC of Ecuador during the last three decades of the study.

Acknowledgements

We thank the support received from the Doctoral Program in Earth Sciences, Eötvös Loránd University.

References

- BASANTES-SERRANO, R. ET AL. (2016): 'Slight mass loss revealed by reanalyzing glacier mass-balance observations on Glaciar Antisana 15 α (inner tropics) during the 1995-2012 period', *Journal of Glaciology*, 62(231), pp. 124–136. doi: 10.1017/jog.2016.17.
- BORSODORF, A. – STADEL, C. (2015): *The Andes*. Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-03530-7.
- CÁCERES, B. (2016): 'Dramatical reduction of Cotopaxi Glaciers during the last volcano awakening 2015-2016'. AGI FALL MEETING.
- CLAPPERTON, C. M. (1990): 'Glacial and volcanic geomorphology of the Chimborazo-Carihuairazo Massif , Ecuadorian Andes', *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, pp. 91–116. doi: 10.1017/S0263593300005174.
- CONGALTON, R. G. (1991): 'A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data', *Remote Sensing of Environment*, 37(1), pp. 35–46. doi: 10.1016/0034-4257(91)90048-B.
- DELGADO GRANADOS, H. ET AL. (2015): 'Hazards at Ice-Clad Volcanoes : Phenomena , Processes , and ~ Examples From Mexico , Colombia , Ecuador , and Chile', in Shroder, J. F. (ed.) *Snow and Ice-Related hazards, risks, and disasters*. Elsevier, pp. 607–646. doi: 10.1016/B978-0-12-394849-6.00017-2.
- FRANCOU, B. ET AL. (2004): 'New evidence for an ENSO impact on low-latitude glaciers : Antisana 15 , Andes of Ecuador , 0°28'S', *Geophysical Research*, 109(17 September 2004), pp. 1–17. doi: 10.1029/2003JD004484.
- LA FRENIERRE, J. – MARK, B. G. (2017): 'Detecting Patterns of Climate Change at Volcán Chimborazo, Ecuador, by Integrating Instrumental Data, Public Observations, and Glacier Change Analysis', *Annals of the American Association of Geographers*, 107(4), pp. 979–997. doi: 10.1080/24694452.2016.1270185.
- GÄRTNER-ROER, I. ET AL. (2019): 'Worldwide assessment of national glacier monitoring and future perspectives', *Mountain Research and Development*, 39(2), pp. A1–A11. doi: 10.1659/MRD-JOURNAL-D-19-00021.1.
- GAUNT, H. E. ET AL. (2016): 'Eruptive dynamics inferred from textural analysis of ash time series: The 2015 reawakening of Cotopaxi volcano', *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.jvolgeores.2016.10.013.
- GINOT, P. ET AL. (2010): 'Influence of the Tungurahua eruption on the ice core records of Chimborazo , Ecuador To cite this version : HAL Id : insu-00653290 The Cryosphere Influence of the Tungurahua eruption on the ice core records of Chimborazo , Ecuador', *The Cryosphere*, 4, pp. 561–568. doi: 10.5194/tc-4-561-2010.
- HASTENRATH, S. (2009): 'Past glaciation in the tropics', *Quaternary Science Reviews*. Elsevier Ltd, 28(9–10), pp. 790–798. doi: 10.1016/j.quascirev.2008.12.004.
- IG, (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional) (2020): *Ecuadorian volcanoes, Red de monitoreo del Ecuador*. Available at: <https://www.igepon.edu.ec/red-de-observatorios-vulcanologicos-rovig> (Accessed: 1 March 2020).
- IGM, (Instituto Geográfico Militar) (2015): 'Topographic maps 1:50000'. Quito: Instituto Geográfico Militar.

- JORDAN, E. – HASTENRATH, S. (1998): ‘Satellite Image Atlas of Glaciers of the World - SOUTH AMERICA’, in Williams, R. S. et al. (eds). Washington: U.S.G.S. United States Government Printing Office, p. 30.
- JURT, C. ET AL. (2015): ‘Cultural values of glaciers’, *The High-Mountain Cryosphere: Environmental Changes and Human Risks*, (August), pp. 90–106. doi: 10.1017/CBO9781107588653.006.
- MONZIER, M. ET AL. (1999): ‘Sangay volcano, Ecuador: Structural development, present activity and petrology’, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 90(1–2), pp. 49–79. doi: 10.1016/S0377-0273(99)00021-9.
- MORUETA-HOLME, N. ET AL. (2015): ‘Strong upslope shifts in Chimborazo’s vegetation over two centuries since Humboldt.’, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. National Academy of Sciences, 112(41), pp. 12741–5. doi: 10.1073/pnas.1509938112.
- POURRUT, P. (1983): ‘Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos’, *Centro Ecuatoriano de Investigaciones Geográficas*, pp. 7–41. Available at: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-10/21848.pdf.
- POVEDA, G. ET AL. (2020): ‘High Impact Weather Events in the Andes’, *Frontiers in Earth Science*, 8(May), pp. 1–32. doi: 10.3389/feart.2020.00162.
- RABATEL, A. ET AL. (2013): ‘Current state of glaciers in the tropical Andes: A multi-century perspective on glacier evolution and climate change’, *Cryosphere*, 7(1), pp. 81–102. doi: 10.5194/tc-7-81-2013.
- RAMÓN, P. ET AL. (2016): Increased Melting of Glaciers during Cotopaxi volcano awakening in 2015, EGU General Assembly 2016, held 17-22 April, 2016 in Vienna Austria, p.10769. Available at: <http://adsabs.harvard.edu/abs/2016EGUGA..1810769R>.
- RHOADES, R. (2009): ‘Disappearance of the glacier on Mama Cotacachi: ethnoecological research and climate change in the Ecuadorian Andes’, *Pirineos*, 163(0), pp. 37–50. doi: 10.3989/pirineos.2008.v163.20.
- RIVERO, D. ET AL. (2005): Anomalous activity at Cotopaxi derived from integrated seismic, thermal, and visual observations.
- SIERRA, J. P. – ARIAS, P. A. – VIEIRA, S. C. (2015): ‘Precipitation over Northern South America and its seasonal variability as simulated by the CMIP5 models’, *Advances in Meteorology*, 2015. doi: 10.1155/2015/634720.
- STERN, C. R. (2004): ‘Active Andean volcanism: its geologic and tectonic setting’, *Revista geológica de Chile*, 31(2), pp. 161–206. doi: 10.4067/S0716-02082004000200001.
- THOMPSON, L. G. ET AL. (2011): ‘Tropical glaciers, recorders and indicators of climate change, are disappearing globally’, *Annals of Glaciology*, 52(59), pp. 23–34. doi: 10.3189/172756411799096231.
- THORPE, R. S. (1984): ‘The Tectonic Setting of Active Andean Volcanism’, pp. 4–8. doi: 10.1007/978-1-4684-7335-3_1.
- TOULKERIDIS, T. – ZACH, I. (2017): ‘Wind directions of volcanic ash-charged clouds in Ecuador–implications for the public and flight safety’, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. Taylor & Francis, 8(2), pp. 242–256. doi: 10.1080/19475705.2016.1199445.
- TRONCOSO, L. ET AL. (2017): ‘Hydrovolcanic ash emission between August 14 and 24, 2015 at Cotopaxi volcano (Ecuador): Characterization and eruption mechanisms’,

Journal of Volcanology and Geothermal Research. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.jvolgeores.2017.05.032.

VEETIL, B. K. ET AL. (2014): 'Combined influence of PDO and ENSO on northern Andean glaciers : a case study on the Cotopaxi ice-covered volcano , Ecuador', Springer. doi: 10.1007/s00382-014-2114-8.

VEETIL, B. K. – KAMP, U. (2017): 'Remote sensing of glaciers in the tropical Andes : a review', International Journal of Remote Sensing. Taylor & Francis, 38(23), pp. 7101–7137. doi: 10.1080/01431161.2017.1371868.

Drónirányító és -adatelemző szakirányú továbbképzés a Széchenyi Egyetemen

Berke József¹ – Sándorfi András² – Major Krisztina² – Milics Gábor³ – Kozma-Bognár Veronika¹

¹ tudományos főmunkatárs, Széchenyi Egyetem, Digitális Fejlesztési Központ, 9026 Győr Egyetem tér 1.

² hallgató, Széchenyi Egyetem, 9026 Győr Egyetem tér 1.

³ egyetemi docens, Széchenyi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Biológiai Rendszerek és Élelmiszeripari Műszaki Tanszék, Mosonmagyaróvár, Vár tér 2., kepfeldron@gmail.com

Absztrakt: Az MI, az 5G, az IoT, a Cloud mind olyan információtechnológiai megoldások, amelyek együttes alkalmazása előremutató lehetőségeket kínálnak életünk szinte minden területén. Ebből kifolyólag ezen új technológiák oktatásban történő közvetlen alkalmazása is kiemelt fontosságú.

A Széchenyi István Egyetem az Innovációs és Technológiai Minisztérium digitalizációért felelős helyettes államtitkárának szakmai felügyelete alatt működő Digitális Fejlesztési Központ (INTERNET1) irányításával alapította meg és indította el az országban először – az 5G alapú modern technológiák ipari, mezőgazdasági és környezetvédelmi célú alkalmazásaihoz szorosan illeszkedő Drónirányító és – adatelemző szakirányú továbbképzési szakot. A Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kara által Budapesten, Győrben és Mosonmagyaróváron indított két féléves szakmérnök képzés célja, hogy a távérzékelési és képfeldolgozási ismeretek magas szintű ismeretével speciális szakterületeken történő feladatmegoldásra, célirányos tervezésre és munkavégzésre alkalmassá tegye a végzett hallgatókat. A 2021. februárjában indult képzés egyes moduljai között megtalálhatók a drónrepüléssel kapcsolatos jogi és képfeldolgozási ismeretek, a drónok műszaki felépítésének ismerete, illetve a repülések tervezésének elméleti és gyakorlati alapjai. A szakmérnök képzés alatt olyan ismeretek szerezhetők meg, amelyek a drónokkal végezhető biztonságos tervezési, adatgyűjtési és képfeldolgozási munkát támogatja.

Előadásunkban vázoljuk a szak alapítási elképzeléseit indítási céljait, valamint ismertetjük az első évfolyam képzése során szerzett oktatói és hallgatói tapasztalatokat is.

Bevezetés

A drónok köztudatban való megjelenése a 2000-es években kezdődött el, viszont már több mint két évtizede léteznek. A modern drónok elődjei az I. világháborúig nyúlnak vissza, amikor főként a katonai célú pilóta nélküli repülőgépek kifejlesztése volt a cél. Azóta számos kutatás-fejlesztési és technológiai megoldásnak lehettünk a tanúi, amelyek szoros összefüggésben voltak a kapcsolódó szakterületek aktuális innovációival. Ezen szakterületek, mint a repüléstechnika, képalkotás, képfeldolgozás, információtechnológia, műszaki-technológia, magas szintű fejlesztései rendkívüli hatást gyakoroltak a drónok és az azokhoz kapcsolódó megoldások fejlesztési irányvonalaira is.

A „drone” szót először 1934 végén, 1935 elején alkalmazták a pilóta nélküli repülőgépekre. Ennek oka az volt, hogy az alacsonyan szálló kétfedélű repülőgépeknek

olyan hangja volt mintha egy méhraj repült volna el. A pilóta nélküli repülőgépekre használt leíró jellegű rövidítések 1965 körül váltak elterjedtté. Jelenleg a gyakorlatban elterjedt rövidítések közé tartoznak:

- **Drón (általános):** médiában elterjedt kifejezés, általában minden típusra (hobby drónra, kereskedelmi és katonai céleszköze is) használják.
- **UA vagy UAV (Unmanned Aircraft Vehicle - pilóta nélküli légijármű):** bármely olyan légi jármű, amely a fedélzetén tartózkodó pilóta nélkül üzemel, vagy amelyet ilyen üzemmódra terveztek, és amely önálló vagy távirányítással történő üzemelésre képes.
- **UAS (Unmanned Aircraft System - pilóta nélküli légijármű-rendszer):** a pilóta nélküli légi jármű és az azt távolról vezérlő berendezés.

Az elmúlt évek jelentős változásokat hoztak a drónok elfogadása, az iparágak közötti alkalmazások kibővülése, valamint a globális tudatosság szempontjából. A jelenlegi vezető iparágakban (energiaipar, építőipar, mezőgazdaság) a drónok alkalmazásával olcsóbban, hatékonyabban és biztonságosabban lehet megfigyelési, változásdetektálási, döntéselőkészítési stb. feladatokat megvalósítani, így a dróntechnológia népszerűsége elképesztő ütemű növekedést mutat. Nemzetközi szinten már az ipari szereplők mindennapi eszközévé vált a UAS alkalmazása (Drone Industry Insights 2020). Magyarországon jelentős előrelépést jelentett a drónokkal kapcsolatos hazai egyetemek sikeres kutatásai és gyakorlati alkalmazásai (SZE, NKE, BME, ÓE, ELTE, DE, MATE, SZTE) melyek leginkább hazai konferenciákon, szakmai rendezvényeken került előtérbe (Fény-Tér-Kép, Multimédia az oktatásban, Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, Légi Térképészeti és Távérzékelési, Drónkonferencia és Expo konferenciasorozat). A Drón koalíció megalakulására 2021. május 5.-én (INTERNET2), a koalíció oktatási munkacsoportjának létrehozására pedig 2021. júliusban került sor.

Hazánkban az első drónok irányítását felölelő akadémiai szintű képzés, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, állami légiközlekedési alapszak, repülésirányító és légijármű-vezető szakirányán indult 2018-ban (INTERNET3). A védelmi célú képzés és az üzemeltetési tanfolyamok mellett igény mutatkozott olyan jellegű képzésre is, amely során a gazdasági célú repülések tervezését, az előállított adatok magas szintű kiértékelését is oktatják, és megfelelő kompetenciát nyújtsanak a döntéselőkészítési és döntéshozási folyamatokban. Mindezek figyelembevételével a Széchenyi István Egyetem Magyarországon elsőként indította el a Drónirányító és -adatelemző szakmérnök képzését.

Drónirányító és -adatelemző képzés

A 2021. februárjában indított szakirányú továbbképzés, két féléves képzési struktúrában, önköltséges formában került meghirdetésre (AGRONAPLÓ 2021). Az első félév képzési programjában összesen 36 hallgató vett részt, melyből 34 fő magyarországi lakhellyel rendelkezik és további 2 fő életvitelszerűen Angliában

tevékenykedik. A magyarországi résztvevők nem csak a képzés helyszínének közvetlen régiójából, hanem az ország számos pontjáról érkeztek. A jelentkezett hallgatók már gyakorlatban dolgozó diplomások, mérnökök, akik a képzés során olyan továbbtanulási lehetőséget kapnak, amely a drónok kezeléséhez és biztonságos üzemeltetéséhez, a tervezéshez, valamint a légifelvelelés során kapott adatok feldolgozásához is hiánypótló ismeretek átadását foglalja magába. A képzés alapvető célja, hogy a távérzékelési, képfeldolgozási és drónalkalmazási ismeretek magas szintű oktatásával, számos szakterület képviselői alkalmassá váljanak a kor követelményeinek megfelelően magas színvonalú munkák elvégzésére, függetlenül attól, hogy mely szakterületen szereztek korábban alapképzettséget. Ezen túlmenően a képzés speciális (pl. mezőgazdasági, környezetvédelmi) szakterületeken történő feladatmegoldásokra, célirányos munkavégzésre is alkalmassá teszi a végzett szakembereket (INTERNET4).

A szakmérnökképzés magas szintű oktatásának érdekében olyan 10 fős oktatói gárda került felkérésre, illetve meghívásra, akiket saját szakterületeiken belül elfogadott szakemberként tartanak számon. Saját tudományágukra vonatkozóan tisztában vannak az aktuális dróntechnológiát érintő kutatási és fejlesztési tevékenységekkel. Mind hazai, mind nemzetközi szinten rálátással rendelkeznek a drónpiac korábbi, jelenlegi és jövőbeli fejlesztési irányaira (BERKE 2019, 2020; BERKE ET AL. 2019). Mindemellert rendkívüli szakmai elhivatottságot éreznek ezen újszerű technológia alkalmazásai, valamint oktatása iránt.

A fejlesztések során a képzés minden egyes szakmai tantárgyára vonatkozóan külön-külön egyedi grafikai sablonokat terveztünk. A tananyagfejlesztés eredményeképpen létrejött tartalmi részeket a tantárgyi tematikákban szereplő főbb fejezetrészeknek megfelelő bontásban, önálló oktatói prezentáció, valamint bővített hallgatói elektronikus anyagok formájában véglegesítettük és helyeztük el az egyetem Moodle alapú, Sze-learning oktatási keretrendszerében. Egységes tantárgyi teljesítési rendszert alakítottunk ki, amely három alapvető elemet tartalmaz:

1. Feleletválasztós ellenőrző kérdések a Sze-learningben.
2. Kidolgozandó és beadandó önálló esszé típusú feladatok.
3. Önálló gyakorlati feladatok végrehajtása és a kapcsolódó adatok, képek, jegyzőkönyvek beadása.

A két utóbbi megoldások általában jelentős méretű (hallgatóként és tantárgyanként 10-50 GByte adat, 4 GByte-ot meghaladó méretű állományok) adatok létrehozását, feldolgozását, elemzését és feltöltését igénylik. Ezért külön ehhez az oktatási szakhoz létrehoztunk egy egyedi felépítésű oktatási célú Cloud rendszert. Mindez jelentősen megkönnyítette a méretkorlátozások okozta nehézségek leküzdését.

A képzési programot 2 féléves struktúrában állítottuk össze (*1. táblázat*). Az első félévben 7 tantárgy oktatása történik, amelyek főként alapozó tantárgyként kaptak szerepet, illetve az alapvető készségek elsajátítását ösztönzik. A második félévben már specifikusabb tantárgyak is bekerültek a tantervbe, az előző félévben

1. táblázat Tantárgyi összesítő táblázat

Tantárgy	Kreditpont	Óraszám
I. félév		
UAS rendszerek jogi alapjai	3	9
Képfeldolgozás alapjai	5	15
Drónok műszaki felépítésének alapjai	4	12
Távérzékelés alapjai	5	15
Távérzékelés a gyakorlatban	4	12
Drónrepülések gyakorlata	5	15
UAS rendszerek ipari és mg-I alkalmazása	4	12
II. félév		
Drónok műszaki felépítése és tervezése	3	9
Drónrepülések tervezése	4	12
MI alapú képfeldolgozás	4	12
Hiperspektrális felvételezés és adatelemzés	4	12
Programozás alapjai	3	9
Geoinformációs rendszerek	3	9
Szakedzőképzés	9	27
Összesen:	60	180

megszerzett ismeretekre alapozva. Az elméleti ismereteket adó tantárgyak mellett gyakorlatorientált szakmai tárgyak is megtalálhatók, amelyek a hardver eszközök bemutatását és a feldolgozó szoftverek készségszintű használatát célozzák. A képzés összeállítása során külön figyelmet fordítottuk arra, hogy a tantárgyi elemek oly módon legyenek felépítve, hogy bármely képzési területéről érkező és bármilyen drónalkalmazási szinten lévő hallgató számára elsajátítható legyen.

A szakképzettség szempontjából négy meghatározó ismeretkör került be a képzési programba:

- Szabályozás, jogi ismeretek,
- Műszaki ismeretek,
- Informatikai és távérzékelési ismeretkörök,
- Gyakorlati ismeretek.

A 2021. I. félévének kezdetekor az alapozó tantárgyak elméleti oktatását terveztük, majd a félév további részében a gyakorlati oktatást helyeztük előtérbe. Az első gyakorlati órák megtartására áprilisban, egy 1 hetes személyes találkozásra épülő terepi mérési vizsgálatok formájában került volna sor. A szemeszter következő időszakában pedig a hallgatók által készített légifelvételek szoftveres feldolgozása valósult volna meg, oktatótermi foglalkozások keretében. Az év elején érvényben lévő aktuális, országos járványügyi helyzethez igazodva az oktatás végül teljesen online formában került megvalósításra. Ez azt eredményezte, hogy a korábban összeállított

órarendet, a tantárgyi követelményrendszert, valamint a számonkérés felépítését is át kellett dolgoznunk. Az online tanórák a hallgatók egyéb elfoglaltságaira tekintettel, szombatonként kerültek megtartásra.

Az online órák a magyar nyelvű Google Meet alkalmazáson keresztül valósulnak meg. Az ingyenesen elérhető felület informatikai lehetőségeit figyelembe véve az oktatók kép és hang megosztásával .ppt formátumú előadás keretében adják át a megszerezhető ismereteket.

A magas hallgatói létszám miatt a hallgatókkal történő verbális kommunikáció mellett, kiemelt szerepet kaptak a csevegések fül alatt megjelenített kérdések, észrevételek és hozzászólások. Oktatásmódszertani szempontokat tekintve ezen kommunikációs felület javította az oktatók és hallgatók közötti interaktivitás volumenét, és a hallgatói visszacsatolások számát.

A szemeszter alatt megvalósult online oktatást követően a vizsgaidőszak alatti számonkérés is online felületen történt. A tantárgyi követelmények kiemelt részét képezték a vizsgajegyzőkönyvek elkészítése, amelyek komplex képfeldolgozási, távérzékelési feladatok megoldását igényelte. A vizsgaanyagok teljesítését és feltöltését követően volt lehetőségük arra, hogy az egyetem egységes tanulmányi rendszerébe (Neptun rendszer) feljelentkezzenek a soron következő vizsgaidőpontra.

Az online vizsgák alkalmával a szakmai beszélgetések mellett a hallgatók egymás felé és az oktatók felé történő bemutatkozásának is helyet adtunk, segítve ezzel a jövőbeli családiasabb kapcsolattartást.

A II. félévet ezen oktatói tapasztalatokat, valamint a hallgatók irányából érkező visszajelzéseket figyelembe véve terveztük meg. Az előző félév történéseit tekintve kiemelt jelentőségűvé vált, hogy az I. félév során elmaradt 1 hetes szakmai gyakorlat minél előbb megvalósítható legyen és lehetővé váljon a hallgatók számára a valós körülmények közötti repüléstervezési és művelet végrehajtási feladat elvégzése. Ennek megfelelően a II. félév nyitó tanítási napját követő héten már lezajlottak a hallgatók egyéni gyakorlatai az egyetem mosonmagyaróvári kampuszának Műszaki Bázisán.

Oktatói tapasztalatok

Minden új képzés indítása rengeteg kihívást jelent a résztvevő személyek számára. Mivel a Drónirányító és -adatelemző szakképzés jelenleg egyedülállónak tekinthető Magyarországon, ezért a korábbi oktatási tapasztalatokat figyelembe véve készültünk fel a felmerülő problémák megoldására. Oktatási oldalról már a megalapítást követően elkezdtek azokat a folyamatirányítási feladatokat, amelyek egy teljesen új képzés elkezdése során megjelenhetnek: hallgatók eltérő szakmai háttere, a hallgatók eltérő alapképzettsége, a hallgatók eltérő életkora stb. Ezen feladatokon túl két rendkívüli jelentőségű intézkedés befolyásolta a képzés indításának és folyamatának körülményeit. Ezek közül a legnagyobb hatást az

egész országot érintő, pandémiás helyzethez igazított szabályozások, korlátozások jelentették. Természetesen a résztvevő hallgatók és oktatók egészségét szem előtt tartva, igazodva az aktuális szabályozásokhoz a teljes I. féléves tanterv átdolgozásra került, mely több összefüggő feladatot indukált az oktatói gárda számára. Kihívásként jelentkezett az új órarendhez igazított oktatás, a feszített ütemű online óratartás, a gyakorlati képzések hiánya, illetve az online térbe történő átültetése, a hallgatók gyakorlati drónüzemeltetéshez kapcsolódó készségeinek fejlesztése.

A személyes találkozások hiánya nehezítette az oktatók és a hallgatók, valamint a hallgatók egymás közötti kommunikációját is. Nehezebben jött létre a csoporton belüli közösségi látásmód, a résztvevők közötti interaktivitás. A tanórák keretében és azon kívül is külön figyelmet fordítottunk arra, hogy olyan oktatásmódszertani megoldásokat építsünk be, amelyek segítik, illetve enyhítik a kialakult helyzet következtében előállt fennakadásokat.

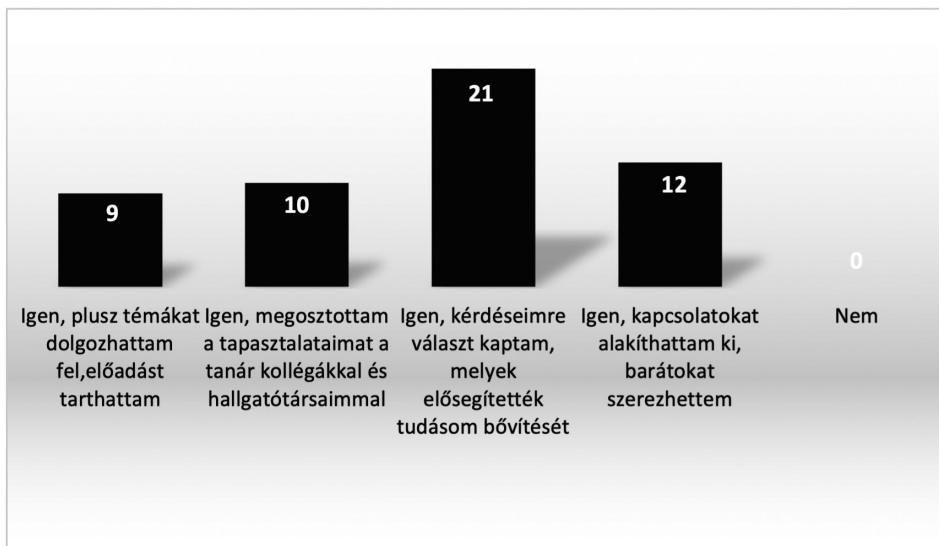
A járványügyi helyzet mellett a jogi szabályozási környezet hiánya, illetve változása okozott jelentősebb megpróbáltatásokat. A sok esetben bizonytalannak tűnő változó környezethez illeszteni kellett a kapcsolódó tantárgyak tartalmi részeit. Az oktatók oldaláról ez folyamatos és naprakész információgyűjtést követelt. A képzésben résztvevő oktatók a szakmai, valamint oktatási tapasztalataikat összehangolva a meglévő kompetenciáikat tovább fejlesztve próbáltak reagálni a kialakult szituációkra és a próbatételeknek megfelelően áthidalni a felmerülő nehézségeket (BERKE ET AL. 2021).

Az aktuális helyzetet figyelembe véve a II. félévben meglátásunk szerint ezen nehézségek kevésbé kerülnek majd előtérbe. A már megszerzett oktatói tapasztalatokkal felvértezve pedig könnyebben áthidalhatók lesznek az időközben felmerülő további problémák. Az oktatás hibrid formájú megvalósításával kiaknázhathatjuk az online oktatás idő- és költségfordításának előnyeit, valamint a jelenléti oktatás hardveres és szoftver tantárgyakat érintő hatékonyságát.

Hallgatói tapasztalatok

A képzéshez kapcsolódó hallgatói visszajelzések csak a képzési időszak közepére váltak általánossá. Az azt megelőző időszakban az online tér által generált visszafogottság jellemezte a hallgatói aktivitást, amely a vizsgaidőszak idejére már meghatározóbbá vált. A hallgatók tapasztalatainak és észrevételeinek objektív kiértékelése céljából kérdőíves felmérésre került sor, melynek eredménye külön publikáció keretében került összefoglalásra (SÁNDORFI – MAJOR 2021).

A hallgatók több mint fele már használt drónt munkahelyi-, vagy hobby célból, azonban a képzés másik fő vonala a képfeldolgozás és távérzékelés területén csak 30% rendelkezik bármilyen tapasztalattal, előképzettséggel. Ezért a tananyagok úgy kerültek kialakításra, hogy mindenki számára könnyen értelmezhetőek legyenek, és a szakterületen járatosabb hallgatók is fedezhessenek fel új információkat az adott témákban (*I. ábra*).



1. ábra „Lehetőség nyílt a képzés során az érvényesülésre, önmegvalósításra?” feltett kérdésre adott válaszok eredményei a kérdőív adatai alapján

A társszerző hallgatók, megkérdezték a diákságot, miről hallanának még szívesen a képzés keretein belül? Íme néhány válasz:

- Drónok műszaki aspektusáról, merevszárnyas drónokról.
- Agrár témákról, permetező drónokról.
- Gyakorlati példákról, életből származó feladatok, projektek megoldásáról.
- Drón kamera rendszerek részletesebb ismertetéséről, paraméterek beállításának ismertetéséről, Lidar rendszeréről.
- Munkalehetőségekről, állásbörze.

A kérdőívből továbbá kiderült még az is, hogy hallgatók többségében nem bánták meg döntésüket, és majdnem mindenki újra beiratkozna a kurzusra.

A tanítási napok általában kötetlen, konzultáció jellegű megbeszélésekkel záródtak. Az oktató és hallgatók között közvetlenebb kapcsolat alakult ki, így az előadások, konzultációk egyre oldott hangulatban teltek, amit a kérdőív eredményei is alátámasztottak. Ezen oktatói-oktatói, oktatói-hallgatói, és hallgatói-hallgatói kapcsolatot tovább erősítette a 2021. szeptember közepén megvalósított terepi gyakorlat. A hallgatók között is megfelelő kommunikáció jött létre, ezt igazolja a hallgatók által létrehozott közösségi csoporton belüli aktivitás, amely segítségével egymást támogatva tudják a képzésben résztvevők teljesíteni a tantárgyi követelményeket.

Összességében, a koronavírus okozta korlátozások és nehézségek ellenére is, a hallgatók pozitív véleménnyel voltak az online oktatásról. A hallgatók 88%-a nyilatkozta, hogy könnyen alkalmazkodott az oktatás ezen formájához. Előnyként neveztek meg a szabadabb időbeosztást és a mobilitást, ennek ellenére párhuzamos igény mutatkozott a személyes találkozások kínálta lehetőségekre is.

Összefoglalás

2021 februárjában az országban elsőként indult a Drónirányító és -adatelemző szakirányú továbbképzés a Széchenyi Egyetem keretein belül. A kétféléves képzés célja a már diplomával rendelkező szakemberek célirányos továbbképzése, amely során elsajátíthatják a drónok üzemeltetésének, a repülések tervezésének és az előállított adatsorok precíz feldolgozásának ismereteit. A megszerzett szakmai készségekkel olyan tudásra tesznek szert, amely a kor követelményeinek megfelelő magas szintű feladatmegoldásokat támogatnak.

Az oktatás eddigi tapasztalatai és vizsgaeredményei egyértelműen azt mutatják, hogy a képzésben részt vevő hallgatók készségei, tudása, téma iránti elkötelezettsége nőtt, és várhatóan a képzés további szakaszaiban még tovább fog fejlődni. A képzést követően az elsajátított kompetenciák, tudáselemek, ismeretanyagok, valamint a személyes adottságok és készségek gyakorlati alkalmazásával, olyan magasan kvalifikált szakemberek kerülnek be a gazdasági, társadalmi folyamatokba, akik megbízhatóan és felelősségteljesen tudnak megtervezni, lebonyolítani, és kiértékelni egy drónrepüléshez kapcsolódó munkaműveletet. Megítélésünk szerint ez lokálisan és regionálisan is növeli fogja a hazai gazdaság hatékonyságát és kiemeli a dróntechnológia szakterületének számos relevanciáját.

A hallgatói visszajelzések és az oktatói tapasztalatok ugyan eddig főként pozitív kicsengést mutattak, ugyanakkor egyértelművé tették, hogy a jövőben a hibrid rendszerű oktatási megoldást célszerű követni.

Köszönetnyilvánítás

A Drónirányító és -adatelemző szakirányú továbbképzést az Oktatási intézmények és IKT vállalkozások közötti együttműködés ösztönzése és támogatása című GINOP-3.1.1-VEKOP-15-2016-00001 számú projekt támogatta.

Irodalomjegyzék

- AGRONAPLÓ (2021): A Széchenyi István Egyetemen indul el a drónüzemeltetés-oktatás <https://agronaplo.hu/termekinformaciok/a-szechenyi-istvan-egyetemen-indul-el-a-dronuzemeltetes-oktatas>.
- BERKE, J. – KOZMA-BOGNÁR, V. – ENYEDI, A. – SOMOGYI, J. – SZOMÓDI, Z. – PERNES, N. – MILICS, G. (2021): Drónirányító- és adatelemző szakirányú továbbképzési szak alapítása, indítása és oktatási tapasztalatai, 27th Multimedia in Education Online Conference, XXVII. Multimédia az oktatásban online nemzetközi konferencia, Dunaújváros, 2021. június 10–11., pp. 186–192., ISBN: 978-615-5036-20-0, DOI: 10.26801/MMO.2021.1.027, https://www.mmo.njszt.hu/Kiadvanyok/2021/MMO2021_Proceedings.pdf.
- BERKE, J. – SOMOGYI, J. – KOZMA-BOGNÁR, V. (2019): Térbeli felbontás szerint homogenizált, eltérő spektrális tartományban készült drónfelvételek integrálása és elemzése, XVII.

- FÉNY - TÉR - KÉP 2019 konferencia, MTA Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Tihany., 2019. november 14–15.
- BERKE, J. (2019): Drónnal készült légifelvételek illesztése és utólagos pontosítása, II. Zalai Geodéta Találkozó, Zalaszabar, 2019. szeptember 24.
- BERKE, J. (2020): Mesterséges intelligencia alapú képfeldolgozó rendszerek fejlesztése és oktatási alkalmazása, 26th Multimedia in Education Online Conference, XXVI. Multimédia az oktatásban online nemzetközi konferencia, 2020. június 11–12, pp. 77., ISBN: 978-615-5036-17-0, DOI: 10.26801/MMO.2020.1.026., https://www.mmo.njszt.hu/Kiadvanyok/2020/MMO2020_Proceedings.pdf.
- DRONE INDUSTRY INSIGHTS (2020): Global. Drone Market Report 2020–2025. <https://droneii.com/product/drone-market-report-2020-2025>.
- SÁNDORFI, A. – MAJOR, K. (2021): Drónos tapasztalatok online oktatási környezetben – ahogy mi, hallgatók látjuk, 27th Multimedia in Education Online Conference, XXVII. Multimédia az oktatásban online nemzetközi konferencia, 2021. június 10–11, ISBN: 978-615-5036-20-0, DOI: 10.26801/MMO.2021.1.027., https://www.mmo.njszt.hu/Kiadvanyok/2021/MMO2021_Proceedings.pdf.

Internetes források

- INTERNET1 – Széchenyi Egyetem (2021): Digitális Fejlesztési Központ. <https://szolgaltatas.sze.hu/digitalis-fejlesztési-kozpont>.
- INTERNET2 – Drón koalíció megalakulása: <https://kormany.hu/hirek/megalakult-a-magyarorszag-i-dron-koalicio>.
- INTERNET3 – Nemzeti Közszerződési Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar: <https://hhk.uni-nke.hu/hirek/2017/11/14/ujraindul-a-hazai-pilotakepzes-a-kovetkezo-tanevtol>.
- INTERNET4 – Széchenyi Egyetem (2021): Drónirányító és -adatelemző szakirányú továbbképzési szakleírás és jelentkezés – <https://felveteli.sze.hu/droniranyito-es-adatelemzo>.

Vegetációs indexek és meteorológiai tényezők idősorainak aszálydetektálási célú vizsgálata különböző hazai termőtípusokon, kukorica haszonnövényre

Birinyi Edina¹ – Kristóf Dániel² – Barcza Zoltán³ – Kern Anikó⁴

¹ Távérzékelési szakértő, Lechner Tudásközpont Űrtávérzékelési Osztály; PhD-hallgató, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földtudományi Doktori Iskola, edina.birinyi@lechnerkozpont.hu

² Osztályvezető, Lechner Tudásközpont Űrtávérzékelési Osztály

³ Egyetemi docens, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, Budapest

⁴ Tudományos munkatárs, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Űrkutató Csoport, Budapest

Magyarország területének több mint 45%-át művelik szántóként, a hasznosított szántók 60%-a gabonaféle, melynek 42%-a kukorica (KSH 2019). Jelen munkában egy hajdúsági és egy kisalföldi mintaterületen vizsgáljuk a jellemzően kukoricával vetett területek műholdas idősorainak relatív változékonyságát egyrészt egy hosszú távú idősor statisztikai értékeihez, másrészt a mindenkori aktuális időjárási hatásokhoz viszonyítva.

A mintaterületek kijelöléséhez, illetve a kis- és közepes felbontáson homogén művelés alatt álló területek elkülönítéséhez a Lechner Tudásközpont által évi rendszerességgel, gépi tanulási módszerrel előállított vetésszerkezeti térképeit használtuk fel a 2014 és a 2020 közötti időszakra. A fenológiai idősorok meghatározásához a Terra MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) szenzor 8 napos integrált MOD09Q1 felszíni reflektancia idősorából származtattunk NDVI (ROUSE ET AL. 1974), TNDVI (DEERING ET AL. 1975), EVI2 (JIANG ET AL. 2008) és kNDVI (CAMPS-VALLS ET AL. 2021) idősorokat a vizsgálati időszakra. A meteorológiai állapotjelzők időbeli változékonyságát az ERA5-Land (MUÑOZ SABATER 2019) meteorológiai adatbázis óránkénti és napi szintű adatsoraiból vizsgáltuk csapadékra, hőmérsékletre és talajnedvességre. A kapott eredményeket összevetettük a KSH által évente közzétett, megyei szintű kukorica termésátlag adataival. A távérzékeléses adatbázisok eléréséhez, illetve az elemzések elvégzéséhez a Google Earth Engine (GEE) felhőalapú geoinformatikai platformot (GORELICK ET AL. 2017) használtuk JavaScript programnyelven.

Köszönetnyilvánítás:

Munkánk az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. A meteorológiai

hatások műholdas alapú vizsgálatát az OTKA FK-128709 számú pályázata is támogatta.

Felhasznált irodalom:

- CAMPS-VALLS, G. – CAMPOS-TABERNER, M. – MORENO-MARTÍNEZ, Á. – WALTHER, S. – DUVEILLER, G. – CESCATTI, A. – MAHECHA, M.D. – MUÑOZ-MARÍ, J. – GARCÍA-HARO, F.J. – GUANTER, L. – JUNG, M. – GAMON, J.A. – REICHSTEIN, M. – RUNNING, S.W. (2021): A unified vegetation index for quantifying the terrestrial biosphere *Science Advances*, 7(9).
- DEERING D.W. – ROUSE J.W. – HAAS R.H. – SCHELL J.A. (1975): Measuring forage production of grazing units from Landsat MSS data. pp. 1169–1178 In: COOK J.J. (Ed.), *Proceedings of the Tenth International Symposium on Remote Sensing of Environment* (Ann Arbor, 1975), Vol. 2, Ann Arbor, Michigan, USA.
- GORELICK, N. – HANCHER, M. – DIXON, M. – ILYUSHCHENKO, S. – THAU, D. – MOORE, R. (2017): Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*.
- JIANG, Z. – HUETE, A. R. – DIDAN, K. – MIURA T. (2008): Development of a two-band Enhanced Vegetation Index without a blue band, *Remote Sensing of Environment*, 112(10), pp. 3833–3845, doi:10.1016/j.rse.2008.06.006.
- KSH (2019): Statisztikai Tükör. A fontosabb növények vetésterülete, 2019. június 1. <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/gyor/vet/vet1906.pdf>
- MUÑOZ SABATER, J. (2019): ERA5-Land hourly data from 1981 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). doi:10.24381/cds.e2161bac
- ROUSE, J.W. – HAAS, R.H. – SCHELL, J.A. – DEERING, D.W.(1974): Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) *Third Earth Resources Technology Satellite–1 Symposium. Volume I: Technical Presentations*, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., pp. 309–317.

Internetes források

- INTERNET1 – https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0072.html, Letöltés ideje: 2021.09.29

Geotermikus hőszivattyús rendszerekhez kapcsolódó GIS elemzések alföldi alkalmazhatósága

Buday Tamás¹ – Bertalan Eszter Viola²

¹ egyetemi adjunktus, Ásvány- és Földtani Tanszék, Debreceni Egyetem,
buday.tamas@science.unideb.hu

² PhD hallgató, Ásvány- és Földtani Tanszék, Debreceni Egyetem

Absztrakt: A geotermikus hőszivattyús rendszerek elterjedését segítő nemzetközi térinformatikai elemzések bemeneti és kimeneti adatait, valamint alföldi adaptálhatóságukat vizsgáltuk. A kutatások elsősorban hőszondák telepíthetőségét tanulmányozták földtani, hidrogeológiai adatok alapján, több esetben figyelembe véve a felhasználói oldalt is. A természeti adottságokra vonatkozó hazai információk az alföldi területekre általában elégségesek, így az elemzések elvégezhetők, a telepíthetőségi adatok további felhasználásához azonban már a hőigény meghatározására is szükség lesz.

Bevezetés

Napjaink egyik legjelentősebb globális feladata a klímaváltozás negatív hatásainak, a változások mérséklése. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése részben az energiaellátó rendszerek decentralizálásával és a megújuló erőforrások nagyobb arányú használatával érhető el. A geotermikus hőszivattyúk sok helyen telepíthető, környezetbarát rendszerek, melyek elterjedése számos országban nagyarányú, és az energiafelhasználásban lényeges szerepet kapnak.

A geotermikus hőszivattyús rendszerek a leadott energiamennyiség jelentős hányadát környezeti hőből nyerik, amit nyílt vagy zárt rendszerek segítségével lehet kitermelni (BEYER ET AL. 2019). A nyílt rendszer egy kút vagy egy felszíni víztest vizét használja fel, a hőforrás és a hőt hordozó közeg azonos. A használat után a víz felszíni víztestbe, visszasajtoló kútba vagy szikkasztásra kerül. Ez a megoldás abban az esetben lehetséges, ahol a víz minősége megfelelő, a rezervoár kis mélységű, képes a szükséges vízmennyiséget szolgáltatni, illetve a felszíni és felszín alatti vizek védelmére vonatkozó szabályozásoknak, intézkedéseknek meg tudnak felelni.

Zárt rendszerek esetén a hő kinyerése a felszín alól, ritkábban felszíni vízből rendszerint vízzel vagy fagyálló folyadékkal feltöltött zárt csőrendszerben történik, azaz a hőforrás és a hőt szállító fluidum egymással nem érintkezik. A legfontosabb kiépítési módjai a horizontális kiépítésű talajkollektoros rendszer, melynek telepítési mélysége jellemzően 1,5–2 m, illetve a vertikális kiépítésű hőszondás rendszer, mellyel mélysége csak jelentős energiaigény esetén haladja meg a 100 m-t. Léteznek olyan kiépítések is, melyeknek van vertikális és horizontális kiterjedése is, azaz 2–20 m-ig hatolnak le, és átmérőjük 0,5–3,0 m. Ide tartoznak a hőkosarak, hőcölöpök,

hőspirálok, amelyeket elsősorban ott telepítenek, ha nem áll rendelkezésre elég hely a horizontális kiépítésre, és a fűrés maximális mélysége korlátozott.

A hőszivattyús rendszerek tervezésénél figyelembe kell venni a hőigényt, a természeti adottságokat, a jogi korlátozásokat. Egyedi és kisméretű rendszerek esetében a földtani adottságok tükrében a kialakítás során lehet bizonyos paramétereken változtatni, de a rendszerek növekvő elterjedésével szükségessé válik a telepíthetőség települési, kistérségi vagy regionális vizsgálata, döntéstámogatási rendszerek kiépítése is. E vizsgálatok szükségszerűen az adott térségre vonatkozó elérhető adatok térinformatikai feldolgozását jelentik, így területenként eltérő szemléletűek lehetnek.

Vizsgálati módszerek

A kutatás során áttekintettük néhány nagy hivatkozásszámmal rendelkező, a hőszivattyús rendszerek telepíthetőségét térinformatikai módszerekkel vizsgáló nemzetközi tanulmányt, melyet kiegészítettünk hazai kutatási eredményekkel (1. táblázat). Vizsgáltuk a tanulmányokban felhasznált alapadatokat, a felhasznált térinformatikai módszereket, a kapott eredmények értelmezésére és bemutatására elkészített térképeket, azok alkalmazhatóságának léptékét, illetve azt, hogy hogyan tudják kezelni egyes adatok és eredmények mélységfüggését.

1. táblázat A vizsgált térinformatikai elemzések. (Értékek: SG: sekély geotermikus energiahasznosítás, HSZ: hőszonda, V: felszín alatti vizet hasznosító rendszerek, TK: talajkollektor, TV: termálvíz)

Irodalom	Terület	Cél	Regionalitás	Megjegyzés
ONDREKA ET AL. 2007	DNy-Németország	HSZ	kistérség	
NAM – OOKA 2011	Tokió	HSZ, V	település	életciklus-elemzéssel
GALGARO ET AL. 2015	Dél-Olaszország	HSZ	régió	
DE FILIPPIS ET AL. 2015	Salento-félsziget	HSZ	kistérség	
GARCIA-GIL ET AL. 2015	Barcelona	HSZ, V	kistérség	
DOYLE ET AL. 2016	San Antonio	SG	kistérség	Deep City
SCHIEL ET AL., 2016	Ludwigsburg	HSZ	település	CO ₂ emisszió csökkentés
CASASSO – SETHI 2016	Cuneo	HSZ	kistérség	G.POT
MIGLANI ET AL. 2018	Zürich	HSZ	városrész	maximális szondaszám
TINTI ET AL. 2018	Európa	HSZ	kontinens	GEOTeCH
KOVÁCS 2011	Szabolcs-Szatmár-Bereg és Szatmár	SG, TV	regionális	teljes szektor
MÁDL-SZÓNYI ET AL. 2015	Budapest	V, TV	település	
BUDAY ET AL. 2016	Debrecen	TK, TV	kistérség	

Eredmények

A vizsgált kutatások legnagyobb hányada a talajszondás rendszerek telepíthetőségét vizsgálta, melyek mellett legfeljebb kiegészítésként jelent meg a nyílt (talajvízes) kiépítés elemzése (1. táblázat). Az összes kutatás a földtani téradatokon alapult, de a legtöbb esetben ezt hidrogeológiai adatok is kiegészítették (2. táblázat). A klimatikus adatok gyakran a hőigénybe beépített módon szerepeltek, a hőigény egyes esetekben egy mintaépület szerepeltetésével volt jelen, míg más esetekben az épületek jellege alapján részletes becslést alkalmaztak a várható terhelés kiszámítására. Összetettebb térinformatikai algoritmus részletesebb bemutatása csak néhány tanulmányban szerepelt. A korlátozó tényezőket viszonylag kevés tanulmány építette be, ezek elsősorban vízbázisvédelmi jellegűek (NAM – OOKA 2011; SCHIEL ET AL. 2015; BUDAY ET AL. 2016; MIGLANI ET AL. 2018).

A hőszondák telepíthetőségét megadó eredménytérképek változatosak. Készültek adott hőteljesítmény kivételére képes szondahosszakot (6 kW, DE FILIPPIS ET AL. 2015), adott mélységig lemélyített szondával kivehető teljesítményt (ODRENKA ET AL. 2007), maximális mélységig lemélyített szondával kivehető éves energiamentisítést (SCHIEL ET AL. 2015), illetve kWh/m²/év mértékegységben kifejezve szondamezőben kivehető fajlagos energiát (GALGARO ET AL. 2015) bemutató térképek. Mivel a tanulmányok célja elsősorban a maximális értékek meghatározása, így jellemzően nem térnek ki arra, hogy a fűrésra jellemző adottságok a mélységtől is függhetnek. Ezalól kivétel ODRENKA ET AL. (2007) cikke, amely kiszámolja az

2. táblázat A vizsgált kutatások által felhasznált alaptérképek/információk. (Oszlopcímkek: D: domborzat, K: klíma, G: geológia, HG: hidrogeológia, H: felszín alatti hőmérséklet, B: beépítettség, felszínborítás, L: lakosság, HI: hőigény; Értékek: I: igen, N: nem, vagy nem jelentős, 2D: felszíni földtani térkép, 3D: térbeli földtani modell)

Irodalom	D	K	G	HG	H	B	L	HI
ONDRENKA ET AL. 2007	I	N	3D	I	N	N	N	N
NAM – OOKA 2011	N	N	2D	I	I	N	N	N
GALGARO ET AL. 2015	N	I	3D	N	I	N	N	N
DE FILIPPIS ET AL. 2015	I	N	3D	I	N	N	N	N
GARCIA-GIL ET AL. 2015	I	N	3D	I	N	N	N	N
DOYLE ET AL. 2016	N	N	2D	I	N	I	I	N
SCHIEL ET AL. 2016	N	N	3D	I	N	I	N	I
CASASSO – SETHI 2016	I	I	3D	N	N	N	N	N
MIGLANI ET AL. 2018	N	I	2D	N	N	I	N	I
TINTI ET AL. 2018	N	I	3D	I	I	I	I	N
MÁDL-SZŐNYI ET AL. 2015	N	N	3D	I	N	N	N	N
BUDAY ET AL. 2016	N	N	2D	I	N	N	N	N
KOVÁCS 2011	I	N	3D	I	I	N	N	N

50 m mélységig mélyített és a 100 m mélységig mélyített szondák által kinyerhető teljesítményt, látványosan megjelenítve, hogy egyes területeken a származtatott paraméterek, mint az átlagos hővezetőképesség vagy a fajlagosan kinyerhető hőteljesítmény is függhet a hőtermelésbe bevont legnagyobb mélységtől. A kapott eredményeket legteljesebben SCHIEL ET AL. (2015) elemzi tovább: meghatározza a hőszondaként kivehető energia és a maximális hőszondaszám segítségével, hogy telkenként mekkora energia nyerhető ki, ez mekkora hányadát fedezi az épületek hőigénynek, és mekkora CO₂-kibocsajtás csökkentés lenne elérhető a hőszivattyús rendszerek telepítésével.

Nem készültek részletes elemzések az 5–20 m-es mélységbe is telepíthető primeroldali kiépítésekről. Ennek elsődleges oka lehet az, hogy a kivehető hőmennyiség töredéke a hőszondákhoz képest, ugyanakkor a csökkenő hőigényű épületek, vagy a fűrési korlátozások esetén szerepük felértékelődhet. Megjegyzendő azonban, hogy minél kisebb mélységig telepítik a primeroldali egységeket, annál nagyobb mértékben lesznek kitéve a felszínközeli hatásoknak, mint például a talajvízszint ingadozás miatt változó hővezetési tényező.

Az Alföld egészéről elérhető 1:100000-es méretarányú földtani térkép, és jelentős részén ismert a felszíntől 2, 5 és 10 m mélységben megtalálható üledékek eloszlása, készültek sekély-hidrogeológiai térképek (RÓNAI 1985), így a felszín közeli természeti adottságokról regionális és kistérségi léptékben részletes kép adható. A felszín alatti térrész a hőszondás rendszerek jellemző kiépítési mélységéig egy földtani egységnek tekinthető (fiatal folyóvízi üledékek), amelyben azonban a durva és finomszemű üledékek váltakoznak egymással. A víztermelő kutak környezetében a rétegsorok segítségével részletes 3D földtani modellek építhetők. Ezek csak a teljes terület kis hányadát jelentik, ráadásul ezeken a területeken a vízbázisvédelem korlátozhatja is a hőszivattyús rendszerek kiépítését. A hőmérsékletprofilokra, hővezetési tényező értékekre és a szondákból kinyerhető fajlagos energiára, már elvégzett szondatesztekre vonatkozóan kevés adat áll rendelkezésre.

Az energiafelhasználói oldalról elérhető a telekhatárok és épületek térinformatikai rendszere, melyet térinformatikai, távérzékelési módszerekkel tovább lehet finomítani (pl. SZABÓ ET AL. 2016). Ezeket az adatokat az épületállomány paramétereit figyelembe véve a hőigénybecslésnél is fel lehet használni. A városi szintű sekély geotermikus energia felhasználás estében ezen adatok részletessége határozza meg a szükséges természeti adottságokkal kapcsolatos alapadatokat, így ezeket is szükséges lehet finomítani.

Következtetések

A geotermikus hőszivattyús rendszerek kiépítését segítő térképek és térinformatikai kutatások hasonló módszertannal, de jelentősen eltérő alapadatokból kiindulva egymással korlátozottan összehasonlítható eredményeket szolgáltatnak. A hőszondás rendszerek a legtöbb helyre reálisan telepíthetőek, de az ezekből

kitermelhető energiamennyiség számos paramétertől függ. A természeti adottságokra vonatkozó alföldi információk és alaptérképek lehetővé teszik a geotermikus hőszivattyús rendszerek primeroldali telepíthetőségének, elméleti potenciáljának meghatározását.

A komplex kutatásokban jelentős szerepet kap nem csak a természeti környezet, hanem a tényleges hőigény, illetve a szondák elhelyezhetőségének vizsgálata is. Ezt a geotermikus adottságok hazai felmérésénél is célszerű lenne alkalmazni, így a jelenleg kistérségi léptékű számítások helyett egy települési szintű technikai és gazdasági potenciál is megadható lesz.

Irodalomjegyzék

- BAYER, P. – ATTARD, G. – BLUM, PH. – MENBERG, K. (2019): The geothermal potential of cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 106, pp. 17–30.
- BUDAY, T. – BUDAY-BÓDI, E. – MCINTOSH, R. W. – KOZÁK, M. (2016): Geoinformatic background of geothermal energy utilisation and its applications in East Hungary. *Acta Geographica Debrecina Landscape & Environment Series*, 10, pp. 145–152.
- DE FILIPPIS, G. – MARGIOTTA, S. – NEGRI, S. – GIUDICI, M. (2015): The geothermal potential of the underground of the Salento peninsula (southern Italy). *Environmental Earth Sciences*, 73, pp. 6733–6746.
- DOYLE, M. R. – THALMANN, P. – PARRIAUX, A. (2016): Underground potential for urban sustainability: mapping resources and their interactions with the deep city method. *Sustainability*, 8, 830, pp. 1–17.
- GALGARO, A. – DI SIPIO, E. – TEZA, G. – DESTRO, E. – DE CARLI, M. – CHIESA, S. – ZARELLA, A. – EMMI, G. – MANZELLA, A. (2015): Empirical modeling of maps of geo-exchange potential for shallow geothermal energy at regional scale. *Geothermics*, 57, pp. 173–184.
- GARCÍA-GIL, A. – VÁZQUEZ-SUÑE, E. – ALCARAZ, M.M. – JUAN, A. S. – SÁNCHEZ-NAVARRO, J. Á. – MONTLLÉO M. – RODRÍGUEZ, G. – LAO, J. (2015): GIS-supported mapping of low-temperature geothermal potential taking groundwater flow into account. *Renewable Energy*, 77, pp. 268–278.
- KOVÁCS B. (szerk.) (2011): Szabolcs-Szatmár-Bereg és Szatmár megyék geotermikus atlasza. Miskolc.
- MÁDL-SZŐNYI, J. – VIRÁG, M. – ZSEMLE, F. (2015): Potential maps for the hydrogeologic prerequisites of the installation of deep geothermal doublets and groundwater source heat pump systems in Budapest, Hungary. *Central European Geology*, 58, pp. 114–128.
- MIGLANI, S. – OREHOUNIG, K. – CARMELIET, J. (2018): A methodology to calculate long-term shallow geothermal energy potential for an urban neighbourhood. *Energy and Buildings*, 159, pp. 462–473.
- NAM, Y. – OOKA, R. (2011): Development of potential map for ground and groundwater heat pump systems and the application to Tokyo. *Energy and Buildings*, 43, pp. 677–685.
- ONDREKA, J. – RÜSGEN, M.I. – STOBER, I. – CZURDA, K. (2007): GIS-supported mapping of shallow geothermal potential of representative areas in south-western Germany—Possibilities and limitations. *Renewable Energy*, 32, pp. 2186–2200.

- RÓNAI A. (1985): Az Alföld. *Geologica Hungarica. Series geologica*, Tom. 21, pp. 1–412.
- SCHIEL, K. – BAUME, O. – CARUSO, G. – LEOPOLD, U. (2016): GIS-based modelling of shallow geothermal energy potential for CO₂ emission mitigation in urban areas. *Renewable Energy*, 86, pp. 1023–1036.
- SZABÓ, SZ. – ENYEDI, P. – HORVÁTH, M. – KOVÁCS, Z. – BURAI, P. – CSOKNYAI, T. – SZABÓ, G. (2016): Automated registration of potential locations for solar energy production with Light Detection And Ranging (LiDAR) and small format photogrammetry. *Journal of Cleaner Production*, 112, pp 3820–3829.
- TINTI, F. – KASMAEE, S. – ELKARMOTY, M. – BONDUÀ, S. – BORTOLOTTI, V. (2018): Suitability evaluation of specific shallow geothermal technologies using a GIS-based multi criteria decision analysis implementing the analytic hierarchic process. *Energies*, 11, 457, pp. 1–21.

Komplex talaj és növényi mérések őszi zab szabadföldi kísérleti parcellákon

Budayné Bódi Erika¹ – Kun Sándor² – Madar Lili Adrienn³ – Fehér Zsolt⁴ – Nagy Péter Tamás⁵ – Tamás János⁶ – Kutasy Erika Tünde⁷

¹ tanársegéd, Debreceni Egyetem, Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, bodi.erika@agr.unideb.hu

² tanszéki mérnök, Debreceni Egyetem, Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, kun.sandor@agr.unideb.hu

³ szakmai szolgáltató, Debreceni Egyetem, Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, madar.lili.adrienn@unideb.hu

⁴ adjunktus, Debreceni Egyetem, Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, feher.zsolt@agr.unideb.hu

⁵ egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, nagypt@agr.unideb.hu

⁶ egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, tamas@agr.unideb.hu

⁷ egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Növénytudományi Intézet, Növénytermesztéstani és Tájökológiai nem önálló Tanszék, kutasy@agr.unideb.hu

Absztrakt: Hat magyarországi őszi zab genotípussal kisparcellás szabadföldi kísérletet állítottak be a DE MÉK kutatói háromféle kezelés mellett azzal a céllal, hogy azok abiotikus stressztűrőképességét vizsgálják. Több kutatócsoport komplex felméréseket végzett, jelen tanulmányhoz a Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet által mért talaj (domborzat, EC, pH, ammóniumion, nitrát) és növényi paraméter (klorofill, karotinoid, NDVI, NDRE) értékeket használtuk fel. Megnéztük, hogy ezek az értékek hogyan alakultak kezelési blokkonként, valamint hogy az egyes paraméterek közt statisztikailag mutatható-e ki kapcsolat. Egyes eredmények már most is arra mutatnak, hogy a szabadföldi kísérletek UAV alkalmazással hatékonyan támogathatóak, ugyanakkor az is látszik, hogy a terepi méréseket és mintavételezéseket az UAV léptékével összehangolt módon ajánlatos megtervezni és kivitelezni.

Bevezetés

A jó télállóságú, beltartalmi értékű és betegségekkel szemben ellenálló, emellett magas hozamokkal termesztendő őszi zabfajták nemesítésével Magyarországon a MTA Agrártudományi Kutatóközpontjában kezdtek el foglalkozni 1992-ben. A kutatási program keretében 2016-ig a martonvásári kísérletek eredményeként az Mv Hópehely, Mv Kincsem, Mv Istráng és Mv Imperiál genotípusokat hozták létre (VEISZ – VARGA 2021). A Debreceni Egyetem MÉK Növénytudományi Intézet, Növénytermesztéstani és Tájökológiai nem önálló Tanszékének vezetésével 2020. 10. 26-án a felsorolt négy őszi zabfajta, illetve a GK Impala és a GK Arany nevű genotípusok bevonásával egy szabadföldi kísérlet került beállításra. A kísérlet három eltérő (S, Si, Si+S) kezelési és egy kontrol blokkból állt három ismétlésben randomizált parcellákkal. A kísérletek és a kapcsolódó kutatások célja a különféle fajta abiotikus stressztűrőképességének vizsgálata volt eltérő kezelésekk mellett.

Ma már a termőtalajok, a szántóföldi növények illetve gyümölcsösök felmérését célzó kutatások széles eszköztárral rendelkeznek. A karon több terepi, laboratóriumi, űr- vagy légitávérzékelési adatgyűjtési mód közül lehet választani lehetőséginkhez mérten, szem előtt tartva a feldolgozási és kiértékelési kapacitásokat (RICZU ET AL. 2015; TAMÁS ET AL. 2017; SZABÓ ET AL. 2020; BALLA KOVÁCS ET AL. 2021). Az analóg felmérések mellett, de azokat teljesen nem kiváltva egyre elterjedtebbek az UAV drónokkal történő felmérések is. A két agrár intézet közös kutatásának jelen fázisában célunk elsősorban az, hogy megnézzük, hogy az összes lemert paraméter adattábláit a legegységesebben miként tudjuk térinformatikai környezetbe helyezni és kezelni, milyen vizualizációs lehetőségeink vannak, másodsorban pedig előkészíteni az adatokat statisztikai vizsgálatokra, hogy van-e statisztikailag kimutatható kapcsolat a több módon mért fent említett paraméterek közt.

Anyag és Módszer

A kutatás során felmérésre került a domborzat, megtörtént a talaj pH és EC értékeinek mérése, a nitrogénformák közül az ammóniumion és a nitrát analitikai mérése, valamint növényi minták klorofill és karotinoid tartalmának meghatározása a Debreceni Egyetem MÉK Víz- és Környezetgazdálkodási Intézetében.

A térinformatikai feldolgozás első lépéseként Stonex S9i GNSS Receiver RTK GPS-szel felmértük a parcellákat, majd az adatokat ESRI ArcMap 10.8-as szoftverkörnyezetbe importáltuk, ahol a további GIS adatmegjelenítések és elemzések is történtek. A parcellák és egyes kezelések területei téglalap alakú poligonokként kerültek interpretálásra, a mért pontok, mint azok sarokkoordinátái alapján. A talaj- és növényi mintavételezési pontokat pont réteggént jelentítettük meg, amelyekhez az egyes paraméterek mért értékeit rögzítettük az attributív táblába.

A talaj és növényi mintavételezések parcellánként vett átlagmintázás elvét követve történtek meg. A megvett minták előkészítése és mérése laboratóriumi körülmények közt történt. Az őszi zab talaj- és növény minta vételezésére 2021. június 29–30-án került sor. Mindhárom parcella mind a négy kezeléséből genotípusonként 3–3 mintát vettünk a 0–20 cm-es talajmélységben és átlagmintát képeztünk: négy kezelés hat fajtán három nagyparcellán 216 mintája helyett 24 vizsgált mintával dolgoztunk.

A kémhatás meghatározása WTW pH/Cond 3320 típusú mérőeszközzel történt. A mérésre kész rendszer a pH/Cond 3320 készülékből, valamint a hozzá csatlakoztatott pH elektródát és vezetőképesség-mérő cellát tartalmazó szondából áll.

A nitrogénformák (NO_3^- ; NH_4^+) mérése a talajminták KCl-os oldatának szűrletéből történt meg. A talajok tápanyagtartalmának meghatározása Macherey-Nagel PF-12 Plus típusú fotométert használtunk, amely egy mikroprocesszor vezérlésű filter-fotométer, amely 340–860 nm hullámhossz tartományon belül tesz lehetővé fotometriás méréseket. A fotométer hullámhossz pontossága ± 2 nm, sáv szélessége 10–12 nm. A fotométer méréstartománya ± 3 E, fotometriai pontossága $\pm 1\%$,

stabilitása <0,002 E/h. A fotometriás mérésekhez VISOCOLOR ECO reagenseket használtunk. A kontroll minden esetben a megadott reagensek nélküli vak minta volt.

Az a-klorofill a vörös, a b-klorofill és a karotinoidok pedig a kék tartományban abszorbeálóknak. 80%-os acetonban így a karotinoidoknak 470 nm-nél, az a-klorofillnak 663 nm-nél, a b-klorofillnak pedig 645 nm-nél van az abszorpciós maximuma, így az oldatok abszorbancia értékeit ezeken a hullámhosszokon mértük meg Secoman Anthelie Light II. UV-VIS spektrofotométerrel.

Az így kapott értékeket DROPPA ET AL. (2003) képlete alapján átszámítottuk összes klorofill-értékre (*1. egyenlet*).

$$KLA, B = (20,2 * A644 + 8,02 * A663) * V/w, \quad (1)$$

ahol

KLA, B: klorofill A és B $\mu\text{g/g}$ -ban egy gramm friss tömegre vonatkoztatva,

A644, A663: a 644 nm-en és a 663 nm-en mért abszorbancia értékek,

V: folyékony szövetkivonat térfogata (ml),

w: friss növényi szövetminta tömege (g).

A karotinoid-tartalom számításához LICHTENTHALER ET AL. (1983) által meghatározott összefüggést alkalmaztuk (*2. egyenlet*).

$$KA = (1000 * A470 - 3,27 * (12,21 * A663 - 2,81 * A644) - 104 * (20,13 * A644 - 5,03 * A663)) * V/w, \quad (2)$$

ahol

KA: karotinoid-tartalom $\mu\text{g/g}$ -ban egy gramm friss tömegre vonatkoztatva,

A470,663,644: a 470, a 663 és a 644 nm-en mért abszorbancia értékek,

V: folyékony szövetkivonat térfogata (ml),

w: friss növényi szövetminta tömege (g).

Légi távérzékelési méréseket DJI Phantom 4 Pro UAV eszközzel végeztünk, amely RGB, illetve vegetáció felmérésre alkalmas Sentera kamerával rendelkezik, így nyers RGB ortofotókat, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) és NDRE (Normalized Difference Red Edge Index), azaz normalizált vegetációs index és vörös él normalizált index térképeket készíthettünk. A drónos felméréseket több alkalommal végeztünk, a májusi repülést kivéve, amelyet 40 m-es magasságról történt, 20 m-es magasságból 80%-os átfedéssel készültek a felvételek, a Field Agent applikációban előre megtervezett útvonal mentén. A terület a Debreceni Egyetem bőszőrményi úti campus-ának tankertjében található. A lementett adatok feldolgozását Pix4D képfeldolgozó szoftverben végeztük, ahol több lépés során a nyers képekből egységes DSM, ortomozaik valamint a többfajta felkínált vegetációs indexek közül a kameránk specifikációinak megfelelően NDVI és NDRE térképek kerültek megalkotásra. Ahhoz hogy parcellára, kezelésre, és azokon belül a hat genotípusra eső területekre vonatkozó átlag, minimum, maximum, szórás értékeket kapjunk meg akár NDVI, akár NDRE esetében, ezeket a raszteres állományokat a fent említett módon megalkotott poligonokra külön-külön zóna statisztikával táblázatosan lekértük. Jelen cikkben az NDVI átlag értékeket vontuk be a statisztikai vizsgálatokba.

A szoftveres statisztikai vizsgálatok során végeztünk feltáró elemzéseket és korrelációs analízist. Ehhez elkészítettük a domborzat, a talaj EC és pH valamint ammónium és nitrát koncentráció értékek, a növényi klorofill és karotinoid tartalom értékek, valamint a két légifelvétel NDVI átlag értékeit tartalmazó adattáblát. A feltáró statisztikai elemzések valamint a térképek értékelése együttesen történt meg. Előbbi keretében eloszlásvizsgálatokat futtattunk le, és a kiugró adatokat szűrtük. Utóbbi során a pontokból interpolált tematikus térképeken az egyes kezelések területeire eső értékeloszlást vizsgáltuk.

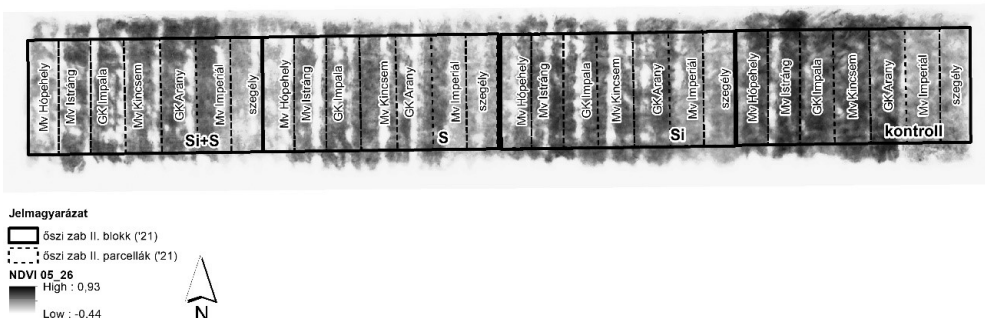
Eredmények és konklúzió

A közel 40 m hosszú területen csak pár centiméteres eltérést mutatnak a magassági értékek, de tendenciózusan nyugat felé lejt a terület. A mért pH értékek szűk tartományba esnek (7,59–7,87), de kezelésként eltérő értékeket mutatnak: a Si és S kezelést is kapó, valamint a kontroll területek esetében mérték a legnagyobb, a S kezelést kapó területek esetében a legkisebb pH-t. Az elektromos vezetőképesség értékek szintén a kontroll és a Si+S kezelésű területeken magasabbak, de nem olyan egyöntetűen kirajzolódóan, mint a pH térkép értékei. Három kiugró érték van, ezek közül az egyik több mint három és félszerese az átlagnak, ezzel kapcsolatban felmerülhet a mérési hiba. Az ammónium ion koncentráció értékekben nem mutatkoznak extrém kiugró esetek, térbeli mintázatán pedig az látszik, hogy egyik kezelési területen sem homogén. A nitrát koncentráció értékek esetében két extrém érték adott, a térképen egyértelműen a nyugati részen a lejtésnek megfelelően magasabb értékek rajzolódnak ki. A növényi minták értékeit nézve elmondható, hogy a klorofill- és a karotinoid tartalom adatsor két módusú, lognormál eloszlást mutat és a kontrol valamint a Si kezelésű területen jellemző magasabb értékeik.

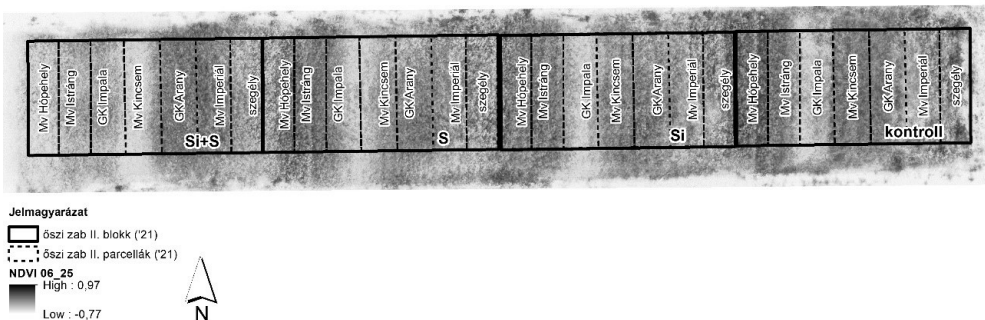
Az NDVI átlagértékek a májusi és június időpontokban készült felvételek alapján kerültek kiszámításra, az értékek idővel csökkentek. Mindkettő esetében az alábbi csökkenő sorrend áll fent: a kontroll, a Si kezelés, a S kezelés majd utolsóként a Si+S kezelés területe, azaz ebben a sorrendben kevésbé egészséges a növény (*1. és 2. ábra*).

A mért értékek egyenként történő elemzése mellett azok egymással való kapcsolatának erősségét is megnéztük, a kapott korrelációs táblázat alapján kijelenthető, hogy a legerősebb kapcsolat a két növényi paraméter, a klorofill és karotinoid tartalom értékek közt van. Két fizikokémiai talajtulajdonság, a pH és az EC közt is van kapcsolat, bár alacsony korrelációs értékkel (0,57), ennek oka lehet az EC értékekben mért extrém kiugró elemek, amelyek mérési vagy mintavételezési hibából adódhatnak (*1. táblázat*).

Az ammónium pozitív, a nitrát gyenge negatív korrelációt mutat a domborzattal. Érdekes lehet, hogy a két időpontban felvett NDVI értékek közt viszonylag alacsony a korreláció (0,26), valamint hogy a mért klorofill és karotinoid tartalom értékek és az NDVI értékek közt ennél is kevésbé szignifikáns összefüggés mutatkozik.



1. ábra Az őszi zab szabadföldi kísérlet közepső blokkjának 2021. május 26-ai szürkeárnyalatos NDVI térképe



2. ábra Az őszi zab szabadföldi kísérlet közepső blokkjának 2021. június 25-eki szürkeárnyalatos NDVI térképe

1. táblázat A vizsgált paraméterek korrelációs mátrixa

	klorofill	karoti-noid	pH	EC	ammo-nium	nitrát	NDVI_05_26	NDVI_06_25
domborzat	-0.07	-0.06	0.23	0.28	0.50	-0.21	-0.42	-0.33
klorofill		0.93	-0.34	-0.05	0.27	-0.01	0.37	0.17
karotinoid			-0.38	-0.05	0.19	0.00	0.17	0.14
pH				0.57	0.25	-0.05	-0.01	-0.48
EC					0.42	-0.09	-0.30	-0.52
ammonium						0.26	-0.21	-0.41
nitrát							0.06	-0.16
NDVI_05_26								0.26

Ennek oka lehet, hogy a légifelvételzés a növényzet tetejének állapotáról, míg a mintagyűjtésen alapuló laboranalitikai mérés több szintből vett levélzetből készült átlagminta. Bár negatív, de a többi korrelációs értékhez képest abszolútértékében magasabb értékek (–0,5 körüli) mutatkoznak a júniusi NDVI értékek és a pH, EC valamint ammóniumion koncentráció értéke közt (1. táblázat). A kései fázisban a magasabb pH, EC valamint ammóniumion koncentrációjú helyeken a növények intenzívebben sárgulásnak indultak.

Javaslatok

Javaslataink közt szerepel több mért növényi paraméter – amelyeket a kutatócsoport többi tagja mért – valamint az összes drónfelvétel (NDVI és NDRE) értékének bevonása a vizsgálatokba. Különösen ez utóbbi vegetációs indexek talajparaméterekkel való összevetését lenne érdemes elvégezni. A jövőre vonatkozóan javasoljuk, hogy a talaj és növényi mintavételezést többször is, több időpontban történjenek meg, valamint ne átlagmintázás, hanem külön területegységenként való, arra vonatkozó mintagyűjtés és mérés legyen. Mivel ezek megsokszorozzák a terepi és labormunkát és mérésszámot, javasoljuk terepi mérőműszerek bevonását.

A távérzékelési eljárással ugyan csak a felső levelekről, de részletes, raszteres adatsort nyerünk, és a mintavételezést ehhez megfelelően megtervezve kellene kivitelezni, amennyiben a két eljárással mért értékeket részletesebben összevetni kívánjuk. Eredményeink alapján a spektrális kamerákkal felszerelt UAV eszközök nagy felbontású RGB ortofotói és NDVI és NDRE térképei a szabadföldi kisparcellás vizsgálatok fontos kiegészítői lehetnek.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- BALLA KOVÁCS, A. – KREMPER, R. – KÁTAI, J. – VÁGÓ, I. – BUZETZKY, D. – KOVÁCS, E.M. – KÓNYA, J. – NAGY, N.M. (2021): Characterisation of soil phosphorus forms in the soil-plant system using radioisotopic tracer method. *Plant Soil Environ.*, 67, pp. 367–375.
- DROPPA M. – ERDEI S. – HORVÁTH G. – KISSIMOM J. – MÉSZÁROS A. – SZALAI J. – KOSÁRY J. (2003): Növénybiokémiai és élettani gyakorlatok. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, Budapest, 88.
- LICHTENTHALER, H.K. – WELLBUM, A.R. (1983): Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochem Soc Trans.*, 603, pp. 591–592.

- SZABÓ, A. – KUBICZA, K. – TAMÁS, J. – NAGY, A. (2020): Effect of hail net on the water potential of an apple orchard. *Acta Agraria Debreceniensis*, 2, pp. 109–113.
- RICZU, P. – NAGY, A. – TAMÁS, J. – LEHOCZKY, É. (2015): Precision weed detection using terrestrial laser scanning techniques. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(S1), pp. 309–316
- TAMÁS, A. – TÖRŐ, Á. – BALLA, Z. – RÁTONYI, T. – HARSÁNYI, E. (2017): Effects of carbon dioxide concentration on chlorophyll fluorescence of peas "Pisum sativum L." *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4(1), Suppl. pp. 149–152, 4 p.
- VEISZ O. – VARGA B. (2021): Zabtermesztés lehetőségei, perspektívái. *Agrofórum: a növényvédők és növénytermesztők havilapja*, ISSN 1788-5884, 2021. 32(9), 16 p.

TLS pontfelhő feldolgozó dinamikus algoritmusok fejlesztése

Czimer Kornél¹ – Tomor Tamás²

¹ egyetemi docens, Soproni Egyetem, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet / ügyvezető igazgató,
TopoLynx Kft, czimer.kornel@topolynx.hu

² főiskolai docens, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ / StrateGIS Kft,
t.tomor@strategis.hu

Absztrakt: A cikk beszámol a földi lézeres pontfelhő feldolgozó algoritmusokról, amelyeket az AdForIS Eureka projekt keretében fejlesztettünk. A projekt célja egy olyan erdészeti célú szoftvercsomag kidolgozása, amely nagy pontsűrűségű LiDAR pontfelhőből és fényképekből nyer ki erdőleltár adatokat. A projektben meglévő algoritmusokat fejlesztettük tovább, újakat hoztunk létre, és a legtöbbet dinamikussá alakítottuk, hogy interaktív környezetben is használhatók legyenek.

Abstract: The article reports on the terrestrial point cloud processing algorithms, which we developed in the framework of the AdForIS Eureka project. The aim of the project is to develop a software package for forestry that extracts forest inventory data from high-density LiDAR point clouds and photographs. In the project, we further developed the existing algorithms, created new ones, and transformed the most to dynamic so that they could be used in an interactive environment.

Bevezetés

A lézeres letapogatás, mint adatgyűjtési technológia évek óta dinamikusan fejlődik. A legújabb szenzorok már igen nagy adatsűrűséggel rendelkeznek, pilóta nélküli légi vagy földi járművekre szerelhetők, akár kézből, hátizsákból is működtethetők. Erdészeti szempontból ezek a mérőműszerek kiemelkedő fontosságúak, mert az erdővagyon felmérését gyorsabbá és pontosabbá teszik. Mind külföldön (LIANG ET AL. 2018), mind hazánkban (BROLLY ET AL. 2009) számos kutatás folyik a földi lézerszkennerek erdészeti alkalmazásával kapcsolatban.

A kutatások és alkalmazások nagy része az elsődleges jellemzők kinyerésére fókuszál, úgymint domborzat, faegyedek pozíciója, törzsátmérője, magassága, de mi olyan célokat is megfogalmaztunk, mint törzsalak, sík- és térgörbeség, oldalágak helye és mérete, koronaalak és méretek, valamint fafaj meghatározása képi és alakinformációk alapján. Erre a célra egy fejlesztést indítottunk, amely a jellemzők együttes, egy szoftveres környezetben történő kinyerését célozza. A fejlesztéshez felhasználtuk korábbi légi lézeres feldolgozási eljárásainkat (CZIMBER 2019). A fejlesztés első része elkészült, az algoritmus és a prototípus szoftverrel már több kísérleti és éles területet is feldolgoztunk. Ebben a cikkben az algoritmusok rövid ismertetéséről és eredményekről kívánunk beszámolni.

Anyag és módszer

A kutatáshoz felhasznált földi lézeres pontfelhőkből 5 hordozható (PLS, GeoSlam), 8 pedig statikus földi lézerekkel (TLS, Faro) készült. A hordozható szkennerek a felvétel során a pontfelhőt összetájékoztató, a statikus szkennerekkel ezt utólag kell megtenni. A specifikáció szerint a hordozható szkennerek pontossága 3 cm, a statikus szkennereké 1–2 milliméter.

Pontok szűrése

A pontfelhő hatékony és automatikus szűrése fontos előfeldolgozási lépés a pontfelhő feldolgozási sorban. Háromféle szűrési eljárást is fejlesztettünk és eddig mindhárom eljárásra szükség volt.

Az első szűrési eljárás egy gyors voxel alapú eljárás, amely a teljes pontfelhőt egy voxeltérbe transzformálja (0,2 ... 0,5 m nagyságú tércsövekbe) és számolja a voxelekbe eső pontok számát. Második menetben azokat a pontokat, amelyek kis számú voxelekbe esnek, az algoritmus törli.

A második eljárás az alacsonyan, a domborzatmodell alatt, illetve a magasan, felszínmodell felett lévő elszórt pontokat törli. A törlés alapja a pontok szomszédságvizsgálata, ha adott távolságra nincs elegendő számú pont, akkor a pont törlésre kerül.

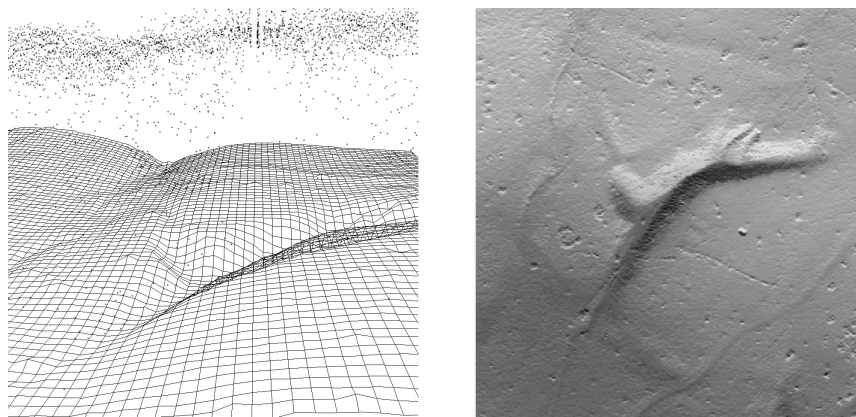
A harmadik szűrési módszer egy eszköz, amely egy interaktívan megadható gömbön vagy téglatesten belüli pontokat töröl. Számos olyan állománnyal talákoztunk, amelyben aknák, alagutak voltak és ez több talajfelszín alatti pontot eredményezett.

Domborzat, felszín

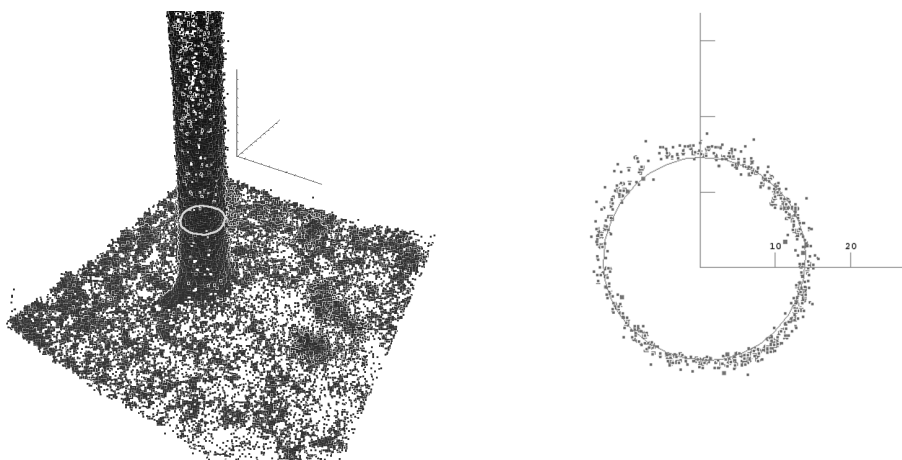
A domborzat gyors kinyeréséhez egy új algoritmust fejlesztettünk, amely egy menetben képes a pontfelhő szűrésére és a talajfelszín interpolációjára. A rekurzív eljárás multirács alapon működik, és az adott cella és környezetének minimuma alapján válogatja ki első menetben a pontokat kisebb felbontású rácsra több hierarchia szinten, majd visszafelé interpolálja a hiányos rács pontokat. Az eljárás egy szinten morfológiai szűrőket használ (ZHANG ET AL. 2003). A rekurzív felépítésnek köszönhetően hiányos, szabálytalan alapterületű pontfelhőket is képes gyorsan kezelni, de képes a mikrodomborzati elemeket is megőrizni (*1. ábra*). Az eljárás dinamikus működésű, tud a látható terület pontjaira, vagy nagyszámú pont esetén a részhalmozra felületet illeszteni.

Törzsek detektálása

A faegyedek felismerésére az elmúlt években számos eljárást dolgoztak ki (LIANG ET AL. 2018). Ezen eljárások tanulmányozása után két módszert is fejlesztettünk, mindkettő képes dinamikus környezetben működni. Az első rács alapú,



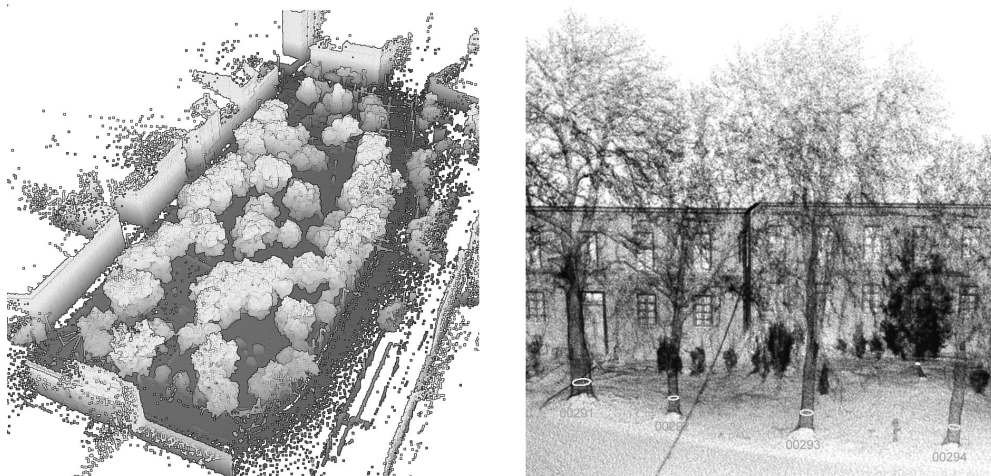
1. ábra Domborzat térbeli képe (bal) és mikrodomborzati elemek (jobb)



2. ábra Törzspontok kiválogatása (bal), kör illesztése a pontokra (jobb)

amely a relatív magassági zóna pontjait két rácsba gyűjti, a közeli cellák pontjait összekapcsolja és pontokra megpróbál kört illeszteni. Ha a két rácsban egymás fölött van detektálás és ezek egymás fölött helyezkednek el, akkor az eljárás érvényes detektálásként elmenti (2. ábra). Ha a két detektálás nem egymás fölött helyezkedik el, akkor transzformálja a pontokat a két középpont által kijelölt irányba és így próbál kört illeszteni. Ezzel a módosítással ferde törzseket is hatékonyan felismer. A kör illesztés az elforgatott rendszerben gyors, létezik egzakt megoldás, és helyettesíti az időigényes, nem lineáris henger illesztést.

A második módszer a közeli pontok helyett az egymás utáni pontokra koncentrál. Ha megfelelő számú egymás utáni pontot tárol a pontfelhő, akkor megpróbál erre egy körívet (*arc*) illeszteni (HYPPÄ ET AL. 2020). A sikeres illesztéseket klaszterekbe gyűjti. A kisszámú klasztereket törli, a nagyobbak detektálásait pedig átlagolja (*középpont* és *sugár*). Ez az eljárás a több pontból történő felvételezéskor, vagy a szél miatt hajladozó fák esetében hatékony.



3. ábra EDL (bal) és Xray (jobb) megjelenítési módok

3D interaktív környezet

A dinamikus algoritmusok igazi felhasználási területe a 3D vizuális interaktív környezet, ahol a nyers pontállomány és az egyes feldolgozó algoritmusok eredménye is látható. Az algoritmusok paraméterei változtathatók, és a módosítások eredménye azonnal megfigyelhető. A 3D megjelenítéshez egy saját térbeli rajzolót fejlesztettünk, ami szoftveres többszálú renderelést használ és a rajzolási idő alapján skálazza a feldolgozási és rajzolási algoritmusokat. A megjelenítő tud EDL (*Eye Dome Lightning*) vagy adaptív Xray (*röntgen*) rajzolási módban dolgozni (3. ábra). Ezen kívül a teljes térbeli mozgás, nagyítás, forgatás elérhető. Lehetőség van többféle metszatkészítésre is: téglatest, henger, oldalnézeti, domborzatmodellel párhuzamos magassági zónák állíthatók elő. A metszések is dinamikusak, a mozgás, nagyítás, forgatással együtt áthelyeződnek a metszési síkok, ezáltal a konkrét részre tudunk fókuszálni.

Eredmények

A célul kitűzött objektum kinyerő szoftver prototípus tervezésének és fejlesztésének első fázisával elkészültünk. A prototípus képes földi lézeres pontfelhőből az elsődleges és másodlagos faegyed jellemzők automatizált kinyerésére.

Az eljáráskönyvtárral eddig 13 faállományról készült területet dolgoztunk fel. Ebből az első kettő kísérleti jelleggel, a többi pedig megrendelésre készítettük. A földi adatokkal összevetve a kísérleti területen a minimális átmérő felett 98%-os találati pontosságot, 2 cm-es körüli átlagos átmérő hibát mértünk. Nagyobb eltéréseket szabálytalan alakú vagy borostyánnal benőtt fák esetében kaptunk. A lézeres felvevőtől függően statikus szkennereknél 8 cm fölötti átmérőtől, hordozható szkennereknél 13 cm fölötti átmérő esetén biztos a törzsek felismerése.

Ferde törzsek felismerése: 20–30 fokos dőlésű törzseknél a kör illesztés akár 8–10 cm-es hibát is eredményezhet. Az általunk kidolgozott eljárásnál, a pontfelhő forgatásával itt is az elvárt 2 cm közelében tudtunk maradni a kísérleti területek ferde fátörzsei esetén.

Az algoritmus még néha hamisan törzsként azonosít oszlopokat, épület részleteket, amelyeket eddig utószerkesztéssel töröltünk, de ezt később az algoritmus továbbfejlesztésével kívánjuk javítani. Ilyen fejlesztés lesz az észlelés több magasságban és a lombkorona szegmentálása, amelyek segítik a hasonló hengeres objektumok kizárását.

Következtetések

Faállományokról készült földi lézeres pontfelhőből számos jellemzőt lehet kinyerni. A cikkben erre mutattunk be több eljárást. A projekt keretében további jellemzők kinyeréséhez fejlesztünk eljárásokat. Célunk egy komplex feldolgozó program prototípusának megalkotása, amely automatikus képes feldolgozni nagyobb adathalmazokat is.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk 2019-2.1.1-EUREKA-2019-00009 projektnek a kutatás és a fejlesztések támogatásáért.

Felhasznált irodalom

- BOUCHENY, C. – RIBES, A. (2011): Eye-Dome Lighting: a non-photorealistic shading technique, URL: blog.kitware.com/eye-dome-lighting-a-non-photorealistic-shading-technique.
- BROLLY G – KIRÁLY G (2009): Algorithms for Stem Mapping by Means of Terrestrial Laser Scanning, *Acta Silv. Lign. Hung.*, 5, pp. 119–130
- CZIMBER K. (2019): Erdőleltározás légi lézeres letapogatással és közel fotogrammetriával – Első tesztek eredményei. In: Molnár Vanda Éva (szerk.) *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X: Theory meets practice in GIS*, Debrecen, Magyarország, Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 77–81.
- HYYPÄ, E. – KUKKO, A. – KAJALUOTO, R. – WHITE, J.C. – WULDER, M.A. – PYÖRÄLÄ, J. – LIANG, X. – YU, X. – WANG, Y. – KAARTINEN, H. – VIRTANEN, J.P. – HYYPÄ, J. (2020): Accurate derivation of stem curve and volume using backpack mobile laser scanning, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 161, pp. 246–262.
- LIANG, X. – HYYPÄ, J. – KAARTINEN, H. – LEHTOMÄKI, M. – PYÖRÄLÄ, J. – PFEIFER, N. – HOLOPAINEN, M. – BROLLY, G. – FRANCESCO, P. – HACKENBERG, J. – HUANG, H. – JO, H.M. – KATOH, M. – LIU, L. – MOKROŠ, M. – MOREL, J. – OLOFSSON, K. – POVEDA-LOPEZ, J. – TROCHTA, J. – WANG, D. – WANG, J. – XI, Z. – YANG, B. – ZHENG, G. – KANKARE, V. – LUOMA, V. – YU, X. – CHEN, L. – VASTARANTA, M. – SAARINEN, N. –

WANG, Y. (2018): International benchmarking of terrestrial laser scanning approaches for forest inventories, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 144, pp. 137–179.

ZHANG, K. – CHEN, S.C. – WHITMAN, D. – SHYU, M.L. – YAN, J. – ZHANG, C. (2003): A Progressive Morphological Filter for Removing Nonground Measurements From Airborne LIDAR Data. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 41(4), pp. 872–882.

A Délkeleti – Kárpátokban elvégzett feszültséginvertiókhoz kapcsolódó megjelenítési feladatok optimalizása

Czirok Lili^{1,2,3} – Bozsó István³ – Molnár Gábor^{3,4,5}

¹ PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, Pécs, Magyarország

² SoE EMK Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Doktori Iskola, Sopron, Magyarország

³ ELKH Földfizikai és Űrtudományi Intézet, Sopron, Magyarország

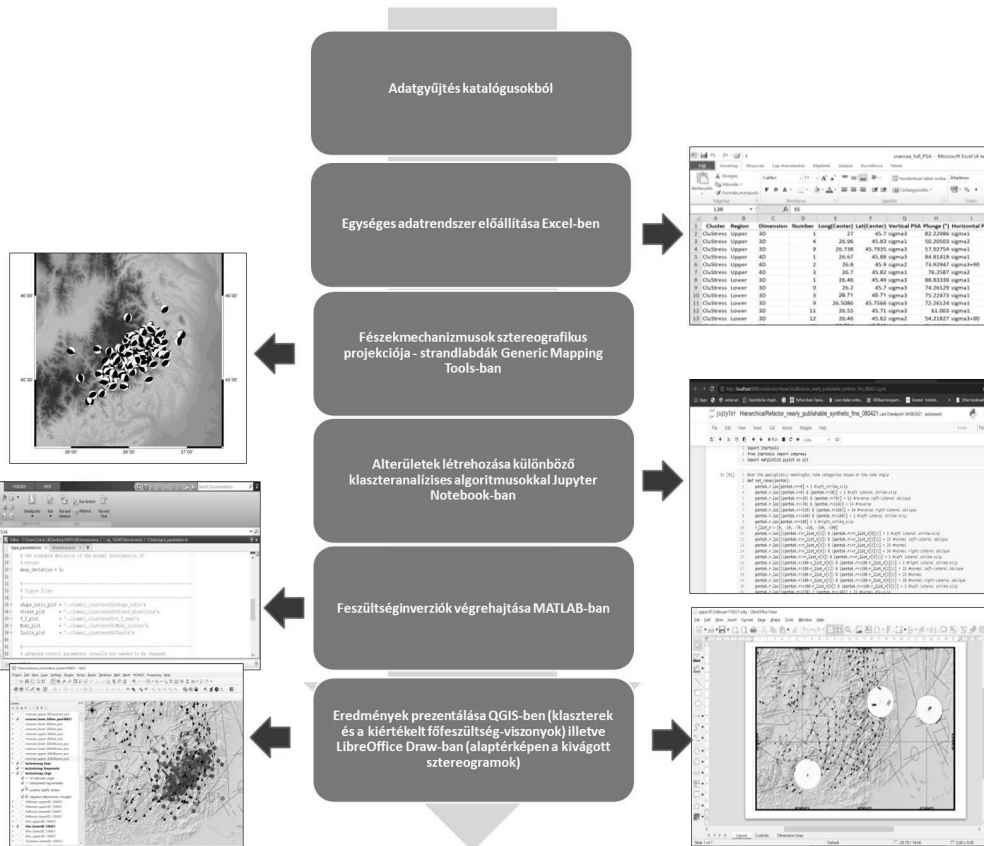
⁴ ÓE Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet, Székesfehérvár, Magyarország

⁵ MTA-ELTE Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport, Budapest, Magyarország

A Délkeleti-Kárpátok külső kanyarulatában, az úgynevezett Vránca-térségben jelentős földrengés-aktivitás van jelen. A területre jellemző feszültségteret és földtani helyzetet vizsgáltuk földrengésekhez kiszámított fészekmechanizmusmegoldások invertiójával (vagy más néven feszültséginvertióval, ld. CZIROK – KUSLITS 2018). A feszültséginvertiók számítások előtt automatikus klaszterezési algoritmusok – agglomeratív hierarchikus, HDBSCAN és egy saját fejlesztésű, kötelező hiperparaméter nélküli (CZIROK – KUSLITS 2018) – segítségével kisebb területeket létrehozása történt meg a földrengések térbeli adatai és a fészekmechanizmusokhoz tartozó csúszásirány-szögek alapján, amelyek kielégítik a feszültséginvertiók számításokhoz kötődő feltételeket (CZIROK 2016; KASSARAS – KAPETANIDIS 2018). Az így végrehajtott feszültséginvertiók ezekre a részterületekre vonatkozó feszültségtenzorok, amelyek leírják a főfeszültség tengelyek ($\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$), irányítottságát (ANDERSON 1951) és az egymáshoz viszonyított helyzetüket leíró arányossági tényező (R-szám).

Ebben az előadásban azt mutatjuk be, hogy a különböző térképek elkészítéséhez milyen szoftvereket és kódokat vagy éppen programcsomagokat használtunk és hogy miként törekszünk az ábrázolási feladatok mennyiségének csökkentésére és hatékonyságának növelésére. Jelenleg öt különböző program segítségével történik a bevitt adatokhoz, az eredményekhez és az interpretációkhoz kapcsolódó vizualizációs feladatok és számítások elvégzése.

A fészekmechanizmusok sztereografikus projekciója után kapott úgynevezett strandlabdák térképét Generic Mapping Tools-ban állítjuk elő. A számításokat megelőző klaszteranalízises algoritmusok lefuttatása Python-kódok segítségével történik (PEDREGOSA ET AL. 2011; MCINNES ET AL. 2017) csomagok illetve saját automatizált algoritmusunk kódját is ebben a nyelvben írtuk meg). A kapott kisebb területek (klaszterek) térképeit QGIS-ben állítjuk elő. Ezt követően egy MATLAB-környezetben futtatható feszültséginvertió kódval, a STRESSINVERSE-zel dolgozunk (VAVRYČUK 2014), amely raszteres formátumban exportálja a főfeszültség tengelyek orientációját demonstráló sztereogramokat. A sztereogramok kiértékelése szintén QGIS-ben történik és kerül illusztrálásra, azonban a



1. ábra

sztereogramokat egy QGIS-ben előállított alaptérképre illesztjük rá LibreOffice-ban (vagy CorelDraw-ban). Az 1. ábra ezeket a folyamatokat mutatja be.

A munka célja hosszútávon az, hogy csökkentsük a felhasznált programok, szoftverek mennyiségét és ezzel elérni a megjelenítési feladatok gyorsabb és hatékonyabb elvégzését. Találni egy olyan szoftvert, programot, amely alkalmas a sajátos eredetű geofizikai adatok 2D-s, sőt akár 3D-s megjelenítésére is.

Hivatkozások

ANDERSON, E. M. (1951): The dynamics of faulting and dyke formation with applications to Britain. Oliver and Boyd.

CZIROK, L. (2016): Analysis of stress relations using focal mechanism solutions in the Pannonian Basin. Geosciences And Engineering: A Publication Of The University Of Miskolc, 5(8), pp. 65–84.

CZIROK, L. – KUSLITS, L. (2018): Effects Of Earthquake Data Clustering On The Results Of Stress Inversions. Geosciences And Engineering: A Publication Of The University Of Miskolc, 6(9), pp. 127–141.

- KASSARAS, I. G. – KAPETANIDIS, V. (2018): Resolving the tectonic stress by the inversion of earthquake focal mechanisms. Application in the region of Greece. A tutorial. In *Moment Tensor Solutions* (pp. 405–452). Springer, Cham.
- MCINNES, L. – HEALY, J. – ASTELS, S. (2017): hdbscan: Hierarchical density based clustering. *Journal of Open Source Software*, 2(11), 205.
- PEDREGOSA, F. – VAROQUAUX, G. – GRAMFORT, A. – MICHEL, V. – THIRION, B. – GRISEL, O. – BLONDEL, M. – PRETTENHOFER, P. – WEISS, R. – DUBOURG, V. – VANDERPLAS, J. – PASSOS, A. – COURNAPEAU, D. – BRUCHER, M. – PERROT, M. – DUCHESNAY, É. (2011): Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12(Oct), pp. 2825–2830
- VAVRYČUK, V. (2014): Iterative joint inversion for stress and fault orientations from focal mechanisms. *Geophys. J. Int.*, 199, pp. 69–77.

Mederzátonyok elmozdulásának vizsgálata felső-tiszai mintaterületeken

Czomba Péter¹ – Vass Róbert² – Túri Zoltán³

¹ PhD hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, czpeter199@gmail.com

² főiskolai docens, Nyíregyházi Egyetem Turizmus és Földrajztudományi Intézet, vass.robert@nye.hu

³ adjunktus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, turi.zoltan@science.unideb.hu

Abstract: The aim of our research is to determine the extent of the displacement of some riverbed reefs in the section of the Upper Tisza between Tiszabecs and Gergelyugornya. In the study, we analyzed the spatial changes of four sandbars by vectorizing aerial photographs taken in the 1960s and 1980s, which were compared with the 2018 satellite images available on HERE Maps. From the riverbed dynamics studies we came to the conclusion that the shoreline of the Tisza is constantly developing, due to the migration of the riverbed there will be ridge areas from the riverbed reef, and the decrease of the riverbed width indicates the incision of the river.

Bevezetés

A Tisza 19–20. századi szabályozási munkálatai során a folyó gátak közé szorításával a felszínalakító tevékenysége is megváltozott mind térben, mind időben. A gátak között levonuló, a Felső-Tiszán különösen nagy árvízi kockázatot jelentő árhullámok a szűk hullámtérben felgyorsultak (SÁNDOR 2005; VASS 2018). A folyó által szállított lebegtetett és görgetett hordalékok lerakódásának mértéke, folyamata és akkumulációja is megváltozott. A hordalékanyag akkumulációja főként a meanderek belső ívén homokpadok képződésében figyelhető meg (GÁBRIS ET AL. 2002; KISS ET AL. 2002).

A vízfolyások morfológiáját az erózió, a hordalékszállítás és az akkumuláció közötti arány határozza meg, amelyet a környezetét érő hatások módosíthatnak. Emiatt még ugyanazon folyó egyes szakaszain is különböző medermintázatok alakulhatnak ki, amelyekre az eltérő mederformák és ártéri formakincs jellemző (SCHUMM 1979; SIPOS 2006).

TIMÁR (2003) három típust azonosított a Tiszán, amelyhez a LEOPOLD – WOLMAN (1957) által kidolgozott medermintázatok morfológiai alapú osztályozását vette alapul. TIMÁR (2003) megállapította, hogy a forrás és Királyháza között fonatos, alatta Tiszabecsig vándorló és Tiszabecstől a torkolatig meanderező mintázat jellemzi a folyót. A meanderező folyószakaszok hosszában kialakuló, ellentétes kanyarulatpárok sorozatából állnak. A külső kanyarulatívén történő erózió és a belső ív menti lerakódás miatt a kanyarulat fejlődik, és ez további kanyarulatok kialakulását okozhatja (CHOLNOKY 1907; BLANKA 2010; BERTALAN – SZABÓ 2015).

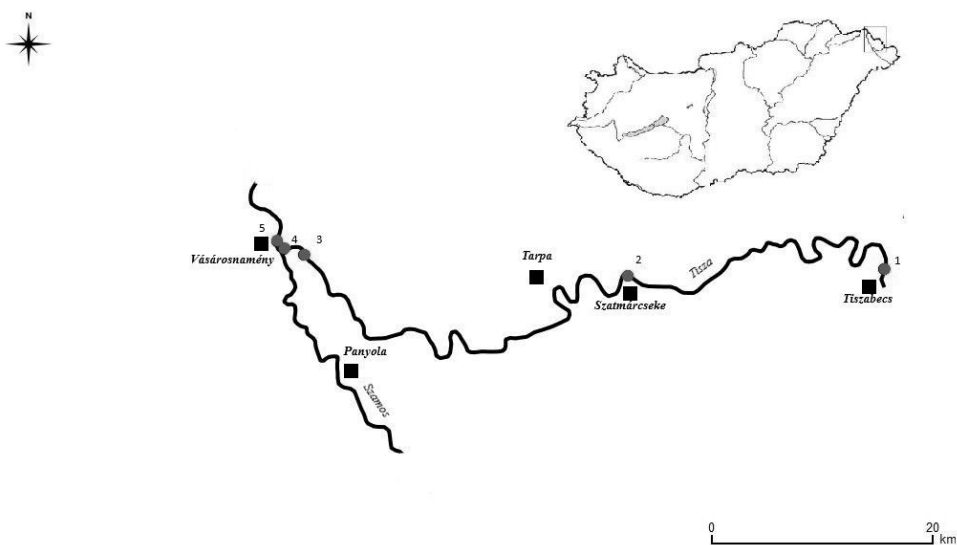
A meanderező mintázat leggyakoribb akkumulációs formáját képezik az övzátonyok, illetve az övzátónysorok (KNIGHTON 1998). Helyzetüket tekintve mederben lévő formákról van szó, amelyeknek az épülése leginkább a mederkitöltő vagy annál nagyobb vízszintekhez kötődik, de középvízi mederteltség esetén is formálódhatnak. Az övzátonyok ciklikus épülése miatt egymással párhuzamos keskeny mélyedések (sarlólaposok) jönnek létre. Az övzátonyok alapját képező durva hordalékot ugyanis egy fokozatosan finomodó keresztarétegzett homokréteg követi, amit csak elvétve szakítanak meg homoklerakódások. A legfelső részét az övzátónynak kereszt- és ferderétegzett finomszemű homokos üledékek zárják (BRIDGE 2003; GÁBRIS 2003; SZABÓ ET AL. 2019).

Kutatásunk során azt vizsgáltuk, hogy az általunk kiválasztott felső-tiszai mintaterületeken a homokpadok térbeli mintázata az elmúlt 50 évben hogyan változott, ezek a képződmények milyen mértékben mozdultak el.

Anyag és módszer

Négy homokpadot jelöltünk ki a Felső-Tisza magyarországi szakaszán. A mintaterületek Tiszabecs, Szatmárcseke, Jánd és Gergelyugornya települések közigazgatási területén helyezkednek el (1. ábra, 1. táblázat). Meg kell jegyezni, hogy a mederdinamikát ezen a folyószakaszon is módosították az antropogén hatások.

A mintaterületek kiválasztása a Google Föld virtuális földgömbön elérhető nagy térbeli felbontású műholdfelvételek felhasználásával történt, illetve a mintaterületeket lefedő 1:10000 léptékű topográfiai térképeket (szelvényszámok: 811-124, 811-113, 811-131, 810-214) alkalmaztuk az elemzéshez. A vizsgálat során



1. ábra A mintaterületek helyzete: 1. Tiszabecs, 2. Szatmárcseke, 3. Jánd, 4. Szamos-torkolat, 5. Gergelyugornya

1. táblázat A mintaterületen kijelölt mederzátonyok elhelyezkedése (fkm: folyókilométer), átlagos kisvízi mérete (h: hossz, sz: szélesség) és a környezetét befolyásoló antropogén hatások

Mintaterület megnevezése	Elhelyezkedése (fkm)	Átlagos mérete kisvizek alkalmával	A kanyarulatok környezetében történt antropogén tevékenység
Tiszabecs	744,5	h.: 220–250 m sz.: 20–25 m	A kanyarulatok külső íve kövezéssel rögzített
Szatmárcseke	720,0	h.: 200–500 m sz.: 70 m	
Jánd	688,6	h.: 220–500 m sz.: 80 m	
Gergelyiugornya	686–685,1	h.: ~1 km sz.: 15–70 m	

a mederzátonyok térbeli változásait elemeztük archív fekete-fehér légifelvételek vektorizálásával, melyek az 1960-as és az 1980-as években készültek (INTERNET1). Ezeket a Here Maps-en elérhető 2018-as műholdfelvételekkel hasonlítottuk össze (INTERNET2). A mederzátonyok elmozdulásának és területi változásainak meghatározásához minden esetben az adott folyószakaszról fellelhető legrégebbi archív légifelvételt tekintettük „alapállapotnak”. A hosszanti elmozdulás mértékét a mederzátónynak a folyószakaszon elfoglalt legfelső pontjától, a partél és a mederzátony szélességében történt változásokat pedig a legnagyobb szélességű területeknél határoztuk meg.

Eredmények

A tiszabecsi kavicszátony és egyben a meder nagymértékű elmozdulása a folyószakaszra jellemző nagy vízsebességének tudható be, mely a zátonyalkotó 20 mm-nél nagyobb szemcseátmérőjű kavicsos mederhordalékot rövid időintervallumon belül nagy mértékben képes megmozgatni. A kanyarulat azon részén, ahol 1966-ban a mederzátony épült, a meder maximálisan 65 métert vándorolt K-i irányba, így a korábbi zátony területének nagyjából 50%-a 1982-re a folyóhat részét képezte. 1982 és 2018 között ugyanezen a ponton a medervándorlás mértéke 37 méter volt. A partvonal elmozdulásában 1966 és 2018 között a legnagyobb távolság 103 méter volt, mely a bal parton történt. A jobb part 80 méterrel mozdult el, melynek további erodálódását megakadályozandó kövezéssel biztosították az országhatár Ukrajna felőli oldalán. 1982 és 2018 között a jobb partvonalban jelentős, pár méternél nagyobb eltérések nem mutatkoztak (2. ábra bal).

A szatmárcsekei kanyarulat belső ívén lévő homokpad épülésével a bal oldali partvonal 1965 és 1982 között maximálisan 91 méterrel, 1982 és 2018 között pedig 57 méterrel vándorolt északi irányba (2. ábra jobb). A kanyarulat külső íve mentén 1965 és 1982 között a folyó erodáló munkája figyelhető meg, mely 57 méteres



2.ábra A Tisza partvonalának és a mederzátányoknak a változásai a tiszabecsi (bal) és a szatmárcsekei (jobb) mintaterületen 1965 és 2018 között. (Készült a Digitális Légitfelvétel Archivumból letöltött légitfényképek, az 1:10000 méretarányú topográfiai térképek és a Here Maps-en elérhető műholdképek felhasználásával.)

elmozdulást eredményezett. 1982 és 2018 között nagymértékű partépülés figyelhető meg ugyanitt: a partvonal az 1982-es állapothoz képest 90 méterrel tolódott DNY-i irányba. A kanyarulat előtti szakaszon a folyó medrének szélessége 1965 és 1982 között nem változott jelentősen (192–209 méter volt), addig 2018-ban 129 méterre csökkent. Hasonló mederszélességi értékek és a mederszűkülés a kanyarulatot elhagyó folyószakaszon is megfigyelhető, mivel az 1965-ben mért szélesség (246 méter) az utolsó elemzett idősíkra 172 méterre csökkent.

A jándi homokpad és a Tisza medrének vándorlását nagyban befolyásolja az az egymást követő kanyarulat, melyet a folyó leír. Folyásirányban haladva a homokpad 334 méterrel ÉNY-ra helyeződött át 1965 és 1979 között. A mederáthelyeződés mértéke itt volt a legnagyobb az elemzés időhorizontjában a mintaterületek közül (3. ábra bal). 1965-ben a meder szélessége a homokpadnál elérte a 320 métert. Ez a szélesség 1979-re 230 méterre csökkent, és a folyó jobb partvonalára 54 méterrel NY–DNY-i irányba mozdult el. 2018-ra újabb 54 méterrel csökkent a mederszélesség a folyó jobb partjának épülése miatt. A folyó szélessége a homokpadot elhagyva 1965 és 1979 között 154 méterrel 190 méterre nőtt, majd 2018-ban ez az érték ismét csak a 155 méterre érte el.

A Szamos torkolatában lévő homokpad 1965 és 2018 között 93 méterrel vándorolt a folyásirányban (3. ábra jobb). A homokpad menti partvonalon 1965 és 1986 között mutatható ki egy megközelítően 30 méter szélességben erodált partsáv. Ez később ismét egy akkumulációs területté vált, hiszen a 2018-as partvonal pár méter eltéréssel megegyezik az 1965-ös adatokkal. A homokpad vándorlásával párhuzamosan kimutatható, hogy a Szamos folyó jobb oldali partvonalának torkolat előtti szakasza nyugati irányba vándorol, ezzel a mellékfolyó torkolatszélessége csökken. 1965-ben 192 méter széles volt, ez 1986-ra 142 méterre, majd 2018-ra 103 méterre csökkent.

A gergelyiugornyai homokpad térbeli helyzete számottevően nem változott az elmúlt 50 évben. A mérete viszont módosult, hiszen a folyókanyarulat belső



3. ábra: A Tisza partvonalának és a mederzátonyoknak a változásai a jándi (bal), a Szamos-torkolati és a gergelyugornyai (jobb) mintaterületen 1965 és 2018 között. (Készült a Digitális Légitfelvétel Archivumból letöltött légifényképek, az 1:10000 méretarányú topográfiai térképek és a Here Maps-en elérhető műholdképek felhasználásával.)

ívének akkumulációjával és a partvonal megváltozásával a korábban összefüggő két homokpad szétvált, és azok csak az alacsony vízállások idején kapcsolódnak össze. A mintaterület partvonalának változásában a legnagyobb eltérések az akkumulációval érintett területeken mutathatók ki. Az 1965. évi és az 1986-os partvonal futásában csak minimális eltérések figyelhetők meg. 2018-ra viszont a partvonal az akkumuláció következtében 60 méterre helyeződött át nyugati irányba.

Konklúzió

A mintaterületeken végzett vizsgálatok során a mederzátonyok laterális elmozdulása és a partvonal változásai arra engednek következtetni, hogy a folyó akkumulációs munkája során épülő mederzátonyok a partvonnal együtt a kanyarulatok külső ívei felé mozdulnak el, valamint a kanyarulat épülése miatt a korábban mederzátónynak számító területek helyén folyóhát épül, melyek stabilizálódásáról a vegetáció megjelenése is árulkodik (BORSY 1972; GÁBRIS ET AL. 2002). A folyómeder szélességének csökkenése alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a Tisza medre egyre nagyobb mértékben vágódik be. Munkánk során a vizsgált homokpadok közül egy olyan sem volt, amelyen az antropogén hatások tartósan befolyásolták volna az üledékek lerakódását és a homokpadok létrejöttét, fejlődését.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

- BERTALAN L. – SZABÓ G. (2015): Mederfejlődési vizsgálatok a Sajó hazai szakaszán. In: Boda J. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás VI. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 61–68.
- BLANKA V. (2010): Kanyarulatfejlődés dinamikájának vizsgálata természeti és antropogén hatások tükrében. PhD értekezés, Szegedi Tudományegyetem, 141 p.
- BORSY Z (1972): Üledék- és morfológiai vizsgálatok a Szatmári-síkságon az 1970. évi árvíz után. Földrajzi Közlemények, 96(1), pp. 38–42.
- BRIDGE, J. S. (2003): Rivers and Floodplains: Forms, Processes and Sedimentary Record. Oxford, Blackwell Publishing, 512 p.
- CHOLNOKY J. (1907): A Tisza helyváltoztatásai. Földrajzi Közlemények, 35(3), pp. 381–445.
- GÁBRIS GY. – TELBISZ T. – NAGY B. – BELARDINELLI E. (2002): A tiszai hullámtér feltöltődésének kérdése és az üledékképződés geomorfológiai alapjai. Vízügyi Közlemények, 84(3), pp. 305–316.
- GÁBRIS GY. (2003): Övzátóny vagy partihát? Földrajzi Közlemények, 127(51), pp. 178–184.
- KISS T. – SIPOS GY. – FIALA K. (2002): Recens üledék-felhalmozódás sebességének vizsgálata az Alsó-Tiszán. Vízügyi Közlemények, 84, pp. 456–472.
- KNIGHTON D. (1998): Fluvial forms and processes. A new perspective. Arnold, London, pp. 105–307.
- LEOPOLD, L.B. – WOLMAN, M.G. (1957): River Channel Patterns: Braided, meandering and straight. U.S. Geological Survey Professional Papers, 282-B, pp. 39–85.
- SÁNDOR A. (2005): A hullámtér feltöltődés mértéke és hatása az árvizek alakulására. A környezettudomány elmélete és gyakorlata Tudományos Konferencia (CD kiadvány), 1–10.
- SCHUMM S. A. (1979): Geomorphic thresholds: the concept and its applications. In: Transactions of the Institute of British Geographers, New Series, 4(4), pp. 485–515.
- SIPOS GY. (2006): A meder dinamikájának vizsgálata a Maros magyarországi szakaszán. PhD értekezés, Szegedi Tudományegyetem, 138 p.
- SZABÓ ZS. – SZABÓ J. – TOMOR T. – BARANYAI E. – PROKISCH, J. – SZABÓ SZ. (2019): Övzátónyok és sarlólaposok nehézfém mintázatának vizsgálata rakamazi mintaterületen. In: Molnár V. É. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X.: Theory meets practice in GIS. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 295–300.
- TIMÁR G. (2003): Földtani folyamatok hatása a Tisza medermorfológiájára. PhD értekezés, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, pp. 12–88.
- VASS R. (2018): Ártérfejlődési vizsgálatok felső-tiszai mintaterületeken. Tóth Könyvkereskedés és Kiadó Kft. Nyíregyháza, 152 p.

Internetes források

INTERNET1 – <https://www.fentrol.hu/hu/>, Letöltés ideje: 2021. augusztus

INTERNET2 – <https://wego.here.com/?x=ep>, Letöltés ideje: 2021. szeptember

A Dráva morfológiai változásainak térinformatikai vizsgálata

Gradwohl-Valkay Alexandra¹ – Ficsor Johanna² – Halmai Ákos³ –
Nagyváradai László⁴ – Kiss Kinga⁵ – Czigány Szabolcs⁶ – Pirkhoffer Ervin⁷
– Liptay Zoltán Árpád⁸ – Balogh Richárd⁹

¹ PhD hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, valkays2@gamma.ttk.pte.hu

² PhD hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, tudományos segédmunkatárs NKE VTK Területi vízgazdálkodási tanszék, ficsor.johanna@uni-nke.hu

³ adjunktus, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, halmaia@gamma.ttk.pte.hu

⁴ docens, PTE TTK, Földrajzi és Földtudományi Intézet, nagyvarl@gamma.ttk.pte.hu

⁵ tanársegéd, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, kissk@gamma.ttk.pte.hu

⁶ docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, sczigany@gamma.ttk.pte.hu

⁷ docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, pirkhoff@gamma.ttk.pte.hu

⁸ Országos Vízeljáró Szolgálat, liptay.zoltan@ovf.hu

⁹ MSc hallgató, technikus PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, brichard@gamma.ttk.pte.hu

Absztrakt: Implementing nature conservation and landscape management requires the up-to-date knowledge of the changes in river morphometry and bedload dynamics. Hence, we aimed at comparing mapping the positions of the 2013 and the 2019 centrelines and the actual bathymetry of the Drava River between its confluence with the Mura River (rkm 2018) and the community of Drávaszabolcs (rkm 75). We found significant differences in the positions of the two centrelines upstream of the town of Barcs. Downstream of Barcs, however, the two centrelines almost entirely coincide. The adverse behaviour of the Drava in its Hungarian reach is explained by the anthropogenic influence in the downstream reach and the more natural character of the river upstream of Barcs.

Bevezetés

A felszíni vizek ökológiai állapotát jelentősen befolyásolja a víztestek morfológiai állapota, illetve az abban bekövetkező változások. A mederforma és a sebességviszonyok változatossága biztosítja a természetes állapotoknak megfelelő diverzitást (EUROPEAN COMMISSION 2000). A morfológiai állapot és annak változásának vizsgálatának egyik alapvető eleme a mederszakaszok osztályozása (LÓCZY 2012). A geomorfológiai és hordalékszállítási szempontból történő osztályozás szerint (MONTGOMERY – BUFFINGTON 1997) három völgyszakasz típust – kolluviálist, az alluviálist és a szálban álló kőzetbe vésődött völgyeket – különböztetünk meg. Az olyan alluviális folyószakaszoknál, mint a Dráva, a laterális stabilitás is fontos jellemző morfológiai osztályozás szempontjából. A laterális stabilitás a mederszélesség változásában, a meder eltolódásában nyilvánul meg, és a folyószakasz fonatosságának mértéke és a mederáthelyeződési hajlam is jellemzi (BRIERLEY – FRYIRS 2005; BERTALAN ET AL. 2016).

Az általunk készített részletes felmérés lehetővé tette a Dráva folyó Mura torkolat és Drávaszabolcs közötti szakaszának morfológiai állapotának széleskörű feltérképezését. A Dráva morfológiája, áramlási dinamikája, valamint az

üledékterhelése és a textúrájt tekintve rendkívül dinamikusan változik (BONACCI – OSKORUŠ 2010). A klímaváltozás és az emberi beavatkozások hatására a közeljövőben változatos, de csökkenő irányba mutató áramlási trendek várhatók (KISS – ANDRÁSI 2019). A Dráva hordalékviszonyaira jelentős hatással vannak a vízerőművek árhullámai, amelyek kavicsanyagot mosnak ki a mederből. A kanyarulatfejlődés az árhullámok mellett a fennálló vízállás időtartamához is köthető (BERTALAN ET AL. 2017). A vízierőművek üzembehelyezése óta a kisvizek tartóssága növekedett (KISS – ANDRÁSI 2011). A kisvizek csökkenő áramlási sebességei megváltoztatják a szállított anyag jellemzőit, ezáltal hatással vannak a helyi ökoszisztémákra (MURPHY ET AL. 2017), ezért a várható változások megértése jelentős fontosságú a természeti körülmények fenntartása szempontjából.

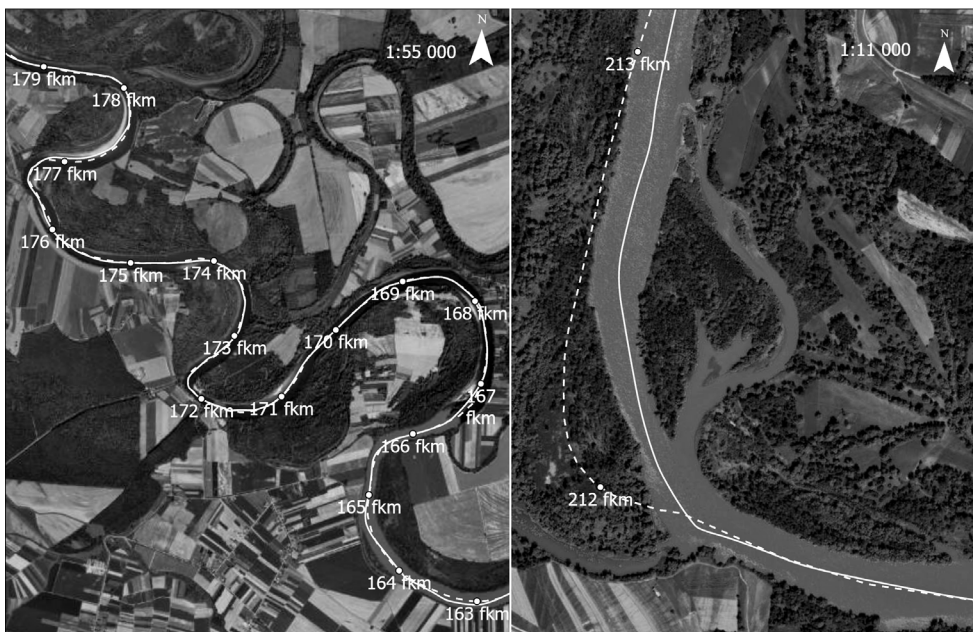
Anyag és módszer

A vizsgálati területünk a Dráva őrtilosi Mura torkolat és a Drávaszabolcs közötti szakasza volt. A mérési kampányban változó vízállás és vízhozamfeltételek között dolgoztunk, amelynek részben természetes, részben pedig a vizsgált szakasz felett üzemelő dubrava-i erőmű működéséből adódó okai voltak. A vizsgálatok alapja egy 2018-ban újfajta megközelítéssel elkészült kutatásunk eredménye volt, ahol kihasználtuk a halkereső szonárok adta lehetőségeket, melyet sekély vagy gyors sodrású folyóvizekben és kiskiterjedésű állóvizekben jól alkalmazhatunk a mederviszonyok térképezésére. A halkereső szonárral felmért adatokból létrehozott domborzatmodellt (HALMAI ET AL. 2020) használtuk a vizsgálataink alapjaként. A folyószakasz morfológiai értékeléséhez megvizsgáltuk a hivatalos középvonal és a mederfelismerés alapján szerkesztett középvízi meder tengelyének egymáshoz való viszonyát. A hivatalos középvonal 2013-2014-es mérési adatokból származik, így ennek és az általunk generált új középvonalnak az összehasonlításával az utóbbi évek jellemző medermozgásainak lokalizációját és irányultságát tudtuk meghatározni, illetve szakaszokra bontottuk a vizsgált folyószakaszt különböző fejlettségi szintű kanyarulatokat meghatározva (HAMVAS 1994) (*1. ábra*).

A kanyarulatok inflexiós és tetőponti szelvényeiből meghatároztuk a folyószakasz hossz-szelvényét és összehasonlító elemzést végeztük a hossz-szelvény, a helyszínrajz és a mederanyag ismerete alapján.

Eredmények

A hivatalos és a méréseink alapján meghatározott középvonal eltérései megmutatták azokat a szakaszokat, ahol a két mérés időpontja között jelentős medervándorlás történt. A Barcs alatti folyószakaszon a két vonal szinte egymáson fut, mivel ezen a szakaszon (70 – 155 folyamkilométer között) teljes mértékben szabályozott a folyó; sarkantyúk, vezetőművek, partbiztosítás váltják egymást (DÉDUVIZIG 2021). Markáns eltérést találtunk a 184 – 188 folyamkilométer



1. ábra Eltérések a hivatalos (folytonos vonal) és a méréseink alapján készített közép vonal (szaggatott vonal) között a 163-179 fkm közötti kanyarulatokban és a 212-213 fkm közötti szakaszon



2. ábra Folyó tengelyvonalának eltérése a hivatalos (folytonos vonal) és az általunk számolt (szaggatott vonal) alapján; az őrtilosi torkolat közelében 235-236 fkm között; a 213-215 fkm közötti szakaszon; és a a 186-187 fkm közötti szakaszon

közötti szakaszon két egymást követő kanyarulatban. Jól látható eltérés jelentkezik a 214 – 215 folyamkilométer között, ahol a sarkantyú sorok erősen korlátozzák a mederfejlődést. A 233 – 236 folyamkilométer közötti szakaszon a középvonal balratorodása figyelhető meg, a mederfelvétel alapján ezen a szakaszon a mederben mélyülés is megfigyelhető.

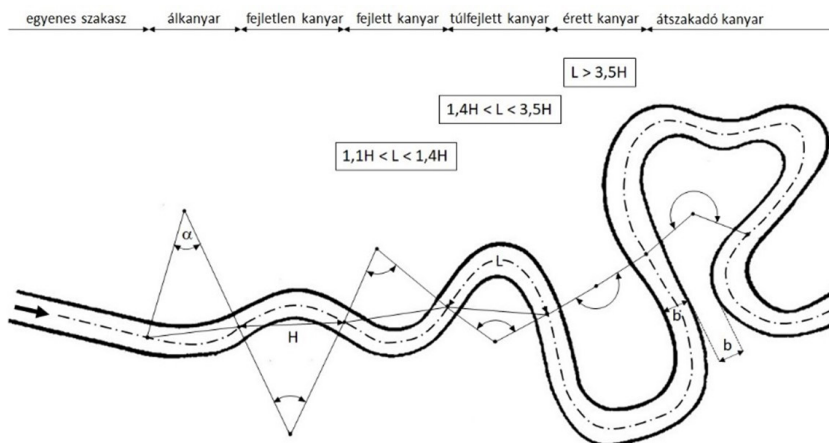
A sodorvonalat a keresztmetsvények mentén a legmélyebb ponton vettük fel, az egyes kanyarulatok elejét – végét az egymást követő inflexiós pontok határozták meg (HAMVAS 1994), érett, illetve átszakadó kanyarulat nincs a vizsgált folyószakaszon, zömmel álkanyarok, fejletlen és fejlett kanyarok vannak (1. táblázat, 3. ábra). A legmarkánsabb kanyarulatok a 175 – 179 folyamkilométer közötti szakaszon figyelhetők meg.

A 114 – 116 folyamkilométer közötti, illetve a 170 – 178 folyamkilométer közötti kanyarulatok estében szemmel láthatóan érett kanyarulatok alakultak ki (4. ábra), míg az egymást követő inflexiós pontok összekötésével kapott szakaszolás alapján egy-egy ilyen érett kanyarulat több, kevésbé fejlett szakaszra oszlik.

A részletes domborzatmodell alapján ezekben az érettnak látszó kanyarulatokban megfigyelhető, hogy a sodorvonal nem a homorú part mentén húzódik,

1. táblázat különböző szakaszjellegek előfordulása a folyószakaszon

Szakaszjelleg	Előfordulás (db)
egyenes	15
álkanyar	26
fejletlen	34
fejlett	27
túlfejlett	5
érett	0
átszakadó	0



3. ábra Folyókanyarok fejlettségi jellemzői Csoma (1973) és Laczay (1982) nyomán



4. ábra Érettnek látszó kanyarulatok az inflexiós pontok (keresztshelvény) összekötésével (pontozott vonal), a hivatalos középvonal (folytonos vonal) és a sodorvonal (szaggatott vonal) az 114–117 fkm közötti szakaszon és álkanyarok a 135–138 fkm közötti szakaszon

hanem a fő áramlási tengely „átcsapódik” a domború part felé. A teljes folyószakasz közel 35%-a fejlett kanyarulat, és 30 %-a pedig fejletlen kanyar. A valódi egyenes szakaszok aránya a legkisebb közel 8%, ahol a középvonal és a sodorvonal szinte egybe esik. Jelentős azon szakaszok hossza: 17%, ahol álkanyarok figyelhetők meg, azaz, a látszatra egyenes folyószakaszokon a mederfenék domborzata alapján már kimutatható a sodorvonal szinuszos jellege (3. ábra). A kanyarulatfejlődés vizsgálata során kigyűjtött inflexiós és tetőponti szelvények legmélyebb mederpontjai alapján meghatároztuk a folyószakasz mederfenék vonalát. Az előállított fenékvonal alapján jól látszik, hogy 170–175 folyamkilométer szelvények közötti szakaszon jelentős eséstörés van. A jelentős változásnak a hatása a főmeder rajzolatában jól kivehető, a markáns kanyargósság ennek az eséstörésnek a környezetében figyelhető meg. Ennek oka, hogy a relatív nagyobb energiájú folyó itt, az eséstörés következtében elveszti energiáját, ezzel lecsökken a hordalék-szállítási kapacitása, és lerakja hordalékát. A 2019-ben készült részletes hordalék és mederanyag mintavételi kampány során 5 – 10 km-es sűrűségben, szelvényenként több pontban mederanyag mintavétel alapján kapott eredmények igazolják az eséstörés jelenlétét és helyét a 175-ös folyamkilométer környékén. Az eredmények alapján a töréspont felett szakaszon meder anyagában a kavics, homokos kavics dominál, alatta jellemzően a homokmeder figyelhető meg (PIRKHOFFER ET AL. 2021).

Konklúzió

A hivatalos és az általunk generált új középvonal összehasonlításával a medermozgások helyeit és irányát, illetve különböző fejlettségi szintű kanyarulatokat

határoztunk meg. Az eredményeink alapján jelentősebb eltéréseket a Barcs feletti szakaszokon találtunk, a Barcs alatti szakaszon teljes mértékben szabályozott a folyó. Az eredmények a vízfolyás részletes áramlási és morfológiai kutatását teszi lehetővé, támogatva ezzel más vízgazdálkodási, tájgazdálkodási célok vizsgálatát is (GUBÁNYI ET AL. 2012).

Felhasznált irodalom

- BERTALAN, L. – KOVÁCS, Z. – SZABÓ, G. (2016): A Sajó mederfejlődési dinamikájának vizsgálata térinformatika-alapú morfometriai elemzések alapján., pp. 91–98. Debrecen Egyetemi Kiadó.
- BERTALAN, L. – SZABÓ, G. – SZABÓ, S. (2017): Hidrológiai tényezők lehetséges hatásai a Sajó magyarországi szakaszának mederfejlődésére. pp. 57–64. Debrecen Egyetemi Kiadó.
- BONACCI, O. – OSKORUŠ, D. (2010): The changes in the lower Drava River water level, discharge and suspended sediment regime. *Environmental Earth Sciences*, 59, 1661–1670. doi: 10.1007/s12665-009-0148-8
- BRIERLEY, G., – FRYIRS, K. (2005): *Geomorphology and River Management*. Carlton, Victoria, USA: Blackwell Publishing.
- CSOMA, J. (1973): *A korszerű folyószabályozás alapelvei és módszerei*. Budapest: VITUKI.
- DÉDUVIZIG. (2021). Folyószabályozási engedélyezési tervek. adatszolgáltatás. Pécs.
- EUROPEAN COMMISSION (2000.12.22): EU Water Framework Directive. Letöltés dátuma: 2020. 02. 29., forrás: https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html
- HALMAI, Á. – GRADWOHL-VALKAY, A. – CZIGÁNY, S. – FICSOR, J. – LIPTAY, Z. Á. – KISS, K. – . . . PIRKHOFFER, E. (2020): Applicability of Recreational-Grade Interferometric Sonar for the Bathymetric Survey and Monitoring of the Drava River. *ISPRS Int*, 9(3), 149. doi:10.3390/ijgi9030149
- HAMVAS, F. (1994): *Vízépítés*. Budapest: Műegyetemi kiadó.
- KISS, T. – ANDRÁSI, G. (2011): A horvátországi duzzasztógátak hatása a Dráva vízjárására és a fenékhordalék szemcseösszetételének alakulására. *Hidrológiai Közlöny*, pp. 17–23.
- KISS, T., – ANDRÁSI, G. (2019): Evolution of the Drava Floodplain in Hungary in the last 100 Years. In D. Lóczy, *The Drava River: Environmental Problems and Solutions* pp. 157–175. Springer Geography. doi:10.1007/978-3-319-92816-6_11
- LACZAY, I. (1982): A folyószabályozás tervezésének morfológiai alapjai. *Vízügyi Közlemények*, pp. 235–254.
- LÓCZY, D. (2012): A folyómedrek morfológiai tipizálásának hierarchiája a nemzetközi irodalomban. *Földrajzi Közlemények*, 136(2), 124–137.
- MONTGOMERY, D., – BUFFINGTON, J. (1997): Channel-reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin*, 109(5), pp. 596–611.
- PIRKHOFFER, E. – HALMAI, Á. – FICSOR, J. – GRADWOHL-VALKAY, A. – LÓCZY, D. – NAGY, Á. – . . . CZIGÁNY, S. (2021): Bedload entrainment dynamics in a partially channelized river with mixed bedload: A case study of the Drava River, Hungary. *River Resourch and Application*.

DESIH hiperspektrális űrfelvételek első magyarországi alkalmazása termés hozam becslésre

Gudmann András¹ – Nizom Farmonov² – Bónus Krisztián³ – Mucsi László⁴

¹ PhD hallgató, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, 6722, Szeged, Egyetem u. 2–6., gudmandras@geo.u-szeged.hu

² PhD hallgató, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, 6722, Szeged, Egyetem u. 2–6., farmonov.nizom@stud.u-szeged.hu

³ Árunövény és precíziós gazdálkodási csoportvezető, Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt., Mezőhegyes, bonus.krisztian@mezohegyesbirtok.hu

⁴ Egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, 6722, Szeged, Egyetem u. 2–6., mucsi@geo.u-szeged.hu

Absztrakt: A termés hozam becslés a mindenkori mezőgazdaság egyik kulcsfontosságú témája, amelyre az idők során különböző tapasztalati és objektív méréseken alapuló megoldások születtek. Jelen kutatásunkban az Nemzetközi Űrállomáson működő DESIS hiperspektrális szenzor felvételei felhasználásával készítettünk termés hozam becslést a Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. egyes őszi búzával bevetett tábláira. A regressziós modell alkalmazásával pixel és parcella szinten is megbecsültük a termés hozamot. A precíziós technológiával meghatározott hozamadatok alapján ellenőriztük becsléseink pontosságát, így megállapítva, hogy a hiperspektrális felvételek alapján megfelelően lehet a termés hozamot megbecsülni. Továbbá megállapítottuk, hogy egy bizonyos parcellán betanított modell sikeresen kiterjeszthető az azonos típusú növényvel bevetett többi parcellára is.

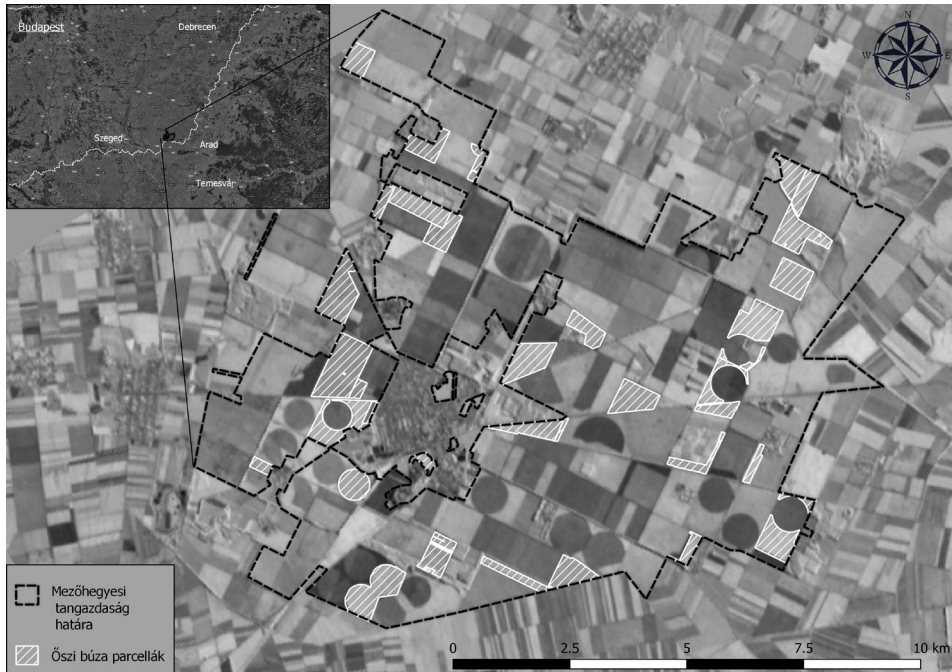
Bevezetés

A távérzékelés klasszikus alkalmazási módja a mezőgazdasági kutatásokban való felhasználás. Ennek oka a távérzékelte adatok nagy térbeli kiterjedése, kedvező felvételezési időközök és a hordozott információ mennyisége (spektrális, geometriai, radiometrikus). A geoinformatikai és képfeldolgozó eljárások révén lehetséges a pontos, megbízható és gyors információ kivonás a térbeli adatokból. Ennek köszönhetően szerteágazó kutatási irányok alakultak ki ezen felhasználási körben. Az egyik elsődleges kutatási terület a mezőgazdasági növények termés elemzése és termésbecslése, amelynek köszönhetően jobban tervezhető a betakarítás, az értékesítés és a tárolás (PAP – PAP 2012). A termés elemzése során a tenyészidő alatt megfigyeléseket végzünk, amelyek kiértékelésével folyamatosan követjük a növény növekedését, fejlődését. Ezáltal lehetővé válik számunkra a termést befolyásoló tényezők beazonosítása és megfigyelése, illetve a termés hozam becslése. A termés hozamot befolyásoló tényezők közül többet meg tudunk figyelni távérzékelési módszerekkel, mint pl. a vetés előtti talajállapotokat, a kelés utáni tőszámot, érés, bokrosodás idejét, a növény víz- és klorofilltartalmát, a biomassza tömege (PAP ET

AL. 2018). A növények, így a felsorolt tényezők részletesebb megfigyelését teszik lehetővé a hiperspektrális mérőműszerek, amelyek a spektrális tér egy darabját nagy felbontással felvételezik (CSENDES–MUCSI 2016). Ennek a nagy spektrális felbontásnak köszönhetően, a növény legkisebb spektrális eltéréseit is megmérhetjük, így könnyen tudjuk azonosítani a növények fajtáját, ill. a termés hozamot befolyásoló tényezőket is megfigyelhetünk (pl.: különböző károsítók, talaj nedvességtartalom csökkenése). Kutatásunk során a DESIS hiperspektrális kamera felvételeit használtuk fel az őszi búza betakarítása előtti több időpontból, a várható termés hozam megbecsülésére a mezőhegyesi Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. több parcelláján. A termés hozam becsléshez, és annak pontosságának méréséhez a tangazdaság által mért pontszerű termés hozam adatokat használtuk fel. A kutatás fő célja a DESIS hiperspektrális szenzor bemutatása és a nagy spektrális felbontású adatokon alapuló termésbecslés egy lehetséges módszerének és pontosságának ismertetése.

Anyag és módszer

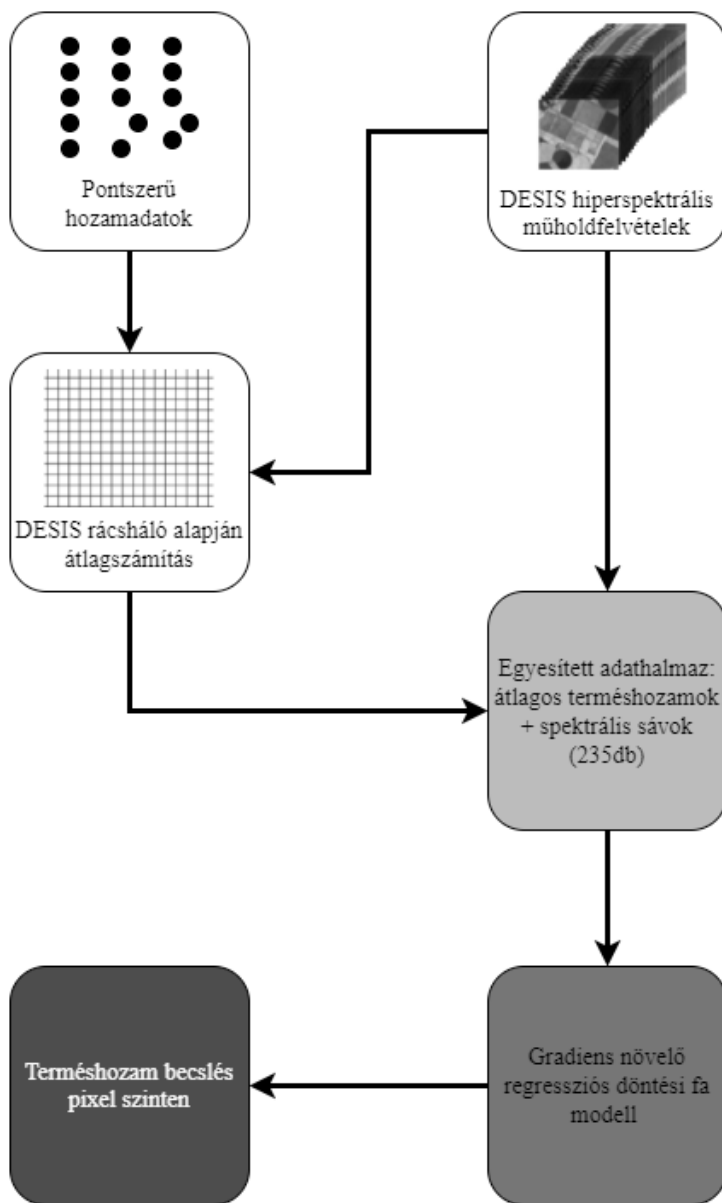
Kutatásunk alapját a Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Német Repülési és Űrutazási Központ, röviden DLR) DESIS (DLR Earth Sensing Imaging Spectrometer) hiperspektrális kamerájának felvételei jelentették. A DESIS a DLR és a Teledyne Brown Engineering közös projektjében fejlesztett és üzemeltetett hiperspektrális kamera, amelyet a Nemzetközi Űrállomáson (International Space Station – ISS) lévő, a Teledyne által működtetett, MUSES (Multi User System for Earth Sensing) platformra telepítettek 2018-ban. A kamera a látható és közeli infravörös tartományban (400–1000 nm) felvételez, 2,55 nm minimális spektrális mintavételezési távolsággal, aminek köszönhetően a műszer 235 sávban képes a felszínt felvételezni. A felvételek 30x30 km-es (~900 km²) területet fednek le, 30 méteres térbeli felbontással (MÜLLER ET AL. 2016). A képek készítésének ideje az ISS pályájától függ, ami miatt egy adott területről körülbelül 2 havonta készül, pár hetes időszakban több felvétel (akár egy napon belül több is). A műszert a Teledyne üzemelteti, és a képek kereskedelmi értékesítését is ez a cég végzi, azonban a DLR tudományos és humanitárius szolgáltatásokra saját műszeridővel rendelkezik (KERR ET AL. 2016). Ennek köszönhetően a tudományos célú tevékenységekhez DESIS képek ingyenesen szerezhetők be, a DLR számára eljuttatott tudományos és felhasználási szándékot bemutató indítvánnyal. Az adatok ingyenes hozzáférhetőségének és a műszer karakterisztikájának jóvoltából, a DESIS felvételek számos célra felhasználhatók, mint pl.: közép- és hosszú távú környezetmonitoring a bányászati területeken, vegetáció monitoring, talajdegradáció mérése stb. (KERR ET AL. 2016). Kutatási mintaprojektünk 2021 májusától október végéig tart és főként a tavaszi vetésű kukorica, napraforgó fenológiai fázisához igazítottuk a felvételezési időablakot. A projekt jelen szakaszában még ezekre a növényekre nincsenek hozam adatok, így a rendelkezésre álló felvételeket az Avenue fajtájú őszi búzával vetett parcellákon teszteltük. A mezőhegyesi tangazdaság Magyarország Délkeleti részében helyezkedik el a magyar–román határ mellett (*1. ábra*).



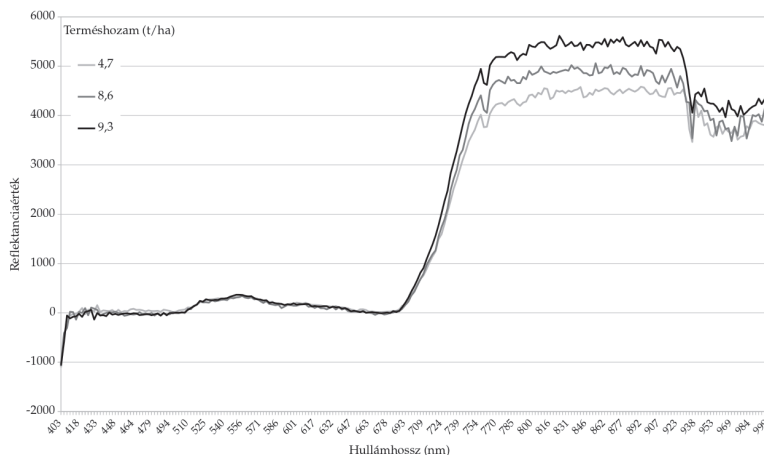
1. ábra A mezőhegyesi tangazdaság és annak őszi búza parcellái a 2021-es évben

A tangazdaság területének közepén helyezkedik el Mezőhegyes városa, továbbá a területen a tangazdaság parcelláin kívül kisebb erdőfoltok találhatóak. A terület kiválóan alkalmas a vizsgálatunkhoz, mivel nagyméretű parcellái lehetővé teszik a közepes térbeli felbontású műholdfelvételekkel történő vizsgálatok elvégzését. A tangazdaság 8130 hektárnyi területén többféle mezőgazdasági növényt és növényfajtát termesztenek, mint pl. őszi búza, szója, napraforgó, árpa, repce, lucerna, siló és hibrid kukorica. A 2021-es évben a hibrid kukorica után az őszi búza vetemény nagysága volt a legnagyobb, kb. 1223 hektár nagysággal, 27 parcellán elosztva (átlagosan 45,3 hektár egy parcella). A DESIS felvételezési időszakból 3 képet választottunk ki az őszi búza betakarítása előtti 1–2 hónapból (06.08, 06.16, 06.21). A geometriailag korrigált képek az ISS pályája miatt kialakuló koordináta/pixel elcsúszásokkal rendelkeznek, amit manuális korrigáltunk. A termésbecslés referencia adatát a mezőhegyesi Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. által rendelkezésünkre bocsátott pontszerű hozam adatok szolgáltatták. Az aratást végző John Deere w650-os típusú kombájn helymeghatározó rendszere és a hozammérő berendezés által gyűjtött hozam adatok könnyen illeszthetőek voltak a térinformatikai és képfeldolgozó szoftverkörnyezetbe. A 30x30 m-es terület egységekre eső, 40–50 db hozam adatot pixel szinten átlagolva használtuk fel. Az átlagolt terméshozam értékhez a DESIS spektrális sávjainak értékeit rendeltük. A két adathalmaz kapcsolatának elemzéséhez regressziós modellt használtunk és a modell alapján becsültük pixel szinten a terméshozamot. A modellépítést és becslést python programozási környezetben hajtottuk végre sklearn, gdal és numpy könyvtárak

implementációjával, gradiens növelő regressziós döntési fa modell alkalmazásával. A modellépítés során rácskereső paraméter becslési eljárással határoztuk meg az ideális modellépítő változókat. Az elkészült modellek alapján becsléseket készítettük az egész parcellára és más azonos fajtájú őszi búzával bevetett parcellákra. Ezután megállapítottuk becsléseink pontosságát pixel és parcella szinten is. Az általunk kialakított módszertan előnye a nagyfokú robusztusság, így könnyen és gyorsan felhasználható más, nagyobb kiterjedésű területeken is (2. ábra).



2. ábra A hozambecslés folyamatának egyszerűsített ábrája



3. ábra A különböző terméshozamú területek spektrum görbéi

Eredmények

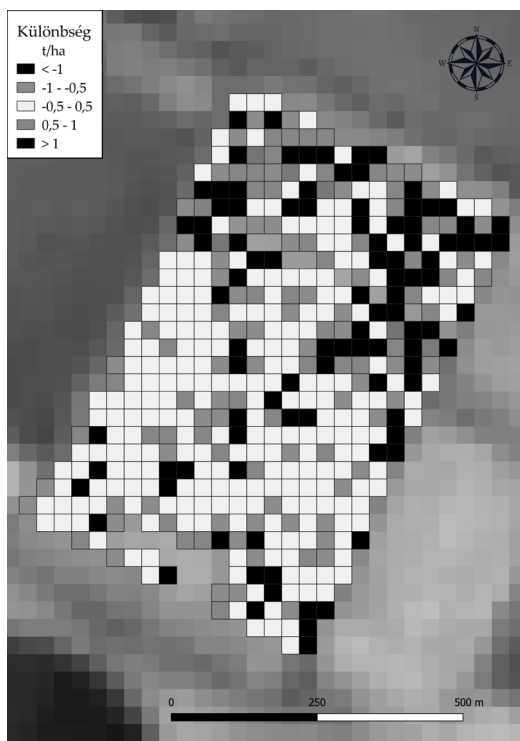
A különböző terméshozamú területek, foltok DESIS felvételek alapján megállapított spektrális reflektancia görbéje alapján jól látható, hogy a látható fény tartományán belül a különböző hozamú területek reflektancia értékei nem térnek el egymástól jelentősen (3. ábra).

Azonban a vörös él utáni közeli infravörös sávokban (135-ös sávtól, 744 nm) az eltérő terméshozamú területek spektrális tulajdonságai is eltérnek egymástól. Ezen sávokban a nagyobb terméshozamú területek nagyobb spektrális értékekkel, míg az alacsonyabb terméshozamú pixelek kisebb értékekkel rendelkeznek, amely a magasabb klorofill tartalommal van összefüggésben. A közeli infravörös sávokban mérhető eltérések biztos alapot szolgáltatnak a termésbecsléshez. A termésbecslés során használt regressziós modell segítségével sikeresen becsültük meg a várható terméshozamokat pixel és parcella szinten is. A június 08-ai és a június 21-ei felvételekre vonatkozó regressziós modellek átlagos hibaértékei közel azonosak (0,98; 0,94). A legjobb átlagos hibaértékű modell a június 16-ai képre vonatkozik (1. táblázat).

A regressziós modellek által becsült értékek parcella szintű statisztikai értékei (minimum, maximum, átlag, medián, szórás, tartomány) és a mért hozamok közötti eltérések megfigyelésével megállapítható, hogy mindhárom modell megfelelő becsléseket adott. Az átlagos hozamértékek közötti eltérés mindhárom időpontban kevesebb mint 0,2 t/ha és a június 16-ai felvétel alapján a különbség csupán 0,01 t/ha

1. táblázat Különböző időpontokban készült DESIS felvételek alapján készített regressziós modellek hiba értékei

Időpont	2021-06-08	2021-06-16	2021-06-21
Átlagos abszolút hiba	0,98	0,76	0,94
Átlagos négyzetes hiba	1,26	0,95	1,25



4. ábra A június 16-ai DESIS kép alapján készített hozambecslés és a valós hozam közötti eltérések pixel szinten

(10 kg/ha). Azonban ezek a statisztikai mutatók rámutatnak arra is, hogy a véletlenszerűen kiválasztott tanítópontok miatt, a becslések és a valós értékek szélsőértékei (minimum, maximum) között jelentős eltérések vannak. A tanítópontok kiválasztásakor további statisztikai paraméter, pl. szórás alkalmazásával vélhetően a tanítópontok, ill. a hozzájuk kapcsolódó képelemek jobban reprezentálják a hozamosztályok átlagos reflektancia-tulajdonságait, így a regressziós modell hibája tovább csökken. A pixel szintű összevetésben ezek az eltérések pontosan lokalizálhatóak is. A legtöbb pixel esetében az eltérések kisebbek mint 0,5 t/ha, azonban ahol ennél nagyobb eltérések vannak, ott a különbség mértéke sokkal nagyobb (1 t/ha felett) (4. ábra).

A jelentős eltérések több okból adódnak. Egyrészt a már említett véletlenszerű mintázás okozta szélsőértékek hiányából, másrészt a parcella szélén (nyílt talajfelszín, más növényzet), és a parcella közepén lévő egy sávban (fasor) lévő vegyes pixelekből.

Egy másik, azonos búza fajtavál bevetett tábla hozamértékeit is megbecsültük a regressziós modellek segítségével. A modellek kiterjesztéseiből láthatóvá vált számunkra, hogy a reflektancia értékek és a hozamértékek között mennyire szoros a kapcsolat. A statisztikai értékek nagyobb különbségeket mutatnak mind az átlagos hozamértékek, mind a medián és a szórás értékek között is. Azonban ezen értékek között is látható, hogy a június 16-ai felvétel alapján készített modell jobb értékeket

mutat, mint a többi modell. Ezen modell átlag és a valós értékek között 0,18 t/ha, a medián értékek között 0,09 különbség van, míg a többi modell esetében ezen mutatók 0,61 – 0,99 t/ha és 0,95 – 0,75. A fenti eredmények alapján megállapítható, hogy a hiperspektrális sávok reflektancia értékei és az átlagos hozamértékek között szignifikáns kapcsolat van. Ennek a kapcsolatnak köszönhetően a DESIS hiperspektrális sávjai alapján megfelelően lehet a hozambecslést megvalósítani. Továbbá az általunk bemutatott módszertan robusztussága miatt a hozambecslési eljárás könnyen és nagy hatékonysággal kivitelezhető más területeken is. Emellett a betanított regressziós modelleket közepes hatékonysággal lehet más parcellák becsléséhez felhasználni, amelynek köszönhetően kevesebb terepi adat felhasználásával is lehetőség nyílik nagy területek hozambecslésére. Azonban a pixel szintű eredmények jól mutatják, hogy a becslési pontosság tovább javítható az ellenőrzött mintavételezéssel, illetve további paraméterek alkalmazásával (talajszkenner adatok, meteorológiai adatok).

Köszönetnyilvánítás

A kutatásban való segítségnyújtásért és szakmai tanácsaikért, melyek nélkül e kutatás nem valósulhatott volna meg, külön köszönetet nyilvánítunk a Nemzeti Ménesbirtok és Tangazdaság Zrt. közreműködő munkatársainak.

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium NKFI-6 K124648 sz. projekt támogatásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

- CSENDES B. – MUCSI L. (2016): Identification and Spectral Evaluation of Agricultural Crops on Hyperspectral Airborne Data. *Journal of Environmental Geography*, 6(3–4), pp. 49–53, doi: 10.1515/jengeo-2016-0012
- KERR, G. – AVBELJ, J. – CARMONA, E. – ECKARDT, A. – GERASCH, B. – GRAHAM, L. – GÜNTHER, B. – HEIDEN, U. – KRUTZ, D. – KRAWCZYK, H. – MAKARAU, A. – MILLER, R. – MÜLLER, R. – PERKINS, R. – WALTER, I. (2016): The hyperspectral sensor DESIS on MUSES: Processing and applications. 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), pp. 268–271. doi: 10.1109/IGARSS.2016.7729061
- MÜLLER R. – AVBELJ J. – CARMONA, E. – ECKARDT, A. – GERASCH, B. – GRAHAM, L. – GÜNTHER, B. – HEIDEN, U. – ICKES, J. – KERR, G. – KNODT, U. – KRUTZ, D. – KRAWCZYK, H. – MAKARAU, A. – MILLER, R. – PERKINS, R. – WALTER, I. (2016): The new hyperspectral sensor DESIS on the Multi-Payload Platform MUSES installed on the ISS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XLI-B1, pp. 461–467, doi: 10.5194/isprs-archives-XLI-B1-461-2016
- PAP N. – PAP J. – SCHMIDT R. (2018): Őszi búza termésbecslése, XXXVII. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár, pp. 178–184.
- PAP N. – PAP J. (2012): A termésbecslés és termélelemzés jelentősége a precíziós növénytermesztésben, LIV. Georgikon Napok, Keszthely, pp. 94.

Miskolc lakott területének geoinformatikai minősítése. Mi változott egy évtized alatt?

Gyenizse Péter¹ – Elekes Tibor² – Németh Gergő³

¹ egy. docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gyenizse@gamma.ttk.pte.hu

² egy. docens, ME MFK Földrajz-Geoinformatika Intézet, ecoeti@uni-miskolc.hu

³ PhD hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gergotab@gmail.com

Absztrakt: A tanulmányban kérdőíves felmérés, valamint geoinformatikai adatgyűjtés és elemzés segítségével, relatív pontszámokkal minősítettük Miskolc lakott területét a társadalmi igények alapján. A kérdőíves felmérés monitoring jellegű volt, azaz 2009 után 2020-ban ismét elvégeztük. A térbeli elemzés segítségével megállapítottuk, hogy egyes tényezők esetében jelentős megítélésbeni különbségek alakultak ki ezen idő alatt, ami kihatott a minősítő térképünk pontszámaira is. A változás legnagyobb nyertesei Pereces és Alsó Majláth városrészek lettek.

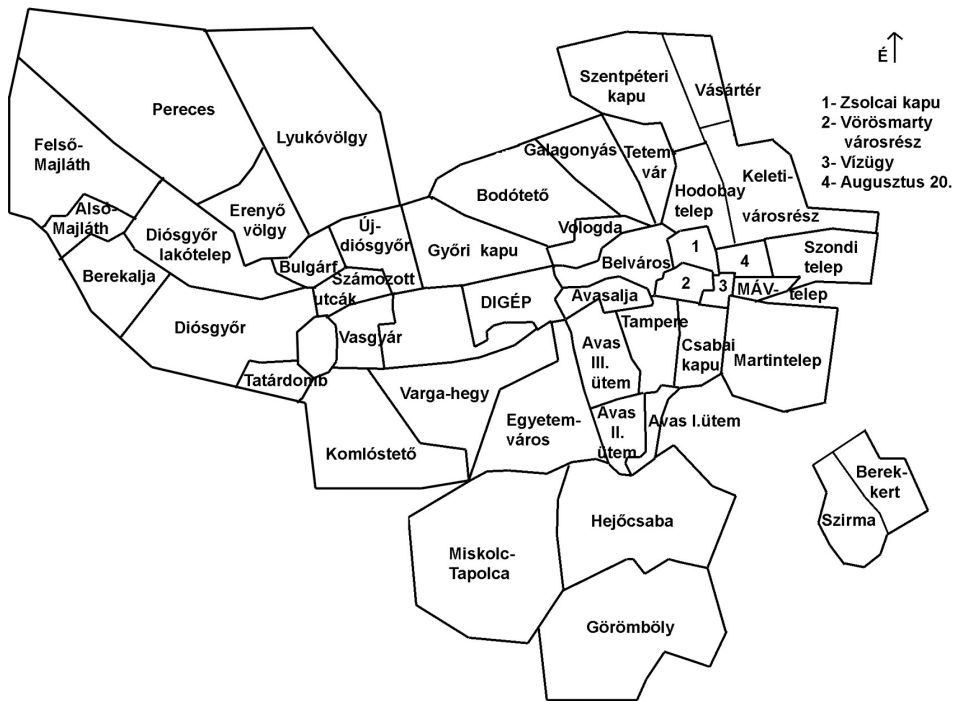
Bevezetés

Ahhoz, hogy egy település (mint rendszer) folyamatosan, zökkenőmentesen működjön, a vezetőknek, döntéshozóknak ismernie kell a természeti adottságokat, valamint a társadalmi, gazdasági és műszaki szférák által támasztott igényeket, a bennük működő folyamatokat. Ezeknek a folyamatoknak a feltárása az egyes részterületeken dolgozó szakemberek feladata. Ők a vizsgálati eredményeiket hatástanulmányok formájában adják a döntéshozóknak (LÁSZLÓ – PAP 2007). Ezeknek a tanulmányoknak az elkészítéséhez, de több ilyen tanulmány eredményeinek együttes feldolgozásához és a végső döntés előkészítéséhez is kiváló eszközök lehetnek a geoinformatikai programok (SZABÓ ET AL. 2004; BUGYA – KOVÁCS 2008; PIRKHOFFER ET AL. 2008; NÉGYESI ET AL. 2018; RONCZYK – WILHELM 2006).

A települési szintű döntéshozásban leggyakrabban használt térinformatikai elemzés a valamilyen szempontrendszer szerinti területminősítés. Ez jelenthet pl. mezőgazdasági termőhely minősítést, környezetterhelhetőségi vizsgálatot, környezetegészségügyi minősítést, tájlesztettkai értékelő rendszert, természetvédelmi vagy éppen beépíthetőségi minősítést (LÓCZY 2002).

Jelen tanulmányunkban két különböző időpontban elvégzett lakóterület-minősítő geoinformatikai elemzést hasonlítottunk össze Miskolc esetében.

Miskolc történelmi belvárosa az Avas előterében fekszik. Az ősi település helyválasztását a Bükk karsztvíz készletéből táplálkozó és akkor még tiszta, egészséges vizű Szinva-patak determinálta.



1. ábra. A vizsgálatban résztvevő városrészek

A XVIII. század második felében kezdték megismerni, feltárni és bányászni a Borsodi-szénmedence miocén korú szénvagyonát, illetve egyre nagyobb mértékben termelték ki ekkortól a Rudabánya környéki vasércet is. Kitűnő lehetőség volt tehát Miskolc szomszédságában vasgyár létesítésére. Miután a szénbányák inkább Diósgyőrhöz voltak közelebb, így a vasgyárat annak K-i szomszédságában Diósgyőr és Miskolc között építették meg a Szinva völgyében. A termeléshez szükséges vizet a bővízű patak szolgáltatta. A gyár termelése már a XVIII. század végén jelentős volt. Az egyre nagyobb munkáslétszám számára egyrészt a gyár közvetlen közelében, másrészt Miskolc Ny-i peremén kertvárosi jellegű településrész jött létre már a XIX. század második felében. Ezzel tulajdonképpen megindult Miskolc jelentős terjeszkedésének első időszaka Ny-felé a Szinva-völgyében, amelynek eredményeként a két település lakóterülete, illetve lakókörnyezete a XX. század közepén egységes lett (NAGY 2007).

A XX. század második felében a város többnyire K-i irányba terjeszkedett. Ekkor épült be a Bükk D-i lejtőlábi térsége a belvárostól D-re, ahol a lejtőkön a környezeténél melegebb a felszín közeli légréteg és az É-i szelek is részben megszelídülnek a hegység „árnyékoló” hatása következtében. Itt elsősorban a lakóterület a jellemző. A D-i irányú terjeszkedésben szerepet játszottak a Miskolctapolcán található források, illetve a gyógyhatásukra létesített fürdő is. A terjeszkedés során Nagy Miskolc városrészévé vált a korábban önálló Hejőcsaba és Miskolctapolca. (A vizsgálatban résztvevő városrészek elhelyezkedése beazonosítható a 1. ábrán.)

Anyag és módszer

Nem csak kézzel fogható, hanem elvont dolgok ábrázolása és értékelése is megtörténhet geoinformatikai módszerek felhasználásával. A következőkben egy olyan módszert mutatunk be, amely alkalmas a nagyobb települések lakott területének minősítésére a lakosság véleményének felhasználásával (GYENIZSE 2009).

Alapfeltevésünk az volt, hogy egy ember új lakásba szeretne költözni egy nagyobb településen és ehhez megfelelő anyagi háttérrel is rendelkezik. Mi befolyásolná a döntését? Egyrészt olyan jellemzők (helyi energiák), amelyek konkrétan egyes épületekhez köthetők, másrészt olyan objektumok (pl. üzletek, iskola), amelyektől mért távolság is számításba jön (helyzeti energia).

Miskolc egyes részeinek társadalmi megítélés alapján való minősítéséhez többféle adat megszerzésére, azok társadalmi igények szempontjából történő pontozására volt szükség. Ahhoz, hogy e témához kapcsolódó, geoinformatikai programmal végezhető vizsgálatokat tudjunk végezni, szükség volt számos térben megfogható objektumra, jellemzőre. Sajnos jó néhány olyan tényező van, amit nem lehetett térben rögzíteni, mert nem kapcsolható koordinátákhoz, vagy nincs róla statisztikai, felmérési adat.

A vizsgálatba bevont objektumok (iskolák, buszmegállók, vállalatok stb.) listáját, azok jellemzőit (pl. munkahelyek száma), valamint a helyzetükre vonatkozó információkat először különböző hivatalok, cégek adták meg, illetve ezeket a saját helyismerettel és terepbejárással egészítettük ki. 2020/2021-ben már sok esetben könnyebb volt a helyzetünk, mert az OpenStreetMap.org honlapjáról számos objektum és azok térbeli helyzete nagypontossággal kinyerhető volt.

Mivel a vizsgálat célja nem csak ezen objektumok térbeli ábrázolása, hanem a lakosságra gyakorolt hatásának felmérése és annak számszerűsítése volt, ezért megfelelő pontrendszert kellett kialakítani minden egyes objektumtípushoz. Az objektív pontrendszer alapját egy kérdőíves felméréssel teremtettük meg 2009-ben, amit 2020-ban megismételtünk. Lakóhely és életkor szerint kiválasztott lakókat kérdeztünk meg az egyes objektumtípusok, illetve lakókörnyezeti jellemzők fontosságáról.

Miskolc lakosságának 1, majd 2 ezrelékét (168, ill. 326 fő) kértünk arra, értékeljék az *1. táblázatban* szereplő objektumokat aszerint, hogy amennyiben elköltöznének jelenlegi lakhelyükről, ezek hogyan befolyásolnák őket az új lakhelyük kiválasztásában. A lehetséges válaszlehetőségek a következők voltak: -2 (igen hátrányos), -1 (kissé hátrányos), 0 (semleges), 1 (kedvező), 2 (igen vonzó). Az eredményül kapott, összegzett pontértékeket később relatív pontszámokká alakítottuk át, a könnyebb számíthatóság érdekében -10 és +10 közé.

A térbeli elemzést a QGIS 3.16.7-Hannover geoinformatikai szoftverben végeztük el. A súlypontozás és a hatótávolság beállítása több lépésben zajlott. Legegyszerűbben az élesen lehatárolt területek (településrészek) súlypontját tudtuk

1. táblázat A térbeli objektumokhoz kapcsolt pontszámok és távolsáértékek

Vizsgált tényezők	Relatív pont 2009	Relatív pont 2020	Rel. pont változás	Hatótávolság (2020, méter)
Lakóépület tulajdonságai:				
1. Az épület anyaga: téгла (vályog, gázbeton)	5,0	7,1	+2,1	–
vasbeton	–4,1	–1,8	+2,3	–
2. Közművek megléte (elektromos áram, vezetékes ivóvíz, szennyvízhálózat)	8,4	9,8	+1,4	–
3. Fűtés: távfűtés	3,3	0,4	–2,9	–
egyéni fűtés	6,1	7,1	+1,0	–
4. Felújításra szoruló építészeti, gépészeti részek az épületben	–4,5	–2,5	+2,0	–
5. Saját kert megléte	7,1	7,9	+0,8	–
Közlekedés:				
6. Busz-, troli-, villamosmegálló közelsége	6,1	6,0	–0,1	93,5
7. Helyi járatú buszpályaudvar közelsége	2,1	3,4	+1,3	267,9
8. Forgalmas főút közelsége	–3,8	–6,3	–2,5	197,3
9. Vasútállomás közelsége	–1,9	–6,5	–4,6	287,1
10. Vasútvonal közelsége	–3,4	–7,0	–3,6	275,4
Oktatás, kultúra:				
11. Bölcsőde, óvoda, általános vagy középiskola közelsége	2,6	4,0	+1,4	248,3
12. A főiskola vagy egyetem valamely karának közelsége	1,0	2,1	+1,1	663,3
13. Templomok közelsége	1,3	2,1	+0,8	485,2
14. Belváros közelsége	2,3	3,6	+1,3	375,6
Kereskedelem, vendéglátás:				
15. Nagyobb élelmiszer üzletek, piac közelsége	5,5	6,7	+1,2	159,6
16. Hipermarketek közelsége	2,3	2,5	+0,2	649,6
17. Műszaki, kertészeti, lakberendezési nagyáruházak, drogériák közelsége	–0,1	0,4	+0,5	4570,0
18. Többfunkciós (mall-jellegű) üzletközpontok közelsége	–0,3	–1,4	–1,1	1392,9
19. Vendéglátóhely, étterem, nagyobb szórakozóhely közelsége	0,4	–0,4	–0,8	4415,0
Rekreáció, sport, egészség:				
20. Park, nagyobb zöldterület, vízfelület közelsége	7,7	8,3	+0,6	102,9
21. Sportpálya (vízi sport is), nagyobb játszótér közelsége	2,2	6,9	+4,7	135,7
22. Kórház, rendelőintézet közelsége	4,8	4,0	–0,8	347,8
Ipar, környezet:				
23. Ipari üzemek közelsége	–6,3	–9,1	–2,8	494,3
24. Nagyobb légszennyező-, zaj- és bűzforrások közelsége	–9,1	–9,9	–0,8	531,6
25. Hátrányos helyzetű társadalmi rétegek közelsége	–7,0	–8,8	–1,8	618,4

megadni. Ebben az esetben egyszerű átosztályozással kaptuk meg a részeredmény réteget.

Összetettebb módon lehetett csak megadni a súlypontokat abban az esetben, amikor az objektumtól való távolság is fontos volt. Elkészítettünk egy olyan réteget, amin az objektumtól távolodva növekvő távolság-értéket kaptak a pixelek. Majd ezt a távolságot alakítottuk át a felmérés során kapott pontértékekké. Az átalakítás után, ha a súlypont pozitív volt, akkor az objektumtól távolodva csökkent, ha negatív, akkor az objektumtól távolodva nőtt a képelemek értéke a meghatározott távolsághatárig. Hiszen az emberek számára az a jó, ha a nekik fontos, az életminőségüket növelő objektumokhoz közel, a számukra negatív hatású területektől minél távolabb laknak. A későbbiekben ezen rétegek összesítésével kaptunk egy, a lakosság véleményét tükröző eredményréteget.

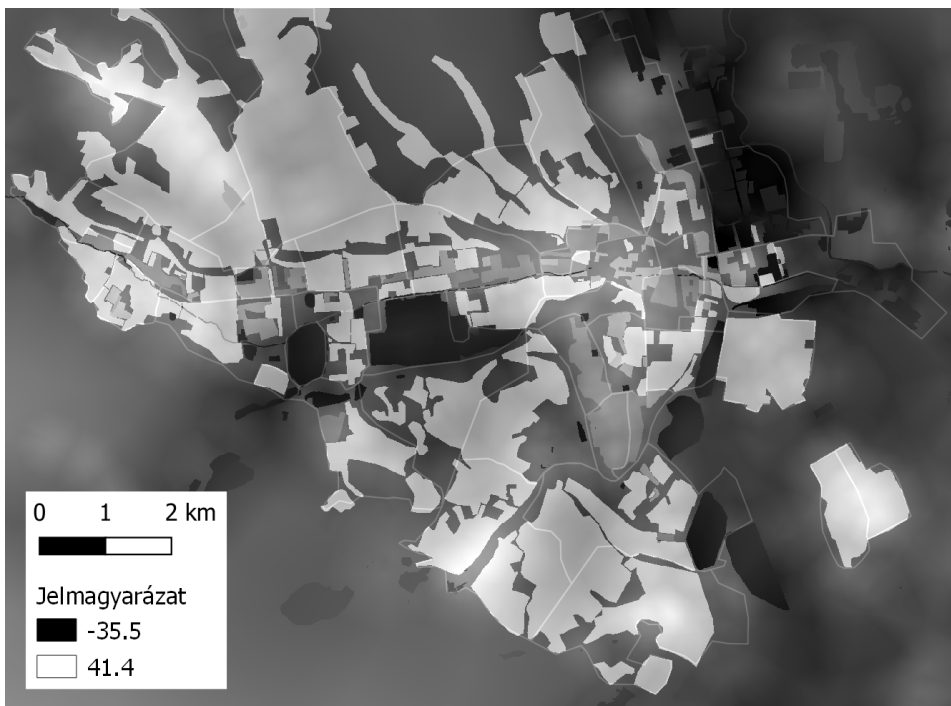
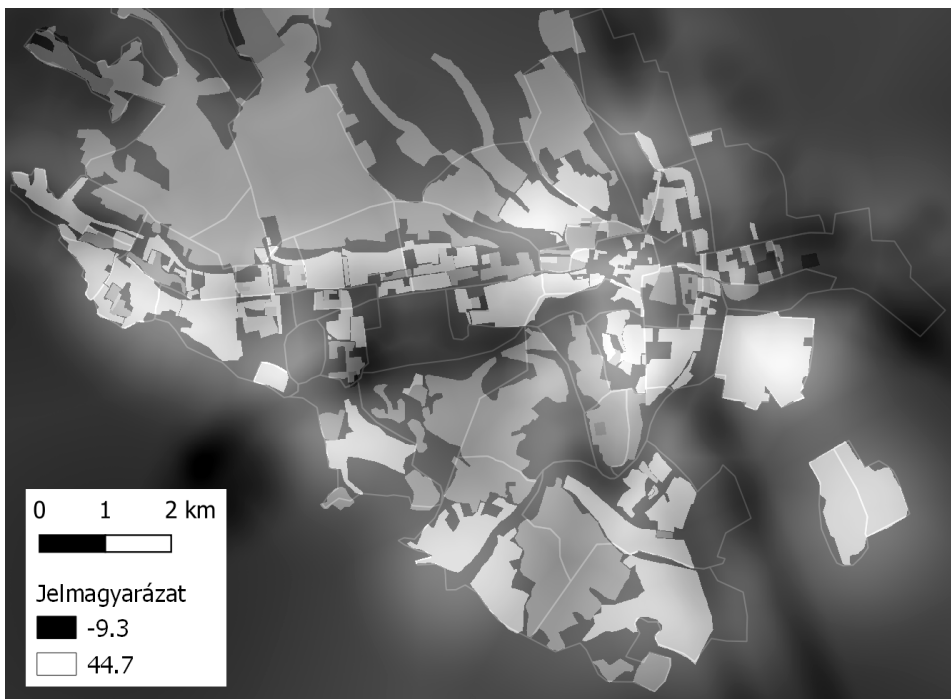
A térbeli elemzések tehát nagyrészt megegyező módszertannal zajlottak, kivéve azt, hogy a 2020-as kérdőívezés során felmértük az egyes objektumokhoz tartozó pontos távolsághatárokat is.

A társadalom véleményét és igényeit tükröző tematikus réteg kialakításához összegeztük a részeredmény rétegeket (2. ábra).

Eredmények

A 2009 után 2020-ban megismételt kérdőíves felmérésből számított relatív pontszámok között kisebb-nagyobb változások figyelhetők meg (1. táblázat). A -10 és +10 közötti skálán a következő tényezők megítélése nőtt legalább 2 ponttal: Felújításra szoruló építészeti, gépészeti részek az épületben; Az épület anyaga: téglá; Az épület anyaga: vasbeton és a Sportpálya... közelsége. Az előbbiekre lehetséges, hogy a lakásfelújítási támogatás bevezetése volt hatással. Ezzel szemben legalább 2 ponttal csökkent, rosszabbodott a Vasútállomás közelsége; Vasútvonal közelsége; Fűtés: távfűtés; Ipari üzemek közelsége és a Forgalmas főútvonal közelsége. Úgy tűnik, hogy a miskolci emberek, az említett két időpont között, még érzékenyebbek lettek a zavaró és környezetszennyező objektumokra.

Kiszámoltuk a városrészek lakóterületeire eső pixelek átlagos pontszámát, valamint az egész város lakott területeit jelképező pixelcsoport átlagos pontszámát is. A 2. táblázatban olvasható a városrészek városi átlaghoz viszonyított pontértékei. Ebben az esetben stabilabb és instabilabb megítélésű városrészeket is megfigyelhetünk. Jellemzően a nyugodt, természetközeli, kertvárosi jellegű városrészek szereztek mind a két felmérés esetén magas pontszámot. Kivételt képez a Belváros és Tampere. A 2009–2020 közötti időszak legnagyobb nyertesének a korábban rossz, illetve közepes megítélésű Pereces, Alsó Majláth és Görömböly számítanak. Lehetséges, hogy jelenleg folyó építkezési, otthoneremtési támogatásnak is köszönhető mindez. A felmérés szerint az időszak legnagyobb vesztesei a panel tömbházak részek voltak.



2. ábra A társadalmi igények alapján készített rétegek összegzéséből kapott minősítő térképek (felül a 2009-es, alul a 2020-as felmérés és elemzés eredménye)

2. táblázat A városrészek városi átlaghoz viszonyított értékeinek összefoglaló táblázata

Városrészek (2009)	Városrészek társadalmi pontjai a városi átlaghoz viszonyítva (2009)	Városrészek (2020)	Városrészek társadalmi pontjai a városi átlaghoz viszonyítva (2020)
Tampere	148%	Avasalja	179%
Tatárdomb	139%	Berekkert	162%
Belváros	137%	Berekalja	160%
Martintelep	135%	Szirma	151%
Avasalja	131%	Belváros	141%
Berekalja	128%	Pereces	136%
Berekkert	125%	Miskolctapolca	134%
Szirma	124%	Alsó Majláth	130%
Diósgyőr	123%	Tampere	130%
Csabai kapu	121%	Csabai kapu	121%
Komlóstető	112%	Görömböly	121%
Bulgárföld	111%	Diósgyőr	120%
Szentpéteri kapu	107%	Diósgyőr lakótelep	118%
Diósgyőr lakótelep	106%	DIGEP	115%
Keleti városrész	106%	Tetemvár	112%
Avas III. ütem	105%	Bodótető	111%
Bodótető	105%	Felső Majláth	105%
Vologda	105%	Vízügy	104%
Zsolcai kapu	104%	Komlóstető	102%
Vízügy	104%	Erenyővölgy	94%
Hodobay telep	103%	Vasgyár	90%
Miskolctapolca	102%	Martintelep	88%
Tetemvár	102%	Hejőcsaba	87%
DIGEP	100%	MAV-telep	85%
Új Diósgyőr	99%	Galagonyás	84%
Görömböly	99%	Egyetemváros	82%
Hejőcsaba	99%	Györi kapu	82%
Avas I. ütem	98%	Új Diósgyőr	78%
Alsó Majláth	98%	Zsolcai kapu	73%
Györi kapu	94%	Lyukóvölgy	66%
Erenyővölgy	93%	Számozott utcák	66%
Vörösmarty városrész	92%	Vologda	65%
Számozott utcák	91%	Hodobay-telep	63%
Galagonyás	87%	Varga-hegy	63%
Avas II. ütem	86%	Tatárdomb	60%
Egyetemváros	86%	Selyemrét	58%
Felső Majláth	85%	Keleti városrész	58%
Vasgyár	77%	Szondi telep	54%
Lyukóvölgy	71%	Bulgárföld	44%
Varga-hegy	71%	Vörösmarty városrész	44%
MAV-telep	71%	Szentpéteri kapu	30%
Pereces	70%	Avas III. ütem	27%
Szondi telep	50%	Avas I. ütem	20%
(Selyemrét n.a.)		Avas II. ütem	18%

Irodalomjegyzék

- BUGYA T. – KOVÁCS I. P. (2008): Identification of geomorphological surfaces by GIS and statistical methods in Hungarian test areas. In: Progress in Geography in the European Capital of Culture 2010. Lóczy D., Tóth J., Trócsányi A. (eds.), Geographia Pannonica Nova 3, University of Pécs, Imedias Publisher, Pécs, pp. 249–255.
- GYENIZSE P. (2009): Geoinformatikai vizsgálatok Pécsen. Pécs településfejlődésére ható természeti és társadalmi hatások vizsgálata geoinformatikai módszerekkel. Geographia Pannonica Nova 7, Publikon Kiadó, Pécs, 110 p.
- LÁSZLÓ M. – PAP N. (2007): Bevezetés a terület- és településfejlesztésbe. Lomart Kiadó, Pécs, 161. p.
- LÓCZY D. (2002): Tájéértékelés, földértékelés. Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs, 307 p.
- NAGY Z. (2007): Miskolc város pozíciójának változásai a magyar városhálózatban a 19. század végétől napjainkig. Studia Geographica 19. Debreceni Egyetem, 244 p.
- NÉGYESI G. – LABORCZI A. – KOVÁCS T. – BIHARI Z. – PÁSZTOR L. (2018): Integrated spatial assessment of wind erosion risk in Hungary, In: Z., Máčka; J., Ježková; E., Nováková; F., Kuda (szerk.) Geomorfologický sborník 16: Proceedings of the conference: State of geomorphological research in 2018, Ostrava, Csehország: Masaryk University, pp. 66–67.
- PIRKHOFFER E. – CZIGÁNY SZ. – GERESDI I. (2008): Modeling of flash flood events in a small low-mountain watershed in SW Hungary. In: Joined 2nd MAP D-PHASE Scientific Meeting & COST 731 Mid-term Seminar. Bologna, 19-22 May 2008 (abstract), pp. 64–65.
- RONCZYK L. – WILHELM Z. (2006): Beneficial use of the stormwater in Pécs. In: Grazer Schriften der Geographie und Raumforschung, Band 40/2006, pp. 135–144.
- SZABÓ SZ. – SZABÓ G. – SZABÓ J. (2004): Digitális magasságmodellek és úrfelvételek alkalmazása geomorfológiai értékeléshez a Bodrogzug példáján. Digitális domborzatmodelllezés használata a környezet- és mérnöktudományokban c. konferencia – Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Konferencia CD ROM, ISBN 963 661 686 8

Building and programming a mobile mapping platform

Viktor Győző Horváth

PhD Student, BUTE Dept. of Photogrammetry and Geoinformatics

Abstract: In my thesis I present the construction and programming of a mobile mapping system built from open hardware components, and then I investigate the accuracy and reliability of the maps produced by the system. My platform consists of a RPLidar 360° laser scanner, a Raspberry Pi 4, two motors, a motor control board, and a 2 3500 mAh battery. The platform runs the Linux operating system, and the robot is controlled by the Robot Operating System (ROS), the so-called "middleware". For mapping, I use the Hector SLAM algorithm, which stands for Heterogeneous Cooperating Team Of Robots. The algorithm was developed at the Technical University of Darmstadt (TU Darmstadt) for Urban Search and Rescue. A major advantage of the algorithm is that it does not require odometry data or an inertial measurement unit (IMU) on the platform. Obviously, the lack of odometry has its drawbacks, and I will show an example of this in my thesis.

Introduction

The problem of Simultaneous Localization And Mapping (SLAM) is as old as robotics itself. The robot not only has to survey a location and produce a map from it, but it has to do so without having any information about where the platform itself is. This can be complicated by the fact that the environment changes during the mapping process. From a statistical point of view, mapping is a Bayesian inference problem, just like localization. The most common solution to this problem is the Extended Kalman Filter (EKF), but there are other algorithms based on this. In my thesis, I investigate the extent to which SLAM-generated maps for robot navigation can be used for geodesic purposes.

ROS – Robot Operating System

ROS stands for Robot Operating System. The first version was released in 2007 and has been under continuous development since then. Its latest release was published on 22 November 2019. ROS is in fact a meta-operating system; by this we mean that it also performs tasks that are classically the tasks of the operating system, but it does not replace the operating system. Such tasks include hardware abstraction, low-level device control and implementation of common functionalities.

It also provides users with tools and libraries to help them obtain, write and run code on multiple computers.

ROS can be described as a network of peer-to-peer computer processes connected by the ROS communication infrastructure. ROS enables several forms of communication, including RPC (Remote Process Calling) communication, asynchronous data streams and data storage on so-called "parameter servers". Although ROS is not a real-time framework, it is possible to integrate real-time code.

For the main ROS client libraries, Ubuntu Linux is the supported operating system, while macOS, Fedora Linux and Microsoft Windows are experimental, but can also be used for Android development.

SLAM algorithms

SLAM is one of the most researched areas in robotics. It is extremely useful for creating and updating maps in unfamiliar environments. Today, the biggest challenges of SLAM are that sensor errors add up as the robot moves, the mapped space changes rapidly, whether the measurement detected by the sensors at two different times is for the same object, and whether the environment is constant. (SANTOS ET AL. 2013) Perhaps the biggest advantage of SLAM robots is that they can get information from places where it would be risky for a human to enter.

Most SLAM algorithms are based on probabilities. The great advantage of using probabilities is their robustness to measurement noise and their ability to quantify uncertainty. The probabilistic models used for mapping rely on Bayes' theorem. Kalman filters are the most popular application of Bayesian filters. There are two main steps: prediction and correction. The prediction calculates the position from a previous iteration, while in the correction step the position from the prediction is combined with the data from the sensors. Nonlinearity problems in the robot position model can be taken into account by using an Extended Kalman Filter. Particle filters are also a type of Bayesian filter application. The probability is expressed by a weighted collection of particles, where each particle has a rank of importance. Particle filters assume that the next state depends only on the previous state (Markov assumption). Initially, the filter assumes that the position can be anywhere, and then, after applying Bayes' theorem, discards the positions with the lowest probability. The advantage of particle filters is that they represent uncertainty through multivariate distributions and handle non-Gaussian noise appropriately. The FastSLAM method combines the two methods; it uses a modified particle filter in which each particle has its own Kalman filter. The resulting solution is less computationally demanding than the extended Kalman filters. The graph-based SLAM algorithms are able to correct errors in particle and extended Kalman filters. In these methods, a graph is constructed from the extracted data, where edges represent constraints between two consecutive positions, which may be either movements or measurements. To produce the map, all edges are linearized to produce a sparse matrix, which is also the sparse graph. The optimization process makes this algorithm impractical for large tasks.

SLAM algorithms available in ROS

A commonly used package in ROS is *HectorSLAM*. The scanned data is solved using the Gauss-Newton algorithm. The algorithm attempts to find the optimal location of shape points for the already generated map. Only the main shape points are considered for comparison. The big advantage is that no odometry is required. In the case of slow telemetry, large inaccuracies can occur in data comparisons.

The most commonly and widely used SLAM package is *Gmapping*. It is implemented using particle filters. The output data is odometry and laser rangefinder data, the output is a raster map of obstacles and open terrain, it even shows positions. The biggest advantage of the package is the detailed documentation. Easy to configure and use, but only in combination with odometry.

The *KartoSLAM* algorithm is based on the Karto Robotics graph-based method. They have achieved an algorithm optimization that rivals other SLAM algorithms in terms of computational demand. The nodes contain a sequence of consecutive positions. For each new node, a new optimal spatial node configuration is computed. The package is cumbersome to use due to incomplete documentation and the need for odometry. A *CoreSLAM* uses a simple particle filter to fit the scanned data. The package has almost no documented. LAGO-SLAM graph-based algorithm; unlike other graph-based methods, no initial estimation is required during optimisation. There is no information about the algorithm on the official ROS site.

The HectorSLAM algorithm

HectorSLAM is an open source 2D SLAM technique. The method uses data from a laser scanner to generate a grid map of the environment. Unlike most grid-

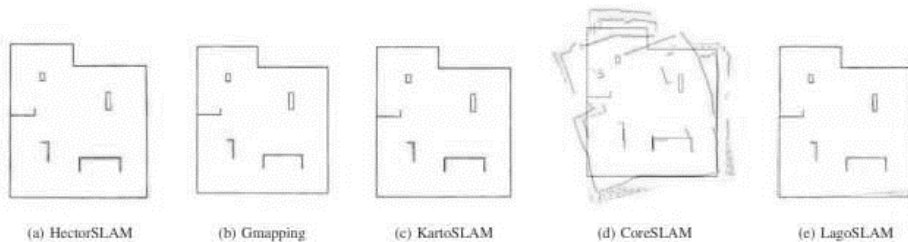


Figure 1. Deviation maps in a simulation environment (SANTOS ET AL. 2013)

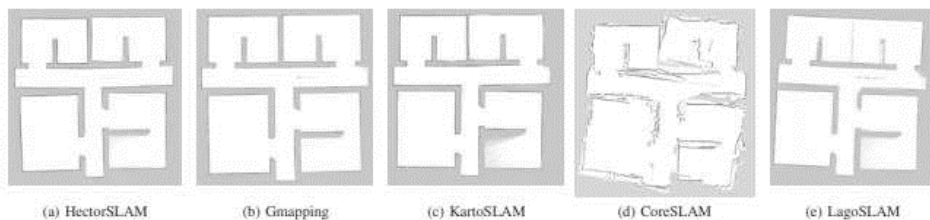


Figure 2. Deviation maps in real environments (SANTOS ET AL. 2013)

based SLAM methods, it does not require wheel odometry, so the platform position is estimated from the fitting of the measurement results only. The high update rate and accuracy of modern LiDAR allows fast and accurate estimates of the platform position (KAMARULZAMAN KAMARUDIN ET AL. 2014).

The algorithm for fitting the measurement results is based on the Gauss-Newton approach. The algorithm uses a minimum search to find the position of the points on the laser endpoint on the generated map.

Although HectorSLAM does not have the ability to loop-close (i.e. to return to the initial measurement location to make the fits more accurate), the developers say the system has been able to do this in several real-world mapping situations. Two major advantages of the algorithm are speed and low computational requirements.

HectorSLAM is a grid-based SLAM, i.e. the result is not a point cloud but an occupancy grid where the values of the grid cells can take values from -1 to 100 .

The hardware platform

I built the platform myself (*Figure 3*). Its main components are a profile laser scanner (RPLidar A1), a Raspberry Pi 3 control computer and the motors needed to move it.

Software implementation

I have chosen the latest version of Ubuntu MATE, codenamed Focal Fossa 20.04, as this is required for the Noetic Ninjemys version of ROS. Ubuntu MATE is a free and open source Linux distribution for mobile devices. I can control Raspberry wirelessly via WiFi from my smartphone, all I need is to be on the same Wifi network and to know the local IP address of the platform.

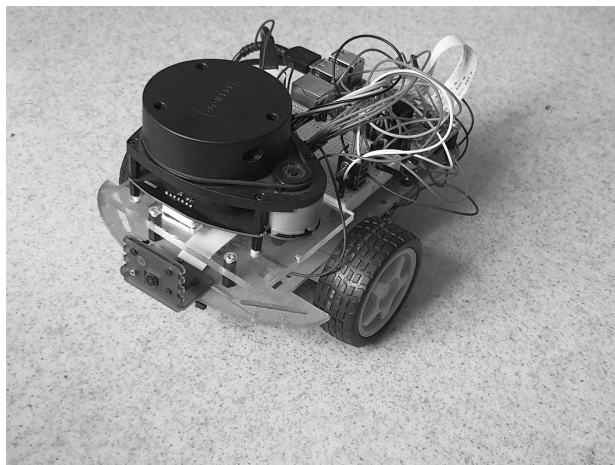


Figure 3. The final platform



Figure 4. Control interface on smartphone and control of the robot

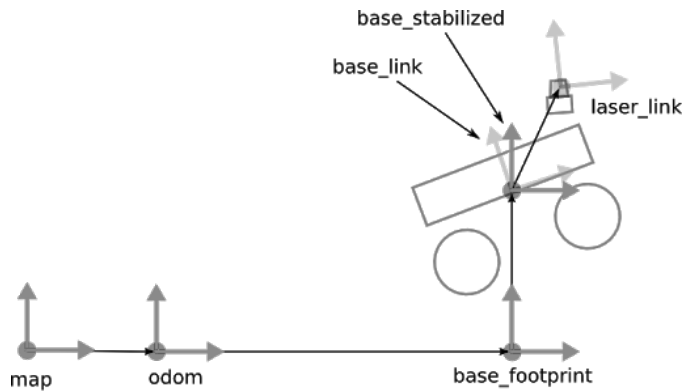


Figure 5. Coordinate systems

The laser scanner data is collected by the ROS package `Rplidar_node`. The measurement results can be displayed in real time. You can then run the `hector_mapping` node, which produces the map from the measurement results. Aligning the different coordinate systems and specifying the transformation parameters between them is particularly important. The transformations are done by the `tf` node.

For this simple platform, we need to know about the following coordinate systems (Figure 5).

In my case, this picture is simplified, because `base_stabilized` and `base_footprint` will be the same as `base_link`, because as long as we stay on flat terrain, we don't need the height. `laser_link` is the coordinate system of the scanner, we equate it with `base_link`, so the laser scanner system is the same as the platform, and since it also calculates the odometry from `base_link`, these two systems can be equated.

Practical application of the system

I put my platform to the test in 4 real environments. The first mapping was carried out in the corridors of the 10th floor of the Vászárhelyi Pál Dormitory (VPK). Unfortunately, I could not obtain a reference for this measurement, so I used the photographed evacuation plan of the building.

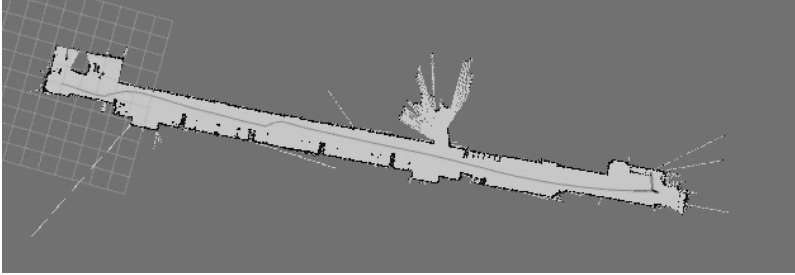


Figure 6. Map of the internal corridor of the FMT

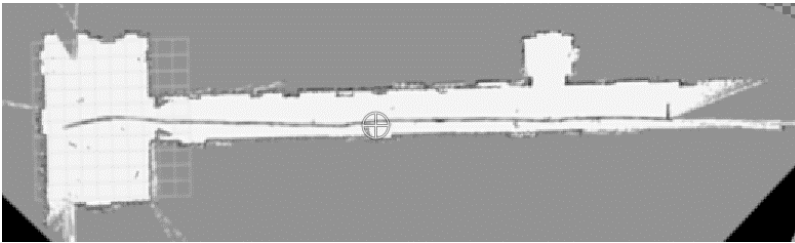


Figure 7. The two rasters in a common system, with red colour generated from the TLS point cloud

The next mapping was done in the Rédey Room of the Department of General and Upper Geodesy. At this time I managed to obtain a .dwg floor plan, but this was made before the department was renovated, so it cannot serve as an accurate basis for comparison. Based on the georeferencing of the map, the floor plan of the room can be drawn in AutoCAD.

The last two locations were the inner corridor of the Department of Photogrammetry and Geoinformatics (FMT) and the corridor in front of the entrance of the department (Figure 6).

I also produced a deviation map from the map of the external corridor and a raster generated from a terrestrial laser scanner (TLS) point cloud. To do this, I first georeferenced the generated map into a metric system, and then inserted it into the coordinate system of the point cloud using a Helmert transformation (Figure 7).

According to the floor plan, the rooms have an area of 6.86 m² and 20.78 m². Based on the georeferenced map, I calculated the areas in QGIS; they were 6.50 m² and 20.26 m². Finally, I edited the contours in AutoCAD, and then I got 6.55 m² and 21.09 m².

Conclusion and opportunities for further development

The system I built proved to be functional and can be easily controlled remotely via a smartphone using the Wifi network. The SLAM algorithm is very sensitive to platform speed and sudden turns. However, it is already possible to produce maps, but depending on the terrain, multiple circuits are required.

The maps produced in their current form do not achieve geodetic accuracy, but with the `hector_geotiff` module it may be possible to achieve an error of less than 10 cm resolution. However, for geospatial accuracy needs, reasonably accurate indoor maps can be produced relatively quickly.

Some possible applications of the system are:

- mapping of hazardous places for humans
- survey of unfurnished buildings
- assessing the location of equipment (e.g. desks, chairs) in offices
- preparing an escape plan for older buildings where a floor plan is not available.

As a main development direction, I would like to work on making the platform self-driving. Navigation libraries are available for the `hector_mapping` package, and ROS also has built-in navigation libraries. It may also be worth exploring other SLAM algorithms using the platform. For this purpose, the platform can be simply equipped with an inertial measurement unit or an odometer.

Bibliography

- FRANTIŠEK DUCHOŇ ET AL. (2019): Verification of SLAM Methods Implemented in ROS. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*, 6(9).
- JOAO MACHADO SANTOS ET AL. (2013): An Evaluation of 2D SLAM Techniques Available in Robot Operating System (IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics).
- JOSEPH LENTIN (2015): *Mastering ROS for Robotics Programming*.
- KAMARULZAMAN KAMARUDIN ET AL. (2014): Performance Analysis of the Microsoft Kinect Sensor for 2D Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) Techniques. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4299068/> Last accessed 05.10.2020
- MARCIN SŁOMIANY ET AL. (2020): Motion Planning and Control of Social Mobile Robot - Part 1. Robot Hardware Architecture and Description of Navigation System: Progress in Automation, Robotics and Measurement Techniques (Automation 2019 (pp.513–523))
- STUART RUSSELL – PETER NORVIG (2005): *ARTIFICIAL INTELLIGENCE. A MODERN APPROACH*. 2nd Edition (Pearson Education Limited, p. 1170).
- <http://wiki.ros.org/> last access: 05.10.2020
- <https://blog.acolyer.org/2015/11/05/simultaneous-localization-and-mapping-part-i-history-of-the-slam-problem/> Last access: 05.10.2020
- https://en.wikipedia.org/wiki/Robot_Operating_System Last access: 05.10.2020
- https://en.wikipedia.org/wiki/Shakey_the_robot Last access: 05.10.2020
- <https://github.com/makersdigest/T06-TB6612FNG-Motor-Controller/tree/master/raspberry-pi> Last access: 05.10.2020
- https://hu.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi Last access: 05.10.2020
- <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/200521+Raspberry+Pi+4+Product+Brief.pdf> Last accessed 05.10.2020
- <https://www.slamtec.com/en/Lidar/A1Spec> Last access: 05.10.2020

Mezőkövesd talajvízminőségének állapotfelmérése és értékelése

Juhász Dániel

MSc hallgató, Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, juhaszdaniel0798@gmail.com

Abstract: In the present study, the effects of the sewage network construction on ground water quality are evaluated using Backman's contamination index (Cd) and Water Quality Index (WQI). Water samples were collected from 44 groundwater wells in the summer of 2021. The groundwater quality was assessed by using the water quality status and contamination degree methods. Following parameters were used for calculation: pH, EC, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , COD, Cl⁻. The degree of contamination of the groundwater was classified into 5 categories: $\text{Cd}>3$ very high contamination, $3>\text{Cd}>2$ high contamination, $2>\text{Cd}>1$ moderate contamination, $1>\text{Cd}$ low contamination, $\text{Cd}=0$ non contaminated. The results show low strong groundwater contamination. In 2021, in 79.6% of the examined wells, the water quality was low or non-contaminated. Only 20.5% of the water samples had a medium degree of contamination. The Water Quality Status (WQS) of the monitoring wells was determined according to the WQI values. In 2021 20.4% of the water samples were categorized as being in the poor ($51<\text{WQI}<75$) and very poor WQS categories ($75<\text{WQI}<100$), in thirty-five of the monitoring wells did the WQI range between 25-50 (good WQS) and 0-25 (excellent WQS).

Bevezetés

Az elmúlt években a vízminőség feltérképezése és értékelése egyre fontosabb részét képezik a hazai és nemzetközi környezeti kutatásoknak (BORA – FARSANG ET AL. 2017; GOSWAMI 2017; MESTER ET AL. 2017, 2021; BALLA ET AL. 2020; SZABÓ ET AL. 2010; JUDEH ET AL. 2021). A vízminőség állapot leírására az elmúlt évtizedekben számos indexet dolgoztak ki, hogy számos fizikai, kémiai és biológiai paraméter aggregálásával egyszerűsítsék az adatok értékelését, összehasonlítását (HORTON 1965; BROWN ET AL. 1970; BACKMAN ET AL. 1998; REISENHOFER ET AL. 1998; PESCE – WUNDERLIN 2000). A különféle szennyezettségi indexek alkalmazásának további előnye, hogy a vízminőségre vonatkozó információkat közérthetővé teszi a nyilvánosság és a politikai döntéshozók számára is (BOUSLAH ET AL. 2017). Így a vízminőség indexek alkalmazása bevett gyakorlattá vált a felszíni és felszín alatti vizek állapotának leírása során (LIOU ET AL. 2004; BOUSLAH ET AL. 2019; MESTER ET AL. 2020). Az egyetlen vízminőségi mutatóba aggregált monitoring adatok Földrajzi Információs Rendszerekben (GIS) való megjelenítése különböző geovizualizációs technikák alkalmazásával a környezeti kutatások fontos részévé vált (BALLA ET AL. 2015, 2016, 2017). A vízminőség indexek alapján létrehozott tematikus térképek

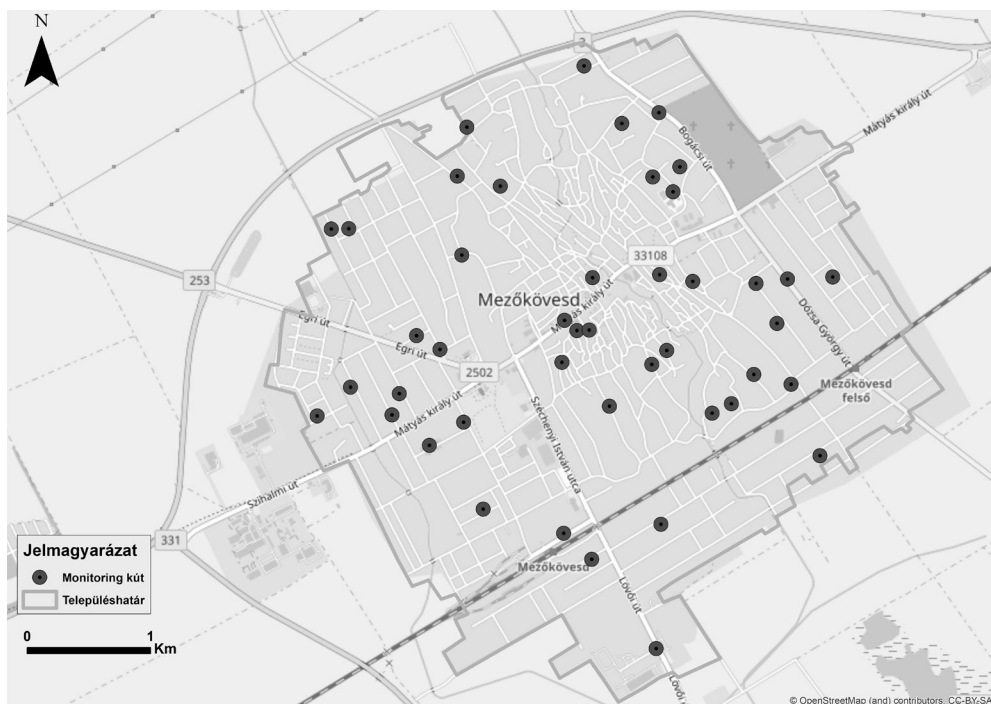
pedig átfogó képet adnak az adott környezeti problémáról, valamint kiváló értékelési és kommunikációs eszközök (STIGTER ET AL. 2006).

Kutatómunkám során Mezőkövesd településen végeztem talajvízminőség vizsgálatokat. Bár a településen már 2014-ben elkészült a szennyvízcsatorna hálózat, a kiépítést követően azonban nem történt a teljes települést lefedő talajvízminőség-vizsgálat, amely információt szolgáltatna a beruházás pozitív környezeti hatásairól. Ezért különböző vízminőségi indexek alkalmazásával azt vizsgáltam, hogy a szennyvízcsatorna hálózat kiépítése hogyan befolyásolta a település felszín alatti vízkészletének minőségét és a szennyezettség fokának térbeli alakulását.

Anyag és Módszer

Mintavétel és a vízminőség indexek meghatározása

A vizsgálatba Mezőkövesd településén 44 ásott kutat vontam be (1. ábra). A kutakból 2021 nyarán végzett mintavétel során a talajvízkutak felső 1 méteres vízrétegét mintáztam meg. A begyűjtött vízminták pH és EC értékeit Consort C3010 mérőműszerrel, ammónium-ion (NH_4^+), nitrit-ion (NO_2^-), nitrát-ion (NO_3^-), foszfát-ion (PO_4^{3-}) klorid-ion (Cl^-) koncentrációját, valamint szervesanyag tartalmát (KOI_{ps}) az Egységes Vízvizsgáló Módszerek alapján határoztam meg (LITERÁTHY 1973). A laboratóriumi mérések eredményeit a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes



1. ábra A mintavételi pontok elhelyezkedése Mezőkövesd településen

1. táblázat WQI és WQS kategóriák és a lehetséges vízfelhasználás

WQI	Vízminőség állapot (WQS)	Lehetséges használat
0-25	Kiváló vízminőség	Lakossági, öntözés, ipari
26-50	Jó vízminőség	Mezőgazdasági, ipari
51-75	Rossz vízminőség	Mezőgazdasági, ipari
76-100	Nagyon rossz vízminőség	Mezőgazdasági
100 <	Bármilyen használatra alkalmatlan	Felhasználás előtt tisztító kezelés szükséges

rendelet „A földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről” alapján értékeltem.

Mivel a különböző paraméterek fontossága függ az adott víz felhasználásától, ezért BROWN ET AL. (1970) súlyozott számtani index használatát javasolták, melynek kiszámolása a következő lépésekből áll:

$$WQI = \sum Q_n W_n / \sum W_n$$

ahol Q_n az n. vízminőségi paraméter minőségi besorolása, W_n az n. vízminőségi paraméter egységnyi súlya. A Q_n értékét az alábbi egyenlet alapján számítjuk ki:

$$Q_n = 100[(V_n - V_i)/(V_s - V_i)]$$

ahol V_n az n-edik paraméter tényleges értéke, V_i az adott paraméter ideális értéke [$V_i=0$, kivéve: pH ($V_i=7$)], a V_s az n. vízminőségi paraméter szabványos megengedett határértéke. Az egységnyi súly (W_n) a következő képlettel számolhatjuk ki:

$$W_n = k/V_s$$

ahol k az arányosság állandója, amelyet a következő egyenlet alapján számolhatunk ki:

$$k = \left[1 / \sum 1/V_s = 1, 2, \dots, n \right]$$

A WQI értékek alapján meghatározott vízminőség állapotát (Water Quality Status, WQS) az 1. táblázat mutatja.

Szennyezettségi Index BACKMAN ET AL. (1998) alapján

Az index a talajvízre káros paraméterek együttes hatását tükrözi, oly módon, hogy minden határérték feletti paramétert figyelembe vesz. Az index ebből következően a szennyező faktorok összegének tekinthető. A szennyezettség fokának megállapítása során (BACKMAN ET AL. 1998) minden vízminta esetében el kell végezni a számításokat. A számításokat a következő egyenlet alapján végeztük el:

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_{fi} \quad \text{ahol: } C_{fi} = \frac{C_{Ai}}{C_{Ni}} - 1$$

C_{fi} = szennyezettségi faktor i-edik komponensre; C_{Ai} = i-edik komponens analitikai értéke; C_{Ni} = i-edik komponens szennyezettségi határértéke.

A szennyezettségi index értékeket 5 kategóriába sorolták (2. táblázat).

Geoinformatikai feldolgozás és adatvizualizáció

Az adatgyűjtés során a vízminták laboratóriumi mérését és a szennyezettségi indexek számítását végeztem el. Ezt követte az adatok térinformatikai feldolgozása, amit ESRI ArcGIS 10.4.1-es verziójával végeztem el. Mivel a kutak vízkémiai és szennyezettségi adatait táblázatos formában koordinátákkal együtt rögzítettem, így szükséges volt azok térinformatikai környezetbe való importálására. Az adatok shape fájlba történő konvertálása és a megfelelő szimbolika definiálása után elkészítettem a területről a tematikus ponttérképeket.

Eredmények

A szennyezettségi indexek kiszámításához szükséges vízkémiai paraméterekre vonatkozó szennyezettségi határértékek leíró statisztikáját a 3. táblázat tartalmazza. 2021-ben, a vizsgált 8 paraméterből csak a nitrát (NO_3^-) esetében haladja meg az átlagérték a vonatkozó határértéket. A nitrát esetében jelentős különbségek mutatkoznak az egyes kutak értékei között. Az alsó kvartilis értéke szennyezettségi határérték alatt (28,93 mg/l) míg a felső kvartilis értéke (70,45 mg/l) a vonatkozó 50 mg/l-es határérték felett alakult.

2. táblázat A szennyezettség foka BACKMAN ET AL. (1998) alapján

Cd érték	Szennyezettség foka
0	nem szennyezett
<1	alacsony
1-2	közepes
2-3	szennyezett
>3	erősen szennyezett

3. táblázat A vizsgált vízkémiai paraméterek leíró statisztikája

	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	NH_4^+ (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	KOI (mg/l)	Cl- (mg/l)
Átlag	6,91	919,66	0,16	0,01	53,36	0,31	0,73	30,4
Minimum	6,49	311	0,06	0	7,61	0,02	0	13,4
Maximum	7,94	1361	0,75	0,05	177,38	1,13	6,59	108,95
Alsó kvart.	6,7	787,25	0,08	0	28,93	0,08	0,31	22,55
Felső kvart.	7,04	1048,5	0,16	0,01	70,45	0,41	0,78	35,72
Határérték	6,5-8,5	2500	0,5	0,5	50	0,5	4,5	250



2. ábra A vizsgált kutak elhelyezkedése és térbeli eloszlása BROWN ET AL. (1970) vízminőségi indexe alapján

A talajvízminőség értékelése vízminőség indexek alapján

A WQI indexértékek 9,8 – 92,35 között alakulnak. Az indexértékek alapján meghatároztam a vizek vízminőségi állapotát (WQS). A minták 6,8% a nagyon rossz vízminőség kategóriába került. A minták további 13,6%-a esetében gyenge vízminőséget állapítottam meg. A vízminőség állapota a minták 79,5%-a esetében volt jó vagy kiváló.

Azért, hogy a szennyezettség fokának térbeli alakulását is meg tudjam állapítani, a mintavételi pontokhoz tartozó vízminőségi állapotot ponttérképen ábrázoltam, amely során az öt kategóriát színekkel láttam el (2. ábra). Megállapítható, hogy a település középső területe tekinthető a legszennyezettebbnek, míg a település D-i és É-i területei jellemzően jó vagy kiváló vízminőségi állapottal jellemezhetők.

A BACKMAN ET AL. (1998) által a szennyezettség fokának értékelésére kidolgozott módszer alapján kiszámoltam az index értékeket. Az értékek 0,00 – 2,55 között változtak. Ezen index esetében is az értékek alapján a vízmintákat 5 kategóriába soroltam. A kutak 20,5%-a az közepesen szennyezettséget jelző kategóriába került. A kutak 79,6%-ban alacsony a szennyezettség foka (alacsony vagy nem szennyezett).

A szennyezettség térbeli alakulásának megállapítása érdekében az előző indexhez hasonlóan az öt kategóriát színekkel láttam el és az egyes kutak vízminőségi



3. ábra A vizsgált kutak elhelyezkedése és térbeli eloszlása BACKMAN ET AL. (1998) szennyezettség fokának értékelésére kidolgozott indexe alapján

állapotát ponttérképen ábrázoltam (3. ábra). A szennyezettség térbeli alakulása hasonló mintázatot mutat a Brown indexel. A település É-i és D-i területei itt is a legkevésbé szennyezettek (alacsony vagy nem szennyezett). Kialakult egy, a település középső részén található zóna, ahol a szennyezettség mértéke közepesnek tekinthető. A település központjában közepes szennyezettségét ez az index is kimutatta.

Következtetések

A vizsgálat során felhasznált vízminőség indexek alapján megállapítottam, hogy a település talajvízkészletének vízminőségi állapota alacsony – közepes szennyezettséget mutat. A szakirodalomban szereplő más települési vízminőségi adatokhoz képest a viszonylagos alacsony szennyezettség összefüggésben áll a település magas csatornázottsági arányával, ennek igazolása ugyanakkor további vizsgálatokat igényel. A szennyezettség mértékében a település középső területei felé növekvő tendenciát mutattam ki. A koncentrációk térbeli alakulása a településrészeken eltérő időben bekövetkező csatornázással hozható összefüggésbe, ugyanakkor csatornázás pozitív hatásainak kimutatása további vizsgálatokat igényel.

Felhasznált irodalom

- 6/2009 (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti vízszennyezéssel szembeni védeleméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről.
- BACKMAN, B. – BODIŠ, D. – LAHERMO, P. – RAPANT, S. – TARVAINEN, T. (1998): Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia. *Environmental Geology*, 36(1–2), 55–64.
- BALLA, D. – ZICHAR, M. – BARKÓCZI, N. – VARGA, O. G. (2015): Cognitive interpretation of different spatial databases in web environment. In 2015 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom) (pp. 159–162). IEEE.
- BALLA, D. – VARGA, O. G. – BARKÓCZI, N. – NOVÁK, T. J. – ZICHAR, M. – KARIKA, A. (2016): Methods of processing and geovisualization of soil profiles. *AGRÁRINFORMATIKA/JOURNAL OF AGRICULTURAL INFORMATICS*, 7(2), pp. 11–18.
- BALLA, D. – MESTER, T. – BOTOS, Á. – NOVÁK, T. J. – RÁSÓ, J. – ZICHAR, M. – KARIKA, A. (2017): Possibilities of spatial data visualization with web technologies for cognitive interpretation. In 2017 8th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom) (pp. 000017–000020). IEEE.
- BALLA, D. – ZICHAR, M. – TÓTH, R. – KISS, E. – KARANCSI, G. – MESTER, T. (2020): Geovisualization techniques of spatial environmental data using different visualization tools. *Applied Sciences*, 10(19), 6701.
- BORA, M. – GOSWAMI, D. C. (2017): Water quality assessment in terms of water quality index (WQI): case study of the Kolong River, Assam, India. *Applied Water Science*, 7(6), pp. 3125–3135.
- BOUSLAH, S. – DJEMILI, L. – HOUICHI, L. (2017): Water quality index assessment of Koudiat Medouar Reservoir, northeast Algeria using weighted arithmetic index method. *Journal of Water and Land Development*, 35(1), pp. 221–228.
- BROWN, R. M. – MCCLELLAND, N. I. – DEININGER, R. A. – TOZER, R. G. (1970): A water quality index – do we dare.
- FARSANG, A. – FEJES, I. – TÓTH, T. M. (2017): Integrated evaluation of urban groundwater hydrogeochemistry in context of fractal behaviour of groundwater level fluctuations. *Hydrological sciences journal*, 62(8), pp. 1216–1229.
- HORTON, R. K. (1965): An index number system for rating water quality. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 37(3), pp. 300–306.
- JUDEH, T. – BIAN, H. – SHAHROUR, I. (2021): GIS-Based Spatiotemporal Mapping of Groundwater Potability and Palatability Indices in Arid and Semi-Arid Areas. *Water*, 13(9), 1323.
- LIU, S. M. – LO, S. L. – WANG, S. H. (2004): A generalized water quality index for Taiwan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96(1–3), pp. 35–52.
- LITERÁTHY P. (1973): Egységes vízvizsgálati módszerek I. Kémiai módszerek, 1. kötet, Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóintézet IV. vízminőségi és víztechnológiai Főosztálya, 233 p.
- MESTER, T. – SZABO, G. – BESSENEYI, E. – KARANCSI, G. – BARKÓCZI, N. – BALLA, D. (2017): The effects of uninsulated sewage tanks on groundwater. A case study in an eastern Hungarian settlement. *Journal of Water and Land Development*, (33), pp. 123–129.

- MESTER, T. – BALLA, D. – KARANCSI, G. – BESSENYEI, É. – SZABÓ, G. (2019): Effects of nitrogen loading from domestic wastewater on groundwater quality. *Water SA*, 45(3), pp. 349–358.
- MESTER, T. – BALLA, D. – SZABÓ, G. (2020): Assessment of Groundwater Quality Changes in the Rural Environment of the Hungarian Great Plain Based on Selected Water Quality Indicators. *Water Air and Soil Pollution*, 231(11), 536.
- MESTER, T. – SZABÓ, G. – BALLA, D. (2021): Assessment of Shallow Groundwater Purification Processes after the Construction of a Municipal Sewerage Network. *Water*, 13(14), 1946.
- PESCE, S. F. – WUNDERLIN, D. A. (2000): Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquia River. *Water Research*, 34(11), pp. 2915–2926.
- REISENHOFER, E. – ADAMI, G. – BARBIERI, P. (1998): Using chemical and physical parameters to define the quality of karstic freshwaters (Timavo River, North-eastern Italy): a chemometric approach. *Water Research*, 32(4), pp. 1193–1203.
- STIGTER, T. Y. – RIBEIRO, L. – DILL, A. C. (2006): Application of a groundwater quality index as an assessment and communication tool in agro-environmental policies—two Portuguese case studies. *Journal of Hydrology*, 327(3–4), pp. 578–591.
- SZABÓ, G. – BESSENYEI, É. – SZABÓ, A. (2010): Water quality examination of the groundwater quality in a settlement of Eastern Hungary. *Sci. Ann., School of Geol.* 100, pp. 127–131.

Belvíz detektálása felhővel borított multispektrális műholdképeken

Kajári Balázs^{1,2} – Boudewijn van Leeuwen³

¹ PhD hallgató, Szegedi tudományegyetem, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, balazs.kajari@gmail.com

² tudományos segédmunkatárs, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet Öntözési és Vízgazdálkodási Kutató-központ, Kajari.Balazs@uni-mate.hu

³ egyetemi adjunktus, Szegedi tudományegyetem, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, leeuwen@geo.u-szeged.hu

Abstract: Nowadays, climate change not only leads to riverine floods but also to inland excess water due to extreme hydrological processes. The inundations can be very dynamic in nature. They can quickly appear, but also can disappear fast. This it important to use as many satellite images as possible for their monitoring, including the ones with atmospheric disturbances (clouds). In this study, we present methodologies based on different indices (NDVI, NVWI, MNDWI) and classification methods (ML, RF, SVM) to extract inland excess water using cloudy and Sentinel 2 satellite imagery.

Bevezetés

A Kárpát-medencét földrajzi adottságaiból adódóan az év során az időjárási viszonyok szélsőségesen befolyásolják. Egyrészt a tél végi csapadékos időszakok ár- és belvizet, másrészt nyáron a hosszú száraz időszakok ugyan ezeken a helyeken szárazságot okozhatnak (RAKONCZAI ET AL. 2011). A sekély vízréteggel borított sík területeken a belvizek az egy-két naptól, akár több hétig vagy hónapig is jelen lehetnek. A folyami és parti árvizekkel ellentétben a belvíz akkor keletkezik, amikor a korlátozott lefolyás, beszivárgás és párolgás miatt a felesleges víz a felszínen marad, vagy olyan helyeken, ahol az alacsonyabb területek felé áramló talajvíz a porózus talajon keresztül szivárgással a felszínen jelenik meg (SZATMÁRI – VAN LEEUWEN 2013). A jelenség más, alacsonyan fekvő országokban (Hollandia, Lengyelország, Németország) is ismert, bár különösen Magyarországon a belvízzel kapcsolatos kutatásoknak hosszú hagyománya van. Az éghajlatváltozás helyenként a csapadék intenzitásának növekedését eredményezheti, ami növelheti a belvizek kockázatát (MEZŐSI ET AL. 2017).

Ahhoz, hogy a belvíz elöntések ellen hatékonyan fel tudjunk lépni, és intézkedéseket tudjunk hozni a megelőzésük vagy a károk enyhítése érdekében, meg kell értenünk, hogy hol és miért alakul ki. Ehhez elengedhetetlen, hogy az elöntésekről valós időben és folyamatosan térképeket készítsünk. A belvíz térképezésére és monitorozására négy fő megközelítést lehet meghatározni (VAN LEEUWEN ET AL. 2020). A legrégebbi megközelítés a belvíz foltok vizuális megfigyelése. Magyarországon

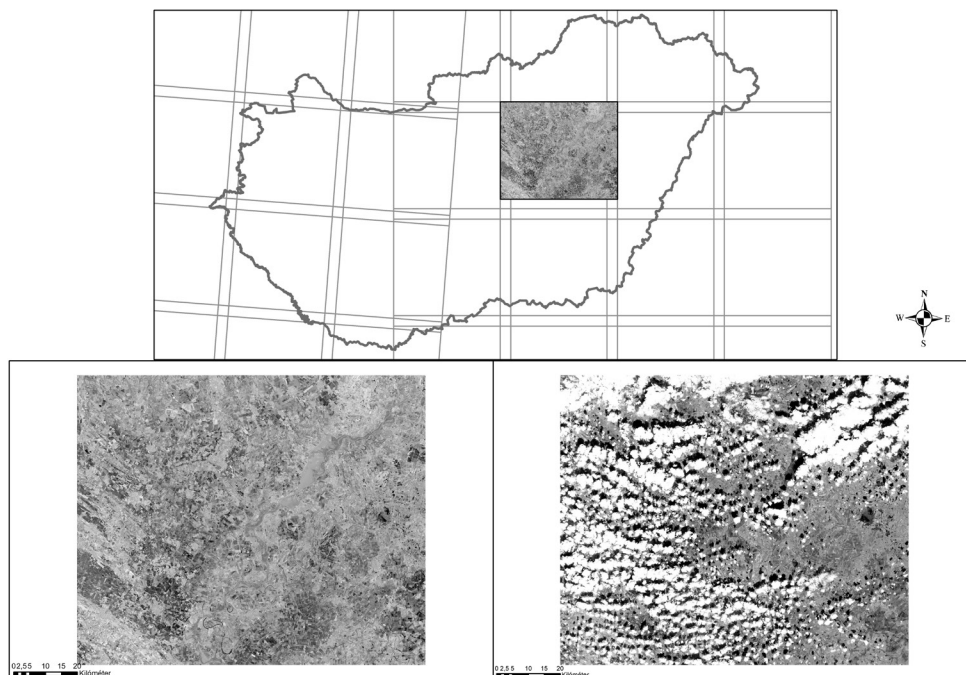
az első in situ belvíz térképek a 20. század közepéről származnak, azóta minden esős időszakban terepi felméréseket végeznek az általa érintett területeken. Ez a megközelítés munkaigényes, és könnyen vezethet hibákhoz a felmérési és a megfigyelési módszertan közötti különbségek miatt. A helyszíni megfigyelések alapján nem lehetséges a nyomon követés, mivel általában csak a belvizes időszak alatt megfigyelt maximális elöntést rajzolják fel a térképre. PÁLFAI (2003) az elsők között végezte el a belvizet okozó tényezőkhöz alapuló veszélyeztetettség térképezést, amelynek eredményeként elkészült az országos belvíz-veszélyeztetettség térképe. Azóta ennek a megközelítésnek számos országos, regionális és helyi változata jelent meg (pl. PÁSZTOR ET AL. 2015; BOZAN ET AL. 2018). A belvíz modellezését hidrológiai modellező szoftver segítségével is elvégezték (Pl. KOZMA 2019). Ez a megközelítés a belvízzel kapcsolatos részletes modelleket eredményezhet, de nagy mennyiségű pontos bemeneti adatot igényel, amelyek gyakran csak kis területekre állnak rendelkezésre. A negyedik megközelítés az belvíz térképezésére és monitorozására távérzékelési adatokon és algoritmusokon alapul. Kis (drónok), közepes (légi felvételek) és nagy (műholdfelvételek) területekről gyűjtött adatokat használtak fel a belvíz kimutatására (BALÁZS ET AL. 2018; GÁLYA ET AL. 2016; GULÁCSI – KOVÁCS 2019). A távérzékelési adatokon jól ismert szabványosított módszerek (indexek, osztályozások) alkalmazhatók, amelyek lehetővé teszik nagy területek egységes, jó térbeli felbontású felszínfedettség térképének osztályozott elkészítését (GUDMANN ET AL. 2019; SZABÓ ET AL. 2021).

A kutatás célja 3 különböző osztályozó algoritmus (Maximum Likelihood (ML), Random Forest (RF), Support Vector Machine, (SVM)) és 3 index alapú módszer (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), víz index Normalized Difference Water Index (NDWI), Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI)) értékelése az belvíz kiterjedésének meghatározására egy felhős és egy nem felhős multispektrális műholdkép alapján.

Anyag és módszer

A Sentinel-2 multispektrális képalkotó műholdak optikai adatokat szolgáltatnak közel ötnapos ismétlődő időszakokkal. A rendelkezésre álló 13 spektrális sávból, amelyek a látható tartománytól a közeli infravörösön át a rövidhullámú infravörösig terjedő spektrumot fedik le, 10 sávot használtunk fel a 10 és a 20 méteres térbeli felbontású spektrális sávokból az elemzéshez. A több kép mozaikolásából adódó zavaró hatások elkerülése érdekében az elemzésünkben egyszerre csak egy képet használtunk fel.

A mintaterület az Alföld közepén helyezkedik el, a Tisza által szabdalta terület igen változatos morfológiájúnak mondható. Éghajlata mérsékelt meleg-száraz, az évi csapadékösszeg 500–550 mm. Elsősorban szárazságtűrő, hosszú tenyészidejű és magas hőigényű növényfajták termesztésére alkalmas a terület, ahol megnő a vízvisszatartás és az öntözés jelentősége. A mintaterület felszíne egyenletesen



1. ábra Sentinel 2 hamis színű kompozit (B8, B4, B3), amely bemutatja a vizsgálati területet mindkét időpontban (2021.02.23 (bal), 2021.03.20 (jobb)), és annak magyarországi elhelyezkedését a Sentinel 2 felvételezési grid hálóban (34TDT)

sík, ezért a gyakori aszályok mellett belvizek is sújtják területét. Talajadottságai zömmel jó termékenységű talajok (elsősorban csernozjomok) alkotják, alacsonyabb termékenységű talajok a folyóvölgyben (főképpen öntés talajok) találhatóak. A talajvíz mélysége változó annak ellenére, hogy sűrű a csatornahálózat, általában 2–4 m az évszakonkénti ingadozás, de a déli területeken 4–6 m közötti is lehet. A belvizes területek a mélyebben fekvő mezőgazdasági területekre, a rétekre és a legelőkre szorultak vissza. Ezen mozaikos természetközeli élőhelyek nagy része Natura 2000 természetmegőrzési terület, tehát itt fontos a természetvédelmi érdekek érvényesítése és a tájfenntartás (DÖVÉNYI ET AL. 2010).

A Sentinel 2 műholdcsalád jelenleg rendelkezésre álló, nagy felbontású multispektrális adatai segítségével nagy térbeli felbontással és nagy területekre kiterjedően lehet térképezni a belvizet. A Kárpát-medencében a relatív nagy időbeli felbontásnak (1–4 nap) köszönhetően tudjuk monitorozni a belvíz kialakulását. A folyamatos megfigyelést korlátozza a rossz időjárás (felhők), amelynek zavaró hatása gyakran a belvíz idején is jelentkezik. Emiatt szükséges a felhős képeket is felhasználni az elemzés során és belevenni az elemzési folyamatokba, ahol a felhők és felhőárnyékok szűrésére van szükség.

A 20 m-es spektrális sávokat először a jobb térbeli felbontás érdekében újra osztályoztuk és 10m-es felbontásra mintáztuk át az egységes feldolgozás érdekében.

A felhővel borított műholdfelvételen az Európai Űrügynökség (ESA) által elkészített 20 m-es felbontású felhő maszkját (SCL) használtuk fel, majd a felhőárnyék és a felhőkategóriák kerültek kimaszkolásra a felhős műholdfelvételen. Az előkészített felvételeken a műholdas adatok alapján létrehoztunk egy tematikus felszínborítás térképeket az osztályozási algoritmusok számára.

Kilenc különböző felszínfedettség kategóriát különítettünk el, amelyek alapján a három osztályozási módszert alkalmaztuk. Az első, az ML osztályozás az egyik leggyakrabban használt irányított osztályozási módszer, amely közvetlenül, minden sávot figyelembe véve határozza meg a statisztikai kapcsolatot a bemenő és a kimenő adatok között. Statisztikai döntési szabálya azon alapul, hogy egy pixel adott, előre definiált osztályhoz tartozásának valószínűségét meghatározva, abba az osztályba kerül besorolásra, amelynél ez a valószínűségi értéke a legnagyobb (Tso – MATHER 2009).

A második, az RF módszer, egy sok döntési fa osztályozási modelltől álló együttes osztályozási módszer (JIN ET AL. 2018). Az elmúlt húsz évben számos területen, például az orvostudományban, a közgazdaságtanban és a földrajzban széles körben használták. Az RF algoritmus más hagyományos módszerekhez képest jó robusztusságot mutat a távérzékelési kép osztályozásában, mivel kevesebb paramétert és minimális kézi beavatkozást igényel, és magas osztályozási pontosságot eredményez, továbbá képes a nagy dimenziós adatok kezelésére és az osztályozási eredmények gyors elérésére (MING ET AL. 2016).

A harmadik, a Tartóvektor-gép (SVM) algoritmus optimalizációs algoritmusokat alkalmaz az osztályok közötti optimális határok megtalálására. Statisztikailag az optimális határokat (hipersíkokat) az osztályokat elválasztó lehetséges határok közül a legkisebb hibával kell általánosítani a nem látott mintákra, így minimalizálva az osztályok közötti zavart (HUANG ET AL. 2002).

Továbbá a műholdképek B3, B4, B8 és B11 sávjaiból származó index-térképeket is elkészítettük a belvíz detektálására. A meghatározott küszöbértékek alapján a vegetációs (NDVI), a víz (NDWI, McFEETERS 1996) és a módosított víz (MNDWI, XU 2005) index térképeket víz és nem víz osztályokra osztottuk. Az alábbi képleteket használtuk az indexek elkészítéséhez:

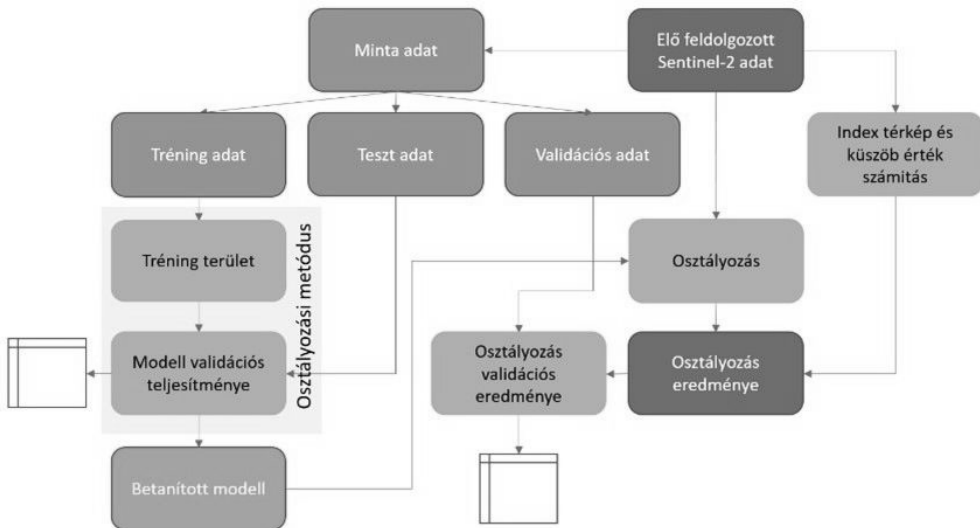
$$NDVI = (B8 - B4) / (B8 + B4)$$

$$NDWI = (B3 - B8) / (B3 + B8)$$

$$MNDWI = (B3 - B11) / (B3 + B11)$$

Az előkészített adatok feldolgozása egy komplex modellbe került, amelyek osztályozásokból és indexekből állnak (2. ábra).

Az elkészült indexek és osztályozott műholdképek pontosságbecslését végeztük el, hogy megbizonyosodjunk arról, melyik eljárás ad pontosabb eredményt mind a felhőmentes és a felhővel borított műholdképen. A felszínfedettség kategóriákként (9 db) 50–50 pontot tettünk le véletlenszerűen és kiszámoltuk a Confusion mátrixát, ahol megkaptuk a User Accuracy (UA) és a Kappa Index hibaértéket (KI).

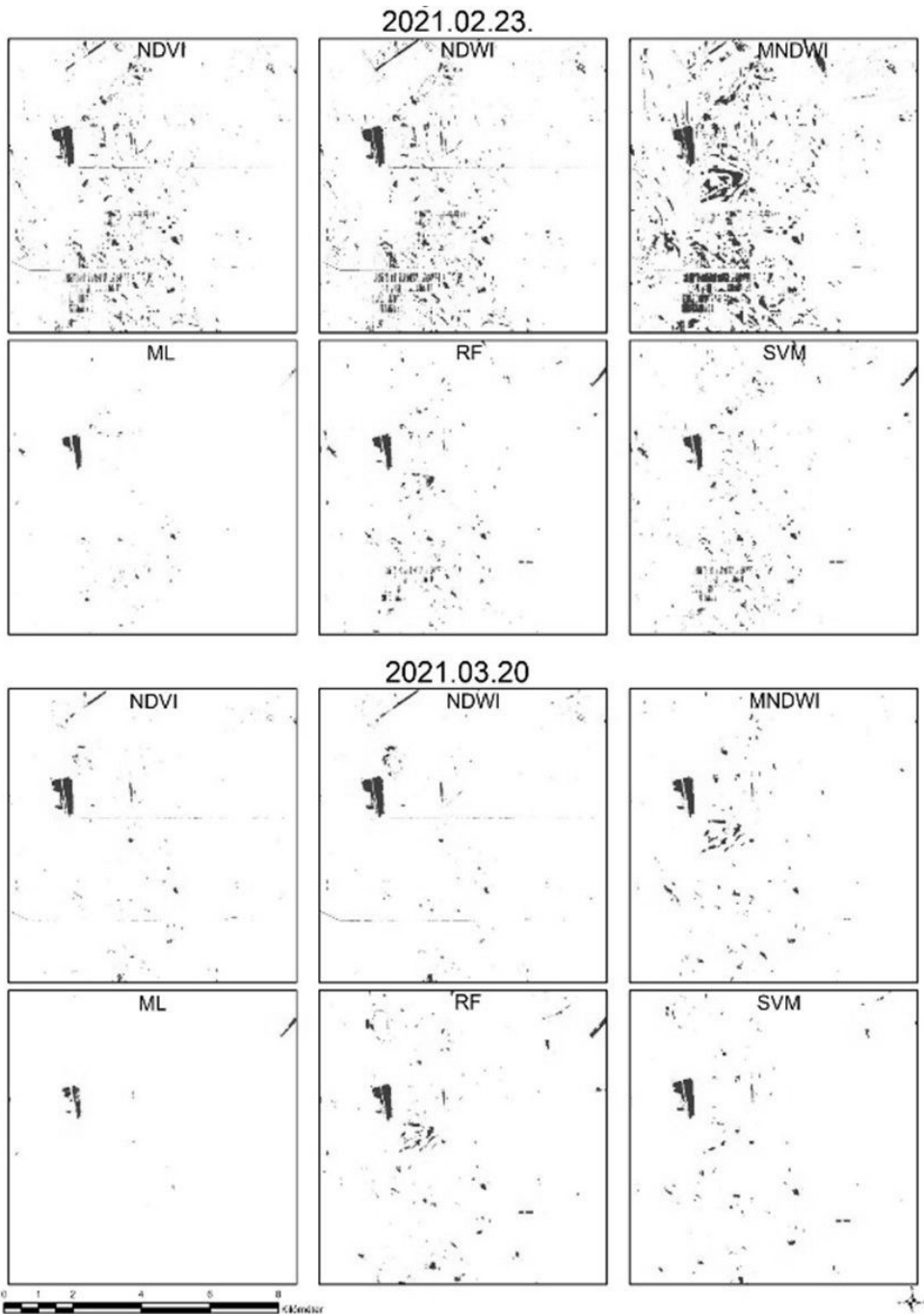


2. ábra Az előfeldolgozott műholdképek feldolgozási módszere

Eredmények

Az osztályozó algoritmusokhoz a felszínborítási kategóriákat és a tréning területek kijelölését a felhőtől és azok árnyékától megtisztított műholdképen végeztük el. A pontosságbecsléshez a kategóriánkénti véletlenszerű 50 pontot is ezen a felvételen helyeztük el. A két műholdfelvétel osztályozási eredményei között lényeges különbséget nem tapasztaltunk. Az osztályozó algoritmusok közül a ML bizonyult a leggyengébbnek (UA: 0,3; 0,64; KI: 0,21; 0,6), feltehetően azért, mert a tanuló területen a felszínborítottsági kategóriák átlagos pixel száma kevésnek bizonyult (5700 pixel/kategória) és a pixel értékeknek nagy volt a szórása a kategóriákon belül (1. táblázat). A RF osztályozási eljárás során különböző mennyiségű (200, 300, 400) osztályozási fa lett lefuttatva, ahol az eredményben lényegi pontosság javulást nem értünk el (UA: 0,68; 0,72; KI: 0,64; 0,69), csak az algoritmus futási ideje növekedett meg. Az SVM bizonyult a legjobbnak az osztályozási eljárások közül (UA: 0,68; 0,72; KI: 0,64; 0,69) (3. ábra).

Az indexek elkészültével a vízfelületek küszöbértékének a meghatározása során a reflektancia miatt empirikus értékeket kellett használni, így az általunk meghatározott küszöbértékek a következőképpen alakultak az egyes időpontokban indexenként: 2021.02.23-án NDVI: $-0,1$ alatt, NDWI: $-0,2$ felett, MNDWI: $-0,25$ felett, valamint 2021.03.20-án NDVI: $+0,13$ alatt, NDWI: $-0,22$ felett, MNDWI: 0 felett. Az indexek víz detektálásának ellenőrzése érdekében a véletlenszerűen lerakott 100 pontból, ami a vizeket szimbolizálta csak 1–2 pont esett ki a kategóriából, illetve a további felszínborítottsági kategóriák közül a 350 pontból 3–4 pont esett a víz kategóriába. A víz felületek küszöbértékek meghatározása 98%-os pontossági értéket határoztak meg.



3. ábra Az indexek és osztályozások összehasonlítása a belvíz detektálása során a vizsgált 2 időpontban

1. táblázat Az osztályozási eredmények pontosságbecslése

	Pontosságbecslés	Település	Világos víz	Sötét víz	Száraz szántó	Nedves szántó	Világos vetés	Sötét vetés	Rét, legelő	Erdő	U_Accuracy	Kappa
Felhő mentes műholdkép 2021.02.23.	ML_P_Accuracy	0,96	0,78	0,02	0,04	0,52	0,12	0,22	0,04	0,00	0,30	0,21
	RF_200_P_Accuracy	0,86	0,68	0,48	0,48	0,74	0,52	0,72	0,70	0,94	0,68	0,64
	RF_300_P_Accuracy	0,86	0,68	0,48	0,46	0,74	0,52	0,72	0,70	0,94	0,68	0,64
	RF_400_P_Accuracy	0,84	0,68	0,48	0,46	0,72	0,54	0,72	0,70	0,94	0,68	0,64
	SVM_0_P_Accuracy	0,82	0,68	0,54	0,30	0,88	0,56	0,82	0,94	0,92	0,72	0,68
Felhős műholdkép SCL maszkkal 2021.03.20.	SVM_500_P_Accuracy	0,88	0,66	0,38	0,42	0,84	0,66	0,74	0,72	0,92	0,69	0,65
	ML_P_Accuracy	0,92	0,72	0,5	0,34	0,7	0,28	0,64	0,8	0,9	0,64	0,60
	RF_200_P_Accuracy	0,84	0,86	0,84	0,32	0,72	0,34	0,96	0,62	0,94	0,72	0,68
	RF_300_P_Accuracy	0,78	0,84	0,88	0,38	0,78	0,26	0,96	0,68	0,92	0,72	0,69
	RF_400_P_Accuracy	0,84	0,94	0,76	0,30	0,80	0,30	0,90	0,72	0,94	0,72	0,69
Felhős műholdkép SVM_0_P_Accuracy	SVM_0_P_Accuracy	0,82	0,88	0,72	0,24	0,86	0,36	0,86	0,78	0,98	0,72	0,69
	SVM_500_P_Accuracy	0,80	0,88	0,72	0,38	0,80	0,48	0,86	0,80	0,96	0,74	0,71

Következtetések

Az eredmények alapján elmondható, hogy a felhővel borított műholdkép hasonló eredményeket adott az osztályozás és az index térképek alapján, mint a felhőmentes műholdképen. Ezért fontos a belvíz evolúciójának a vizsgálata szempontjából az atmoszférikus zajokkal (felhő) terhelt képeket is bevenni a vizsgálatokba, még ha a teljes mintaterületre nem is használhatóak. Az index térképek használhatósága rendkívül jónak mondható, de a küszöbértékek minden képnél másak, ezért emberi beavatkozást igényel, és csak két kategória adható meg, ami a vízfelületet és attól különböző kategóriát határoz meg. Ezért maga a belvíz jelenség folyamata kevésbé figyelhető meg, nem úgy, mint az osztályozott térképeken, ahol a felszínfedettségi kategóriák kialakítása során akár a sekélyebb és mélyebb vízfelületek, és a nedves kétfázisú talajok is elkülöníthetők. A folyamatos monitoring lehetővé teszi a belvizek tartósságának és kiterjedésének pontosabb becslését.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Környezettudományi Intézet Öntözési és Vizgazdálkodási Kutatóközpont (MATE KÖTI ÖVKI) O14230 Mezőgazdasági vízgazdálkodás fejlesztését (öntözéses gazdálkodás, belvígazdálkodás, földhasználat racionalizálás) célzó kutatások c. téma; az Agrárminisztérium Kutatói Utánpótlást Elősegítő Programja; és a WATERatRISK projekt (HUSRB/1602/11/0057) támogatta.

Felhasznált irodalom

- BALÁZS, B. – BÍRÓ, T. – DYKE, G. – SINGH, S.K. – SZABÓ, S. (2018): Extracting water-related features using reflectance data and principal component analysis of Landsat images. *Hydrol. Sci. J. J. Des Sci. Hidrol.*, 63, pp. 269–284.
- BOZÁN, C. – TAKÁCS, K. – KÖRÖSPARTI, J. – LABORCZI, A. – TÚRI, N. – PÁSZTOR, L. (2018): Integrated spatial assessment of inland excess water hazard on the Great Hungarian Plain. *Land Degrad. Dev.*, 29, pp. 4373–4386, doi:10.1002/ldr.3187.
- DÖVÉNYI, Z. – AMBRÓZY, P. – JUHÁSZ Á. – MAROSI S. – MEZOSI G. – MICHALKÓ G. – SOMOGYI S. – SZALAI Z. – TINER T. (2010): Magyarország kistájainak katasztere (Inventory of Microregions in Hungary).
- GÁLYA, B. – RICZU, P. – BLASKÓ, L. – TAMÁS, J. (2016): Belvíz érzékenység vizsgálata radar adatok alapján. In *Theory Meets Practice in GIS*; Balázs, B., Ed.; University of Debrecen: Debrecen, Hungary, pp. 161–168.
- GUDMANN, A. – MUCSI, L. – HENITS, L. (2019): A CORINE felszínborítási térkép automatikus előállításának lehetősége döntésifa-osztályozó segítségével. *Geodézia és Kartográfia* 71(2), pp. 9–13.
- GULÁCSI, A. – KOVÁCS, F. (2019): Radaralapú vizesélőhely-monitoring Sentinel-1 adatokkal. *Hidrologiai Közlöny*, 99, pp. 38–47.

- HUANG, C. – DAVIS, L.S. – TOWNSHEND, J.R.G. (2002): An assessment of support vector machines for land cover classification, *International Journal of Remote Sensing*, 23(4), pp. 725–749, DOI: 10.1080/01431160110040323
- JIN, Y. – LIU, X. – CHEN, Y. – LIANG, X. (2018): Land-cover mapping using Random Forest classification and incorporating NDVI time-series and texture: a case study of central Shandong, *International Journal of Remote Sensing*, 39(23), pp. 8703–8723, DOI: 10.1080/01431161.2018.1490976
- KOZMA, Z. (2019): A síkvidéki hidrológia és a belvíz vizsgálata folyamat alapú modellezéssel: Kihívások és lehetőségek. *Hidrol. Közlöny*, 99, pp. 28–39.
- MCFEETERS, S. K. (1996): The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, *International Journal of Remote Sensing*, 17(7), pp. 1425–1432, DOI: 10.1080/01431169608948714
- MEZŐSI, G. – BATA, T. – BLANKA, V. – LADÁNYI, Z. (2017): A klímaváltozás hatása a környezeti veszélyekre az Alföldön. *Földrajzi Közlemények*, 141, pp. 60–70.
- MING, D. – ZHOU, T. – WANG, M. – TAN, T. (2016): Land cover classification using random forest with genetic algorithm-based parameter optimization. *J. Appl. Remote Sens.*, 10(3), DOI: 10.1117/1.JRS.10.035021
- PÁLFALAI, I. (2003): Magyarország belvíz-veszélyeztetettségi térképe. *Vízü. Közl.*, 85, pp. 510–524
- PÁSZTOR, L. – KÖRÖSPARTI, J. – BOZÁN, C. – LABORCZI, A. – TAKÁCS, K. (2015): Spatial risk assessment of hydrological extremities: Inland excess water hazard, Szabolcs-Szatmár-Bereg County, Hungary. *J. Maps.*, 11, pp. 636–644, doi:10.1080/17445647.2014.954647.
- RAKONCZAI, J. – FARSANG, A. – MEZŐSI, G. – GÁL, N. (2011): A belvízképződés elméleti háttere. *Földrajzi Közlemények*, 35, pp. 339–350.
- SZABÓ, L. – ABRIHA, D. – PHINZI, K. – SZABO, SZ. (2021): Urban vegetation classification with high-resolution PlanetScope and SkySat multispectral imagery. *Landscape & Environment*, 15, pp. 66–75. 10.21120/LE/15/1/9.
- SZATMÁRI, J. – VAN LEEUWEN, B. (2013): Inland Excess Water—Belvíz—Suvišne Unutrašnje Vode; Szegedi Tudományegyetem: Szeged, Hungary; Újvidéki Egyetem: Újvidék, Srbija, p. 154.
- TSO, B. – MATHER, P. (2009): *Classification Methods for Remotely Sensed Data*, Second Edition, CRC Press, 376 p.
- VAN LEEUWEN, B. – TOBAK, Z. – KOVÁCS, F. (2020): Sentinel-1 and -2 Based near Real Time Inland Excess Water Mapping for Optimized Water Management SUSTAINABILITY, 12(7), Paper: 2854, 21 p.
- XU, H. (2005): A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDWI). *Int. J. Remote Sens.*, 5, pp. 589–595, doi:10.1080/01431160600589179.

Medermérések az egyszerű eszközöktől a multisugaras szonárig

Kiss Levente¹ – Eke Zoltán²

¹ tudományos munkatárs, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft,
levente.kiss@bayzoltan.hu

² tudományos munkatárs, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft,
zoltan.eke@bayzoltan.hu

Absztrakt: Az emberiség fejlődése ezer szállal kötődik a vizekhez, vízfolyásokhoz. Ennek egyik következménye, hogy igény mutatkozott a vizek paramétereinek megmérésére. A vízmélység mérésére hosszú időn át az egyetlen módszert egy kötél végére erősített súly jelentette. Mint sok más esetben a technológiai fejlődést itt is a hadiipar segítette elő, megjelentek az első szonárok. Hamar felismerésre került, hogy a katonai célok mellett a civil életben is hasznosak. Folyószabályozást, gátak, víztározók építését hatékonyan támogatják, napjainkban pedig – a technológiai fejlődésnek köszönhetően – elérhetővé vált akár céltárgykeresés is. A víz alatti domborzatmodellezés a vízügyi szervezetek, a katasztrófavédelem, a hajózás, de a víz alatti bányászat (pl. kavicsbányászat) számára is fontos. A szonárok fejlődése lehetővé teszi a víz alatti nyersanyagkészletek hatékonyabb kiaknázását.

Bevezetés

Életünk nélkülözhetetlen eleme a víz, nem véletlen, hogy az ókori kultúrák, mind nagyobb folyók közvetlen közelében alakultak ki. A nagyobb vízfolyások biztosították az ivóvizet, az öntözés lehetőségét, valamint az árvizek termékkennyé tették a termőföldet. A halászat plusz élelemforrást jelentett, hamar megjelent a vízi közlekedés, vízenergia hasznosítása és az áruszállítás is.

A vízfolyások természetes mederállapotához eleinte alkalmazkodott az emberiség, ártéri gazdálkodást folytattak. Később azonban elkezdtek az ember igényeihez alakítani a vizes területeket.

A vízmélység mérés története

A vízmélység mérés (batimetria) a különböző vizek alatti felszín (pl. tengerfenék, tavak és folyók medre) mérését és térképi ábrázolását jelenti. A kezdeti módszerek után, ahol egy zsinór és egy nehezék segítségével mérték meg a vízmélységet, már komoly előrelépésnek számított, hogy 1822-ben Daniel Colloden egy víz alatti harang segítségével számította ki a hang víz alatti terjedési sebességét. 1906-ban az első kezdetleges szonárokat jéghegyek detektálására használták. Az I. világháború alatt a tengeralattjárók megjelenésével nagyobb hangsúlyt kapott a víz alatti felderítés. 1915-ben Paul Langévin a kvarc piezoelektromos tulajdonságait felhasználva megalkotta az első szonár típusú eszközt, ami már alkalmas volt

tengeralattjárók kimutatására (INTERNET1). A szonár az angol sound navigation and ranging kifejezésből alkotott betűszó, amelynek jelentése hanggal való navigáció és felderítés. Jelenleg a legfontosabb érzékelő, felderítő, navigáló eszköz a víz alatti műveleteknél. Időnként hangradarként is hivatkoznak rá. Az első szonárok passzív eszközök voltak, nem küldtek ki saját jeleket. 1918-ban készültek el az első aktív eszközök, melyek már jeleket bocsájtottak ki és ezeket visszaverődés után fel is fogták.

A hang fizikája a vízben

A hang a vízben kompressziós hullámként terjed, amelynek terjedési sebessége – a helyi hangsebesség – a víz paramétereitől (pl. sótartalom, nyomás, hőmérséklet) függően változhat. A vízi környezetben általában a hangsebesség 1460 – 1500 m/s. A hanghullámban a nyomásfrontok közötti fizikai távolság a hullám hossza. Amikor egy hanghullám sebességét befolyásoló fizikai paraméter módosul, megváltozik a hullám hossza, de frekvenciája állandó marad. Emiatt a hanghullámokat általában a frekvenciájukkal jellemezzük. A hanghullám bizonyos mennyiségű akusztikus energiát hordoz. Ezt az energiát a hidrofonok „érezkelik”. Az akusztikus energia a hullám amplitúdójával arányos, magasabb amplitúdójú hullámok hordozzák a magasabb energiát. Matematikailag a hanghullám energiája időegység alatt egyenlő a teljesítménnyel, mely a hullám amplitúdójának négyzetével arányos.

A hanghullám terjedésével elveszíti akusztikus energiájának egy részét, melyet csillapodásnak nevezünk. Amikor a hanghullám gyengül, amplitúdója csökken. A hanghullám csillapításának mértéke a frekvenciától függ. A magas frekvencia gyorsabban elhalkul, míg a rendkívül alacsony frekvenciájú hang gyakorlatilag eljuthat akadálytalanul nagy távolságokra. Egy 12 kHz -en működő szonár hanghulláma energiájának körülbelül a felét veszti csillapításként 3000 métert megtéve a vízi közegben. Amikor egy hangimpulzus találkozik a mederrel, energiájának töredéke bejut a mederanyagba, egy része visszaverődik, egy része szóródik. Az, hogy az arányok hogyan alakulnak, elsősorban a két közeg (víz és aljzat) akusztikus impedancia különbségétől függ. Az akusztikus impedancia a közeg sűrűségének és a benne haladó hullám terjedési sebességének szorzata. Ezen kívül meghatározó a mederanyag minősége, valamint a hanghullám beesési szöge. A visszaverődő impulzus (visszhang) megőrzi az eredeti hullám frekvenciáját.

Az aktív szonárok olyan eszközök, amelyek meghatározott, szabályozott frekvenciájú hanghullámokat állítanak elő és érzékelik a távoli felületekről (mederfenékről) visszaérkező hullámcsomagokat (INTERNET2).

A mérések eredménye

A szonárral mért mélység a következő képlettel számítható: $D = \frac{1}{2} v \cdot t$, ahol v a terjedési sebesség, t pedig a hullámcsomag kiküldése és detektálása között eltelt

idő, azaz amíg a hang eljut a reflektáló felületre (aljzat vagy más tereptárgy) és onnan visszaérkezik az érzékelőbe. A felmérések eredménye lehet szintvonalas medertérkép, de akár x, y, z koordinátával rendelkező digitális domborzatmodell is. Ezek aztán számos célra felhasználhatók, beleértve a biztonságosabb vízi, víz alatti közlekedést, gátak és csővezetékek állapotfelmérésére, eltűnt céltárgyak felderítésére, vagy akár a víznívó alatti bányászat támogatására.

A bányászati tevékenyelmet támogató vízmélységmérések eszközfejlődése is a már fentebb említett kötélre erősített nehezékekkel kezdődött. Ennek a módszernek a pontosságát jelentősen befolyásolták az áramlatok, valamint a csónak mozgása. A szonárok megjelenésével, majd széles körben való elterjedésével, már nem csak a hadiiparban hárult rájuk fontos szerep.

Az egysugaras szonárok mára már széles körben elterjedtek. Egysugarasnak nevezzük, mivel „gombnyomásonként”, impulzusonként egy jelet bocsájtanak ki és ennek a visszaverődését érzékelik. A meder domborzatának felméréséhez használt eszközöket egy RTK korrekcióra képes GPS egységgel kapcsolják össze, így ismert lesz a szonárt hordozó vízi eszköz pozíciója a jel kibocsájtásának pillanatában. A Magyarországon használt egysugaras szonárokról általánosságban elmondható, hogy kompakt méret jellemzi őket, könnyen kezelhetőek. Mérési pontosságuk 2 cm is lehet, a legmagasabb mérhető vízoszlop magassága akár a 80 métert is megközelítheti.

Multisugaras szonár

Az elmúlt években Magyarországon is megjelentek a multisugaras szonárok. Magas árúknak köszönhetően lassan válnak általánosan ismertté, de az általuk elérhető terepi felbontás rendkívül széles területen hasznosítható. Tengeri kikötők karbantartása, csővezetékek állapotfelmérése, céltárgykeresés pl.: tengeri szállítás során „elhagyott” konténerek felkutatása mára már elképzelhetetlen multisugaras szonár nélkül. Hazai felhasználása többek között az alábbi területeken releváns:

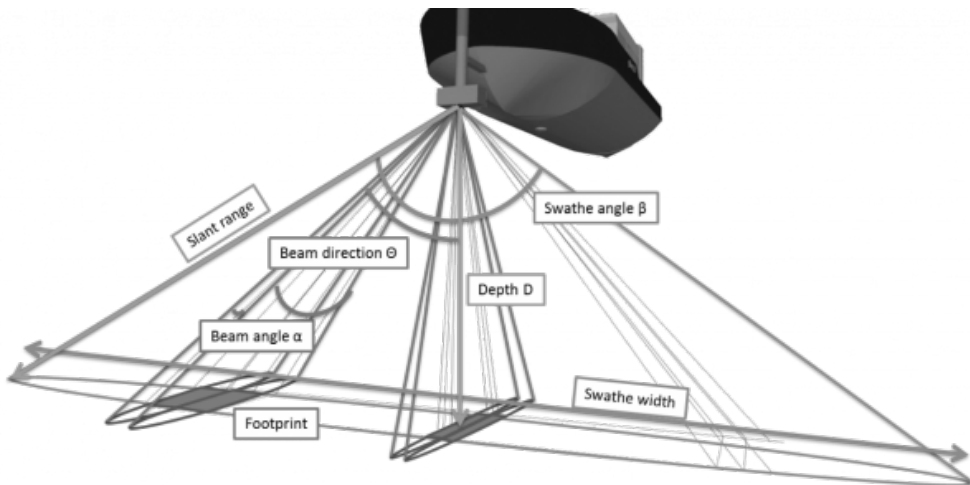
- kikötők felmérése
- hidak, gátak építése felülvizsgálata
- céltárgykeresés
- készletellenőrzés víz alatti bányászat esetén.

A magas terepi felbontás annak köszönhető, hogy az egysugaras szonárokkal ellentétben egyszerre nem 1 jelet bocsájtanak ki, hanem – mint a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft által birtokolt szonár is – akár 512 jel is elérhető és ezt 60 Hz-es intenzitással is teheti (1. ábra).

A jelek kiküldése kúp formában történik, melynek szöge változtatható – ennél a szonárnál 5° – 210° között – a vizsgálat célja szerint. Igény szerint, ha egy út alatt minél nagyobb terület mérése szükséges, akkor a „kibocsájtási ernyő” nyitásával nagy terület kerül egyszerre pásztázásra. Az ernyő szűkítésével kisebb területre koncentrálnak a vizsgáló jelek, így csökkentve a felmért területet, de növelve a vizsgált területről kapott pontfelhő felbontását (2. ábra).



1. ábra Norbit-iWBMS-e szonárfej



2. ábra A multisugaras szonár jelkibocsátása (INTERNET3).

Depth – mélység,

Slant range – ferde távolság, széles szögtartományban képes mérésre,

Swathe angle – a mérési sáv szélessége, az érzékelők (hidrofonok) vételi szögeinek szögtartománya,

Swathe width – az érzékelők vételi szögtartományának mederfenékkal képzett metszete (a szonár érzékelési sávja),

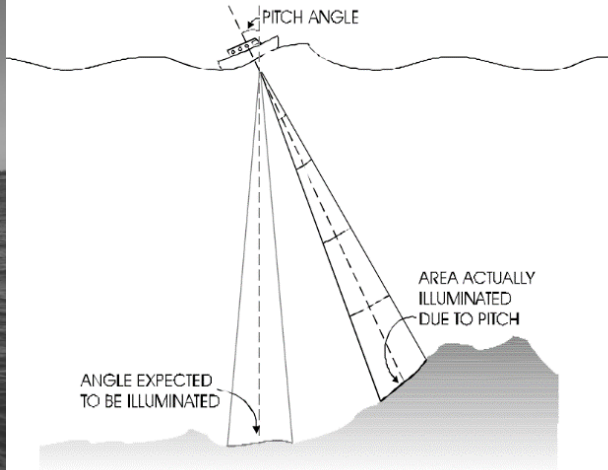
Beam direction – a jelforrások irányítottsága, elhelyezkedése (általában egyenlő távolságra, vagy egyenlő szögeltéréssel, de léteznek más opciók is),

Beam angle – a kibocsátott jelek (egy időben 512db is lehet) szűkítésének szöge (ennek mértéke nagyban meghatározza a szonár vízszintes felbontását),

Footprint – a mérőjelek mederrel alkotott metszetének és az érzékelők vételi szögének mederrel alkotott metszetének (nagyobb zöld ellipszis) közös része: a piros téglalapok. A szonár vízszintes felbontása. Eredményként egy piros téglalapnyi területről kapunk egy darab mélységadatot.



3. ábra Szonár tartókeretre dupla GPS antennával



4. ábra A mérést végző hajó hintázásából származó probléma (INTERNET3)

Annak érdekében, hogy a multisugaras szonár pontossága ne csak a vizsgáló jelek számában és a kibocsájtás intenzitásában mutakozzon meg – Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Nonprofit Kft által alkalmazott szonár – két RTK korrekcióra képes GPS antennával és egy interciális egységgel is rendelkezik (3. ábra).

A dupla GPS antenna feladata a csónak forgásából származó hibás koordináták kiküszöbölése. Azok a szonárok, amelyek csak egy GPS antennával rendelkeznek, ott a vizsgáló jel(ek)hez rendelt koordináta tartalmazhatja a csónakok forgásából származó hibákat. A felmérést végző csónak, hajó ki van téve a környezeti hatásoknak, mint pl.: szél, hullámozás, áramlás. Ezen hatások korrigálásának a feladata az inerciális egységnek, azáltal, hogy a csónak hintázásából származó hibákat csökkenti. Könnyen belátható, hogy egy megbillenő csónak esetén a szonár már más szögben küldi ki a vizsgáló jeleket, ezáltal más felületről érkezik visszaverődés, mint amit a hozzá rendelődő GPS koordináták mutatnak (4. ábra).

A megméréndő víz jellege (hazai felhasználási körben ez természetesen édesvizet jelent) hőmérséklete hatással van a hanghullámok terjedési sebességére. Bányatavak esetében több 10 méteres vízmélység is előfordul, ebben az esetben jelentős hőmérsékleti eltérés is tapasztalható a vízrétegek között. Amennyiben ezeket a hőmérsékleti viszonyokat nem veszik figyelembe a feldolgozás során, az jelentős hibákat generálhat a domborzatmodellben.

Összefoglalás

A technológiai fejlődésnek köszönhetően mára már elérhetőek hazánkban is a nagyfelbontású medertérképezések. A multisugaras szonárok segítségével pontosabb készletgazdálkodás valósítható meg a kavicsbányászat terén, de a gátak, csővezetékek, kikötők, hidak felméréséhez is nélkülözhetetlen támogatást nyújt.

Felhasznált irodalom

INTERNET1 – <https://hu.eferrit.com/a-sonar-toertenete/>

INTERNET2 – <https://www3.mbari.org/data/mbsystem/sonarfunction/SeaBeamMultibeamTheoryOperation.pdf>

INTERNET3 – <https://www.hydro-international.com>

Letöltések ideje 2021.09.25

Az Interreg interregionális együttműködési programok vizsgálata geoinformatikai módszerekkel a 2014–2020 közötti költségvetési ciklusban

Konkoly Enikő Bianka¹ – Szilágyiné Czimre Klára² – Turi Zoltán Krisztián³

¹ Geográfus MSc hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, enci9802@gmail.com

² Adjunktus, Debreceni Egyetem Társadalomföldrajzi és Területfejlesztési Tanszék, czimre.klara@science.unideb.hu

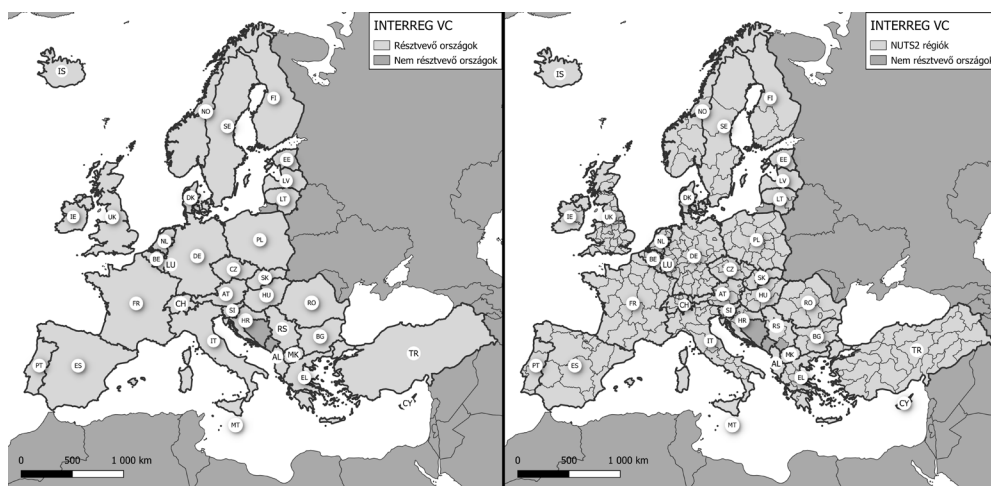
³ Adjunktus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, turi.zoltan@science.unideb.hu

Abstract: The aim of our study was to examine the Interreg program with special attention to the Interreg VC programme. The values obtained during the study were plotted on several thematic maps using QGIS software. In addition to accuracy the practical applicability and costs of the projects were analysed, as well. We looked into the number of applicants and their territorial location in countries and NUTS2 region levels. As each projects were managed by a so-called Lead Partner, we were interested in how many countries how many times had filled this role in the European Union. Then we compared the results of the thematic maps.

Bevezetés

A II. világháborút követő években Európa számos országának kormánya, vállalata, társadalmi szervezete és egyéb szereplője úgy vélte, hogy a kontinens újjáépítésének és újbóli nagyhatalommá válásának egyetlen járható útja, ha követik a globális folyamatokat, és az országok közötti megosztottságot felváltja az összekapcsolhatóság. Franciaország, az NSZK (Német Szövetségi Köztársaság), Olaszország és a Benelux államok (Belgium, Luxemburg, Hollandia) számos hangsúlyos érvet sorakoztatott fel amellet, hogy miért elengedhetetlen az Európai Szén- és Acélközösség megalapítása. Ezek között szerepelt az alkalmazkodás a megváltozott geopolitikai versenyhelyezethez, a globális ellátási láncok (ipari termelés, pénzügy, technológia, energiapiac stb.) irányításáért vívott közös küzdelem és a csoportos fellépés a katonai hadviselés állandó fenyegetése ellen.

Az Interreg interregionális együttműködések vizsgálatának folytatásában az motivált bennünket, hogy az Európai Unió együttműködések rendszerébe még alaposabb betekintést nyerjünk, és az elért eredményeket összehasonlítsuk az általunk korábban feldolgozott projektekkel (KONKOLY ET AL. 2020). Így jelen tanulmányunkban a program 2007–2013 közötti periódusának pályázatait követően a 2014–2020 közötti költségvetési ciklus interregionális együttműködéseit vizsgáljuk.



1. ábra A mintaterület országai (bal oldal) és NUTS 2 szintű felosztása (jobb oldal). (Saját szerkesztés az INTERNET2 adatainak felhasználásával)

Anyag és módszer

A térképek alapján az Eurostat honlapján található GISCO (Geographical Information and Maps) adatbázis (INTERNET1) szolgáltatta, míg a térképen megjelenített kvantitatív adatokat a keep.eu adatbázisból nyertük (INTERNET2). Az alaptérképet jelentő országokat az Országok, 2016 – Közigazgatási egységek (Countries, 2016 – Administrative Units – Dataset) (INTERNET3) című adatbázisból töltöttük le, míg a NUTS 2 régiók a Statisztikai területi egységek nevezéktana (NUTS) 2016 (Nomenclature of Territorial Units for Statistics (NUTS) 2016 – Statistical Units – Dataset) (INTERNET4) forrásból származnak. Mivel az Eurostat munkatársai a két tematikus réteget különböző léptékű és tematikájú alapadatok felhasználásával állították elő, a térképi elemosztályok nincsenek teljes mértékben fedésben egymással. Ez elsősorban az országhatárok mentén vehető észre.

Annak érdekében, hogy az Európai Unió valamennyi NUTS 2 szintű régiója élhessen a tapasztalatok és gyakorlatok cseréjének lehetőségével, a régiók közötti együttműködési programok az egész Európai Unióra kiterjedtek/kiterjednek. Az interregionális együttműködési programok (Interreg Europe, URBACT III, ESPON 2020) mintaterületét (1. ábra) az Európai Unió 28 tagállama (az Egyesült Királysággal együtt), valamint Albánia, Izland, Norvégia, Svájc, Szerbia és Törökország alkotják. A számításokat és a kapott értékek ábrázolását országos és NUTS 2 régió szinten is elvégeztük (INTERNET5; INTERNET6; INTERNET7).

Eredmények

Az Interreg VC általános jellemzése

Az Interreg VC projektszerepeit 4 prioritás mentén határozták meg, amelyek a következők voltak: kutatás, technológiai fejlesztés és innováció; kis- és

középvállalkozások versenyképessége; alacsony széndioxid-kibocsátású gazdaság; környezetvédelem és erőforrás-hatékonyság (INTERNET8).

A projektek megvalósítása két szakaszban történt. Az első forduló során szakpolitikai tapasztalatokat cseréltek a résztvevő partnerek, és a tapasztalatok mentén előkészítették a közös projektjük megvalósításához szükséges eszközöket. Akciótervek kerültek kidolgozásra olyan tapasztalatcserét támogató találkozók során, amelyekre sok esetben az érdekelt helyi csoportokat is meghívták a résztvevők. A második szakasz a megvalósításról szólt, melyre 2–3 év állt rendelkezésre. Az eredményeket folyamatosan monitorozták és pilottevékenységeket végeztek.

Az Interreg VC 3 projektcsoportjának (Interreg Europe, URBACT III, ESPON 2020) összesen 400 pályázatát téma alapján 36 csoportra osztották fel, melyeket az említett 4 prioritás mentén határozták meg. A legnagyobb projektszámmal rendelkező témák: a közlekedési kapcsolatok javítása (55), a városfejlesztés (50), illetve a regionális tervezés és fejlesztés (39). Ezek a csökkenő elemszámú további 9 témakörrel együtt a pályázatok több mint 75%-át tették ki. Hat témakör esetében fordult elő, hogy egy projekt tartozott hozzájuk.

Pályázatonként 1–2 millió euró forrásösszeg folyósítására számíthattak a résztvevők, amelyet az Európai Regionális Fejlesztési Alap finanszírozott. Bár a témakörök egymáshoz képest a projektek számának megfelelően azonos mértékű támogatásban részesültek, viszont a valóságban az egyes pályázatokban felhasználható támogatások összege nem volt egyenlő, illetve a partnerek számára se azonos összegek kerültek folyósításra (INTERNET2; INTERNET9; INTERNET10).

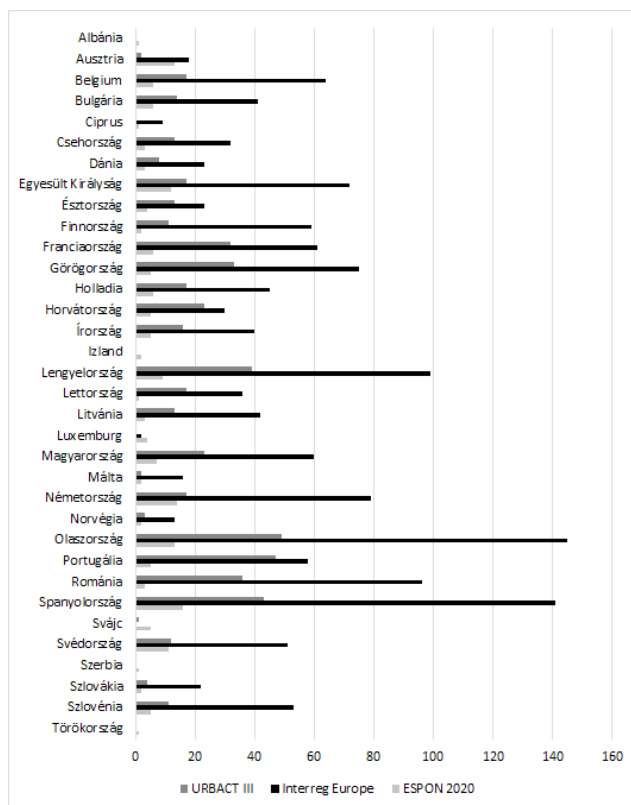
A résztvevők száma

Egy-egy projektben az országok több résztvevővel is szerepelhettek, ami elsősorban attól függött, hogy az ország mindennapjaiban mennyire hangsúlyosan van jelen a projekt által érintett problémakör. A projekteket minden esetben egy vezető partner irányította, akik a támogatásból leginkább részesültek.

Az átlagos partneraktivitás az Interreg Europe pályázatokban 8 résztvevő, az URBACT III esetében 9 résztvevő, míg az ESPON 2020 vonatkozásában 6 résztvevő volt, tehát elmondható, hogy hasonló mértékben fordultak elő kiugróan magas és alacsony létszámú projektek az egyes projektcsoportokon belül.

A 2. ábrán láthatjuk az Interreg Europe (IE, 258), az URBACT III (75) és az ESPON 2020 (45) projektekben résztvevő országok pályázati aktivitását. A legalacsonyabb pályázati részvételt elsősorban a nem Európai Unió államok részéről tapasztalhatjuk. Ezeknek az országoknak a bevonása kísérleti jelleggel történt elsősorban az ESPON 2020 pályázataiba. Albánia, Szerbia és Törökország (1–1 pályázat), Izland (2 pályázat), továbbá Norvégia a 2007–2013-as periódushoz hasonlóan alacsony aktivitással vett részt mindhárom programcsoportban.

A legaktívabb államok Olaszország (IE: 145 projekt, URBACT III: 49, ESPON 2020: 13 projekt) és Spanyolország (IE: 141 projekt, URBACT III: 43, ESPON: 2020

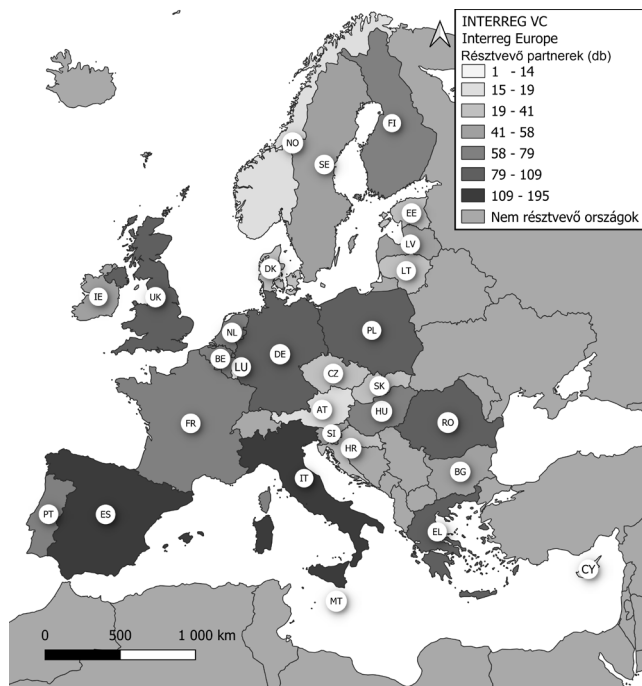


2. ábra A résztvevő országok pályázati aktivitása. A függőleges tengely a projektek számát adja meg. (Saját számítás és szerkesztés az INTERNET2 adatai alapján)

16 projekt) voltak. Magyarország az URBACT III és az ESPON 2020 pályázatainak esetében a 8. legaktívabb országgént szerepelt, az Interreg Europe pályázatok vonatkozásában pedig a 10. volt (KONKOLY EL AL. 2020).

Az Interreg Europe 258 megvalósult pályázatában az Európai Unió 28 tagállama és Norvégia 1813 résztvevője (vezetőpartner, illetve partner) dolgozott együtt (3. ábra). Olaszország (145 projekt, 195 résztvevő) és Spanyolország (141 projekt, 193 résztvevő) jelentek meg 100 feletti projektszámmal. Lengyelországgal (99 projekt, 109 résztvevő), Romániával (96 projekt, 107 résztvevő), Németországgal (79 projekt, 90 résztvevő) és Görögországgal (75 projekt, 93 résztvevő) együtt a résztvevők több mint 75%-át tették ki.

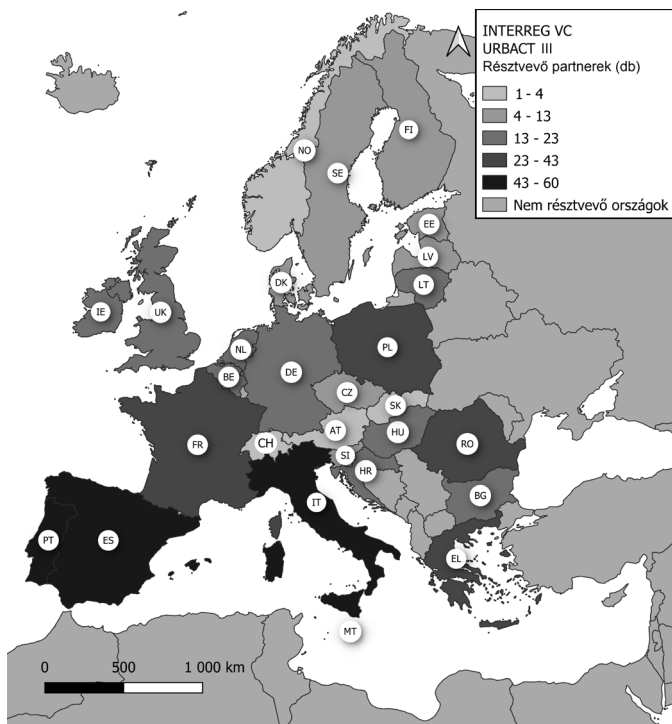
A legkisebb aktivitású államok Luxemburg (2 projekt), Ciprus (9 projekt), Norvégia (13 projekt, 15 résztvevő), Málta (16 projekt, 18 résztvevő) és Ausztria voltak (18 projekt, 19 résztvevő). Magyarország 60 projektben 69 résztvevővel jelent meg a közös munkában. Így Kelet-Közép-Európa 3. legaktívabb országa lett Lengyelország és Románia után, és maga mögé utasította Ausztria mellett többek között Szlovéniát (53 projekt, 58 partner), Csehországot (32 projekt, 34 partner) és Szlovákiát (22 projekt, 25 partner) is.



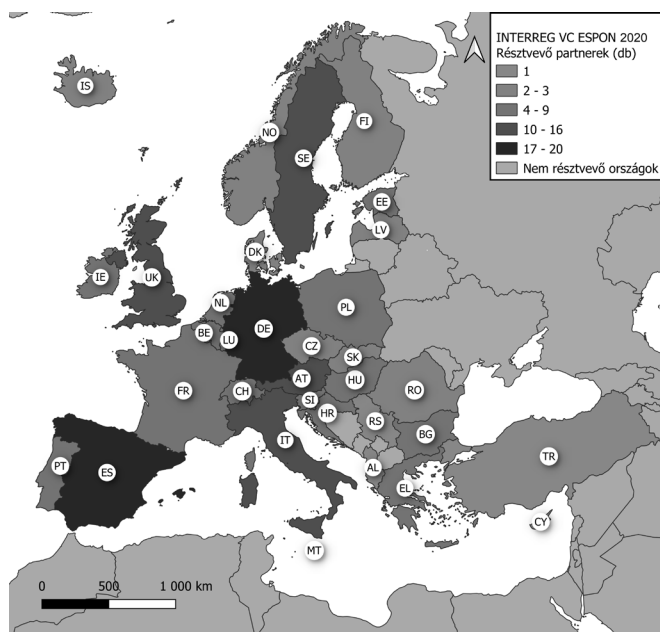
3. ábra Az egyes országok részvételi aktivitása az Interreg Europe pályázataiban. (Saját számítás és szerkesztés az INTERNET2 adatai alapján)

Az URBACT III 45 pályázatának valamelyikében az Európai Unió 28 tagállama mellett Norvégia (1 projekt) és Svájc (1 projekt) 569 résztvevője cserélt gyakorlatot és osztotta meg a tapasztalatait egymással (4. ábra). Olaszország (49 projekt, 60 résztvevő), Portugália (47 projekt) és Spanyolország (43 projekt, 50 résztvevő) pályázati tevékenysége volt a legjelentősebb ebben a témacsoportban. Lengyelország (39 projekt, 43 résztvevő), Románia (36 projekt, 36 résztvevő) és Görögország (33 projekt, 36 résztvevő) aktív részvétele mellett Franciaország (32 projekt, 37 résztvevő) is 30 feletti projektszámmal büszkélkedhetett. A következő helyet Magyarország foglalta el 23 projekttel és azonos résztvevőszámmal. Svájc (1 projekt), Ausztria (2 projekt), Málta (2 projekt), Norvégia (3 projekt) és Szlovákia (4 projekt) kevesebb, mint 5 projektben vettek részt, így ők lettek a legkevésbé aktív országok.

Egyedülálló módon az ESPON 2020 45 programjában az Európai Unió 28 tagállamán kívül Albánia, Izland, Norvégia, Szerbia, Svájc és Törökország is részt vettek (5. ábra). A legtöbb ESPON 2020 projektben Spanyolország (16 projekt, 20 résztvevő), Németország (14 projekt, 19 partner) és Olaszország (13 projekt, 16 partner) közreműködött. Az Egyesült Királyság (12 projekt, 14 partner), Svédország (11 projekt, 14 partner) és Lengyelország (9 projekt) hasonló mértékben képviselték magukat. Magyarország 7 projektbe csatlakozott be, így a 8. legaktívabb ország volt a résztvevők között. Albánia, Ciprus, Lettország, Szerbia és Törökország 1–1 projektben vettek részt (INTERNET2).



4. ábra Az egyes országok részvételi aktivitása az URBACT III pályázataiban. (Saját számítás és szerkesztés az INTERNET2 adatai alapján)



5. ábra Az egyes országok részvételi aktivitása az ESPON 2020 pályázataiban. (Saját számítás és szerkesztés az INTERNET2 adatai alapján)

Konklúzió

Az Interreg IVC pályázatait vizsgáló kutatásunk folytatásaként többek között azokra a kérdésekre kerestük a választ, hogy a 2007–2013-as költségvetési ciklushoz képest 2014 és 2020 között az interregionális közösségi kezdeményezésekben mely országok milyen aktivitással vettek részt, a vezető partner szerepét milyen gyakorisággal töltötték be és a rendelkezésre álló forrásokból milyen arányban részesültek a résztvevők. Az elemzéseket az országos mellett regionális szinten is elvégeztük. A rendelkezésünkre álló kvantitatív adatokat tematikus térképeken ábrázoltuk. Ezekon kirajzolódott a 2007–2013 közötti időszakra is jellemző térbeli mintázat, amely szerint Európa gazdaságilag fejlett országainak egy csoportja magasabb arányban vett részt a pályázatokban és a vezető partnerség nagyobb hányadát is ezek az államok töltötték be. A kevésbé fejlett országok között szintén egy rangsor figyelhető meg a pályázati aktivitásban a megoldandó probléma jellegétől függően. Ehhez elengedhetetlen volt, hogy az egyes országok résztvevői az adott téma szakértőinek számítsanak, habár ez a felállás a programcsoportoktól függetlenül a pályázatok kisebb arányára volt jellemző.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány elkészítését a Debreceni Egyetem Tehetséggondozó Programja (DETEP), az Emberi Erőforrások Minisztériuma és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő támogatta (pályázati azonosító: NTP-NFTÖ-21-B-0260).

Felhasznált irodalom

KONKOLY E. – CZIMRE K. – TÚRI Z. (2020): INTERREG IVC – Az Európai Unió interregionális együttműködéseinek vizsgálata 2007–2013 között. In: Molnár V. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában. XI. Térinformatikai Konferencia és Szakkiallítás konferenciakötet. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 119–126.

Internetes források

INTERNET1 – <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units> (letöltve: 2021.02.20.)

INTERNET2 – <https://keep.eu/projects/> (letöltve: 2021.02.04.)

INTERNET3 – <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units/countries> (letöltve: 2021.01.27.)

INTERNET4 – <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units/countries> (letöltve: 2021.01.27.)

INTERNET5 – https://www.ksh.hu/teruletiallasz_eu_nuts (letöltve: 2021.02.12.)

INTERNET6 – https://www.ksh.hu/interaktiv_euterkepek_nuts2 (letöltve: 2021.02.12.)

- INTERNET7 – <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/hu/sheet/99/a-statisztikai-celuterteleti-egysegek-kozso-nomenklaturaja-nuts-> (letoltve: 2021.02.12.)
- INTERNET8 – <https://interreg.eu/about-interreg/> (letoltve: 2021.01.19.)
- INTERNET9 – <https://www.espon.eu/programme/espon/espon-2020-cooperation-programme> (letoltve: 2021.01.19.)
- INTERNET10 – <https://www.interregeurope.eu/help/faqs/11/#faq-question-192> (letoltve: 2021.01.20.)

Mádi szőlőtermőhelyek erózióérzékenységének vizsgálata különböző távérzékelési módszerek segítségével

Kupásné Szalóki Annamária¹ – Tomor Tamás² – Lénárt Csaba³ –
Csige László⁴ – Burai Péter⁵

¹ tudományos segédmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ, szaloki.annamaria@unideb.hu

² tudományos főmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ, tomor.tamas@unideb.hu

³ tudományos tanácsadó, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ, lenart.csaba@unideb.hu

⁴ igazgató, Debreceni Egyetem, Mádi Bor Akadémia, csige.laszlo@unideb.hu

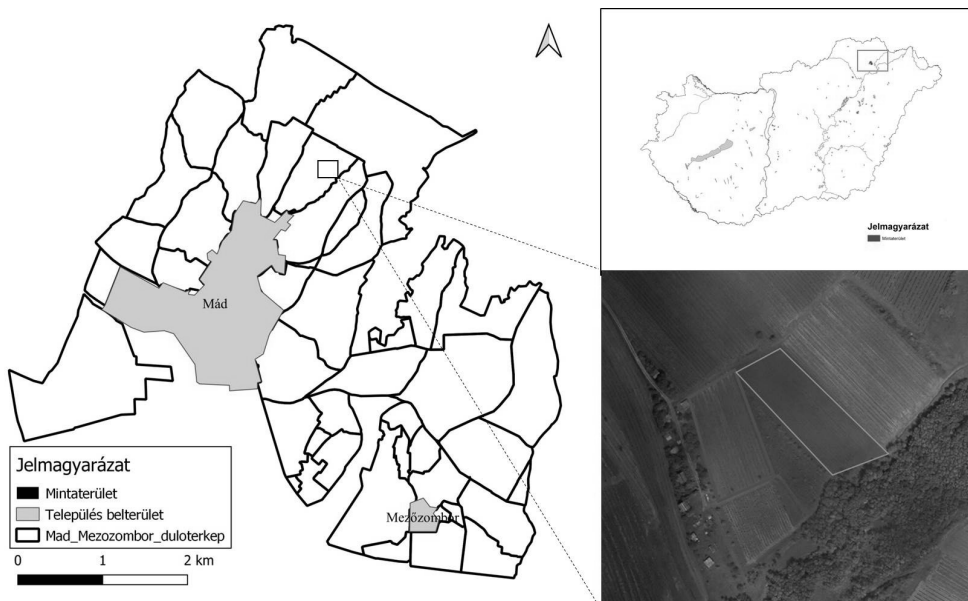
⁵ tudományos főmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ, burai.peter@unideb.hu

Abstract: Soil erosion is a natural processing that occurs several problems on the earth. The aim of this study was to examine the effect of erosion on vineyards. The vegetation cover was estimated through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) derived from multispectral satellite images. Detailed digital terrain models were used to assess the soil movements. The point cloud derived from the LIDAR survey and the high spatial resolution terrain and surface model derivatives new information in the erosion mapping.

Bevezetés

A fenntartható fejlődés egyik legfontosabb prioritása a talajdegradáció elleni küzdelem, valamint a jelenleg rendelkezésre álló természeti erőforrások hatékony kezelése (FIJALKOWSKA 2021). A domborzati viszonyok fontos szerepet játszanak a szőlő termőhelyek esetében, amely nagy hatással van a szőlő, illetve a bor minőségére. A szőlő termőhelyeken kialakuló talajerózió rendkívül káros, mivel rontja a talaj termékenységét, lemossa a termőtalajt a területről (RODRIGO-COMINO ET AL. 2018). A talajerózió kiváltó tényezői a csapadék vízmennyisége, a csapadék cseppnagysága, intenzitása, emellett fontos szerepet játszik az olvadó hó mennyisége, az olvadás ideje, valamint a domborzati tényezők is, köztük a lejtő meredeksége, hossza, alakja és kitétsége. Az erózió mértékét nem csak a fent említett tényezők befolyásolják, hanem a felszín növényi borítottsága, a talaj szerkezete, vízgazdálkodása és nedvességi állapota (BOROS 2018).

A szőlőtermesztést támogató új technológiák bevezetése növeli a termelés hatékonyságát és minőségét, ugyanakkor csökkenti a környezeti hatásokat. A legújabb technológiai fejlesztések lehetővé teszik olyan hatékony eszközök kidolgozását, amelyek segítik a szőlőnövekedés számos aspektusának nyomon követését és ellenőrzését (MATESE – DI GENNARO 2015). Az utóbbi évtizedekben egyre nagyobb teret kapnak a korszerű légi távérzékelési technológiák által szolgáltatott információk



1. ábra Az eróziós vizsgálatra kiválasztott mintaterület

a különböző termőhely térképezési feladatokban. A szőlő termőhelyek különböző szerkezeti és környezeti paraméterei nagymértékben befolyásolják a rajtuk termesztett szőlő minőségét. Ezen környezeti tényezők becslése hagyományos módszerekkel nehezen megvalósítható (BEKŐ ET AL. 2015). Az aktív szenzorok alkalmazásával új lehetőségek nyíltak a nagy kiterjedésű területek domborzati viszonyairól való gyors és nagy pontosságú adatok előállításában. A LIDAR technológia alkalmazásával nagy területről, nagy pontosságú térbeli adat állítható elő, függetlenül az időjárástól, emellett akár a vegetációs időszakban is pontos adatokat eredményezve a felmért terület domborzatáról (ENYEDI ET AL. 2015).

Jelen munkánkban keretében LiDAR felmérésből származó adatok, valamint a műholdas távérzékelés alkalmazhatóságát mutatjuk be.

Anyag és módszer

Kutatásunkat a Mádi Borakadémia szőlőtermőhely kutatási projektben kijelölt parcellákon végeztük (1. ábra).

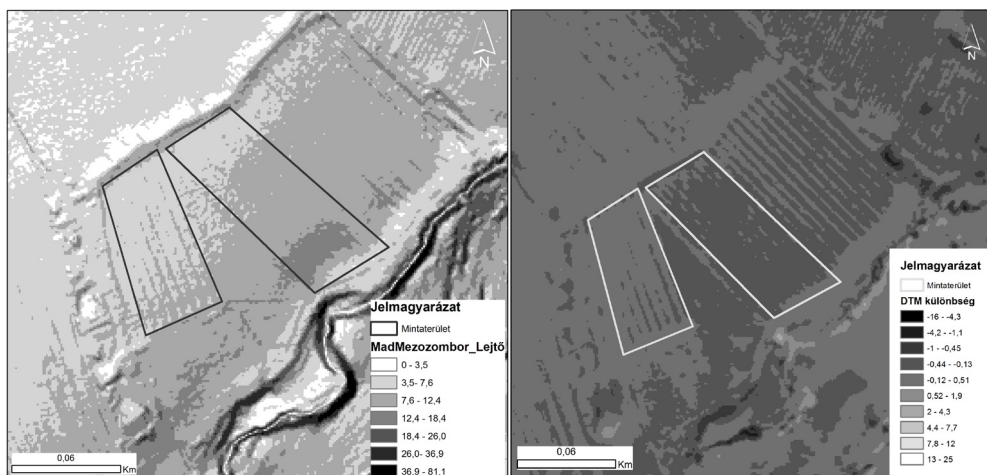
Munkánk során a Sentinel-2 műholdcsalád multispektrális csatornáiból képzett NDVI indexet használtuk a szőlő parcellák vegetációs aktivitásának meghatározása céljából. A területről készült műholdfelvételeket a (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/>) oldaláról töltöttük le, a felvételeket 10 m-es terepi felbontásban alkalmaztuk. A multispektrális műholdas távérzékelés megjelenése óta számos spektrális indexet dolgoztak ki a földfelszín jellemzésére. Ezek közül az NDVI (ROUSE ET AL. 1973) a legelterjedtebb mutató a növényzet vegetációs aktivitásának

meghatározása szempontjából. Az NDVI index (Normalized Difference Vegetation Index) információt szolgáltat a növényzet fajlagos klorofill tartalmáról, amely meghatározó a növényzet fejlődése szempontjából, továbbá szoros összefüggésben van a levélfelület nagyságával.

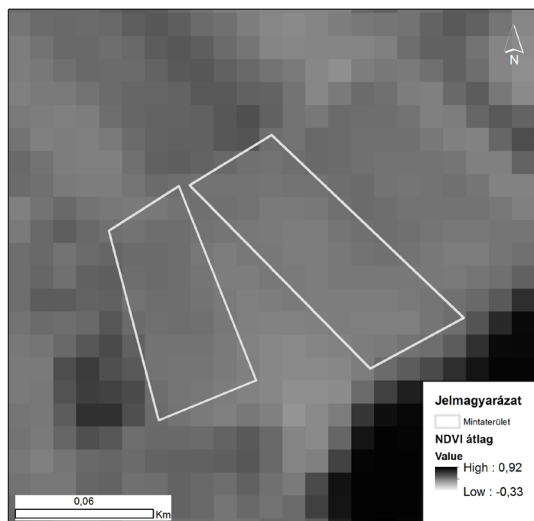
A légi LiDAR felmérés Riegl VQ780 típusú műszerrel történt 2020 decemberében 10 pont/m² pontsűrűséggel. A nyers pontfelhő további feldolgozása UTM vetületi rendszerben történt, elvégeztük a pontfelhő szelvényezését, a kiugró pontok szűrését, a talajpontok leválogatását, és a további manuális osztályozási feladatokat. Az eróziós vizsgálat miatt a Tokaj Kereskedőház megbízásából 2014-ben készült LiDAR adatokat is alkalmaztunk a vizsgálatunkhoz.

Eredmények

A távérzékelte adatok alapján különböző rétegeket hozhatunk létre, többek között a lézerekkel felvétel pontjaiból interpoláció segítségével különböző felbontású magasságmodelleket. A szőlőtermőhely térképezésben fontos szerepet játszanak a domborzatmodellekből származtatott további rétegek, mint például a lejtő illetve kitettség raszteres és vektoros alaprétegei, amelyek nagyban hozzájárulnak ahhoz, hogy az erózió mértékét képesek legyünk meghatározni. A kijelölt parcellákon belül vizsgáltuk a terület lejtő viszonyait (2. ábra), mivel a lejtő meredeksége nagyban befolyásolja a víz erodáló hatását. SZABÓ – JAKAB (2013) kutatásai szerint, minél meredekebb a lejtő, annál nagyobb a lefolyó víz energiája, ezáltal nagyobb mennyiségű talajt tud elmozdítani a helyéről. A meredekebb lejtők talajpusztulása, ezáltal jóval gyorsabban megy végbe, mint a kisebb lejtésű területeken. A 2020 és 2014-es terepmodell között számított különbség fedvény alapján láthatjuk a terep melyik részén volt csökkenés és növekedés (2. ábra). A lejtős területeknél egyértelműen kirajzolódnak az erózió által jobban és kevésbé érintett területek.



2. ábra Lejtő és a terep átrendeződésének térképe



3. ábra NDVI átlag térkép

A lejtő meredeksége mellett nagy szerepet játszik a felszínborítás, illetve a talajtulajdonságok is. A talajvizsgálatok kiértékelése a projekt egy későbbi szakaszában fog megvalósulni, azonban a műholdadatok feldolgozását és kiértékelését már elkezdtük. Az NDVI index segítségével vizsgáltuk a növényi vegetáció aktivitását, parcellán belüli eloszlását (3. ábra). Számos nemzetközi kutatás bizonyította (HALL ET AL. 2003; TERRÓN ET AL. 2015), hogy a szőlő termőhelyek növényborítási mértékének meghatározásában jól alkalmazható az NDVI index, mely segítségül szolgálhat a parcellán belüli változások detektálásában, lehetővé téve a heterogén zónák lehatárolását. A növényi vegetációban bekövetkező változásokat különböző tényezők befolyásolhatják, köztük a talajtényezők, éghajlati tényezők.

További fejlesztések

A jövőben a Mádi Borakadémia koordinálásával az eróziós vizsgálatokhoz fel fogjuk használni a Debreceni Egyetem Precíziós Növénytermesztési Kutatás-fejlesztési Szolgáltató Központ (Dobos A.) által végzett talajtani és klimatikus mérések, illetve a Geogold Kárpátia Kft. geofizikai kutatásainak eredményeit. Az idősoros műhold adatok feldolgozásával vizsgáljuk a talajborítás éves változékonyságát, illetve a különböző agrotechnikai módszerek és művelési módok hatását az erózióra.

Az adatok feldolgozása során a vizsgált területről nagy mennyiségű információ állítható elő, amely nagymértékben hozzájárul, hogy a termelésben résztvevők meg tudják tervezni a parcellán, dűlőn belüli beavatkozásokat, a különböző folyamatok optimalizálását. A növényzet fotoszintetikus aktivitásának vizsgálata mellett a meteorológiai adatokkal, illetve egyéb kvalitatív, illetve kvantitatív információkkal kiegészítve növelhető a rendszer komplexitása.

Köszönetnyilvánítás

A projekt megvalósulását a Mádi Borakadémia termőhelyi kutatása és az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Tématerületi Kiválósági Program ED_18-1-2019-0028 számon támogatta, a Debreceni Egyetem Úrkutatás tématerületi programja keretében.

Felhasznált irodalom

- FIJALKOWSKA, A. (2021): Analysis of the Influence of DTM Source Data on the LS Factors of the Soil Water Erosion Model Values with the Use of GIS technology. *Remote Sensing*, 13, 678.
- MATESE, A. – DI GENNARO, S. F. (2015): Technology in precision viticulture: a state of the art review. *International Journal of Wine Research*, 6, pp. 69–81.
- BEKŐ L. – LUKÁCSY GY. – HUNYADI G. (2015): Szőlő termőhely térképezés légi távérzékelte felvételek alkalmazásával. LVII. Georgikon Napok, pp. 33–40.
- BOROS L. (2014): Talajerózió különböző talajadottságú, eltérő lejtésviszonyú és növényi borítottságú területeken. *Talajpusztulás Térben és Időben*, Bp. MTA CSFK FTI, pp. 4–8.
- ENYEDI P. – KISS A. – LÉNÁRT Cs. – KATONA Zs. (2015): Felszíni karsztformák térképezése LIDAR adatok felhasználásával az Aggteleki-karszt területén. Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VI.: Térinformatikai konferencia és szakkiallítás. Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 133–139.
- HALL, E. – LOUIS, J. – LAMB, D. (2003): Characterising and mapping vineyard canopy using high-spatial-resolution aerial multispectral images, *Computers and Geosciences*, 29, pp. 813–822.
- TERRÓN, J. M. – BLANCO, J. – MORAL, F. J. – MANCHA, L. A. – URIARTE, D. – MARQUES DA SILVA, J. R. (2015): Evaluation of vineyard growth under four irrigation regimes using vegetation and soil on-the-go sensors, *SOIL*, 1, pp. 459–473
- RODRIGO-COMINO, J. – KEESSTRA, S. – CERDÀ, A. (2018): Soil Erosion as an Environmental Concern in Vineyards: The Case Study of Celler del Roure, Eastern Spain, by Means of Rainfall. *Beverages*, 4, 31.
- ROUSE, J.W. – HAAS, R.H. – SCHELL, J.A. – DEERING, D.W. (1973): Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *Third ERTS Symposium*, 357 NASA SP-351, pp. 309–317.
- SZABÓ J. – JAKAB G. (2013): Vízmosások területi eloszlása a lejtőszög és a kiettség függvényében a Medves-vidéken és a völgyességben. *Földrajzi Közlemények*, 137. 4. pp. 333–343.

Topology analyses in OpenDRIVE maps

Lógó János Máté¹ – Barsi Árpád²

¹ doktorandusz, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., logo.janos.mate@emk.bme.hu

² egyetemi tanár, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., barsi.arpad@emk.bme.hu

Abstract: The development of self-driving vehicles is inconceivable without improving maps. The automotive industry is increasingly using computer simulation to facilitate its work, where the model of reality is also a map database. The OpenDRIVE format provides a standard solution to support simulation in which the elements of the infrastructure, in particular the road network, can be described accurately and in detail. The format also provides the elements needed for the topology. In our research, beyond the geometrical approach, we have thoroughly investigated the representation of the topology and started the development of a software tool to test it and correct its errors.

Introduction

Driverless transport is a great expectation of the future. In addition to the technical solutions for the development of self-driving vehicles, simulators will play a major role. The processes and phenomena that can be investigated using computer modelling will naturally only perform well in subsequent real-life tests if we can reproduce reality as accurately as possible for the simulators. In order to study vehicle behaviour, it is therefore necessary both to have models that reproduce the vehicle dynamics and to create a detailed model of the road infrastructure. The construction of this road model relies on modern surveying techniques, but in addition to geometric fidelity, the importance of topology has recently been recognised. In our research, we therefore started from the concept of topology, familiar from geospatial computing, and considered aspects relevant for self-driving, and then started the development of a topology checker-enhancer application.

In this article, we first review the general approach to topology and then present the relationship between self-driving and maps. In the third section we describe the map model based on the OpenDRIVE standard and its topological elements. A synthetic example is used to show how the topology can be approached through the tools provided by the standard.

Topology

Topology is a mathematical science that determines algebraic rules starting from certain geometric properties by generalising them. In 1736, the mathematician

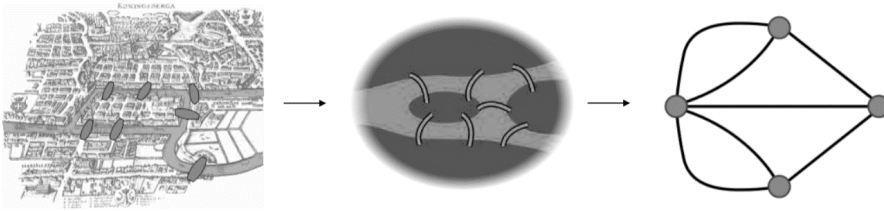


Figure 1. A graph-theoretic approach to the problem of Königsberg bridges (INTERNET1)

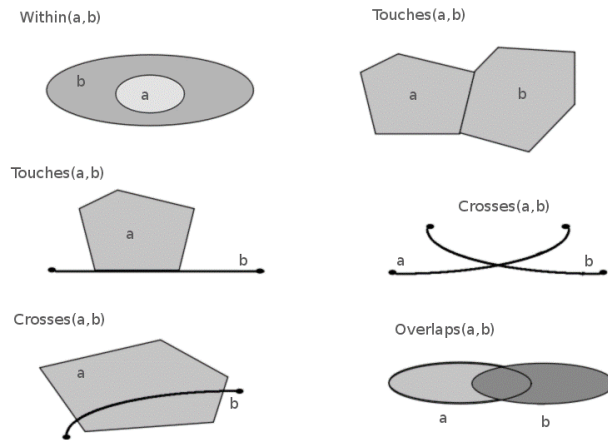


Figure 2. Basic topologic relations

Leonhard Euler published a paper that launched graph theory, arguably marking the beginning of the branch of mathematics known as "topology" (Figure 1).

Topology is the study of the properties of spatial shapes that do not change during continuous deformations of the geometry, i.e. deformations without tearing or punching, such as stretching, twisting, etc. Such invariant properties include adjacency or containment (INTERNET1).

In geoinformatics, topology expresses different relations between the basic elements of a vector representation (point, line, polygon). In queries we often want to know precisely these topological relations: "Which municipalities border on Tápé?", "Which main roads connect to the M7 motorway?" or "Which counties does the Danube flow through?".

The topological relations can be equals, disjoint, intersects, touches, contains, covers, coverby, within, crosses and overlaps (Figure 2). The relations between basic types can be interpreted in terms of point-to-point, point-to-line, point-to-polygon, line-to-line, line-to-polygon and polygon-to-polygon. In the mapping procedure (e.g. when representing parcels), the usual expectation when using polygons is that they should be free of gaps and overlaps.

GIS applications often rely on digitised data. Line chains are captured in a so-called spaghetti model, which is popular for its simple description. It contains only

the breakpoints and their connectivity, and does not consider adjacency or continuity relations. However, a consistent model is needed before performing the analysis, so topological checks and removal of possible errors are necessary. The most common practical topological data structures are winged-edge, quad-edge, half-edge data structures and doubly connected edge list (CSERÉP 2017).

Self-driving and its map support

For most people, self-driving means being able to drive a vehicle on the road in complete safety without any human assistance. Achieving this goal requires a lot of development and technological advances. Gradually, vehicles have been equipped with an increasing number of so-called assistive technologies (assistants), consisting of a combination of hardware and software, which have made driving easier and safer, and are increasingly taking control of the vehicle away from the human driver.

Assistants can be divided into three categories, which are designed to perform the primary functions of control, safety or comfort. Some important assistants are listed in *Table 1*.

Assistants, with their ever-increasing number and ever-greater driving skills, ensure the development of the entire vehicle. According to the commonly accepted grouping of the SAE International (the Society of Automotive Engineers), there are six levels of autonomy, with the first three levels being dominated by human driver and the second three levels being determined by computer control. The highest level (Level 5) represents full self-driving, where the vehicle is able to drive completely independently of human intervention in all circumstances (INTERNET2).

The use of increasingly advanced and data-rich assistants requires map support. Since the computer requires very precise environmental data for the control tasks, a bunch of sensors are used and very detailed maps are produced. These maps, however, already represent a much larger amount of data than the human driver needs, exceeding the processing capabilities of the human brain compared to the

Table 1. Grouping of assistants in the development of self-driving and some typical examples (BARI ET AL. 2020)

	Control	Safety	Comfort
Driver Information Systems (DIS)	-	Traffic-sign recognition	Tire-pressure monitoring system
Driver Assistance Systems (DAS)	Cruise control Emergency break assistant	Antilock Breaking System	-
Advanced Driver Assistant Systems (ADAS)	Adaptive cruise control Lane departure warning Lane keeping assistant Lane change assistant	Automatic emergency breaking Blind spot warning	Automatic windscreen wiper control
Pilot / Chauffeur	Highway pilot		

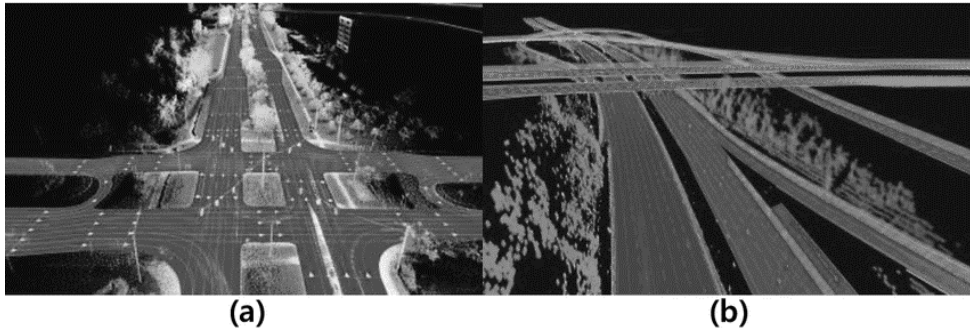


Figure 3. HD map implementation at HERE (left) and TomTom (right)

very short time window of decision moments, and are therefore distinguished by the name high-definition (HD) maps. (Conventional human-intended maps are, by this name, small-definition (SD) maps.) Map implementations of two service providers are shown in *Figure 3*.

Developing self-driving vehicles requires a lot of research and experimentation, which takes a long time and costs a lot of money. During testing, for example, the machine has to drive millions of kilometres to gain enough knowledge for daily use. Computer simulation, where all or part of a vehicle is modelled in a computer environment and then tested from various points of view, has proved to be an excellent aid to these development efforts. Once the simulation has been evaluated, it can be tested in real road conditions, thus shortening the development process considerably. In vehicle dynamics tests the whole car moves between elements of the infrastructure, so that perception and control can be studied. A simulation of sufficient quality and accuracy therefore requires an accurate digital twin of the reality.

A detailed survey of the road and its surroundings must therefore be carried out and then converted into a physical format acceptable to a simulator in accordance with the requirements of HD mapping. To simplify this process, the OpenDRIVE format has been developed to provide the required level of detail with the essential accuracy using standard tools.

Topology of the OpenDRIVE map

The primary purpose of OpenDRIVE maps is to accurately describe the road network in geometric terms. The description in XML format (file extension xodr) includes the spatial delineation of roads, lanes, objects (e.g. road markings, road furniture, plants), but also elements of the signalling system (traffic signs and lights, etc.). Both synthetic and real road networks can be described in this form.

Basically, two topological levels can be distinguished in OpenDRIVE geometry. The first level is the **road level**, where the roads in the network form the basic elements and are connected. At this level, route planning becomes possible, since all the roads of the whole network are included, and then, after the start and end

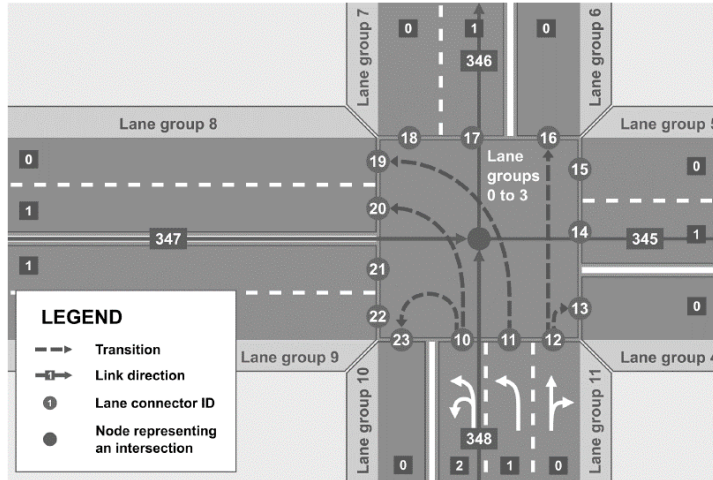


Figure 4. Two-level topological relationship at an intersection: roads and lanes (INTERNET3)

points have been selected, the shortest possible proposed route can be determined. This level can be seen as a kind of an overview level.

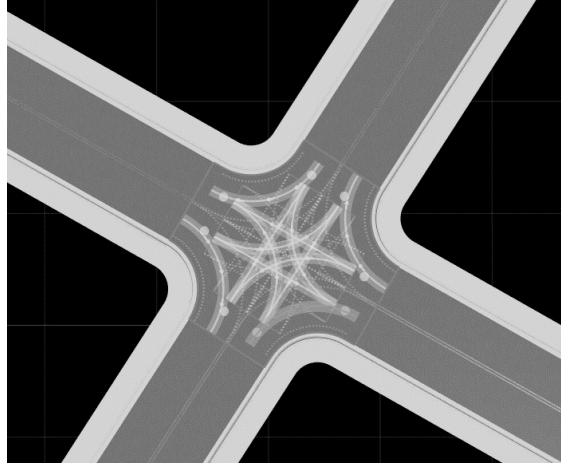
The second level – **lane level** – belongs to the lanes, where roads are broken down into the lanes that the vehicle travels through. At this level, the topological connectivity is much more detailed, since the issues of handling lane opening, merging and junctions arises. *Figure 4* shows the scheme of an intersection. Red lines represent the Roads 345 to 348 that intersect at a single junction. It can also be seen that the roads contain one or two traffic directions. Lanes are indicated by numbers in blue squares. At the intersection, the lane connections for Road 348 are shown in blue dashed lines. The lanes must therefore have connections, which are indicated by numbers in grey circles.

In addition, at the lane level, intersections are not just about more connections, but also about how the lanes that are considered as managed sections (lanes are directed i.e. they can only be used in one direction) are connected, with access and turning rules respected. The test on connectivity should therefore be complemented by a check on the traffic rules. It should also be stressed that lanes in this approach are already surface elements, i.e. polygons. In the context of polygons, *touching* must also be considered as a general relation of the topology, and a gap- and overlap-free description is essential!

Currently, only very few applications can produce an OpenDRIVE compliant file. One example is the graphical editing software RoadRunner, which is generally used to model roads and their environment. The software is capable of producing OpenDRIVE output. *Figure 5* shows the visualisation of a synthetic intersection and its topological relationships at road and lane levels.

For all road data in the description, such as the geometry of the road axis (line, arc, spiral parameters), the positions (section data to reference line) of the lanes and the lane width characteristics shall be provided in a hierarchical manner according

a)



b)

```
<road name="Road 10" length="1.9063151313254792e+1" id="10" junction="4">
  <link>
    <predecessor elementType="road" elementId="0" contactPoint="end"/>
    <successor elementType="road" elementId="1" contactPoint="start"/>
  </link>
```

c)

```
<lane id="1" type="driving" level="false">
  <link>
    <predecessor id="1"/>
    <successor id="1"/>
  </link>
```

Figure 5. Sample intersection and its topological description examples. a) situation plan of the intersection with possible driving directions. b) road-level topological description in the XML-model. c) lane-level topology in the XML model

```
<junction id="4" name="junction4">
  <connection id="0" incomingRoad="1" connectingRoad="10" contactPoint="end">
    <laneLink from="2" to="2"/>
    <laneLink from="1" to="1"/>
  </connection>
  <connection id="1" incomingRoad="0" connectingRoad="11" contactPoint="start">
    <laneLink from="-1" to="-1"/>
    <laneLink from="-2" to="-2"/>
  </connection>
  <connection id="2" incomingRoad="2" connectingRoad="12" contactPoint="start">
    <laneLink from="-1" to="-1"/>
  </connection>
  <connection id="3" incomingRoad="0" connectingRoad="17" contactPoint="start">
    <laneLink from="-3" to="-1"/>
    <laneLink from="-4" to="-2"/>
  </connection>
```

Figure 6. Junction description code snippet

to the standard. Since the standardised elements of the topology of roads and lanes are the *predecessor* and *successor*, multiple connectivity cannot be expressed in such a simple way. It is then necessary to introduce a "junction" object to handle these situations. An example is shown in the code snippet in *Figure 6*.

While applications like RoadRunner create the topological description according to the standard, any modification, extension or deletion of the data makes the data base unmanageable. In addition, stored xodr file is a very inefficient way of

specifying the data, as it has to be treated as sequential text, which makes searching difficult. Another very serious drawback is that the alignment of the topological data (the link parameters) of the junctions, the roads and the lanes is not checked by the software, which can lead to consistency problems.

The sample intersection was created with 1+1 lanes with a shoulder next to the roads, so a separate lane has been added to the OpenDRIVE model. A total of 20 road segments were recorded, of which 4 are usual roads and 16 are so-called virtual roads inside the junction. At the lane level, 32 virtual lanes and 24 normal lanes made up a total of 56 lane elements. Consistently, there were 16 connections in the junction description part of the model. For the same junction, 24 roads and 100 lane elements could be observed for 2+2 lanes, while 27 roads and 165 lane elements for 3+3 lanes respectively.

Conclusion and outlook

A specific area of map support for autonomous vehicles is the map delivery methods used by simulators. According to the principles set out in the OpenDRIVE standard, it is possible to accurately describe reality by providing topological relationships. In our work so far, we have reviewed the topological principles, studied the standard implementations and started the development of parsing software to query the topological elements and then to check the constraints and rules formulated. We also aim to automatically correct the topological errors found.

Acknowledgement

The paper was supported through the New National Excellence Program of the Ministry of Human Capacities and the Hungarian Ministry of Human Resources (ÚNKP-21-3-II-BME-26).

Literature

BARSI, Á. – CSEPINSZKY, A. – LÓGÓ, J. M. – KRAUSZ, N. – POTÓ, V. (2020): Az önvezetés térképi támogatása. *Geodézia és Kartográfia*, 72(2), pp. 10–15.

CSERÉP M. (2017): Topológiai algoritmusok és adatszerkezetek, ELTE Informatikai Kar

INTERNET1 – Topology in Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Topology>. Accessed 10/04/2021

INTERNET2 – SAE J3016B: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles - SAE International.” https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/ Accessed 07/21/2020

INTERNET3 – “NDS Association webpage,” 2018. <https://www.nds-association.org/> Accessed 10/29/2018

Deep Learning megoldások alkalmazhatóságának vizsgálata földtani környezetben, a Bodai Agyagkő Formáció tektonikai töréseinek példáján

Lovász Virág¹ – Karsa Róbert² – Halász Amadé³ – Halmai Ákos⁴

¹ doktorandusz, PTE TTK Földtudományok Doktoriskola, lovaszvirag23@gmail.com

² igazgatóhelyettes, ezredes, Baranya Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, robert.karsa@katved.gov.hu

³ adjunktus, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, ahalasz@gamma.ttk.pte.hu

⁴ adjunktus, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, halmaia@gamma.ttk.pte.hu

Abstract: In Hungary, the planned high level radioactive waste repository is scheduled to be implemented around 2050. Country wide screening found the Permian Boda Claystone Formation (BCF) as the most suitable host rock (KOVÁCS ET AL. 1999; KONRÁD – HÁMOS 2006). Ongoing researches aim to find the potential locations that can be considered safe for storage purposes (RHK 2019). Automated fracture detection could majorly speed up the work of geologist experts. Deep learning (DL) is suitable for our task given its distinguishing features: producing bias-free logic by the data itself, and being able to find nondescript correlations through its multilayer network (PALUSZEK – THOMAS 2020). The construction of the most efficient DL process regarding the fractures expected to be devised thoroughly. This paper compares the performance of Faster R-CNN with different backbone architectures, to establish reliable foundation for this task.

Bevezetés

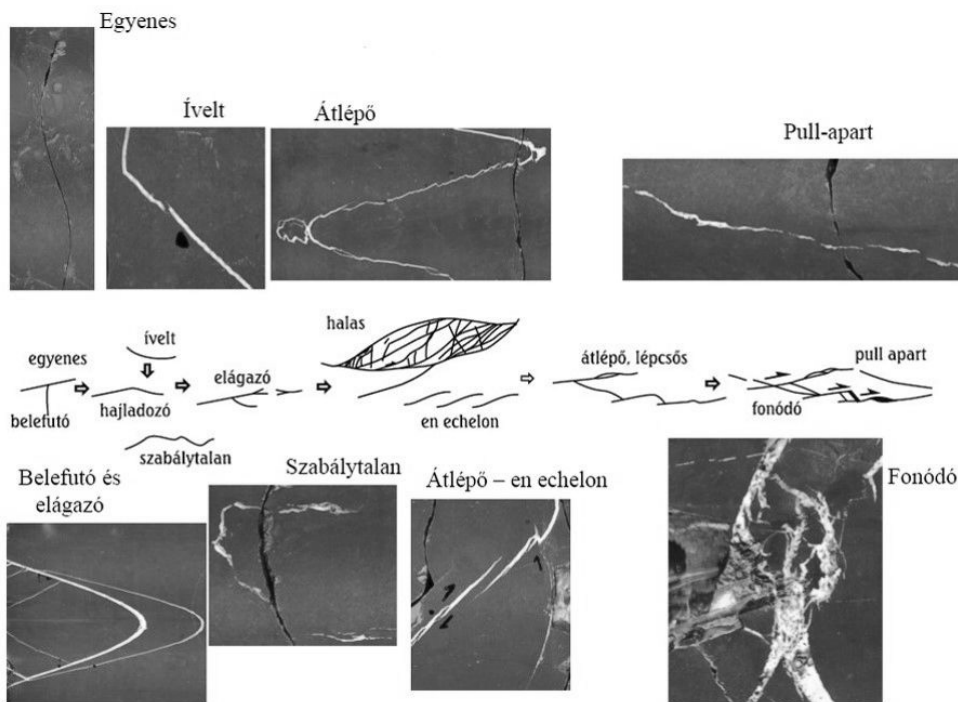
Magyarország energiapolitikája szükségessé teszi a hosszú távú kutatást és tervezést a nagy aktivitású radioaktív hulladékok jövőbeni tárolásához. A feladathoz – hazai- és nemzetközi egyetértésben – potenciális földtani gátnak minősített Bodai Agyagkő Formáció jól dokumentált a szakirodalomban (BÁRDOSY 1998; KOVÁCS ET AL. 1999; KONRÁD – HÁMOS 2006); további vizsgálata azonban még évtizedekig szükséges (RHK 2021).

Kutatásunkkal ehhez szeretnénk asszisztenciát nyújtani, olyan Mesterséges Intelligencia (MI) alapú térinformatikai eljárásokkal, amelyek a jelenlegi és további fúrások feldolgozását segítik. Hosszú távú célunk a konvolúciós neurális hálózatok alkalmazását a Formációt érintő kérdéskörökre átfogóan kiterjeszteni. A mélytároló szempontjából egyik legfontosabb jelenségnek számító zárt törések automatizált észlelésére a leghatékonyabb modellt szeretnénk kidolgozni.

A tektonikai törések elemzése több szempontból is kulcsfontosságú. A Bodai Agyagkő Formációba helyezett remények abból a feltételezésből fakadnak, hogy megbízhatóan betöltheti a földtani gát szerepét. A formáció fontos tulajdonsága a duzzadó agyagásványok permeabilitást csökkentő képessége, míg a legnagyobb rizikófaktort a nyílt töréseken keresztüli vízmozgás hordozza (HRABOVSZKI 2017; RHK 2019). Továbbá a nyílt- és a zárt törések egyaránt igen jelentős információt

hordoznak, segítve a földtani- és geodinamikai előrelátást. A törések felismerése és dőlésszög meghatározása kiemelt jelentőségű az esetleges tároló szempontjából. A törések ismeretével információt kapunk a terület szerkezeti fejlődéséről, valamint a kőzet állékonyságáról. Ezen ismeretek elengedhetetlenek a potenciális tároló szempontjából (KONRÁD – SEBE 2010; HRABOVSZKI ET AL. 2017). Bizonyos erőhatások, elmozdulások – mind a jelen folyamataiban, mind a távlati jövőre nézve – kizáró okot jelenthetnek a felszín alatti tároló kivitelezésében, így a vonatkozó kormányrendelet (155/2014 [VI.30] Kormányrendelet) értelmében feltárásuk kritikus. Ezek automatizált felismerése nagyban segítené a fúrómag dokumentálást, valamint pontosabb adathalmazt is kaphatunk. Hatékony segítséget jelentene egy olyan Deep Learning modell, amely eredményesen alkalmazható az eddigi, illetve a formáció területén jövőben létrehozásra kerülő új fúrásokon is, a tektonikai törések automatizált, példányosított beazonosítására.

A Formáción a nyílt- és a zárt törések önálló geometriája és egymáshoz való elhelyezkedésük módja is változatos formákban van jelen (1. ábra) Az ábrán demonstrált egymásba futó, egymást keresztező törések vonalának egyedenkénti felismerése a hagyományos és a Deep Learning alapú pixelosztályozást is kizárják. Azt is látjuk, hogy a Formációban gyakoriak a nem folytonos törések is (pl.: átlépő), és biztosítani kell, hogy a dőlésérték teljes hosszukban rajtuk is kalkulálható legyen. Nyilvánvaló, hogy komplex és nehezen megfogható módon kell megközelíteni a



1. ábra Törésgeometriák a Bodai Agyagkőben. Forrás: MAROS 2006 és DÁLYAI ET AL. 2014 után módosítva

felismerés és szegmentálás szabályait. A Deep Learning alapú *példányszegmentációs* eljárások ígéretes lehetőségeket kínálnak erre.

Fontos, hogy az objektumok kötegelhető formában álljanak rendelkezésre a további feldolgozáshoz, példányonként korrekt geometriai és lokációs adatot szolgáltatva. Előbbi a dőlésértékek pontos kinyerése, utóbbi a korrekt ciklicitás vizsgálatok érdekében fontos. Mivel a dőlésérték adott törés példány köré helyesen illesztett téglalapok (bounding box) sarokpontjaiból is kinyerhető, elegendők olyan eljárások, amelyek kimenetként ennek generálására képesek. Ilyen eljárások a Single Shot Detector, a YOLO, a Faster R-CNN (SRIVASTAVA ET AL. 2021).

A kutatás egyik lényeges szempontja, hogy a modell teljesítmény ne csökkenjen ismeretlen magon. A túlilleszkedés kiküszöböléséről meggyőződhetünk, ha a tréning adathalmaz-ról előzetesen leválasztott validációs adathalmazon tesztelünk (SALMAN – LIU 2019; HADOBÁCS – BOTTYÁN 2015). Mivel előzetes teszteredményeink alapján a zárt és a nyílt törések problémája eltérő modell megközelítést igényel, fontosnak tartjuk külön kezelni őket. Alábbi tanulmányban különböző backbone modellek teljesítményét hasonlítottuk össze, hogy kifejezetten a zárt tektonikai törések problémájára a legmegfelelőbbet megtaláljuk.

Anyag és módszer

Adatforrásunk az ImaGeo (MAROS – PÁSZTOR 2001; MAROS ET AL. 2017) szkennelt fúrásanyagai voltak. A tréning adathalmaz elkészítéséhez MAROS ET AL. (2020) nyílt töréseket lokalizáló bounding box elemosztályát használtuk. Az ArcGIS® Pro™ 2.8.2-ben Python programnyelv és MAROS ET AL. (2020) fúrásdokumentációja segítségével mélységhelyes mozaikká illesztett fúrást a könnyebb kezelhetőség érdekében 448×448 pixeles felbontásra újramintavételeztük. Ugyanitt, a elemosztályt felhasználva 448×448 pixeles chip mérettel, az egyes chipkek között 224 pixel átfedéssel Mask R-CNN (He et al. 2018) metadata formátummal exportáltuk. A betanítás és a validációk backbone-tól függően 3 verzióban, 10 korszakos betanításokkal és 811 darab image chippel, Google Collaboratory környezetben, Python program nyelv segítségével – PyTorch alapidokumentáció (2021) alapján – készültek. A tréning és validációs adatbázis egyaránt az Ibafa-4 (Ib-4) fúrás szkennelt szakaszaiból került ki. A három változat Faster R-CNN (REN ET AL. 2015) architektúrában a ResNet-50 (HE ET AL. 2015), a MobileNet-V3 két változata – large architektúra és large_320 – (HOWARD ET AL. 2019) backbone modellek finomhangolásával készült el. Az előzetesen leválasztott validációs adatbázison tesztelve az Average Precision (AP, átlagos precizitás) és Average Recall (AR, átlagos érzékenység) metrikákat (1. táblázat) értékeltük.

A geológusok számára hatékonyan használható adathalmazt csak akkor kapunk, ha a kimenet a lehető legpontosabban detektálja a töréseket körülvevő bounding box koordinátáit. Helyesen felismert törések bounding boxai az elvárthoz képest 75%-nál kisebb átfedésben már nagyban torzíthatják a dőlésértékeket. A

1. táblázat Backbone vizsgálat eredményei

	IoU küszöbérték	ResNet-50	MobileNet-v3-Large	MobileNet-v3-Large_320
AP	0,5	0,705	0,721	0,714
AP	0,75	0,400	0,474	0,315
AP	0,5 – 0,95	0,400	0,438	0,370
AR	0,5 – 0,95	0,641	0,576	0,531

bemutatott három backbone modellnél azt látjuk, hogy alacsony (0,5) küszöbértéknél a legkisebb a három modell teljesítményi eltérése. Ez mindössze 0,016 különbség átlagos precizitást tekintve, az itt leghatékonyabb MobilNet-V3-large és legkevésbé hatékony ResNet-50 között. Ez azonban olyan alacsony küszöbértéknél teljesül, ami nem releváns a számunkra, ha dőlésérték kinyerés a cél, és a különbségek is marginálisak. Az 0,75 IoU feletti vizsgálatban nagyobb (0,159) a szélső eredmények különbsége. Az is szembeütő, hogy a MobileNet-V3-large_320 átlagos precizitása "esik" leginkább 0,75 IoU fölé, a modell helyes találatai és az átfedés pontossága itt vannak a legkevésbé egyensúlyban. A bounding box sarokpont koordináták pontos azonosítása, valamint megfelelő precizitás igénye mellett a MobileNet-V3-large architektúra a legmegfelelőbb (a bemutatott sémák közül), azonban az érzékenységet (AR) is figyelembe véve ez a modell kevésbé érzékeny, mint a ResNet-50, azaz kevesebbet hibázik, de kevesebb nyílt törést talál meg, mint a ResNet-50.

Konklúzió

Mivel a nyílt törések automatizált detektálásának egyik célja a dőlésértékekből kapott helytálló következtetések kinyerése, a végső modellnek az érzékenység, a precizitás és az IoU metrikáiban is ideálisan kell teljesíteni. A kutatás további irányaihoz a bemutatott MobileNet-V3-large és ResNet-50 backbone architektúrák egyaránt alkalmasnak bizonyultak, használatukkor a modell további hiperparamétereit úgy kell hangolnunk, hogy a backbone saját gyengeségeit ellensúlyozni tudjuk. Meg kell vizsgálni további hálózati architektúrák bevonását is, hiszen a folyamatos fejlődés, kutatás következtében egyre újabb technológiák jelennek meg.

A modellek teljesítményének további javításához szükséges még több tanító adat létrehozása, illetve megfontolandó más típusú adatok bevonása is a képzésbe. Ilyenek lehetnek a különböző geofizikai mérések numerikus adatai. Az elemenkénti IoU-ból számolt átlag a modell érzékenységét, precizitását, és a sarokpontok azonosításának minőségét egyaránt értékeli, amely a teljesítmény nyomonkövetéséhez hasznos lehet.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht.-nek, valamint a Mecsekérc Zrt.-nek a munkához nyújtott támogatásért, különösképp a fűrészdokumentációk és szkennelt fűrómagok rendelkezésünkre bocsátásáért.

Felhasznált Irodalom

- BÁRDOSSY GY. (1998): A radioaktív hulladékok elhelyezése Magyarországon. Földtani Közlöny, 128 (1), pp.179–196.
- DÁLYAY V. – HÁMOS G. – MÁTHÉ Z. – SÁMSON M. – KONRÁD GY. – HALÁSZ A. – KOVÁCS L. – SOMODI G. – FEDOR F. (2014): Dokumentációs és mintavételi terv. Fúrómag, furadék dokumentálásának és mintázásának terve. RHK-N-026/13 – Kézirat. Mecsekérc Zrt. Irattár, Pécs
- HADOBÁCS, K – BOTTYÁN, ZS. (2015): Neurális hálózatok és alkalmazásuk a repülés meteorológiában. Repüléstudományi Közlemények, XXVII. évfolyam (2), pp. 36–48
- HE, K. – ZHANG, X. – REN, S. – SUN, J. (2015): Deep Residual Learning for Image Recognition. Cornell University, arXiv:1512.03385v1, 12 p.
- HE, K. – GKIOXARI, G. – DOLLÁR, P. – GIRSHICK, R. (2018): Mask R-CNN Cornell University, arXiv:1703.06870v3, 12 p.
- HOWARD, A. – SANDLER, M. – CHU, G. – CHEN L.C. – CHEN B. – TAN, M. – WANG, W. – ZHU, Y. – PANG R. – VASUDEVAN, V. – LE, Q. – ADAM, H. (2019): Searching for MobileNetv3. Cornell University, arXiv:1905.02244, 11 p.
- HRABOVSKI E. – TÓTH E. – RAUCSIK B. – VARGA A. – SCHUBERT F. (2017): A BAF–2 fűrés töréses szerkezeti elemeinek mikroszerkezeti és cementáció vizsgálata (Bodai Agyagkő Formáció). Földtani Közlöny, 147/3, pp. 245–264
- KONRÁD GY. – HÁMOS G. (2006): A magyarországi nagy aktivitású radioaktív hulladéktároló telephely kijelölésének földtani szempontjai és az eddigi kutatások eredményei. — Acta Geographica, Geologica et Meteorologica Debrecina, 1, pp. 33–39.
- KONRÁD GY. – SEBE K. (2010): Fialat tektonikai jelenségek új észlelései a Nyugati-Mecsekben és környezetében. Földtani Közlöny, 140/2, pp. 135–162.
- KOVÁCS L. (szerk.) (1999): A Bodai Aleurolit Formáció minősítésének rövid távú programja. Kutatási zárójelentés. Összefoglaló kötet. — Kutatási jelentés, Mecsekérc Zrt. Adattára, Pécs, 68 p.
- MAGYARORSZÁG KORMÁNYA (2014): Kormányrendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről (155/2014 (VI.30) Kormányrendelet) Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1400155.kor>, Letöltés dátuma: 2021.06.23.
- MAROS GY. – LANTOS Z. – SZABADOSNÉ SALLAY E. (2017): Közreműködés az Ib-4 BAF-kutató magfűrés fűrésdokumentációs jelentésének elkészítésében. ImaGeo magszkennelt képek értékelése a fűrőlyukban mért BHTV felvételek segítségével. Kutatási jelentés, MFGI adattára, Budapest, 62 p.
- MAROS GY. – PÁSZTOR SZ. (2001): New and orientated core evaluation method: ImaGeo. European Geologist 12, pp. 40–43.
- MAROS GY. – SZABADOSNÉ SALLAY E. – ÁDÁMNÉ INCZE SZ. – HATVANI G.I. – PALOTÁS, K. – KOVÁCS J. – GYENIS Á. – GRÓF GY. – PÁSZTOR SZ. – ANDRÁSSY L. – MARA J. – VIHAR L. – SZONGOTH G. (2020). Az ImaGeo magszkennelés módszerei egy Mecseki fűrés nagyfelbontású értelmezésének példáján. Földtani Közlöny, 150(1), pp. 81–102

- MAROS GY. (2006): A Mórággyi Gránit szerkezeti fejlődése az ImaGeo magszkennelrel történt fúrásértékelések alapján (Doktori Értekezés, Miskolci Egyetem)
- PALUSZEK, M. – THOMAS, S. (2020): Practical MATLAB Deep Learning: A Project-Based Approach. Apress Media LLC, NJ USA
- PYTORCH (2021): TorchVision Object Detection Finetuning Tutorial. Elérhető: https://pytorch.org/tutorials/intermediate/torchvision_tutorial.html, Letöltés dátuma: 2021.07.23.
- REN, S. – HE, K. – GIRSHICK, R. – SUN, J. (2015): Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. Cornell University, arXiv:1506.01497, 14 p.
- RHK RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KHT. (2019): A Bodai Agyagkő Formáció telephelykutatósi keretprogramjának engedélykérelme – Közérthető összefoglaló. Elérhető: http://www.nymtit.hu/docs/2019/rhk_kozertheto_osszefoglalo.pdf, Letöltés dátuma: 2021.06.08.
- RHK RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KHT. (2021): Nyugat-Mecseki kutatás. Elérhető: <https://rhk.hu/timeline/nyugat-mecseki-kutatas>. Letöltés dátuma: 2021.06.26.
- SALMAN, S. – LIU, X. (2019): Overfitting Mechanism and Avoidance in Deep Neural Networks. Cornell University, arXiv:1901.06566v1, 8 p.
- SRIVASTAVA, S. – DIVEKAR, A.V. – ANILKUMAR, C. – NAIK, I. – KULKARNI, V. – PATTABIRAMAN V. (2021): Comparative Analysis of Deep Learning Image Detection Algorithms. Elérhető: https://assets.researchsquare.com/files/rs-132774/v1_stamped.pdf?c=1608759198. Letöltés dátuma: 2021.09.14.

Accustoming Moroccans to Hungarian place names' pronunciation

Alasli Malak

Institute of Cartography and Geoinformatics, (ELTE) Eötvös Loránd University, Budapest,
alaslina.ma@gmail.com

Abstract: Names render a linguistic framework within which the toponym should maintain the place name's identification in written and spoken forms. The grammatical and pragmatic features of place names set them apart from the regular vocabulary. When critical divergences from official pronunciations are possible, speakers who have no knowledge of the target language, such as in travel information or route description, will need to use place names. Hungarian, or "Magyar," is a Finno-Ugric language with some specific semantic properties, such as a phonetic pattern that conveys no particular sounds that cannot be handily expressed by a French, Italian, German, or English speaker. The toponym typically includes linguistic components whose primary function is to qualify localities. Moroccans who speak various languages, including Standard Arabic, Berber (Amazigh), French, and dialectal Arabic, can encounter Hungarian place names in various settings; school, travel books, and atlases. In addition, Hungarian also uses diacritical markings for vowels and character blends for consonants unfamiliar to Moroccans. An earlier study gathered Moroccan pronunciations of Hungarian place names. The findings revealed the challenges that the interviewees faced. Thus, the purpose of this paper is to examine further Moroccans' difficulties in pronouncing and writing these names and how these difficulties might be solved. Another goal of this research is to examine how Hungary is depicted on Moroccan maps, especially in School geography textbooks.

Introduction

As all other names, "toponyms belong to languages" (TICHELAAR 2002) and "form part of the language and the language structure" (SÆRHEIM 2014). Thus, they are "the products of the human mind, produced by people living in communities". Moreover, "toponymic representations constituting part of the mental lexicon, are interrelated with spatial representations" (RESZEGI 2012). The archetypal namings of things are nouns, which are the most common words used for the linguistic expression of objects. Toponyms are also used in the role of naming. They contribute compelling information "about linguistic heritage and represent a treasure trove of words and semantics, especially topographical appellatives" (SÆRHEIM 2014). According to cognitive semantics, proper names can be regarded as components of the category of nouns that yet constitute a distinctive group within the category based on their semantic characteristics and function, comparable to the conventional onomastic categorization. They may be understood as linguistic units, so they do not have to be broken down into linguistic parts to be processed as proper names.

According to GREENBERG – HÖFLMAYER (2017), the term "toponym" has two functions: on the one hand, it is the general term for all names of locations, territories, and places, and it is the Greek equivalent of Latin *nomen loci*, which means "place name." In the broadest sense, toponyms are names for any location or area. On the other hand, it is only one of several technical terms used to describe diverse areas, regions, landscapes, and locations.

Toponyms “represent language units denoting elements of topographic environment” (URAZMETOVA – SHAMSUTDINOVA 2017). They are a “crucial component for cartographic representation of geographic information” (ALASLI 2019), and an “indispensable component of our communication about geographic features or regions, both natural and man-made” (PERDANA – OSTERMANN 2018). In other words, they are “that particular layer in landscape which reflects the link between physical space and human perception, understanding and interpretation of this space” (SEIDL 2008).

Place names “play important roles in various areas of life: cartography, geography, history, the naming and defining of our world, economics, government and politics, delivery of services, and emergency services, and so on”. They are “mnemonic devices that carry knowledge passed from generation to generation” (TENT 2017). Thus, researches on toponymy “capitalize results from scientific investigation in a wide range of fields, such as linguistics, geography, history, ethnography, sociology, archeology, economics, etc.” (POENARU 1972). As a result, toponymy should be considered a border realm of research, as it is at the intersection of several disciplines.

The toponymal research is “one of the research topics under the United Nations economic and social affairs group, United Nations Group of Experts on Geographical names committee (UNGEGN)” (NYANGWESO – MÁTYÁS 2018). According to (UNGEGN 1994), The alphabetic sequence of Hungarian words and names typically follows a 37-letter unit, with short and long pairings representing the same sequential element. Double consonants always follow short consonants.

Additionally, the discipline of phonetics has a dual purpose: not only does it examine the sounds of speech as they are typically generated, but it must also consider all possible sound formations before doing so. A language's typical sound stock comprises a small number of options from a vast array of possibilities. In practice, the number of phonetic shades that can be produced is “unlimited like the number of musical sounds: from these unlimited possibilities the language selects a certain group of sounds” (DEME 1961). There are numerous intermediate shades employed in speech among the members of such a group chosen by the language; nevertheless, the language does not value each shade equally. In phonology, we argue that each language has a restricted number of characteristic sounds necessary in that language (phonemes), whereas the remaining sounds are variations of those phonemes. As a result, we talk about sound types, each of which has a range of variations. Each vocal sound (phoneme) has a fluctuation zone within which it remains consistent in practice.

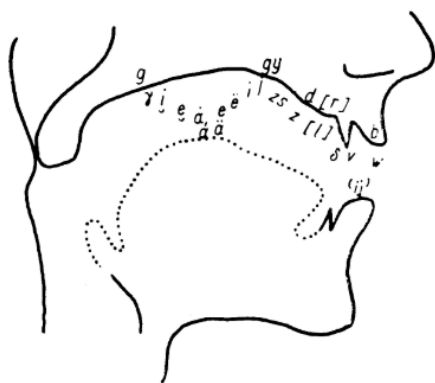


Figure 1. The physiological classification of sounds

According to DEME (1961) the physiological classification of sounds yields the representation in *Figure 1*.

Furthermore, according to GOODMAN (1967), reading is a psycholinguistic process in which the reader, led by the knowledge of the language being read, reconstructs an encoded message by selecting syntactic and semantic cues as they proceed. We employ the same method to read in a foreign language, even though native language interference and unfamiliarity with the code make the process much more complex.

YORIO (1971) states that reading requires numerous aspects, including understanding the language, the capacity to anticipate or guess to make the proper choices, the ability to remember prior cues, and form the required links between the different cues that have been chosen. In addition, when reading in a foreign language, these factors are altered, and new elements emerge, such as the reader's knowledge of the foreign language differs from that of the native speaker, the guessing or predicting ability required to pick up the correct cues is hampered by the reader's imperfect knowledge of the language, the wrong choice of cues or the uncertainty of choice makes associations more difficult.

However, unless the reader is familiar with the material, reading aloud is exceedingly difficult. As Goodman puts it:

In oral reading, the reader must perform two tasks at the same time. He must produce an oral equivalent of the graphic input, which is the signal in reading, and he must also reconstruct the meaning of what he is reading.
(1967:131)

Methodology

This study strives to interpret Moroccans' difficulties in pronouncing and writing Hungarian place names and further attempts to solve these challenges.

Another purpose of this research is to explore how Hungary is depicted on Moroccan maps, especially in School geography textbooks. Thus, this paper applied different methods in order to meet its goals.

In order to analyze the recorded data on Moroccans' pronunciation of Hungarian toponyms, this research adopted a language-oriented approach, which uses the comparative analysis of the chosen language systems. It was necessary to build a link between the mother tongue and the target language, consider the idiosyncrasies of both languages, and identify the challenging parts for a foreigner. The Moroccan language situation is characterized by multilingualism, distinguished by the coexistence of local languages, Arabic and Amazigh, alongside foreign languages, French and Spanish. Non-standardized Arabic (Moroccan Arabic or Darija) is the vehicle for all Moroccans, while Amazigh (Berber) is a vernacular language of natural vitality in rural and urban regions. French is the primary foreign language spoken in the nation, and it is used as a second language in education and administration. Additional semi-structured interviews were used, where 25 Hungarian participants were asked to identify the place names from the collected recordings.

Moreover, most people encounter foreign place names for the first time in school; therefore, Highschool geography textbooks have been examined. Maps were extracted from both Arabic and French schools.

Results and discussion

When facing a foreign language, the influence of the system of one's first language is inevitable. Thus, the foreign language is viewed through the prism of their native language. Moreover, Particular difficulties may arise if the native and target languages are typologically dissimilar; for example, one possesses specific grammatical categories that the other does not.

Certain toponyms, such as Hódmezvászárhely and Szigetszentmiklós, were shunned by many participants. Besides, some people struggled the most with Hajdböszörmény, Nagykanizsa, Székesfehérvár, Nyregyháza, and Békéscsaba. The grounds for their reluctance include the unfamiliarity with such word structure; lengthy words, specific sound formations, consonant clusters, and new vowels.

From the data, we notice the existence of an interference (semantic, phonological) of the native language. In terms of phonological interference, it appears that "even when reading silently, we often form "phonetic images" of the printed signal" (YORIO 1971). The participants, when reading silently, stop when they come to a word they do not know how to pronounce. As all participants never heard Hungarian being spoken before, they tend to assign to the foreign language the phonology of their native language. For instance, while the letter C is pronounced /ts/ in Hungarian, Moroccans pronounce it differently. When C is spelled last, as in "Vác" and "Miskolc," it is pronounced /k/, but when it comes before an e, as in "Debrecen"

and "Cegléd," it is pronounced /s/. This distinction is especially noteworthy because it was made unintentionally by the participants.

According to prior research, 82 percent of 55 participants claimed that the consonant digraphs (CS /tʃ/, SZ /s/, ZS (/z/, DZS /dʒ/) were the most perplexing components. They were interpreted as separate phonemes by the participants; CS: /k/ + /s/, SZ: /s/ + /z/, ZS: /z/ + /s/, and DZS: /d/ + /z/ + /s/. Other challenges were discerned from the recorded data, such as J was rarely pronounced as /j/ but rather as a /z/ sound, and S was never pronounced as a /ʃ/ sound but rather as a /s/, where only 37 % uttered Budapest with a /ʃ/ due to their familiarity with such a toponym.

Moreover, vowel pronunciation was tricky where the majority pronounced U /u/, Ú /u:/, Ü /y/, Ű /y:/ as the French U /y/ (as in tu, rue), Ö and Ő were pronounced as the French O /o/, and A /ɒ/ (similar to O in hot) was pronounced as either the front unrounded vowel /a/ or in some cases as the back unrounded vowel /ɑ/. Moreover, there is "no vowel reduction in Hungarian" in that "every Hungarian vowel is pronounced distinctly and clearly", which implies that "they are not to be pronounced in a reduced or centralized form". In addition, "the stress of the word always falls on the first syllable" where "vowels are pronounced full and clear in every following syllable" (DÁNIEL 2011). However, vowel deletion is a common phonological phenomenon in Arabic dialects; vowel reduction existing in Darija.

It is widely accepted that lexical stress does not exist in French and that stress is a characteristic of the phrase rather than the word. Moreover, the difference between long and short vowels in French is phonologically absent, and vowels in monosyllabic function words were decreased more than vowels in monosyllabic content terms. However, it is generally accepted that "Hungarian has initial primary stress"(BLAHO 2011). From the recorded data, participants rarely stress the first syllable of the toponym.

Names "|yield a linguistic frame of reference where the toponym should preserve the place name's identification both in writing and oral form" (ALASLI 2021). Thus, interviews were conducted to investigate whether the Moroccans' pronunciation is identifiable to Hungarians. The participants were initially instructed to listen to the recordings and inform whether they recognized any of the words, and only 36% correctly predicted. Several participants stated that they would be unable to grasp the meaning if they heard these recorded versions in everyday situations. After notifying the participants about the recording's content, they were invited to listen to it as often as needed in order to recognize as many toponyms as possible. Hungarians are renowned for being particular about their language's pronunciation, as seen by their inability to identify most of the pronounced toponyms. Thus, Moroccans struggled to read the toponyms, and Hungarians could not understand their pronunciation, resulting in a communication cut.

It was also intriguing to discern how Hungary was depicted in Arabic and French high school geography textbooks. The extracts below show a sample of the maps that were collected (*Figure 2*). The findings reveal that Hungary has a



Figure 2. Extracts of Arabic and French maps

limited representation. The Arabic maps also contained two different spellings of the country name (هنغاريا, and المجر). The students had little to no exposure to Hungarian toponyms, making the pronunciation of foreign place names much more difficult. It will be advantageous for the pupils to understand the proper pronunciation of Budapest, where this might serve as an introduction to the differences between the Hungarian and French languages. Moreover, adding a transcription of the place names in the name index would also be helpful.

Furthermore, travelers must be able to read and comprehend the map and identify and find the locations using the names provided. Making use of the destination language on maps facilitates international communication, sign recognition, and destination direction. On the other hand, using the tourist language is easy to read, pronounce, and comprehend. The persons in charge (editors/designers) should make sure that all toponyms are readable and easily identifiable. The most efficient method to obtain maximum comprehension would be to choose the information shown on the map in order to allow for double names. These provide the traveler with double knowledge by linking recognizable names to the circumstances at the destination. An interesting addition would be the Arabic transliteration of the Hungarian toponym, thus facilitating oral communication and reference.

Conclusion

When interacting with a foreign language, the effect of one's first language system is inescapable since the foreign language is viewed through the lens of the local languages. Several participants avoided certain toponyms. Their hesitation stems from their unfamiliarity with such word structure, which includes lengthy words, different sound formations, consonant clusters, new vowels, and stress placement. The findings also show the presence of a native language interference where the participants tend to attribute the phonology of their native language to the foreign language.

Hungarians were interviewed to determine if they recognized Moroccan pronunciation. Moroccans had trouble reading the toponyms, and Hungarians could not comprehend their pronunciation, resulting in a communication breakdown. Several participants stated that they would be unable to grasp the message if they heard these recorded versions in everyday settings.

In addition, this research looked at how Hungary was portrayed in Arabic and French high school geography textbooks. Hungary has a small representation, according to the data. The country name was also written in two distinct ways on the Arabic maps (هنغاريا, and المَجْر). Because the students had little to no exposure to Hungarian toponyms, pronouncing these foreign place names was significantly more challenging. Understanding how to pronounce words correctly, such as Budapest, will be helpful to the pupils. Additional transcription of the place names in the name index would also be effective.

Reference

- ALASLI, M. (2019): Toponyms' contribution to identity: The case study of Rabat (Morocco). Proceedings of the ICA, 2(July), pp. 1–7. <https://doi.org/10.5194/ica-proc-2-3-2019>
- ALASLI, M. (2021): Maghrebian toponym variants in Hungarian school atlases. *Geodesia Es Kartografia*, 3(June 2021), pp. 29–36. <https://doi.org/10.30921/GK.73.2021.3.6>
- BLAHO, S. (2011): Secondary Stress in Hungarian: (Morpho) -Syntactic , Not Metrical. 1995, pp. 51–59.
- DÁNIEL, S. (2011): Vowel centralization and vowel harmony in Hungarian. *The Odd Yearbook* 8, pp. 111–137.
- DEME, L. (1961): Disputed aspects of phonetics. *Acta Linguistica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 11(1–2), pp. 99–156.
- GOODMAN, KENNETH S. (1967): Reading: a psycholinguistic guessing game. *Journal of the Reading Specialist*, 4, pp. 126–135.
- GREENBERG, R. – HÖFLMAYER, F. (2017): The Late Third Millennium in the Ancient Near East Chronology, C14, And Climate Change. *Papers from the Oriental Institute Seminar, The Early/Middle Bronze Age Transition In The Ancient Near East: Chronology, C14, And Climate Change held at The Oriental I: Vol. null (Issue April)*.

- NYANGWESO, D. – MÁTYÁS, G. (2018): Toponyms Mobile APK for volunteered geographic information; Case study of Kenya. *Geomundus* 2018, pp. 1–7. <http://www.geomundus.org/2018/docs/papers/Daniel.pdf>
- PERDANA, A. P. – OSTERMANN, F. O. (2018): A citizen science approach for collecting toponyms. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(6). <https://doi.org/10.3390/ijgi7060222>
- POENARU, O.-M. (1972): On the relationship between toponymy and Linguistics, pp. 95–102.
- RESZEGI, K. (2012): Cognitive approaches to Hungarian toponymy. *Onoma*, 47(October), pp. 367–379. <https://doi.org/10.2143/ONO.47.0.3085153>
- SÆRHEIM, I. (2014): Toponyms and language history – some methodological challenges. <https://doi.org/10.2436/15.8040.01.145>
- SEIDL, N. P. (2008): Significance of toponyms, with emphasis on field names for studying cultural landscape. *Acta Geographica Slovenica*, 48(1), pp. 33–56. <https://doi.org/10.3986/AGS48102>
- TENT, J. (2017): Toponymy 101 H: Placenames as identity markers. December.
- TICHELAAR, T. (2002): Toponymy and language (pp. 1–17).
- UNGEGN. (1994): Toponymic guidelines for map and other editors. Hungary.
- URAZMETOVA, A. V. – SHAMSUTDINOVA, J. K. (2017): Principles of place names classifications. *XLinguae*, 10(4), pp. 26–33. <https://doi.org/10.18355/XL.2017.10.04.03>
- YORIO, C. A. (1971): Some Sources of Reading Problems for Foreign-Language Learners. *Language Learning*, 21(1), pp. 107–115. <https://doi.org/10.1111/j.1467-1770.1971.tb00494.x>

Preliminary Test: Evaluation and Selection of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Varieties Resistant to Drought and Powdery Mildew

Massimi Mohunnad^{1,*} – Radocz Laszlo¹

¹ Kerpely Kálmán Doctoral School of Horticultural Sciences, Institute of Plant Protection, University of Debrecen

* Correspondence: mohunnad.massimi@agr.unideb.hu

Powdery mildew (*Leveillula taurica*) and (*Oidium neolycopersici*) are two harmful fungi that invade the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant and grow in dry conditions. Under the influence of polyethylene glycol 6000 at a concentration of 12%, the total seedlings fresh weight, total seedlings dry weight, seedling growth rate of one seedling, and tissue water content percentage for three tomato varieties were assessed. Despite the superiority of the (Mobil) tomato variety in terms of numerical values, the results revealed no significant differences between varieties. As a result, (Mobil) has greater vigor under environmental drought stress of lower osmotic stress than other tomato varieties. More work is required to evaluate the research selection of varieties resistant to biotic stresses in dry areas, such as powdery mildew disease.

The authors are grateful to the employees and students of the University of Debrecen's institute of plant protection for their assistance and encouragement.

Stabilization of Acquired Systematic Immunity by Genotype Selection Under Salicylic Acid Foliar Spraying in Tomatoes and Paprika

Massimi Mohunnad^{1,*} – Radocz Laszlo¹

¹ Kerpely Kálmán Doctoral School of Horticultural Sciences, Institute of Plant Protection, University of Debrecen

* Correspondence: mohunnad.massimi@agr.unideb.hu

Seedling vigor in tomato and paprika is affected by variety. Genotype selection under environmental stresses and its effects on seedling vigor was investigated. During the year 2021, the doctorate study was carried out under the auspices of the Stipendium Hungaricum Scholarship, and it revealed an appropriate selection for organic gardeners. The selection of abiotic-tolerant cultivars was the initial stage. Four commercial genotypes were evaluated (two for tomato and two for paprika). The second phase involved planting cultivars till the second and third true leaves stage in the Phyto-pathology lab at the University of Debrecen, spraying a 50 mg L⁻¹ salicylic acid treatment, and then evaluating seedling growth by measuring seedling length, shoot length, seedling fresh weight, and seedling dry weight. Tomato (Mobil) and Paprika (Carma) seedlings outperform other varieties, possibly because of the variety's vigor under stress and good acquired resistance response to the foliar application. These findings reveal that tomato (Mobil) and paprika (Carma) had a significant impact on plant development and may be selected and cultivated utilizing salicylic acid in Mediterranean extreme drought, salinity, and open field pests exposed conditions.

The authors are grateful to the employees and students of the University of Debrecen's institute of plant protection for their assistance and encouragement.

A potenciálmodell alkalmazhatósága autóiipari adatok felhasználásával

Mészáros Márk

PhD-hallgató, Társadalomföldrajzi és Területfejlesztési Tanszék, Debreceni Egyetem,
mesmark94@gmail.com

Absztrakt: A tanulmány a potenciálmodell autóiipari adatokkal való alkalmazhatóságát vizsgálja. Ennek keretében röviden áttekintem a modell működési mechanizmusának elméleti háttérét és felépítését. A modell azon alapszik, hogy a térbeli egymásra hatást, koncentrációást bizonyos „törvények” vezérlik. A későbbi kutatásimban ezeket a törvényszerűségeket szeretném feltárni az autóiiparban. Ebben a rövid tanulmányban nem célom az autóiipar térbeliségeinek összefüggéseit részletezni, hanem a modell elkészítése során szerzett tapasztalatokat összefoglalni.

Bevezetés

A PhD tanulmányiam megkezdésekor azt vállaltam, hogy a kutatásaimat, korábban általam még nem használt módszerekkel egészítem ki. Az egyik ilyen lehetséges módszer a potenciálmodell alkalmazása. Ebben a rövid tanulmányban bemutatom, hogyan készítettem el a modellt. Kitérek annak rövid elméleti áttekintésére, illetve, hogy milyen előkészületeket végeztem, milyen adatokat használtam és milyen problémákkal szembesültem.

A társadalmi-gazdasági térben lejátszódó jelenségek és folyamatok vizsgálatához különleges szemléletet biztosíthatnak a fizikai analógián alapuló, vagy térbeli egymásra hatással foglalkozó modellek. Alkalmazásukkal a tér sajátosságait elsősorban nem az egyéni tulajdonságokon keresztül vizsgálhatjuk, hanem a tér egységei között kialakult kapcsolatrendszerek feltárásával (TAGAI 2007).

A potenciálmodell elméleti ismertetése

A potenciálmodell alapja a gravitációs modell, amely a Newton-féle gravitációs törvényre vezethető vissza, ami pedig két test közötti vonzerő nagyságát határozza meg. Mind a gravitációs, mind a potenciálmodell azon alapszik, hogy a térbeli csoportosulásokat bizonyos törvényszerűségek határozzák meg. A modell szerint azok a helyek tekinthetők a legjobb helyzetűeknek, amelyek a legnagyobb potenciálértékkel rendelkeznek. Ezek önmagukban nagy gazdasági erőt tömörítenek, vagy közel fekszenek a legfontosabb erőközpontokhoz, illetve ezek bővelkedhetnek

a potenciális kooperációs partnerekben. Tehát a kapott érték a területközi kapcsolatok intenzitásának, illetve a kapcsolatlétesítő képesség mérőszámaként értelmezhető (DUSEK 2003; NEMES – NAGY 2005; KINCSES – TÓTH 2010). A modellt alkalmazta többek között Grasselli Norbert doktori értekezésben, Tagai Gergely társadalomkutatójaiban és a Pénzes-Molnár szerzőpáros is élt ezzel a vizsgálati lehetőséggel.

A modell alkalmazásának egyik nehézségét, a társadalmi-gazdasági és fizikai tér közötti eltérés jelenti, jellegét tekintve előbbi diszkrétnek, utóbbi folytonosnak fogható fel. Ez azt jelenti, hogy a társadalom és a gazdaság tömege rendszerint a tér egy-egy kitüntetett pontjában koncentrálódik, úgynevezett tömegpontokat alkotnak. A tömegpontok azonban nem fedik le a teret. Ahhoz, hogy egy térrészre egy megközelítő értéket kapjunk, a teret kisebb egységekre kell bontani (lehet ország, régió, megye, település stb.). Az így kapott egységekhez hozzá lehet rendelni a bennük elhelyezkedő kitüntetett pontok tömegét. Ezek úgynevezett reprezentatív pontok, amelyek után a pontokat körül vevő térrészt kiterjedt tömegpontként kezelhetjük (TAGAI 2007).

Ebben a rövid tanulmányban a tér egységeit az európai NUTS2-es régiók geometriai középpontjai jelentik. Felmerülhet a kérdés, hogy miért ezeket a pontokat határoztam meg? Lehetek volna a régiók központjai vagy a régiók legnagyobb települései is, azonban ebben az esetben nem feltétlenül ezek a települések rendelkeztek a legtöbb autóiipari foglalkoztatottal. Illetve, ha egy régióban több település közel azonos számú autóiipari foglalkoztatottal rendelkezik, nem lett volna egyértelmű, hogy melyikhez rendeljem hozzá a tömegadatot. A fentiek miatt döntöttem úgy, hogy minden régió esetében egységesen annak geometriai középpontjához rendelem a tömegadatot.

A területtényező meghatározása mellett fontos a tömegtévesző és a távolság meghatározása is. A modellben a tömegként szinte bármilyen mutató felhasználható, amely alkalmas egy tér leírására. A távolságtényező figyelembe vétele azért fontos mert, a térbeli elkülönülés gátolja a térségek közötti együttműködést. A modellben legegyszerűbben a légvonalbeli távolságot lehet használni (KINCSES – TÓTH 2010).

A potenciálmodell kiszámítása

Nem világméretű vizsgálatok esetén fellép a határmenti területek problémája, hiszen a társadalmi-gazdasági tér zárt rendszernek csak az egész Föld viszonylatában tekinthető. Ilyenkor célszerű a külső pontok által generált értékeket is kiszámítani. Ha a vizsgált terület nem világméretű a teljes potenciál három részre osztható: saját potenciál, belső potenciál és külső potenciál (NEMES – NAGY 2005).

Mivel egy pont önmagától mért távolsága nulla, ezért a saját potenciál kiszámítása esetében figyelembe kell vennünk az adott tér területét. A terület értéket körnek tekintve kiszámítjuk a térséghez tartozó sugarat, amelyet saját távolságnak tekintünk (KINCSES – TÓTH 2010). A modellben a NUTS2-es régiók területét a QGIS

szoftverrel határoztam meg, a kapott eredményeket ki exportáltam és a sugarat Excelben számítottam ki. A saját potenciál kiszámítása az alábbi egyenlettel lehetséges:

$$P_{saját}(A_i) = \frac{M_i}{d_{ii}^2}$$

A belső potenciál kiszámításához a tömeget elosztottam a belsőnek számító régiók geometriai középpontjainak a távolságának a négyzetével. Belső régióknak számítanak azok a területek, amelyek egy adott nemzetgazdaság határán belül helyezkednek el. A belső potenciált a következőképpen számítottam ki:

$$P_{belső}(A_i) = \sum_{j=1}^n \frac{M_j}{d_{ij}^2}$$

A külső potenciál kiszámítása hasonlóan történt, mint a belső esetében, itt a tömeget elosztottam a külsőnek számító régiók geometriai középpontjainak a távolságának a négyzetével. Külső régióknak számítanak azok a területek, amelyek egy adott nemzetgazdaság határán kívül helyezkednek el. A külső potenciál kiszámításához szükséges egyenlet:

$$P_{külső}(A_i) = \sum_{k=1}^n \frac{M_k}{d_{ik}^2}$$

Előkészületek, tapasztalatok és eredmények

A modell elkészítéséhez az autógyártásban foglalkoztatottak számára vonatkozó adatokat használtam fel, amelyeket az Eurostat adatbázisából töltöttem le. Az adatok területi léptéke a NUTS2-es regionális szint, ami illeszkedik a modell területre vonatkozó feltételéhez. 2008-as és 2018-as adatokat használtam, ezek keretbe foglalják a válság óta eltelt időszakot és így lehetőség is adódik az eredmények összehasonlítására.

Az időszak egyrészt azért érdekes, mert a közép-európai országokban az 1990-es évek óta folyamatosan növekedett az autógyártás szerepe. Ennek következtében az autógyártás részesedése a teljes foglalkoztatásban, a termelésben és a hozzáadott értékben is megnövekedett. Az érintett térség országainak gazdaságában az iparág kulcsfontosságú ágazattá vált. Másrészt a 2008-as válság globális jellegű volt, azonban helyi megnyilvánulásai is érződtek. A válság regionális gazdasági problémákat eredményezett, amelyek elsősorban a termelésben és a foglalkoztatottak számának változásában voltak érzékelhetőek (PAVLÍNEK 2010).

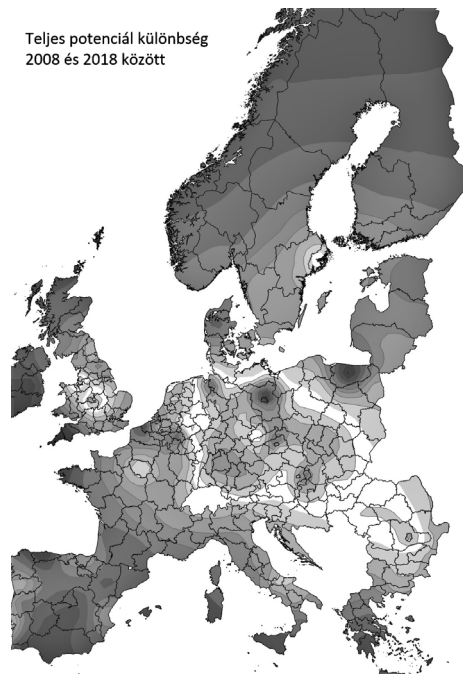
Az adatok használatba vételekor szembesültem az adathiánnyal és a területi egységekben bekövetkezett módosulásokkal. Az adathiányt, ha lehetőség volt rá 2008 esetében a 2009-es vagy 2010-es adattal, 2018 esetében pedig a 2017-es vagy 2016-os adattal pótoltam. Néhány esetben ez a megoldás nem volt járható, ilyenkor a hiányzó adat helyére becsült értékek kerültek. A becslés a nagyobb területegységnek



1. ábra Belső és külső potenciál összege, saját szerkesztés, adatok forrása: Eurostat

számító NUTS1-es régióhoz tartozó érték, illetve a NUTS1-es régióba tartozó további NUTS2-es régiók értékeinek figyelembevételével került meghatározásra. A további problémák számos esetben csak a régió azonosításában bekövetkezett változást jelentette. Azonban több régió területe megváltozott az elmúlt évek alatt, jellemzően összevonás történt, ilyenkor az adatok összevonását nekem kellett elvégezniem. A modell elkészítéséhez szükségem volt az összes régió geometriai középpontja közötti távolság ismeretére. A távolság adatokat QGIS szoftverben a távolságmátrix segítségével határoztam meg. Ezt követően elvégeztem a számításokat az elméleti áttekintésben leírtaknak megfelelően. Az eredményeket a Surfer szoftverben ábrázoltam krigelés interpolációs eljárással, illetve logaritmusos tranformációval.

A számítások elvégzése után, a kapott eredmények között találtam néhány esetben kiugró értékeket. A leglátványosabb a Berlinhez tartozó eredmény, ez az érték lényegesen magasabb a többi értéknél. Ennek az az oka, hogy a Berlintől északra található régió központja és a Berlin régiójához tartozó központ nagyon közel helyezkednek egymáshoz. Közelebb mint, bármely más régió esetében. Tehát a kiugró értéket ez okozza. Felmerülhet a kérdés, hogy miért is probléma ez, hiszen a potenciálmodell lényege a térbeli egymásra hatás kimutatása. Elsősorban nem a kapott eredmény értéke a probléma, hanem az, hogy az ábrázolást megnehezíti, nehezen értelmezhetővé téve azt. Az ábrára nézve Berlin magasan kiemelkedik a többi régió közül, míg a többi kevésbé tűnik jelentősnek. Tehát a kiugró érték miatt elmosódnak a részletek (1. ábra). A kiugró értékek miatt egyelőre jelmagyarázat és színskála nem tartozik az ábrához.



2. ábra 2008-as és 2018-as teljes potenciálértékek különbsége, saját szerkesztés, adatok forrása: Eurostat

A részletek minél látványosabb kimutatás érdekében készítettem egy különbségtérképet a 2008-as és 2018-as adatokból (2. ábra). A részletek itt valamelyest jobban kirajzolódnak. Az eredmények alapján megállapítom, hogy az európai autóipar foglalkoztatottságának potenciál értékei az iparág központi régióiban (németországi régiók) és a déli periféria régióiban egyenletesebb, egymáshoz közelítő értékek figyelhetők meg. A keleti periféria esetében egy-egy régió emelkedik ki, jellemzően az adott ország nyugatabbra fekvő térségeiben. Ebből arra következtetek, hogy a keleti régiók integrálódása az európai autóiparba kevésbé egyenletes, mint a nyugatabbra fekvő régiók.

Összefoglalás

A potenciálmodell autóipari adatokkal történő elkészítése nem egy gyakori dolog, én eddig nem is talákoztam hasonlóval. Ami természetesen nem azt jelenti, hogy más kutató korábban nem végezhetett volna ilyen vizsgálatot. Az eddigi ismereteim szerint a modellt főként társadalmi mutatókkal (népességszám, jövedelem, bűnözés stb.), vagy elérhetőségi, vonzáskörzet lehatárolási vizsgálatokra szokták használni. Részemről a modell elkészítése az autóipari adatokkal egyfajta kísérlet és egy feladat volt, amit a PhD kutatásaim keretében végzek el. Az eredmények értelmezését megnehezítették a kiugró értékek, amelyek kezelésére, vagy a modell eredményeinek alsóbb tartományainak külön skálázására, már ha

egyáltalán lehetséges szeretnék megoldást találni. A Surfer szoftverben használt krigeles interpolációs eljárás mellett szeretnék kipróbálni további módszereket is (pl. IDW). További ábrázolási lehetőségként még felmerültek más szoftverek is (ArcGIS, QGIS), amelyekben a felhasználó által definiált osztályok létrehozásával készülneek el az ábrák.

Források

- DUSEK T. (2003): A gravitációs modell és a gravitációs törvény összehasonlítása, *Tér és Társadalom*, XVII. évfolyam, pp. 41–58
- KINCSES Á. – TÓTH G. (2010): Potenciálmodellek geometriája, A tanulmány az MTA RTB Kutatásmódszertani Albizottsága 2010. szeptember 28-i, „Térparaméteres elemzési módszerek” című ülésén elhangzott előadás szerkesztett változata.
- TAGAI G. (2007): A potenciálmodell erényei és korlátai a társadalomkutatásban, *Tér és Társadalom*, XXI. évfolyam, pp. 145–158
- NEMES N. J. (2017): Terek, helyek, régiók, A regionális tudomány alapjai, Akadémiai Kiadó.
- PAVLÍNEK P. (2010): The 2008–2009 automotive industry crisis and regional unemployment in Central Europe, Article in *Cambridge Journal of Regions Economy and Society*, October 2010.

Multiplatformos geoinformatikai megoldás területosztáshoz, poligon szerkesztéshez

Miszori Krisztián¹ – Czimber Kornél²

¹ IT menedzser, TopoLynx Kft, miszori.krisztian@topolynx.hu

² egyetemi docens, Soproni Egyetem, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet / ügyvezető igazgató, TopoLynx Kft, czimber.kornel@topolynx.hu

Absztrakt: A cikk bemutat egy geoinformatikai megoldást, amely több platformon (asztali és mobil) kínálja ugyanazokat a hatékony és interaktív eszközöket, amely a sokszögek különböző szempontú felosztásához, vagy sokszögek szerkesztéséhez (darabolás, hozzáadás, összevonás, védőzóna létrehozás) szükségesek. Ezek a geoinformatikai vektoros szerkesztési funkciók most különösképp fontosak a mezőgazdasági pályázatok és az osztatlan közös tulajdonú területek megszüntetése kapcsán.

Abstract: This article describes and presents a modern geospatial solution that offers the same powerful and interactive tools on multiple platforms (desktop and mobile) that are needed to divide polygons from different perspectives, or editing polygons (cutting, adding, merging, creating a protection zone). These GIS vector editing functions are now particularly important in the actual agricultural tenders and elimination of undivided common areas.

Bevezetés

A földmérés és a térinformatika fejlődése napjainkban oda jutottunk, hogy amihez régebben komolyabb irodai előkészítésre volt szükség mára reptében „on-the-fly” megoldható a terepen. Ilyen feladat lehet egy-egy területosztás, mert mára nem feltétlenül szükséges a számítások céljából hazamenni az irodába. Ezzel gyorsabb megoldás adható ugyanarra a megrendelésre. Az egyik nagy előnye a terepi térképezésnek a helyszínen történő egyeztetés és szerkesztés. A területosztás nem csak az osztatlan közös tulajdonok megszüntetésekor, de különösképpen a közösen használt területek megosztáskor hasznos a növénytermesztésben. Ez például olyan esetben képzelhető el, amikor nincs meg a teljes területre a bérleti szerződés, de a pályázathoz szükséges e szerint művelni, vagy valamely támogatás egy részét más – a tulajdonos – veszi fel, de ugyanazzal a földhasználóval műveltetési bérbe. Másik gyakori kérdés lehet a szigorodó agrár-környezetgazdálkodási előírások között a vegyszerezési védőtávolság megjelenítése, amire a védőzóna építés ad gyors és pontos választ.

A topoXpress keresztplatformos térinformatikai megoldás önálló grafikus megjelenítővel rendelkezik, melyet nem csak a térkép, de a felület kirajzoláskor is használ, így ugyanolyan felhasználói élmény érhető el Windows PC-n, vagy Windows tableten, Android telefonon vagy tableten, Macintosh laptopon, vagy iPhone/iPad eszközökön. A felmérés során felhasznált gyűjtött adatok, beleértve a

forrásként használt ingatlanylevántartási alaptérképeket a felhő tárhelyen keresztül a felhasználónak mindig rendelkezésre állnak, akármelyik eszközén is lép be. Ily módon a terepi – GNSS kontrollerként használt – eszközön végzett szerkesztések könnyen tovább használhatók az irodában vagy megoszthatók a munkatársakkal.

Anyag és módszer

A területszerkesztések grafikus kijelzése során számos kihívással néz szembe egy fejlesztő, aki multiplatformos térinformatikát készít. Az első az egér és a kéz különbsége. Egérrel a kéz nem takarja ki a kurzort ezért a gyors kattintás pontos, továbbá azonos sebességgel érhető el több ténykedés, ugyanis egy pontban lehet jobb és bal kattintásunk is, a dupla mellett. Az érintés ezzel szemben csak egy lehetőséget ad, alternatíva a hosszú érintés, de az időigényes – ráadásul pontatlan. További különbség hogy a felületet fel kell készíteni a több érintésre – mely gyakran a zoom, vagy az eltolás, ugyanakkor fel kell készíteni a véletlenszerű érintések eliminálására is. Ezekre a kihívásokra a topoXpress fejlesztőinek a válasza az önműködő és intelligens, töréspont mozgatókor bekapcsolódó eltolás lett.

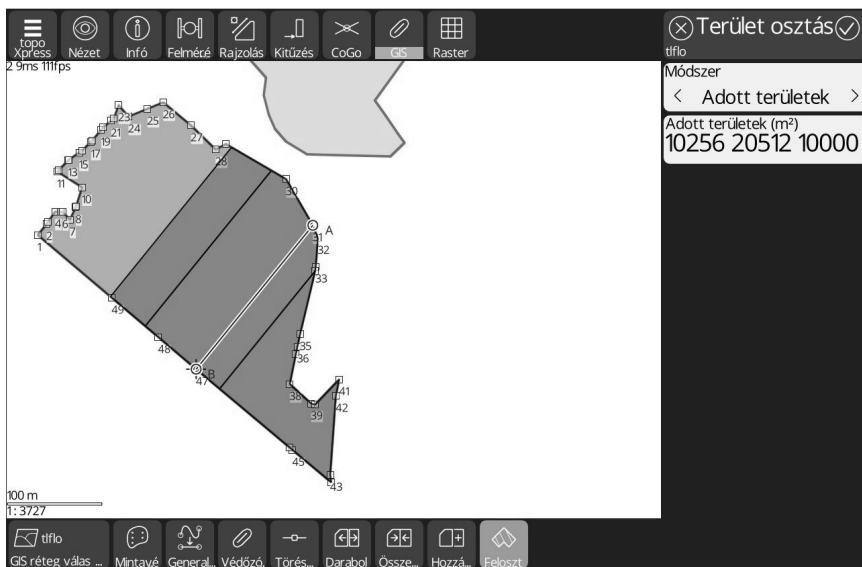
A terület-szerkesztések másik fontos jellemzője korunkban a gyors vizuálisan értelmezhető eredmények szükségessége. A valós idejű eredmény előrejelzés természetesen a szoftveriparban már nem újdonság, sokszor lehet látni a nagy szoftverházak programjaiban, pl az AutoCAD-ben, de a térinformatikai szoftverekben ez nem mindennapos. Az intuitív felhasználói élményt nagyban javítja, hogy a véglegesítés előtt megtekinthető a művelet eredménye és még közben megváltoztathatók a paraméterek. Így az összes időszükséglet csökken, hiszen csak a tökéletes eredményt kell elmenteni.

Ezeket az elveket használjuk fel a topoXpres szoftver fejlesztésekor, a területosztás (megadott darabszámra, megadott azonos méretre, arányok szerint vagy konkrét területnagyságok szerint felosztva), a terület topológiai szerkesztések (hozzáad, darabol, összevon, bufferzóna építés) funkcióknál és a gyors, 3 pontos raszter tájékozásnál is. A terület manipulálásnak eredménye menthető azonos vagy új rétegbe is.

Területosztás

A területosztás első lépése a terület kiválasztása, majd a vágóvonal irányának megadása után a felosztás négy különböző módon lehetséges:

- megadott számú, azonos méretű területek keletkeznek, a terület számítása automatikus;
- megadott méretű területek keletkeznek, a területek darabszáma automatikusan számolódik, az utolsó terület mérete eltérő lehet;
- konkrétan, mérettel megadott területek keletkeznek;
- arányok megadása esetén a területek arányait adjuk meg az arányok összegéhez képes (például: 1 2 3 arányok esetén 1/6, 2/6, 3/6 nagyságú területek jönnek létre.



1. ábra Területosztás folyamatban

A négy módszer előnézeti képe menet közben ellenőrizhető, módosítható. A konkáv területek esetén az algoritmus némely esetben nem talál megoldást, ekkor manuális szerkesztéssel orvosolható a probléma.

Terület szerkesztések

Hozzáadás: a területhez berajzolással adott terület hozzáragasztható. A rajzolás során a terület nagysága kijelzésre kerül valós időben, a töréspontok vontathatók.

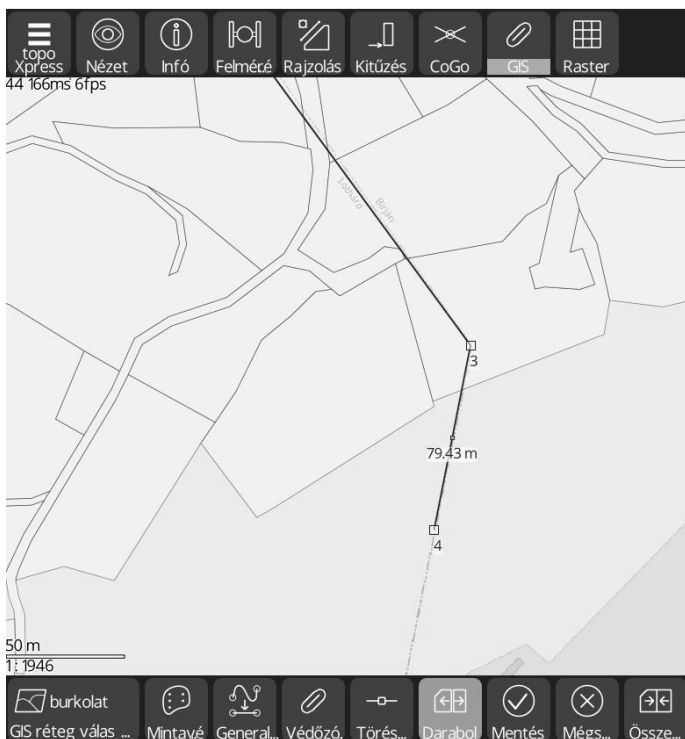
Darabolás: a kiválasztott terület topológiai hiba nélkül szakaszokkal feldarabolható. A szakaszok több töréspontból állhatnak. Lehetőség van kivett területek (lyukak) kialakítására is.

Összevonás: a darabolás ellentéte. A kijelölt területek közti határvonalak törlése történik, itt egynél több terület is könnyedén egyesíthető. Ha a kijelölt területek között nincs közös határ, akkor multipolygonok jönnek létre.

Bufferzóna építés: a terület határvonalától adott távolságra lévő pontokból épít területet a topoXpress szoftver. Praktikus segítség védőtávolságok megkeresése esetén.

Raszter gyors tájékozás

A raszteres gyors tájékozás számtalan esetben használható, különösen hasznos, nem tájékozott digitális fényképek használatakor, például SAPS kérelmek mezőgazdasági térképezésben. A három pontos transzformáció használata: egy ponttal a kép mozogható, ebben az esetben átméretezés nem történik. Két pont lerakása esetén a mozgatás és a forgatás miatt méretezés is történik (Helmert transzformáció).



2. ábra Terület darabolás

A harmadik pont lerakása a döntéssel finomhangolást végez a tájékozásban (affin transzformáció). A pontok menet közben áthelyezhetők és törölhetők.

Eredmények

Fontos eredmény az előbbieken vázolt eljárások megvalósítása és működőképes verziók publikálása, elérhetővé tétele a topoXpress szoftver felhasználói számára.

A tapasztalat: a terepen azonnal elkészített felosztás után a helyszínen kitűzhetővé váltak a pontok, a felosztás eredménye időközben elküldhető volt pdf jelentésben, és a nap végére a kitűzött pontok cövekkel megjelenítésre kerültek, ezáltal egy régebben több napos, de minimum két kiszállásos, vagy „kocsiban irodázós” munka egy menetben megvalósíthatóvá vált.

A fejlesztett eszközökkel komplett feladatok megoldhatók a terepen. Egy tábla határai körül befelé egy védőzónát tudunk építeni. A belső területet felosztjuk használat szerint, egyik területből kivesszünk egy körülmért poligont, másiból egy utat, az utat és a kivett területet egyesítjük. Mindezt a terepen és az eredményt azonnal ellenőrizhetjük. Nem kell pontokat mérni, vázrajzot, leírást készíteni az irodai feldolgozáshoz.



3. ábra Raszter gyors tájékozása

Következtetések

Az agrár-térképezésben egyre komolyabb okos megoldások állnak a gazdák rendelkezésére, elég csak a drónokra, vagy az internetről vezethető precíziós traktorokra gondolni. A mobil térképezés a topoXpress-el felnő ezekhez az elvárásokhoz és a pályázati tanácsadói terület hatékonyságát tudja növelni a gyors és hatékony területkezelési funkciókkal. Az algoritmus további fejlesztésével – pl.: konkáv gyűrűpoligonok támogatása, vagy a több poligon ellenőrzése – a mezőgazdaságban a topoXpress még inkább etalonná válhat.

A Debreceni Nagyerdő Sentinel-2 űrfelvételeken alapuló erdőmonitoring rendszer terve

Molnár Tamás¹ – Somogyi Zoltán² – Király Géza³

¹ Tudományos segédmunkatárs, Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály, Budapest és PhD hallgató, Soproni Egyetem, Sopron, molnar-tamas@uni-sopron.hu

² Tudományos tanácsadó, Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály, Budapest, somogyi.zoltan@uni-sopron.hu

³ Egyetemi docens, Soproni Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet, Földmérési, Geoinformatikai és Távérzékelési Tanszék, Sopron, kiraly.geza@uni-sopron.hu

Absztrakt: A Debreceni Nagyerdőt monitorozó, az ESA Sentinel-2 közepes felbontású űrfelvételeken alapuló erdőmonitoring rendszer lehetővé teszi az erdőkárok földrajzilag pontos és időbeli folyamatos nyomonkövetését. Az űrfelvételeket kezelő és feldolgozó rendszer a Google Earth Engine felhőrendszerében fut. A 2017–2020 közötti űrfelvételek adataiból NDVI és Z NDVI vegetációs indexeket számítva az erdő egészségi állapotának változásaira lehet következtetni. A képek értelmezését segíti a gépi tanulással támogatott fafajterkép, valamint az, hogy az űrfelvételeket az erdővédelmi kárbejelentő lapok terepi adataival is összevetettük.

Bevezetés

A Nagyerdei Műholdas Távérzékelési Erdőmonitoring kifejlesztésének célja a Debreceni Nagyerdő területére egy olyan, felhőszolgáltatást használó erdőmonitoring rendszert létrehozni, amelyben az időben, térben és spektrálisan is nagyfelbontású űrfelvételek felhasználásával, automatizált módszerekkel történik az erdő egészségi állapotának folyamatos megfigyelése. A rendszer segítségével lehetőség nyílik az erdő területét és egészségi állapotát érintő változások földrajzilag pontosan lehatárolható és folyamatos nyomon követésére.

A kutatás előzménye a Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézetében (ERTI) kifejlesztett Távérzékelésen alapuló Erdőállapot Monitoring Rendszer (TEMRE, honlapja: klima.erti.hu/TEMRE.php). A TEMRE a NASA Terra műholdjának MODIS, illetve az ESA Sentinel-3 OLCI és Sentinel-2 MSI érzékelői által készített, ingyenesen elérhető, 250x250, 300x300 ill. 10x10 m-es, közepes ill. nagyfelbontású műholdképeit használja fel (SOMOGYI ET AL. 2018a, 2018b). Az adatok begyűjtése, hibaszűrése, maszkolása és térképi megjelenítése automatikusan, R és PHP nyelveken írt algoritmusokkal történik, Geoserver használatával. Az így létrehozott, a vegetációs időszak alatt 12–16 naponta frissített térképek mutatják az erdők aktuális és múltbeli fotoszintetikus aktivitásának mértékét.

Anyag és módszer

Vizsgálati terület

A Debreceni Nagyerdő a városközponttól északra helyezkedik el; egy 1092 hektáros, védett területen (HNP 2020). Földrajzilag a Hajdúhát és a Nyírség találkozásánál fekszik és a löszös homoktalajon növő, egykor összefüggő nyírségi erdők maradványának tekinthető. A Nagyerdő legtipikusabb társulása a gyöngyvirágos-tölgyes (*Convallario Quercetum roboris*), ahol főfajként kocsányos tölgyet (*Quercus robour*), elegyfajként fehér nyárat (*Populus alba*), madárcseresznyét (*Prunus avium*), tatárjuhart (*Acer tataricum*), mezei juhart (*Acer campestre*), mezei szilt (*Ulmus minor*) és nagylevelű hársat (*Tilia platyphyllos*) is találunk. Betelepített fajok a fehér akác (*Robinia pseudoacacia*), az erdei fenyő (*Pinus sylvestris*) és a vörös tölgy (*Quercus rubra*). A Nagyerdő kezelője a Nyírerdő Zrt. Debreceni Erdészete.

Terepi káradatok

Az erdőmonitoring rendszer legfontosabb funkciója az erdőkárok felismerése, intenzitásuk felmérése és hatásainak műholdról történő, objektív nyomkövetése. Az NFK által fenntartott Országos Erdőkár Nyilvántartási Rendszer (OENyR) terepi felméréssel készült adatai összehasonlítási alapként szolgálnak a távérzékelt erdőtérképekhez. Az ebben a rendszerben folyamatosan begyűjtött, az erdőgazdálkodók által kitöltött erdővédelmi kárbejelentőlapokból látható, hogy 2017-ben fagykár jelentkezett a Nagyerdő területén található fiatalosban, 2018-ban aszálykár és a vadkár fordult elő legtöbbször, 2019-ban aszály és 2020-ban szintén fagykár (HIRKA 2019, 2020). A bejelentők alapján a károsított területek elhelyezkedéséről készült poligonokat jól össze lehet vetni az űrfelvételeken látható károsodásokkal a GIS rendszerekben.

Műholdképek felhőalapú előállítás

A TEMRE-hez alapjaiban hasonlító új erdőmonitoring rendszer nagyfelbontású, 10x10 m-es felbontású Sentinel-2 műholdfelvételekre alapul (ESA 2020). A felvételek kiértékelését végző új rendszer a Google Earth (GEE) motorját felhasználva felhőalapú rendszerben működik, ahol az adatok tárolása, az adatbázisok elérése, a feldolgozás, az elemzések, és a mesterséges intelligencia megoldások az interneten keresztül, a „felhőben” érhetőek el (GOOGLE 2019).

A felhő- és hibaszűrésen átesett Sentinel-2 L2 műholdképeket 2017–2020 áprilisától októberéig vizsgáltuk a Debreceni Nagyerdő területére. Az erdőmaszkolás az Országos Erdőállomány Adattár erdőpoligonjainak szűrt (vízfelületek, utak, beépített felületek stb. eltávolításával kapott) változatával készült, a felhőszűrés során pedig az 5% alatti felhőborítottságú pixel értékeket tartottunk meg. Ezekből a műholdképekből különböző vegetációs indexeket számítottunk, majd medián redukált. A reduktorral adatösszevonást végzünk matematikai alapon (jelen esetben

közéértéket számítva), hogy az igen nagyszámú pixel megjeleníthető legyen vizuálisan is.

A fotoszintetikus aktivitás becslésére a Normalizált Vegetációs Indexből (NDVI) indultunk ki (ROUSE ET AL. 1974). Az index-értékek abszolút értékei azonban időben nagy változatosságot mutatnak és több tényezőtől függenek, ezért önmagukban nem tájékoztatnak az átlagos viszonyoktól való eltérés mértékéről. Ezért a fotoszintetikus aktivitás jellemzésére az NDVI standardizált változatát (Z NDVI) használjuk (PETERS ET AL. 2002). Az NDVI és Z NDVI számítási képletei:

$$NDVI = \frac{NIR+RED}{NIR-RED} \quad (1)$$

$$Z\ NDVI = \frac{NDVI-\overline{NDVI}}{\sigma_{NDVI}} \quad (2)$$

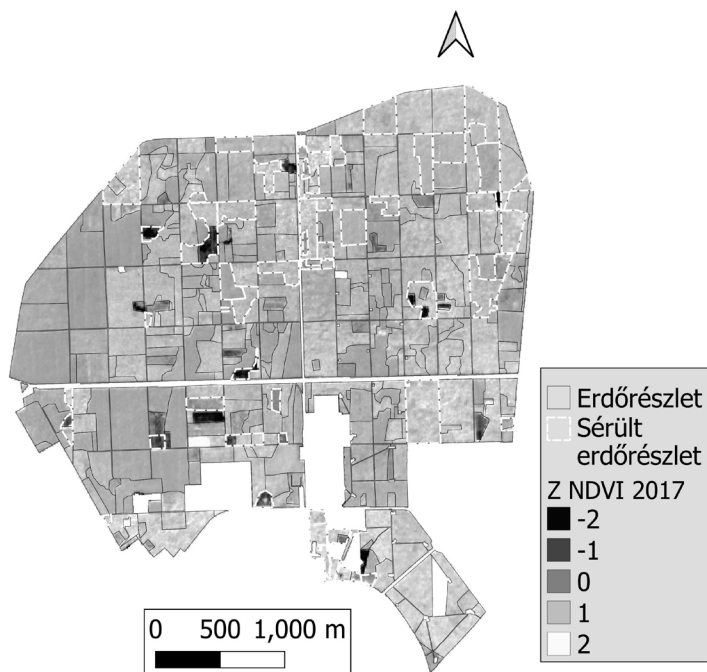
ahol a NIR a közeli infravörös, a RED a vörös csatorna, illetve az NDVI az év adott időszakában mért érték, az \overline{NDVI} az adott időszaknak megfelelő sokéves átlag (2000–2020), σ_{NDVI} pedig az NDVI értékeknek ugyanarra az időszakra számolt szórása.

Fafajosztályozás mesterséges intelligenciával

A fafajosztályozás offline, a QGIS 3.16. (2021) Semi-Automatic Classification (SCP) plugin-jának (CONGEDO 2020) segítségével történt, egy 2020 júliusi 7-i, S2B_MSIL2A_20200710T093039_N0214_R136_T34TET_20200710T120649 azonosítójú, közel felhőmentes Sentinel-2 felvételen. Az osztályozáshoz Random Forest (RF) módszert használtunk, 5000 tanulópontot és 10 döntési fát alkalmazva az összes csatornán, melyhez 5 tanítóterület-csoportot (ezeken belül 2–3 tanítóterület) határoztunk meg vizuálisan a valószínűsített felvételen. A tanítóterület-csoport a főfafajokra épült: kocsányos tölgy, fehér akác, erdei fenyő, vörös tölgy és erdőborítás nélküli terület (tarvágás) osztályokkal.

Eredmények és értékelésük

A korábban említett terepi megfigyeléseket megerősítve a műholdképeket kiértékelve is elmondható, hogy minden vizsgált évben károsodott az erdő. Látható az erdő északi és déli felét ért károsítások eltérő mértéke (1. ábra). Az északi részen főként a kocsányos tölgyeket érintette az aszálykár és a vadkár, utóbbi kisebb foltokban, hiszen a műhold a lombkorona tetejét pásztázza, tehát nehezebben észleli a törzset ért károsodást, ami azonban idővel jelentkezhet a lombozaton is. Így a monitoring rendszer a különböző fafajok állapotváltozásának követésére is alkalmas, ami különösen érdekes a kocsányos tölgyeknek a korukból adódó, és a vízszabályozás, valamint a klímaváltozás által felgyorsított szárazodása kapcsán. A leginkább sérült területek feketével jelölve láthatóak az erdő mind a négy negyedében, jelentős területi átfedést mutatva a terepi kárbejelentőkkel.

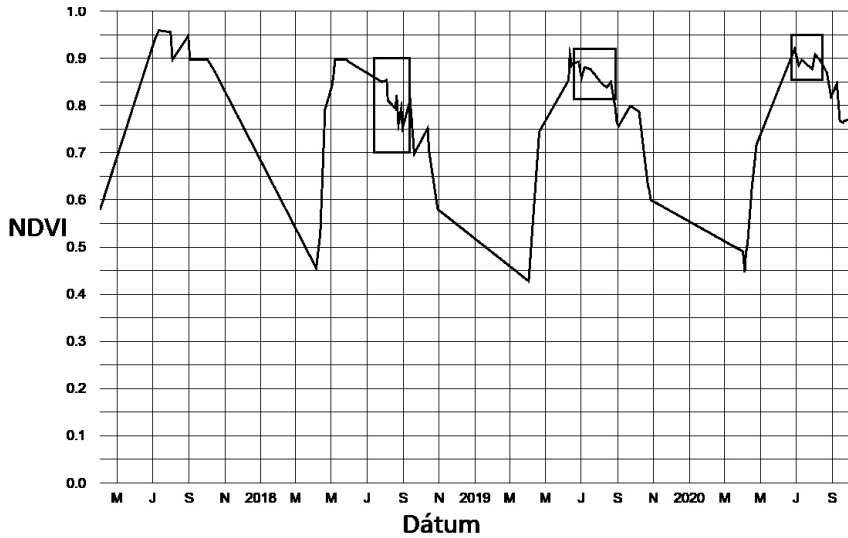


1. ábra A Debreceni Nagyerdő Z NDVI éves kompozit térképe 2017-ből. Láthatók a tarvágások és az erdőkárok is azokban a foltokban, melyek fotoszintetikus aktivitása jelentősen eltér a többéves átlagtól negatív irányban, bolygatottságot jelezve ezzel. A terepi („sérült erdő részlet”) és távérzékelte erdőkárok átfedése is látható a térképen

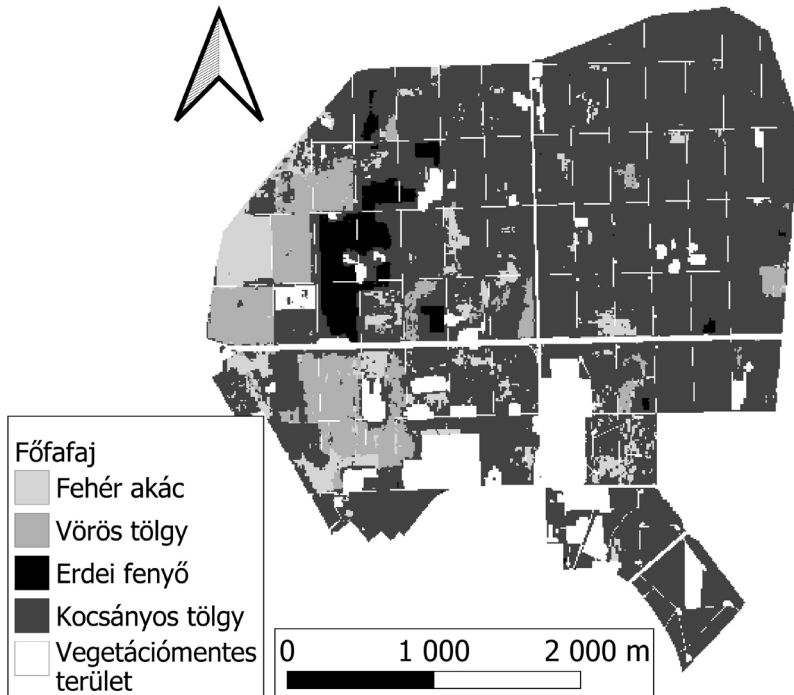
A GEE-ben a Vegetációs Index értékek grafikonon való megjelenítésére és letöltésére is van lehetőség. A 2017–2020 közötti időszorból szerkesztett NDVI görbén (2. ábra) láthatjuk a vegetációs periódus idejének megfelelő gyors felfutást áprilisban, a lombfakadaskor, tetőzést júliusban (teljes lombzat és növekedés) és lassú csökkenést szeptemberig, amikor jelentősebben kezd csökkenni az index értéke, ami késő ősszel és télen eléri a minimumot, a vegetáció nyugalmi állapotában (ez az időszak az elemzés szempontjából nem lényeges). Ha károsodás következik be az erdőben, a görbe lefutása az x-tengely irányába eltér a normálistól, és az eltérés mértékéből tudunk következtetni a károsodás súlyosságára is. Ilyen eltérések láthatóak minden évben, melyek az erdőkárokkal hozhatóak összefüggésbe.

A gépi tanulással készített fafajterképek (3. ábra) azért segítik a vegetációs index térképek helyes értékelését, mert az egyes fafajok közti természetes eltérések nem az egészségi állapot eltérését jelentik, ugyanakkor az egyes fafajok elterjedésének ismerete hasznos lehet az egyes területek kár-érzékenységének feltérképezéséhez. A terepi módszertől eltérően az erdőkárok és a fafajok pontos kiterjedése/elterjedése is pontosan és objektíven kimutatható, ami nagy előnyt jelent azokkal szemben.

A távérzékelte és terepi kárfelmérés összevetésének nehézsége a terepi felbontásbeli eltérés, hiszen egy pixel 10 m², míg a kárbejelentők több hektáros erdő részletek egészére vonatkoznak, ahol a kár pontos helye nincs meghatározva.



2. ábra A Debreceni Nagyerdő NDVI értékeinek grafikonja 2017–2020 között. Ott láthatóak az erdőt ért bolygatások hatásai, ahol az erdőrészek fotoszintetikus aktivitása jelentősen eltér negatív irányban a görbe normális lefutásától (l. a bekeretezett időszakokat). Ilyen jelenség leggyakrabban a nyár közepén jelentkezik a szárazság és más erdőkárok hatására



3. ábra A Debreceni Nagyerdő Random Forest osztályozóval készült főfafaj térképe. Jól elkülöníthető a Nagyerdő nyugati tömbjében az akác, a vörös tölgy és az erdei fenyő is, míg a keleti tömb főként tölgyesekkel borított

Ha viszont a pixelekből területi átlagot vagy majority (többséget) számolnánk az erdőrézlet poligonok teljes területére, akkor esetleg éppen a sérült részek által mutatott eltérést vesztenénk el. Emellett az űrfelvétel kompozitok több időpontban készített felvételekből állnak össze a vegetációs időszak teljes egészéből, míg a terepi felmérések csak adott időszakokra elérhetőek. Emiatt az is előfordul, hogy a dátumok sem egyeznek meg, így adott erdőkár már szerepelhet az egyik módszerrel készült térképen, a másikon viszont még nem.

Bár a kidolgozott rendszert múltbéli adatok feldolgozására fejlesztettük ki, azt alkalmasnak tartjuk arra, hogy a jövőben folyamatos monitorozásra is fel lehessen használni.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Dr. Csókáné Dr. Hirka Anikónak, a SOE Erdészeti Tudományos Intézetének és az NFK Erdészeti Főosztályának az OENyR adatokért, valamint Gencsi Zoltánnak és a Nyírerdő Zrt. Debreceni Erdészetének az erdészeti adatbázisért.

Irodalomjegyzék

- CONGEDO, L. (2020): Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.25480.65286/1>
- EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA) (2020): MultiSpectral Instrument (MSI) Overview. Online: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument>. Letöltés ideje: 2021. 09. 23.
- GOOGLE (2019): Introduction of Google Earth Engine. Online: <https://developers.google.com/earth-engine>. Letöltés ideje: 2021. 09. 23.
- HIRKA, A. (2019): A 2018. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2019-ban várható károsítások. Online: https://erti.naik.hu/sites/default/files/uploads/2019-09/prognosis_2018-2019.pdf. Letöltés ideje: 2021. 09. 23.
- HIRKA, A. (2020): A 2019. évi biotikus és abiotikus erdőgazdasági károk, valamint a 2020-ban várható károsítások. Online: https://erti.naik.hu/system/files/uploads/2020-09/prognosis_2019-2020.pdf. Letöltés ideje: 2021. 09. 23.
- HORTOBÁGYI NEMZETI PARK (HNP) (2020): Debreceni Nagyerdő TT. Online: <https://www.hnp.hu/hu/szervezeti-egyseg/termeszetvedelem/oldal/debreceni-nagyerdo-tt>. Letöltés ideje: 2021. 09. 23.
- PETERS, A. J. – WALTER-SHEA, E.A. – ANDRÉS VIÑA, L.J. – HAYES, M. – SVOBODA, M.D. (2002): Drought monitoring with NDVI-based standardized vegetation index. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(1), pp. 72–75.
- QGIS.ORG (2021): QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>. Letöltés ideje: 2021. 09. 23.
- ROUSE, J.W – HAAS, R.H. – SCHEEL, J.A. – DEERING, D.W. (1974): Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings, 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium*, 1, pp. 48–62.

Species level classification using images from WorldView–2 and WorldView–3 satellites, in a study area in Debrecen

Molnár Vanda Éva¹ – Simon Edina² – Szabó Szilárd³

¹ assistant research fellow, Department of Physical Geography and Geoinformation, University of Debrecen, molnarvandaeva@science.unideb.hu

² associate professor, Department of Ecology, University of Debrecen, edina.simon@gmail.com

³ professor and head of department, Department of Physical Geography and Geoinformation, University of Debrecen, szabo.szilard@science.unideb.hu

Abstract: In our study, multispectral satellite images from WorldView–2 and WorldView–3 were used for tree species classification of the urban vegetation. The study area was chosen in the northern part of Debrecen City, Hungary. The reference data was previously collected based on the WorldView–2 image, and now was transformed to fit the WorldView–3 image as well. With this setup, we compared the classification accuracies using the two images. Maximum Likelihood and Support Vector Machine were used as classifiers in this work. We found that the overall accuracies were higher using the WorldView–2 image than the WorldView–3 image. We concluded that our reference data and methods that were optimized for the classification of the WorldView–2 image, could not be applied for the WorldView–3 image with sufficient accuracy.

Introduction

Information on the composition and spatial distribution of tree species is of great importance for the management of urban trees. Urban trees have irreplaceable economic, ecological and psychological benefits. Nowadays, remote sensing technologies are widely used for urban vegetation mapping. Tree health assessment, biodiversity, monitoring of invasive species, hazard and stress management are common research objectives of researchers in this field (FASSNACHT ET AL. 2016; HÜSE ET AL. 2016). Multispectral data is an accessible tool to create thematic maps which are useful in spatial planning and management (BURAI ET AL. 2015).

In this study, common tree species were classified in a chosen study site in Debrecen, Hungary. Satellite images from WorldView–2 and WorldView–3 – observation satellites owned by DigitalGlobe – were used in the classification. Both images contain four standard bands (blue, green, red, NIR1) and four additional bands (coastal blue, yellow, red-edge, NIR2) along the same intervals of wavelengths, however, WorldView–3 has a better spatial resolution. Also, the acquisitions were from different seasons, which provides another point of comparison.

Our aim was to classify some of the few dominant tree species using the two images, and then compare the classification accuracies. In an earlier study of ours, a similar work was conducted using only the WorldView–2 image (MOLNÁR ET AL. 2019). Now, we assessed if the same method could be applied in the case of WorldView–3 as well.

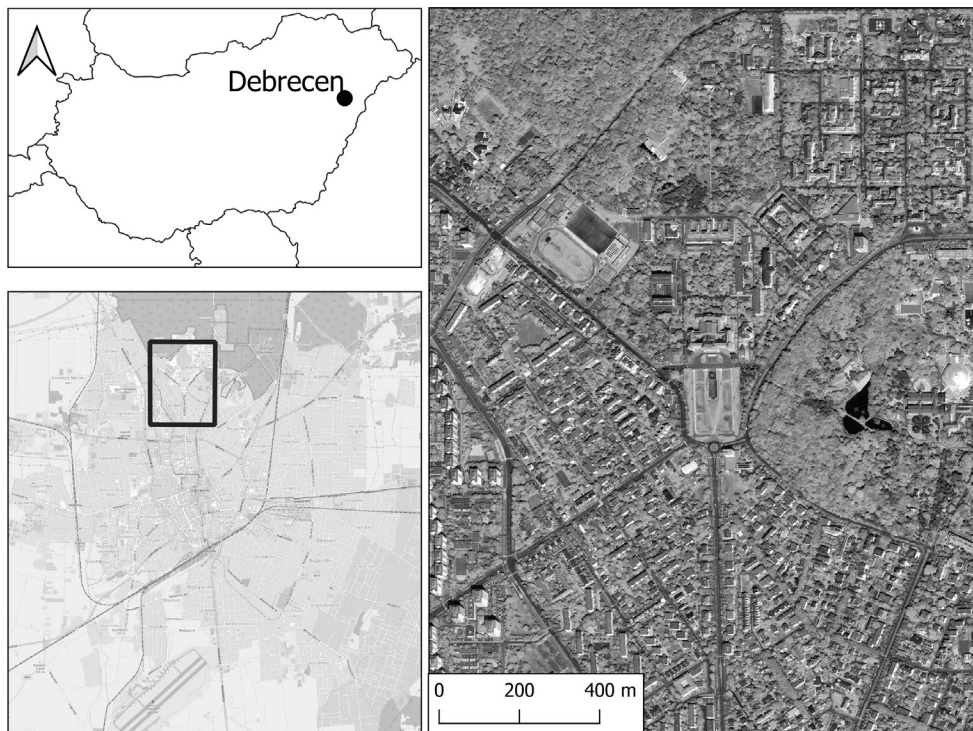


Figure 1. Study area in Debrecen. The subset on the right is from the WorldView–2 image

Materials and methods

The study area for this research was chosen in the northern part of Debrecen City, and included two city quarters, Egyetemváros and Sestakert (Figure 1). Here, the level of built-up area was sufficiently low for our purposes. Based on information gained from a preliminary assessment, four tree species and one order of species were selected for the study: norway maple (*Acer platanoides*), common lime (*Tilia × europaea*), american sycamore (*Platanus occidentalis*), common hackberry (*Celtis occidentalis*) and conifers (*Pinales*). Field reference data were collected from the above species in the study area ($n = 646$), originally meant to be used in classification using the image from WorldView–2.

The WorldView–2 image was captured on 24th July 2016, while the WorldView–3 image was captured on 16th September 2019, both with no cloud cover. The WorldView–2 image was 18.4° off-nadir with forward scan direction, but the WorldView–3 image was 29.5° off-nadir with reverse scan direction, which introduced the problem of improper overlapping (Figure 2). Therefore, to use the same reference points in the classification, an image-to-image registration was required to warp one image to the other. Even after this, manual correction of the tree reference points was necessary. The images were pan-sharpened using the Gram-Schmidt method in the ENVI/IDL 5.3 software, enhancing the geometric resolution



Figure 2. Differences in perspective due to different off-nadir angles of (a) WorldView-2 and (b) WorldView-3 in the example of the main building of the University of Debrecen

of the multispectral bands to 0.5 m in case of the WorldView-2, and to 0.3 m in case of the WorldView-3. 70% of the reference points were used as train data in pixel-based, Maximum Likelihood and Support Vector Machine classifications, while the remaining 30% were used as test data for the accuracy assessments.

Results

The overall accuracies were higher in the classification using the WorldView-2 image (Table 1). Comparing with the Maximum Likelihood, the Support Vector Machine classifier provided better results for the WorldView-3 image, but worse results for the WorldView-2 image. Furthermore, the Support Vector Machine completely ignored the class of common hackberry, indicating an overall inaccurate classification. The most acceptable results in Producer's and User's Accuracies were from the Maximum Likelihood classification of the WorldView-2 image. While these numbers are still quite low, better result can rarely be achieved classifying at species level using a multispectral image. For example, FERREIRA ET AL. (2019) classified

Table 1. Result of the accuracy assessments (ML=Maximum Likelihood, SVM=Support Vector Machine, PA=Producer's Accuracy, UA=User's Accuracy)

	WorldView-2				WorldView-3			
	ML		SVM		ML		SVM	
Class	PA	UA	PA	UA	PA	UA	PA	UA
Norway maple	73.3	50.0	32.3	50.0	32.3	38.5	25.8	61.5
Common lime	49.0	68.6	66.0	53.0	22.0	45.8	60.0	38.5
American sycamore	72.7	86.5	76.1	71.4	43.5	55.6	65.2	49.2
Common hackberry	68.0	68.0	40.0	52.6	60.0	31.3	0.0	0.0
Conifers	86.4	65.5	84.6	82.5	56.4	38.6	38.5	38.5
Overall accuracy	67.1		63.4		40.8		43.5	

tropical tree species with WorldView-3 images, using Support Vector Machine with additional texture analysis methods, and their overall accuracy did not exceed 65%

Conclusions

Species-level classification was more accurate using the WorldView-2 image than the one from WorldView-3, and this is presumably due to the fact that the reference data were optimized for the former image. Also, with the spatial resolution of WorldView-3 (0.3 m), recording reference data in the form of single points might not be ideal. In further research, we plan to extend our methods by using reference polygons instead of points.

Acknowledgement

The work/publication is supported by the EFOP-3.6.1-16-2016-00022 project. The project is co-financed by the European Union and the European Social Fund. Szabo S. and Simon E. was supported by the TNN 123457.

References

- BURAI, P. – TOMOR, T. – BEKŐ, L. – DEÁK, B. (2015): Airborne hyperspectral remote sensing for identification grassland vegetation. *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Spatial Inf. Sci.*, XL-3/W3, pp. 427–431. doi: 10.5194/isprsarchives-XL-3-W3-427-2015
- FASSNACHT, F. – LATIFI, H. – STEREŃCZAK, K. – LEFSKY, M. – STRAUB, C. – WASER, L. – GHOSH, A. – MODZELEWSKA, A. (2016): Review of studies on tree species classification from remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 186, pp. 64–87. doi: 10.1016/j.rse.2016.08.013
- FERREIRA, M.P. – WAGNER, F.H. – ARAGÃO, L.E.O.C. – SHIMABUKURO, Y.E. – FILHO, C.R. DE S. (2019): Tree species classification in tropical forests using visible to shortwave infrared WorldView-3 images and texture analysis. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 149, pp. 119–131. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2019.01.019.
- HÜSE, B. – SZABÓ, S. – DEÁK, B. – TÓTHMÉRÉSZ, B. (2016): Mapping an ecological network of green habitat patches and their role in maintaining urban biodiversity in and around Debrecen city (Eastern Hungary). *Land Use Policy*, 57, pp. 574–581. doi: 10.1016/j.landusepol.2016.06.026
- MOLNÁR V.É. – SIMON E. – SZABÓ SZ. (2019): Fafajok osztályozása multispektrális felvételek alapján debreceni mintaterületen. In: Molnár V. É. (szerk.) *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X.*, Debrecen Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 201–204.

Classification of tree species and estimation of Leaf Area Index based on satellite imagery

Molnár Vanda Éva¹ – Simon Edina² – Szabó Szilárd³

¹ assistant research fellow, Department of Physical Geography and Geoinformation, University of Debrecen, molnarvandaeva@science.unideb.hu

² associate professor, Department of Ecology, University of Debrecen, edina.simon@gmail.com

³ professor and head of department, Department of Physical Geography and Geoinformation, University of Debrecen, szabo.szilard@science.unideb.hu

Abstract: Methods for estimating leaf area from vegetation indices were introduced in the recent decades. Instead of conducting field surveys, using satellite data to classify vegetation and to give and estimation on the leaf surface can save a lot of time and effort. In this work, imagery from the WorldView–2 and WorldView–3 satellites were used to classify tree species in Debrecen, and to calculate Leaf Area Index based on Normalized Difference Vegetation Index.

Introduction

The study of urban vegetation based on remotely sensed data can be approached using methods other than the spatial distribution of tree species. One of these methods is the estimation and mapping the leaf area. Determining leaf area in the field can be particularly time-consuming and laborious. Previous researches have investigated the possibility of estimating leaf area from vegetation indices (EKLUNDH 2003; KIMM – RYU 2015; TIAN ET AL. 2017; KOKUBU ET AL. 2020). The leaf area index is a dimensionless measure of leaf area per 1 m² of plant area, therefore it is related to of many biological and physical processes the density of the plant population, health status, nutrient supply and aboveground biomass. Leaf area can also be an indicator of several biological and physical processes. It is most commonly used in agricultural and meteorological studies.

In this study, we aimed to test a methodology of classifying multispectral satellite images and of generating Leaf Area Index (LAI) values from Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

Materials and methods

Imagery from the WorldView–2 and WorldView–3 satellites were used for the classification (with acquisition dates of 24th July 2016 and 16th September 2019, respectively). The classes were norway maple (*Acer platanoides*), common lime (*Tilia × europaea*), american sycamore (*Platanus occidentalis*), common hackberry (*Celtis occidentalis*) and conifers (*Pinales*). After testing multiple classification methods, Maximum Likelihood was chosen based on accuracy performance. For accurate area

measurements, a normalized digital surface model (nDFM) from 2015 was used to create a mask to filter out pixels with values less than 2 m.

NDVI was calculated for both WorldView-2 and WorldView-3, based on the following formula:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{Red}) / (\text{NIR} + \text{Red}).$$

Due to the same channel allocation of WorldView-2 and WorldView-3, Band 7 was used as NIR, and Band 5 was used as Red in both cases.

For the estimation of LAI, we used the model of KOKUBU ET AL. (2020), who also worked with WorldView-2 and WorldView-3 data in an urban setting. Their result was the following equation:

$$\text{LAI} = 0,1e^{\text{NDVI}/0,179}$$

Further suggestions of the authors were followed in our study as well. They found the best correlation with the field reference data when the maximum NDVI of 3×3 pixel blocks was used in the equation. Also, in this model, the LAI is saturated when NDVI=>0.8, therefore any pixel value greater than 0.8 was set back to 0.8. Finally, based on this adjusted NDVI values, LAIs were calculated for each pixel using the above equation (*Figure 1*).

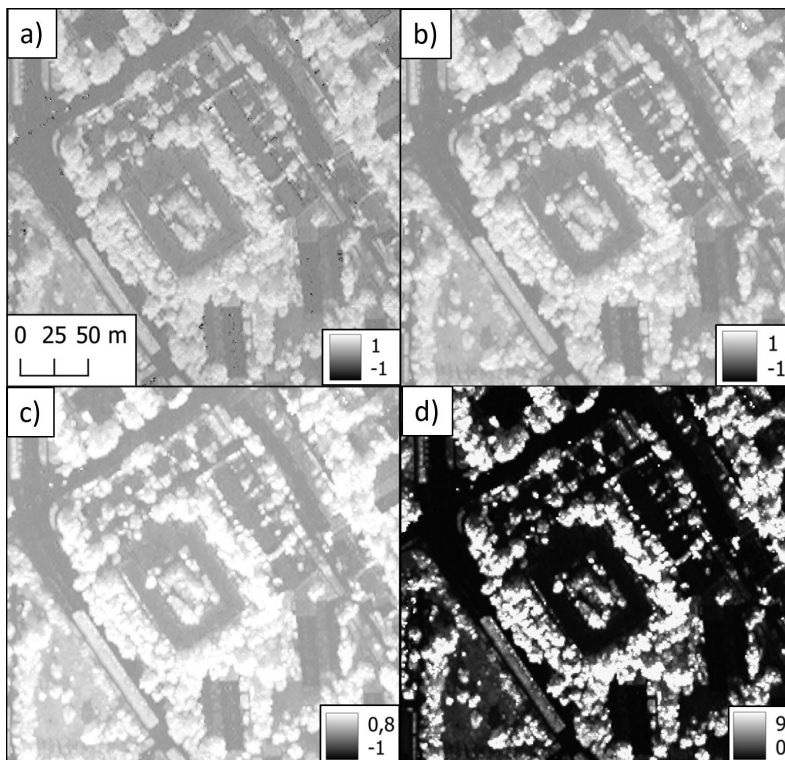


Figure 1. Steps of image processing in the example of a WorldView-3 segment: a) NDVI; b) maximum NDVI of 3×3 pixel blocks; c) NDVI maxed at 0.8; d) LAI

Table 1. Relative distribution of classes in the classified images

Class	WorldView-2	WorldView-3
Norway maple	20.6%	8.4%
Common lime	21.2%	17.1%
American sycamore	10.4%	10.2%
Common hackberry	30.6%	21.7%
Conifers	17.2%	42.6%

Table 2. Average LAI for classes that were obtained from the ML classification

Class	WorldView-2	WorldView-3
Norway maple	5.75	7.60
Common lime	4.35	5.05
American sycamore	5.92	7.16
Common hackberry	5.75	8.11
Conifers	3.48	3.99

By including the results of the respective species-level classifications, species-specific average LAI was calculated from the WorldView-2 and WorldView-3 imageries.

Results

After the Maximum Likelihood classification, the area of each category was calculated based on the classified and masked images. The relative distribution was also derived to support the comparison of the areas in the cases of WorldView-2 and WorldView-3 images (Table 1). A higher proportion of control points were classified in the conifer category with the WorldView-3 image, which is the most prominent difference between the two results. When classifying coniferous evergreens together with deciduous species, usually conifers are among the classed that are the most easy and accurate to identify (HARTLING ET AL. 2019) Consequently, fewer pixels were allocated to the categories of Norway maple and common hackberry than with WorldView-2.

In the species-specific LAI, there were significant differences between the WorldView-2 and WorldView-3 images (Table 2). For each class, LAIs were greater in the case of WorldView-3. The seasonal difference between the two images was presumably an important factor here: the WorldView-2 image was recorded in mid-summer, while the WorldView-3 image was recorded in the early autumn. Values of LAI indicate a better health status and higher density of the plant population in the latter case.

Conclusions

Generating LAI values from NDVI calculated based on WorldView–2 and WorldView–3 images shows to be a viable way to further assess the state of urban vegetation after a classification. Of course, an estimation like this will not be as accurate as a direct method, however, it is more practical and time-efficient to work with remotely sensed data when studying larger areas. In our further work (and in my PhD thesis), we will extend this method to the city level and include data on particulate matter as well, to assess the dust capturing ability of trees in urban environments exposed to air pollution.

Acknowledgement

The work was supported by the ÚNKP-21-4 New National Excellence Program, the Hungarian Ministry for Innovation and Technology, and the National Research, Development and Innovation Office. Szabo, S. and Simon E. was supported by the TNN 123457.



References

- EKLUNDH L. (2003): Estimating leaf area index in coniferous and deciduous forests in Sweden using Landsat optical sensor data. Proceedings Volume 4879, Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology IV. doi:10.1117/12.462467
- HARTLING, S. – SAGAN, V. – SIDIKE, P. – MAIMAITIJIANG, M. – CARRON, J. (2019): Urban Tree Species Classification Using a WorldView-2/3 and LiDAR Data Fusion Approach and Deep Learning. Sensors, 19, 1284. doi: 10.3390/s19061284
- KIMM, H. – RYU, Y. (2015): Seasonal variations in photosynthetic parameters and leaf area index in an urban park. Urban Forestry & Urban Greening, 14(4), pp. 1059–1067.
- KOKUBU, Y. – HARA, S. – TANI, A. (2020): Mapping Seasonal Tree Canopy Cover and Leaf Area Using Worldview-2/3 Satellite Imagery: A Megacity-Scale Case Study in Tokyo Urban Area. Remote Sens., 12, 1505. doi:10.3390/rs12091505
- TIAN, J. – WANG, L. – LI, X. – GONG, H. – SHI, C. – ZHONG, R. – LIU, X. (2017): Comparison of UAV and WorldView-2 imagery for mapping leaf area index of mangrove forest. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 61, pp. 22–31. doi:10.1016/j.jag.2017.05.002

E-OBS adatbázisok időbeli és térbeli szűrése, illetve átalakítása pontosvesszővel tagolt szöveges állománnyá Python programozási környezetben

Nagy Bálint

PhD hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
nagy.balint@science.unideb.hu

Abstract: My goal was to develop a programcode to convert E-OBS meteorological database's files with netCDF extension into files with csv extension. The code was written in Python programming language. NetCDF4, Numpy and Pandas Python libraries were used. The program is capable of filtering the databases based on time period and spatial extent of study area. The code is user friendly, the input parameters can be easily defined in a text file.

Bevezetés

A hosszú idősoros gridalapú meteorológia adatbázisok lehetőséget biztosítanak egy terület éghajlatának nagyobb időintervallumot átölelő vizsgálatára. Egy az intézetünkben folyó kutatás során olyan adatsorra volt szükségünk, mely ingyenesen hozzáférhető, illetve az elmúlt évtizedről is adatokat szolgáltat kárpát-medencei mintaterületekről. Az adatok kezelhetősége érdekében egy olyan programkódot kellett létrehoznom, amely a rendelkezésre álló adatbázisokat térben és időben szűrve, egy egyszerűbb formátumra alakítja.

A CARPATCLIM adatbázisa, habár kiváló felbontású adatokkal rendelkezik a Kárpát-medencéről, mégsem volt megfelelő a projekt számára, mert adatbázisa az 1960–2010 közötti időszakról tartalmaz információkat (LAKATOS ET AL. 2013; SPINONI ET AL. 2015a; SPINONI ET AL. 2015b). Választásunk ennek következtében az E-OBS széleskörűen alkalmazott meteorológiai adatbázisára esett (TURCO ET AL. 2019; HAJDU – HAJDU 2021). Adatsora az European Climate Assessment & Dataset kezdeményezés részeként előállított állomássorozaton alapul. Az Európát lefedő adatállományait 1950–2019 közötti napi bontású hőmérséklet és csapadék adatok $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ valamint $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ felbontású gridek szabályos rácshálója alkotja (CORNES ET AL. 2018).

Az E-OBS hátrányaként meg kell említenem, hogy eltérő állomás sűrűséggel rendelkezik az egyes régiókban. Az adatok validálása során az egyes regionális gridalapú adatbázisokhoz (pl. CARPATCLIM) képest átlagosan nem mutat jelentős eltérést. Az elsődleges különbségeként az állomások helye és sűrűsége a felelős, míg

az interpoláció módja, amivel az értékeket előállítják, csak másodlagos szerepet játszik. A csapadék esetében az alacsonyabb fekvésű régiókat száraz torzítás, míg a magasabban fekvőket nedves torzítás jellemzi (CORNES ET AL. 2018).

Anyag és módszer

Az E-OBS adatbázis csapadék és középhőmérsékleti adatai képezték a tesztfuttatások bemeneti adatait. A szkript Python 3 programozási nyelven íródott (VAN ROSSUM – DRAKE 2009). Az adatok kezelésére, illetve a számítások végrehajtására a netCDF4 (INTERNET1), Numpy (HARRIS ET AL. 2020) és Pandas (MCKINNEY 2010; THE PANDAS DEVELOPMENT TEAM 2021) Python könyvtárakat használtam.

A szkript használatát egyértelműen meghatározható paraméterekkel tettem felhasználóbaráttá. A bemeneti adatokat egy text állomány soraiból olvassa a programkód. A nyers adatok állományának definiálását a kimenetek neveinek kezdőeleme, valamint az adatok térbeli (észak, nyugat, dél és kelet) és időbeli (kezdő-, és végdátum) kiterjedését tartalmazó sorok követik.

A netCDF kiterjesztésű állományok kezelését az említett netCDF4 Python csomaggal végeztem. Az egyes gridrácsokat horizontálisan (kétdimenzióban) a szélesség és a hosszúság, míg vertikálisan (háromdimenzióban) az időváltozó azonosítja. Az adatok térbeli szűréséhez meg kellett találnom a vizsgált terület kiterjedéséhez legközelebb eső külső szomszédos értékeket a szélességi és a hosszúsági elemek soraiban. Ennek eredményeképpen minden esetben a vizsgált területet magába foglaló legkisebb téglalap alakú régió kerül kiválasztásra az adatbázisból. A kezdő-, és a végdátum segítségével azonosítja a kód az érdeklődésre számot tartó időszakot a teljes időtartamból.

A fentebb kiválasztott adatsorok további kezelésére és mentésére a Pandas könyvtárat alkalmaztam. Végül a kimeneti adatokat csv (comma-separated values) állományokba menti a programkód a futtatást követően.

Eredmények

Az egyes értékeket egy geometriai és egy dátum indexszel azonosíthatjuk. Mivel a geometriai indexet két összetevő, vagyis a szélességi és a hosszúsági koordináták alkotják, ezért a párokat egy külön állományban mentettem és egyedi indexszel láttam el őket (*1. ábra*).

A teljes adatbázis így két állományban került tárolásra. Ebből következik, hogy a futtatás eredményeül kapott meteorológiai adatokat tartalmazó táblázatban a sorokat a dátumok, míg az oszlopokat a fentebb említett geometriai indexek alkotják (*2. ábra*).

	A	B	C
1		Latitude	Longitude
2	1	47.4499	19.6499
3	2	47.4499	19.7499
4	3	47.4499	19.8499
5	4	47.4499	19.9499
6	5	47.4499	20.0499
7	6	47.4499	20.1499
8	7	47.4499	20.2499
9	8	47.4499	20.3499

1. ábra A geometriai indexszek és a hozzájuk rendelt koordinátapárok

	A	B	C	D	E
1		1	2	3	4
2	10/1/2019	0	0	0	0
3	10/2/2019	7.7	7.2	6.9	6.6
4	10/3/2019	0	0	0	0
5	10/4/2019	0	0	0	0
6	10/5/2019	6.5	6.6	6.7	6.9
7	10/6/2019	0	0	0	0
8	10/7/2019	0	0	0	0
9	10/8/2019	0	0	0	0
10	10/9/2019	0	0	0	0
11	10/10/2019	3.5	3.2	3.4	3.3

2. ábra A leválogatott csapadékértékeket tartalmazó adattábla

Konklúzió

Az elkészített programcsomag képes lett az előzetes elvárások teljesítésére. A bemeneti adatok könnyű meghatározhatóságával felhasználóbaráttá tettem a kód működését. Az E-OBS adatbázis állományainak térbeli és időbeli dimenzióiban történő szűrését követően az eredményeket egyszerűbb formában (csv kiterjesztésű állomány) teszi elérhetővé a felhasználó számára a további vizsgálatok végrehajtásához.

Köszönetnyilvánítás

We acknowledge the E-OBS dataset from the EU-FP6 project UERRA (<http://www.uerra.eu>) and the Copernicus Climate Change Service, and the data providers in the ECA&D project (<https://www.ecad.eu>).

Felhasznált irodalom

CORNES R. C. – VAN DER SCHRIER G. – VAN DEN BESSELAAR E. J. M. – JONES P.D. (2018): An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Datasets, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 123, pp. 9391–9409.

- HAJDU T. – HAJDU G. (2021): Temperature, climate change, and birth weight: evidence from Hungary. *Population and Environment*, 690.
- HARRIS C. R. – MILLMAN K. J. – VAN DER WALT S. J. – GOMMERS R. – VIRTANEN P. – COUNAPEAU D. – WIESER E. – TAYLOR J. – BERG S. – SMITH N. J. – KERN R. – PICUS M. – HOYER S. – VAN KERKWIJK M. H. – BRETT M. – HALDANE A. – DEL RIO J. F. – WIEBE M. – PETERSON P. – GÉRARD-MARCHANT P. – SHEPPARD K. – REDDY T. – WECKESSER W. – ABBASI H. – GOHLKE C. – OLIPHANT T. E. (2020): Array programming with NumPy. *Nature*, 585, pp. 357–362.
- LAKATOS, M. – SZENTIMREY, T. – BIHARI, Z. – SZALAI, S. (2013): Creation of a homogenized climate database for the Carpathian region by applying the MASH procedure and the preliminary analysis of the data. *Időjárás*, 117(1), pp. 143–158.
- MCKINNEY, W. (2010): Data Structures for Statistical Computing in Python. *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*, pp. 51–56.
- SPINONI, J. – LAKATOS, M. – SZENTIMREY, T. – BIHARI, Z. – SZALAI, S. – VOGT, J. – ANTOFIE, T. (2015a): Heat and cold waves trends in the Carpathian region from 1961 to 2010. *International Journal of Climatology*, 35, pp. 1–13.
- SPINONI, J. – SZALAI, S. – SZENTIMREY, T. – LAKATOS, M. – BIHARI, Z. – NAGY, A. – NÉMETH, Á. – KOVÁCS, T. – MIHIC, D. – DACIC, M. – PETROVIC, P. – KRŽIĆ, A. – HIEBL, J. – AUER, I. – MILKOVIC, J. – ŠTEPÁNEK, P. – ZAHRADNÍČEK, P. – KILAR, P. – LIMANOWKA, D. – PYRC, R. – CHEVAL, S. – BIRSAN, M-V. – DUMITRESCU, A. – DEÁK, G. – MATEI, M. – ANTOLOVIC, I. – NEJEDLÍK, P. – ŠTASTNÝ, P. – KAJABA, P. – BOCHNÍČEK, O. – GALO, D. – MIKULOVÁ, K. – NABYVANETS, Y. – SKRYNYK, O. – KRAKOVSKA, S. – GNATIUK, N. – TOLASZ, R. – ANTOFIE, T. – VOGT, J. (2015b): Climate of the Carpathian region in the period 1961–2010: climatologies and trends of 10 variables. *International Journal of Climatology*, 35, pp. 1322–1341.
- THE PANDAS DEVELOPMENT TEAM (2021): pandas-dev/pandas: Pandas 1.3.3. Zenodo
- TURCO M. – JEREZ S. – AUGUSTO S. – TARÍN-CARRASCO P. – RATOLA N. – JIMÉNEZ-GUERRERO P. – TRIGO R. M. (2019): Climate drivers of the 2017 devastating fires in Portugal. *Scientific Reports*, 9, pp. 1–8.
- VAN ROSSUM, G. – DRAKE, F. L. (2009): *Python 3 Reference Manual*. Scotts Valley, CA: CreateSpace.

Internetes források

- INTERNET1 – netCDF4 API Documentation. <http://unidata.github.io/netcdf4-python/#version-157> Letöltés időpontja: 2021. szeptember 20.

HEC-RAS 1D-s modellkeret automatizált építése Python programozási környezetben egy kisvízfolyás városi szakaszának példáján

Nagy Bálint

PhD hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
nagy.balint@science.unideb.hu

Absztrakt: A kisvízfolyások villámárvizei jelentette veszélyek miatt szükséges az adatbázisok bővítése, illetve a hidrológiai modellek felállítása ezekre a vízfolyásainkra is. A változóan rendelkezésre álló adatbázisok miatt szükséges az egyedi felmérési módszereknek és az előállított adatok automatikus feldolgozásának a keresése. Az elkészült módszerem képes lett HEC-RAS 1D-s geometriai keretek generálására egyszerű adatok alapján is.

Bevezetés

A vízfolyások természetes tulajdonsága, hogy időről időre kisvízes időszakok és árhullámok is jellemzik vízjárásukat. Ebben a ciklikus rendszerben is megfigyelhetünk kiugró értékeket, rekord árvízi eseményeket. Az elmúlt évtizedekben ezeknek a rekordoknak a száma és a gyakorisága, illetve kiszámíthatatlansága jelentősen megnövekedett. Ebben nagy szerepet játszik a klímaváltozás erősödése, ami az éghajlati szélsőségek növekvő gyakoriságában érhető tetten. A meghosszabbodott aszályok mellett előfordulhat, hogy akár egy napon belül akár több havi nagyságrendnyi csapadékok hullhatnak le az egyes vízgyűjtőkben.

Az éghajlat említett változásai miatt több korábban veszélytelennek ítélt kisvízfolyásunkon is pusztító villámárvizek vonultak le az ezredforduló után. Ezekre a területekre jellemző, hogy mivel az év nagyobb hányadában alig csordogál némi víz a medrekben, ezért azokat nem alakították át nagyobb árhullámok kiöntés nélküli elvezetésére, illetve nem épültek ki extrém árhullámok paramétereikhez igazított védművek. Azokon a településeken pedig, amelyeken keresztülfolynak gyakran közvetlenül a partok mellé építkezett a lakosság. A közismertebb folyóinkhoz képest a rendelkezésre álló adatbázisok (keresztmetszetek és hidrometriai adatok) is gyakran régiek és hiányosak róluk. Ezek fejlesztése biztosíthat lehetőséget a további károk megelőzésére, melyben a GIS fontos szerepet játszik.

A térbeli és a hidrometriai adatbázisokra építve hidrológiai modellek építhetők, amelyek segítségével jobban megismerhetjük az egyes vízfolyások természetét, scénáriókat készíthetünk, megállapításokat vonhatunk le a mértékadó vízállásokkal

kapcsolatban, illetve előntés térképek generálásával azonosíthatjuk a veszélyeztetett területeket. A hazai és külföldi kisvízfolyások esetében is már sikeresen építettek fel hidrológiai modelleket a korábbiakban (NAGY 2017a,b; SZOPOS – CZELLECH 2017).

A modellek építése mellett fontos még megjegyezni, hogy legalább ilyen számottevő jelentőséggel bírnak a különböző felmérési technikák, melyek lehetővé teszik a hidrológiai modellek felállítását. Az egyik legfontosabb része a hidrológiai modelleknek a minél pontosabb digitális domborzatmodellek előállítása a vízfolyások medréről, illetve azok környezetéről. A pontosság mellett számolnunk kell a felmérés költségeivel, illetve sebességével is. Az elmúlt évtizedben egyre nagyobb szerepet kapnak a különböző felmérésekben a pilóta nélküli légi járművek (Unoccupied Aerial Vehicle, UAV). Az UAV-vel készített felvételek feldolgozásából a vízügyi szakma számára számos hasznos adat előállítható, mint például batimetriai és hidrometriai adatok (BERTALAN ET AL. 2019; ELTNER ET AL. 2021a,b). A különböző adottságokkal rendelkező területeken természetesen más és más módszerek alkalmazhatók a felmérésekre a legnagyobb hatékonysággal.

Munkám során olyan eljárásokat akarok kidolgozni, amelyek automatizálással megkönnyítik a hidrológiai modellek által igényelt adatok előkészítését és a bevételüket a programkörnyezetbe.

Mintaterület

A kutatásom mintaterületét a Ronyva-patak Sátoraljaújhely városán áthaladó szakaszát választottam. A patak hosszu szakaszán a városban határt képez hazánk és Szlovákia között. A település határánál a vízfolyás kétfelé ágazik: a főágot jelentő Határ-, és a Ronyva-árapasztó-ágra.

A trianoni béke által „hajózható határfolyó”-ként kezelt patak erősen torrens jellegű. Már évtizedekkel ezelőtt lejegyezték, hogy míg a patak vízhozama gyakran az 1 m³/s-t sem haladja meg, addig áradásai idején akár a 200–300 m³/s-t is meghaladhatja (SERF 1941). Mivel a vízfolyás nem volt alkalmas ekkora víztömeg elvezetésére, ezért évről évre veszélyeztette a város mélyebb fekvésű részeit. Ezek tehermentesítésére az 1970-es években került sor az Árapasztó-ág megépítésével, amely párhuzamosan fut a Határ-ággal. A két ág között a víz elosztásáért egy osztómű felel, melyet a várostól északra építettek meg és 1/3–2/3 arányban osztja el a vízhozamot Határ-ág és az Árapasztó között. A megvalósítása során 160 m³/s Q_{1%}-os nagyvízhozamot vettek figyelembe a patak Sátoraljaújhely-vízműtelep szelvényében. A munkálatok ellenére több szakaszon mégsem sikerült megoldani a problémákat. A szűk medrekhez az épületek túl közel épültek, ezért a töltéseket sem lehetett kellően megmagasítani bizonyos részeken. Ennek ellenére a rendezéseket követően a 90-es évekig nem történtek kiöntések (MOLNÁR 2011).

2010 május és június hónapjaiban viszont több alkalommal is olyan magasra emelkedett a vízszint mindkét ágba, hogy a város több alacsonyabban fekvő részét is elöntötte. A következő évben átépítéseket kezdeményeztek, melyek során

megemelték a töltéseket, illetve ahol erre az épületek közelsége miatt nem nyílt lehetőség, ott parapetfalakkal végezték el a magasításokat (MOLNÁR 2011).

Anyag és módszer

A hidrológiai modellezéshez a HEC-RAS-t választottam, amely egy világszerte széleskörben alkalmazott, illetve folyamatosan fejlesztett szabad felhasználású szoftver. 1D-s, 2D-s illetve az előbbiekből kombinált modellfuttatásokra is alkalmas. A bemeneti adatokat ennek a szoftvernek az igényei alapján készítettem elő.

Korábban már említettem, hogy az UAV-k alkalmasak az adatgyűjtésre. Lakott területeken viszont biztonsági okokból használatuk csak nehezen engedélyezett. Ebben az esetben főként mesterségesen kialakított medrek esetén elegendő lehet a meder keresztaszvénnyekkel történő leírása. Kisebb vízfolyások esetén ez RTK GPS-szel is történhet, így nagy pontosságú magassági adatokkal írható le a keresztaszvénnyet.

Mintaterületemen az Árapasztó-ág mentén 37, míg a Határ-ág mentén 47 darab keresztmetszet került felmérésre. A keresztmetszeteket a jellemző „törések” mentén felvett pontokkal írtam le és egyedi azonosítóval láttam el őket aszerint, hogy mely szerkezeti elembe (korona, rézsú, part vagy meder) tartoznak, illetve hogy melyik parton (jobb vagy bal) találhatóak kivéve, ha mederről beszélünk.

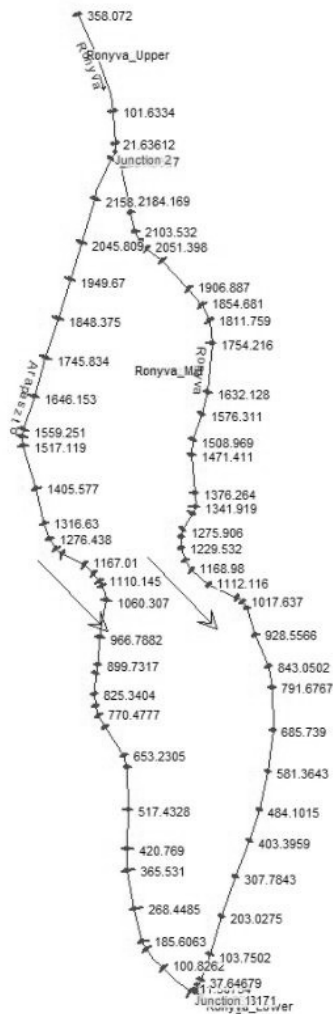
A mért pontalapú keresztaszvénny adatbázist a feldolgozás során alkalmassá kellett tennem, hogy 1D-s futtások alapjául szolgálhasson. Ennek folyamán egyrészt szabályos, merőlegesekbe kellett szerkesztetnem őket a középvonalra, majd pedig különböző attribútumokkal ellátva pontonként külön sorokban egy pontosvesszővel tagolt szöveges állományba (csv) fájlba mentettem. Az előbbi feladatra egy programkódot írtam, amit Python 3 programozási nyelven készítettem el. A kódot a QGIS Python programozási környezetében futtattam. A munka során a PyQGIS könyvtárat is igénybe vettem.

A keresztmetszetek előkészítésének egyetlen manuálisan végzett folyamata, hogy digitalizálással összekötjük az egyes keresztmetszetek kezdő és végpontjait vonalakkal, amivel megadjuk a metszetek helyzetét, illetve szélességét. A futtatás kezdetén a program pufferezónát generál az említett vonalak köré, amely segítségével leválogatja az egyes keresztaszvénnyekbe tartozó pontokat. A leválogatott pontokat ezt követően egy új keresztaszvénnyre vetítjük, amely az adott pontok közül a 'BP' (balpart) jelölésű pontból állított merőleges a sodorvonalra és olyan hosszúságú, mint az általunk előzőleg definiált vonalak. A csv fájlba történő mentés során további adatokat számítottam ki az egyes pontokhoz.

A fentebb taglalt módszer előkészítette a keresztmetszeteket az importálásra, de még nem beszélhetünk használható geometriai keretről. A továbbiakban szükségesnek láttam egy olyan programkód elkészítését is, ami képes egyszerű adatokból HEC-RAS geometriai keretet építeni. A szkript szintén Python 3 programozási nyelven készült.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	River	Reach	Cross_section	NumberofPoint	Station	X	Y	Z	Description
2	Ronyva	Ronyva_Upper	101.6334356		1	0	843623	344198.8	103.889 BK
3	Ronyva	Ronyva_Upper	101.6334356		2	3.371034	843619.6	344198.6	101.986 BR
4	Ronyva	Ronyva_Upper	101.6334356		3	4.965539	843618	344198.4	101.479 BR
5	Ronyva	Ronyva_Upper	101.6334356		4	5.336713	843617.6	344198.4	101.103 BP
6	Ronyva	Ronyva_Upper	101.6334356		5	8.611019	843614.4	344198.2	99.749 M
7	Ronyva	Ronyva_Upper	101.6334356		6	10.47301	843612.5	344198	99.801 M
8	Ronyva	Ronyva_Upper	101.6334356		7	12.68638	843610.3	344197.9	99.852 M
9	Ronyva	Ronyva_Upper	101.6334356		8	14.49245	843608.5	344197.7	99.956 M
10	Ronyva	Ronyva_Upper	101.6334356		9	16.40157	843606.6	344197.6	101.216 JP
11	Ronyva	Ronyva_Upper	101.6334356		10	18.41467	843604.6	344197.4	102.002 JR
12	Ronyva	Ronyva_Upper	101.6334356		11	20.62025	843602.4	344197.3	102.36 JR
13	Ronyva	Ronyva_Upper	101.6334356		12	23.93734	843599.1	344197	103.583 JK
14	Ronyva	Ronyva_Upper	358.0719805		1	0	843595.8	344441.2	102.992 BK

1. ábra A keresztmetszetek attribútumtáblája előkészítve a HEC-RAS-ba történő importálásra



2. ábra A programkód által generált geometriai keret a HEC-RAS-ban

GOODELL (2014) leírása alapján a HEC-RAS geometriai állománya szövegfájlként formázható. A program csv állományokból olvassa be és szerkeszti a szükséges formátumba a különböző elemeket (sodorvonalak, keresztmetszetek, partpontok). Az egyes szakaszok találkozásánál a kód elhelyezi a torkolatokat és a szétválásokat, amihez önállóan rangsorolja az egyes szakaszokat.

Eredmények

A keresztmetszeteket alkotó pontokon végrehajtott futtatást követően a feltöltött tábla tartalmazta a HEC-RAS geometriai modelljébe történő importáláshoz szükséges adatokat. Ezek voltak a 'River' és a 'Reach' értékek, melyek a vízfolyás és a szakasz neveit hordozzák, a keresztmetszetet definiáló 'Cross_section', amely a metszet helyét a torkolattól mért és méterben kifejezett távolságában adja meg, illetve a 'Station', mely egy adott pont keresztmetszeten belüli helyzetét határozza meg a bal parti kezdőponttól mérten (*1. ábra*).

Ahogy a *2. ábrán* is láthatjuk az elkészült kód egyszerű elemekből felépítette egy 1D-s hidrológiai modell geometriai keretét. Elhelyezte a sodorvonalakat, a keresztmetszeteket, a szakaszok érintkezési pontjait, illetve a partpontokat is.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

- BERTALAN L. – NAGY B. – SZOPOS N. M. – ELTNER A. – SARDEMANN H. – MADER D. (2019): Medertopográfiai és hidrometriai vizsgálatok a Sajó mentén pilóta nélküli vízi- és légi járművekkel. In: Molnár V. (szerk.): Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában IX., Debrecen, pp. 55–60.
- ELTNER A. – MADER D. – SZOPOS N. M. – NAGY B. – GRUNDMANN J. – BERTALAN L. (2021a): Using thermal and RGB UAV imagery to measure surface flow velocities of rivers. ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLIII-B2-2021, pp. 717–722.
- ELTNER A. – BERTALAN L. – GRUNDMANN J. – PERKS M. – LOTSARI E. (2021b). Hydro-morphological mapping of river reaches using videos captured with unoccupied aerial systems. Earth Surface Processes and Landforms, DOI: 10.1002/esp.5205
- GOODELL C. (2014): Breaking the HEC-RAS code, A user's guide to automating HEC-RAS. Portland, USA
- MOLNÁR GY. (2011): Ronyva-árapasztó 2010. évben árvízvédekezéssel érintett szakasza és műtárgyai rekonstrukciója. Engedélyezési terv, Műszaki leírás

- NAGY B. (2017a): A creek's hydrological model's generates in HEC-RAS. In: Tesla J. (szerk.) Student V4 Geoscience Conference and Scientific Meeting GISÁČEK. Technical University of Ostrava, Ostrava – Czech Republic, pp. 81–87.
- NAGY B. (2017b): Az árvízi védekezés támogatása hidrológiai modellezéssel egy kisvízfolyás példáján. In: Balázs B. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás VIII. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 245–252.
- SERF E. (1941): A Hernádvölgy és a Ronyva-patak 1940. évi árvize. *Vízügyi Közlemények*, 23(1-2), 129—137.
- SZOPOS N. M. – CZELLECH B. (2017): High water level observations along the upper course of the Olt River (Romania) from a hydrological modelling aspect. *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment*, 11(2), pp. 10–19.

Mederközpontú koordináta-rendszerbe történő transzformálás automatizálása Python programozási környezetben

Nagy Bálint¹ – Bertalan László²

¹ PhD hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
nagy.balint@science.unideb.hu

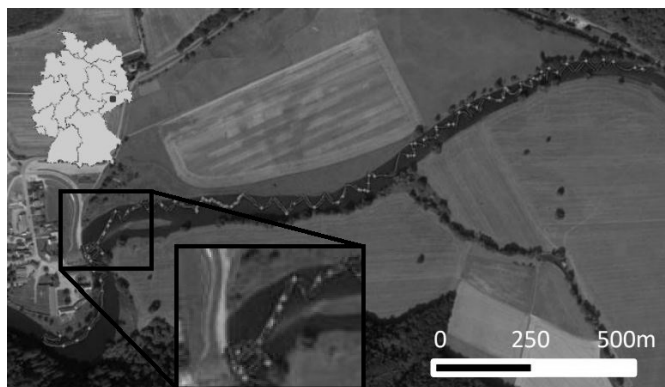
² Egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
bertalan@science.unideb.hu

Abstract: Generally, limited information is available on topography of river channels, especially at shallow water streams. Invasive survey methods are often inappropriate for small rivers due the complexity of riparian vegetation. In such studies if users tend to generate a bathymetric digital elevation model of a given river channel, the database of scattered points and cross sections must be interpolated for producing a continuous surface of bed topography. Before spatial interpolation transformation of points is recommended into channel-oriented coordinate system. Our goal was to develop a program code in Python programming language to automate the workflow.

Bevezetés

Vízfolyásaink kisvízi medreinek állandóan a vízfelszín alatt található részének geometriai jellemzőiről csak kevés adattal rendelkezünk. A jellemző adatgyűjtési módnak az ilyen medrek esetében továbbra is a keresztmetszvény-jellegű geodéziai felmérés mutatkozik, amely viszont sok esetben térben erőteljesen hiányos eloszlású adatbázisokat eredményez. A kizárólag keresztmetszvényekre épített geometriai adatok MERWADE ET AL. (2008) szerint már nem elegendőek a komolyabb hidrodinamikai és fizikai folyamatok ábrázolására, illetve, hogy részletes hidromorfológiai vizsgálatok alapjául szolgáljanak. A medermorfológiai kutatások és a 2D, valamint a 3D-s hidrológiai modell-futtatások egyaránt megszakítás nélküli, vagyis folytonos felszínmodelleket igényelnek, amelyeket interpolációs módszerekkel állítunk elő. Ilyen esetekben a számítások alapjait a mérések során előállított pontok (keresztmetszetekben vagy szórt mintázatban) képezik. A térben ritkásan felvételezett régebbi keresztmetszeteket tartalmazó adatbázisok ebben az esetben gyakran gyenge eredményeket nyújtanak. BÓDIS (2008) szerint az árvízi védekezésben alkalmazott domborzatmodellek korszerű szolgáltatói a lézeres letapogatással a hullámtérrel nyert (LiDAR), és a hanglokátorral a mederről készített mérések kombinációi lehetnek.

A LiDAR felmérés kiegészítése mindenképpen szükséges, ugyanis a hullámtérrel nagy pontosságú és sűrű adatbázis állítható elő vele, azonban az adatgyűjtés viszonylagosan költséges, továbbá a vízzel borított területekről önmagában nem képes pontos adatokkal szolgálni (MERWADE ET AL. 2005). COOK – MERWADE (2009) megvizsgálták, hogy milyen hatást gyakorol a hidrológiai modellekre, ha az



1. ábra UUV egysugaras szonárjával felmért pontok térbeli mintázata (SARDEMANN ET AL. 2018 nyomán)

alapjukat képező digitális domborzatmodelbe batimetriai adatokat építenek be, amivel a valósághoz közelítették a modelleket. Az érintett digitális domborzatmodellek LiDAR felmérésből vagy pedig különböző szabadon felhasználható topográfiai adatbázisból származtak. A batimetria beillesztése mind a vízállás magasságában mind pedig a kiterjedésében jelentős csökkenést eredményezett.

A keresztmetszelvevényeknél térbelileg sokkalta sűrűbb szórt pontokból álló adatbázisok építése a szonár-technológián alapuló mederfelmérések alkalmazásával vált lehetségessé. Ezek a ponthalmazok precízebb felszínmodellek generálására alkalmasak. A felvételezés módja (mintázat, távolság) és az alkalmazott eszközök típusa, illetve az, hogy milyen vízi járműre rögzítik a mérőegységet, jelentősen befolyásolja az előállítható felszínmodellek geometriai megbízhatóságát, valamint az éríthető terület nagyságát és a költségeket. A vízfolyás mérete azonban további limitáló tényezőt jelenthet a mérések során. A vízügyi gyakorlatban rendelkezésre állnak professzionális, több mérőműszer hordozására is alkalmas mérőhajók, melyek többsugaras szonárjai akár nagyon magas pontsűrűséggel is képesek a meder felmérésére (ALBERT – KONDOR 2015). Az ilyen mérőhajók a kisebb folyókon, illetve vízfolyásokon a sekélyebb mederfenékhez kapcsolódó zátony-rendszerek, valamint a kisebb mederszélesség okozta korlátozott kormányozhatóság miatt viszont nem alkalmazhatók.

A nagyobb mérőhajók számára csak nehezen vagy egyáltalán nem megközelíthető folyószakaszokon jelenthetnek megoldást a pilóta nélküli vízi járművek (Unmanned Water Vehicle, UUV). A vízfelszín alatti területről az UUV-k fedélzetére szerelhető egysugaras szonárok segítségével szórt pontokat tartalmazó adathalmazt gyűjthetünk (SARDEMANN ET AL. 2018). Az ilyen mérőhajók a pilóta nélküli légi járművekkel (Unoccupied Aerial Vehicle, UAV) kombinálva hatékonyan növelheti a meder és közvetlen környezetének geometriájára vonatkozó adatgyűjtés nagyságrendjét (BERTALAN ET AL. 2019; ELTNER ET AL. 2021a,b). A korábban említett többsugaras szonárral szembeni hátrányuk viszont, hogy a mérések során születő adatok között jelentős hézagok maradhatnak (*1. ábra*).

Ezen hiátusok kitöltésére jelenthetnek megoldást a különböző térbeli interpolációs módszerek. Az interpoláció során viszont figyelembe kell vennünk a folyóvízi medrek morfológiájának sajátosságait, kiemelve meanderező jellegüket. MERWADE ET AL. (2006) vizsgálatai szerint a különböző interpolációs módszerekkel generált felületek között jelentős eltéréseket tapasztalhatunk, továbbá fontos arra is figyelniük, hogy az adott módszer mennyire veszi figyelembe a vízfolyások medergeometriájának anizotróp jellegét.

Az interpoláció módjának megválasztása mellett a kapott felületünk minőségére és megbízhatóságára szignifikáns hatást gyakorol a mért pontok sűrűsége, a közöttük lévő távolság, a mérések irányultsága (folyásirány mentén vagy arra merőlegesen végezve), keresztaszvénnyek esetén az őket alkotó pontok száma és az egyes szelvénnyek közötti távolság, valamint a további topográfiai adatok (pl. törésvonalak) elérhetősége is (MERWADE ET AL. 2008).

A szabályozás által kevésbé érintett folyómeder változtatja helyzetét, rendelkezik egy hosszirányú lejtéssel, illetve egy általános esetben 'U' vagy 'V'-alakú keresztirányú morfológiával. A klasszikus térbeli interpolációk a komplikált szerkezetű medrek esetén gyakran nem szolgáltatnak megbízható eredményeket, ha a hagyományos koordinátákat alkalmazzuk, mivel nem képesek megfelelően leírni a meder pontjainak egymáshoz viszonyított kapcsolatát. GOFF – NORDFJORD (2004) a folyóvízi medrek sajátos morfológiájának figyelembevételére új módszert vezettek be a geográfiai koordináták meder-központú koordináta-rendszerbe történő transzformálására. Utóbbiban az egyes pontok koordinátáit a medervonal menti, illetve a vonalat keresztező merőlegesek menti távolságok definiálják. Az említett vonal felvétele manuálisan történt meg. További fontos feladat volt módszerük kidolgozása során a partvonalak rögzítése a térbeli adatbázisban, ami lehetővé tette a mederben található pontok elhatárolását a szárazföldiektől.

MERWADE ET AL. (2005) trigonometriai műveletekkel hajtotta végre a mederben található pontoknak a fent említett két koordináta rendszer közötti átalakításait. Az egyes koordináták oda-vissza történő transzformálásának alapját egy adott pont esetén a sodorvonal legközelebbi szakaszától mért távolsága határozza meg. Ennek érdekében először Inverse distance weighting (IDW) interpolációval a pontokból egy raszteres felületet generálnak a mederről a sodorvonal meghatározására. A pontos helyének definiálására iterációt alkalmaznak, amely során a vonalat alkotó vertexeket oldalirányban addig mozgatják a raszternek abban a sorában, amelyben az adott vertex található, míg meg nem találják a sorban elhelyezkedő legmélyebb pontot. Habár az előbb leírt egy objektív és automatizálható folyamat, de jelentős számítási időt és kapacitást is igényel (DYSARZ 2018). Több számítási módszernek is, amelyek a kétféle koordináta rendszer közötti transzformációval, illetve interpolációs eljárások fejlesztésével foglalkoznak, vagy az említett eljárás képezi az alapját vagy pedig elveikben nagyarányú hasonlóság mutatkozik (LEGLEITER – KYRIAKIDIS 2006; DYSARZ 2018).

A Sajó egyes hazai rész-szakaszain folyó hidromorfológiai kutatásaink során egy olyan eszközre volt szükségünk, amely elősegíti, hogy szórt pontokból térbeli

interpolációval digitális domborzatmodelleket állítsunk elő (BERTALAN ET AL. 2019). Az interpolációk végrehajtása előtt szükségesnek tartottuk a koordináták mederközpontú koordináta rendszerbe történő átalakítását, majd az interpolációt követően a visszaalakításukat. A művelet egyszerű, automatizált végrehajtására egy saját programkódot fejlesztettünk.

Anyag és módszer

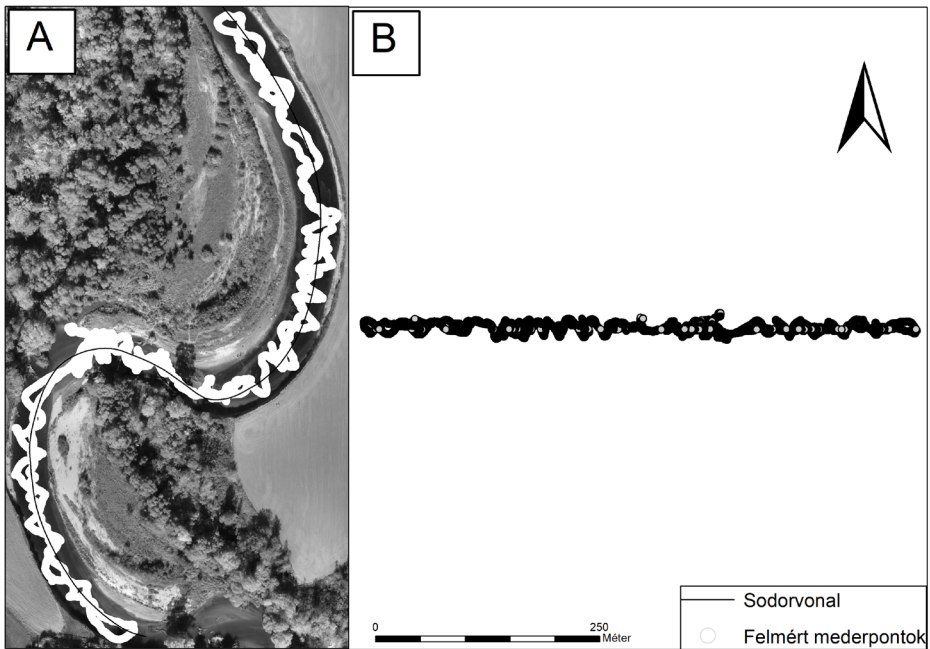
Az adatok oda-vissza történő transzformálására több programkódot készítettünk. Az algoritmusok alapját MERWADE ET AL. (2005) munkája képezte, melyeket további koordinátageometriai számításokkal egészítettünk ki. A szkriptek Python 3 programozási nyelven készültek (VAN ROSSUM – DRAKE 2009). A kódok fejlesztése során igénybe vettük a QGIS (QGIS DEVELOPMENT TEAM 2020) Python fejlesztői környezetét, valamint a PyQGIS könyvtárt (INTERNET1). A bemeneti adatokat egy Sajó menti felmérés adatbázisa képezte, amelyet egy UWV-vel hajtottak végre (BERTALAN ET AL. 2019).

Módszerünk jelenlegi változatában az említett munkával (MERWADE ET AL. 2005) ellentétesen a sodorvonal felvétele ortofotók alapján manuális digitalizálással történik. Mivel szükséges az interpoláció során a számított pontok területi lehatárolása, hogy melyek találhatók a mederben, ezért a folyószakaszt határoló partokat jelképező poligon átalakítására további kódok fejlesztése is szükséges volt. Ennek során a poligont is mederközpontú koordináta-rendszerbe alakítottuk át, majd az interpoláció során felhasználtuk, hogy csak a poligonon belül generáljon új pontokat a szoftver. A kódok validálására teszt adatokat jelöltünk ki az adatbázisból. Az ellenőrzés során vizsgáltuk, hogy egy ismert helyzetű pontot képesek-e oda-vissza változások nélkül transzformálni a programok. A különböző helyzetű pontok átalakításának próbálgatása folyamatosan elősegítette a hibák azonosítását a fejlesztés során.

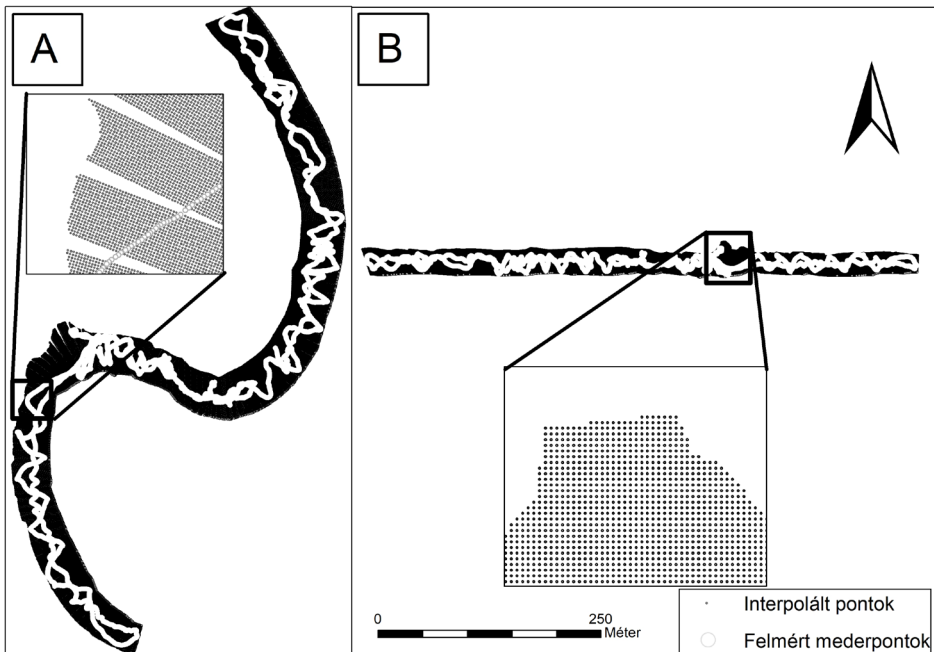
A futtatások eredményéből végül inverse distance weighted (IDW) interpolációs módszerrel generáltunk felületet, amelyet összehasonlítottunk az eredeti adatbázison alapulóval (4. ábra).

Eredmények

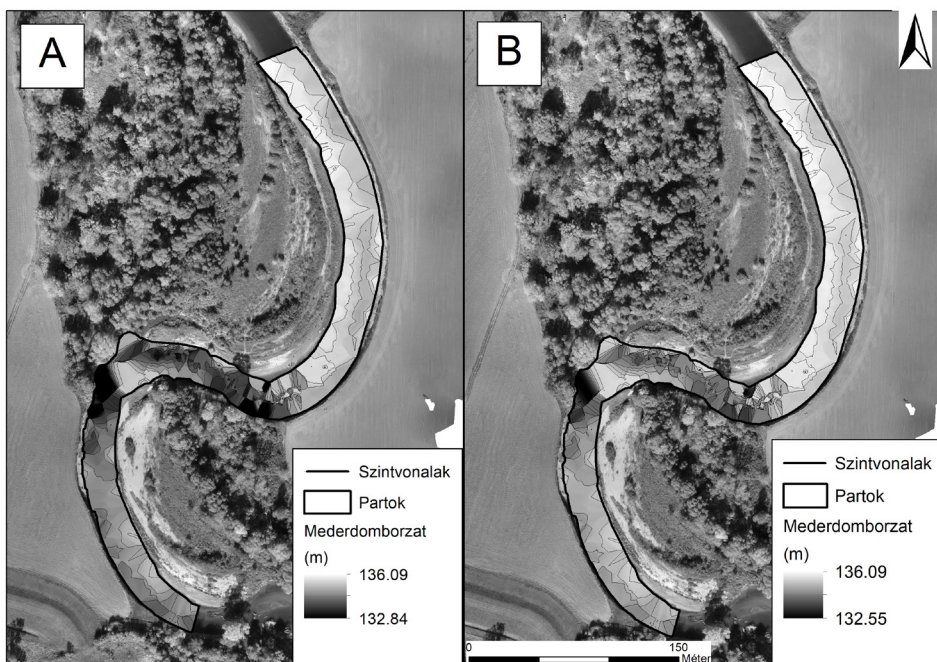
A módszernek köszönhetően a jövőben könnyedén transzformálhatjuk át a mederpontokat (2. ábra) térbeli interpolációs számításokhoz, majd pedig ezt követően ugyanezt visszafelé is megtehetjük az eredményekkel (3. ábra). Ahogyan a 3/A. ábra nagyításán is látható bizonyos helyeken hézagokat figyelhetünk meg a transzformált pontok között. Ez abban az esetben történik, amikor az mederközpontú koordináta-rendszerből átalakítandó pont a hozzá legközelebb eső szakasszal merőlegest zár be. Ahogyan láthatjuk ilyen hézagok még nem figyelhetők meg az interpolációt követően (3/B. ábra nagyítva), csak az átalakítás után. Ennek elkerülésére MERWADE ET AL. (2005) a sodorvonalat alkotó szakaszok által bezárt szögek simítását javasolta. A



2. ábra Egyszugaras szonárral felmért pontok helyzete a mederben hagyományos (A) és mederközpontú koordináta-rendszerben (B)



3. ábra Az interpolált pontok mederközpontú koordináta rendszerben (B) és a transzformációt követően (A)



4. ábra Mederközpontú transzformáció után (A) és hagyományosan (B) interpolált digitális domborzatmodellek a mederről

későbbiekben a módszert ezzel a problémával szemben is ellenállóbbá kell tennünk. Továbbá egyszerűsíteniünk kell a kódot és feltárni a lehetséges hibákat.

A mederközpontú transzformáció létjogosultságát láthatjuk a 4. ábrán, ahol jellemzően a kanyarulatokban jelentősebb mélységkülönbségeket tapasztalhatunk a két modell között. Pontosabban ezekben a komplex régiókban érvényesül a mederközpontú koordináta-rendszer előnye a hagyományos geográfiai koordináta-rendszerekkel szemben, mivel képes részletesebben leírni a pontok kapcsolatát ezeken a területeken. Ezeket az eltéréseket további kutatásaink során referencia pontok segítségével szeretnénk megvizsgálni.

Konklúzió

A tesztek alapján az elkészült szkriptek képesek lettek a mederben felmért pontok, valamint a partokat jelképező poligonok vertexei koordinátáinak átalakítására geográfiai koordináta-rendszerből mederközpontú koordináta-rendszerbe, illetve ugyannerre vissza is. A kódok Python programozási nyelven történő elkészítésével egy széles körben használt nyelven sikerült automatizálnunk a módszert. Az előbbi által egy a későbbiekben könnyen hozzáférhetővé tehető alkalmazást kaptunk. A jövőbeli fejlesztéseket egy QGIS bővítményben szeretnénk közzétenni.

Felhasznált irodalom

- ALBERT K. – KONDOR G. (2015): Mederfelmérés korszerű mérőrendszerekkel. Előadásanyag, XXXIII. Országos Hidrológiai Vándorgyűlés, Konferencia helye, ideje: Szombathely, Magyarország, 2015.07.1–3.
- BERTALAN L. – NAGY B. – SZOPOS N. M. – ELTNER A. – SARDEMANN H. – MADER D. (2019): Medertopográfiai és hidrometriai vizsgálatok a Sajó mentén pilóta nélküli vízi- és légi járművekkel. In: Molnár V. (szerk.): Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában IX., Debrecen, pp. 55–60.
- BÓDIS K. (2008): Digitális domborzatmodellek és alkalmazási lehetőségeik az árvízi kockázatelemzésben. PhD értekezés, SZTE TTIK, Szeged
- COOK A. – MERWADE V.M. (2009): Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach. *Journal of Hydrology*, 377, pp. 131–142.
- DYSARZ T. (2018): Development of RiverBox—An ArcGIS Toolbox for River Bathymetry Reconstruction. *Water*, 10(9), 1266.
- ELTNER A. – MADER D. – SZOPOS N. M. – NAGY B. – GRUNDMANN J. – BERTALAN L. (2021a): Using thermal and RGB UAV imagery to measure surface flow velocities of rivers. *ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLIII-B2-2021*, pp. 717–722.
- ELTNER A. – BERTALAN L. – GRUNDMANN J. – PERKS M. – LOTSARI E. (2021b). Hydro-morphological mapping of river reaches using videos captured with unoccupied aerial systems. *Earth Surface Processes and Landforms*, DOI: 10.1002/esp.5205
- GOFF J.A. – NORDFJORD S. (2004): Interpolation of fluvial morphology using channel-oriented coordinate transformation: A case study from the New Jersey shelf. *Math. Geol.*, 36, pp. 643–658.
- LEGLEITER C. J. – KYRIAKIDIS P. C. (2006): Forward and Inverse Transformations between Cartesian and Channel-fitted Coordinate Systems for Meandering Rivers. *Mathematical Geology*, 38(8), pp. 927–958.
- MERWADE V.M. – MAIDMENT D.R. – HODGES B.R. (2005): Geospatial Representation of River Channels. *Journal of Hydrologic Engineering*, 10, pp. 243–251.
- MERWADE V.M. – MAIDMENT D.R. – GOFF J.A. (2006): Anisotropic considerations while interpolating river channel bathymetry. *Journal of Hydrology*, 331(3-4), pp. 731–741.
- MERWADE V.M. – COOK A. – COONROD J. (2008): GIS techniques for creating river terrain models for hydrodynamic modeling and flood inundation mapping. *Environmental Modelling & Software*, 23, pp. 1300–1311.
- SARDEMANN H. – ELTNER A. – MAAS H. G. (2018): Acquisition of geometrical data of small rivers with an unmanned water vehicle. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(2), pp. 1023–1027.
- VAN ROSSUM G. – DRAKE F. L. (2009): *Python 3 Reference Manual*. Scotts Valley, CA: CreateSpace.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM (2020): QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

Internetes források

INTERNET1 – PyQGIS developer cookbook. <https://docs.qgis.org/3.4/pdf/en/QGIS-3.4-PyQGISDeveloperCookbook-en.pdf> Letöltés időpontja: 2021. szeptember 22.

Eltérő külső tájékozással generált UAV-magasságmodellek pontosság-vizsgálata, különböző feldolgozó szoftverekben

Nagy Loránd Attila¹ – Szabó Gergely² – Pataki Angelika³ – Bertalan László⁴

¹ PhD-hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
nagy.lorand.attila@gmail.com

² Egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
szabo.gergely@science.unideb.hu

³ PhD-hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
patakiangelika95@gmail.com

⁴ Egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
bertalan@science.unideb.hu

Absztrakt: UAV-based aerial mapping is an increasingly widespread data collection and modelling methodology. In recent years, there has been a significant development in data acquisition, whereby RTK GNSS systems on drones are used to obtain high accuracy coordinate data from the resulting images. The aim of this study was to investigate the vertical accuracy of digital surface models generated by different (direct – RTK UAV, indirect – Ground Control Points) external orientation methods in different softwares. The results obtained show that the direct external orientation decreased the magnitude of differences compared to the models based on the indirect mode.

Bevezetés, célkitűzés

Napjainkban a téradatok gyűjtésében jelentős szereppel rendelkeznek a pilóta nélküli légi járművek (UAV-k) és az adatok feldolgozására használt Structure-from-Motion (SfM) feldolgozási módszerek. Az UAV-k térnyerését számos pozitív tulajdonságuk eredményezi, mint például alacsony árak, széleskörű alkalmazhatóságuk, rugalmasságuk (SMITH ET AL. 2016). Felhasználásuk növekvő tendenciája miatt jelentős figyelmet kap az UAV-alapú SfM módszerrel előállított modellek pontosságának vizsgálata (BARKÓCZI ET AL. 2018). A módszer esetében több paraméter is hatást gyakorol a létrehozott modellek pontosságára, ilyenek például a külső tájékozási módok, - például a felvételekhez csatolt GPS koordináták vagy a földi illesztőpontok (GCP-k) jellemzői-, a kamera tulajdonságok (látószög, fókusz távolság, felbontás), a különböző időjárási tényezők és az elkészült felvételek jellemzői (pl. élesség, bemozdulás) (BARKÓCZI – SZABÓ 2017; SMITH ET AL. 2016; UYSAL ET AL. 2015). A külső tájékozás esetében a GCP-k alkalmazása jelentősen körülményesebbé teszi és időben meghosszabbítja az adatgyűjtést (OBANAWA ET AL. 2019). Ennek több oka van, például, fontos szereppel bír a GCP-k térbeli helyzete (SANZ-ABLANEDO ET AL. 2018) és azok száma (LEE ET AL. 2018; LIAO – WOOD 2020) így az adatgyűjtést megelőzően ezek helyzete tervezést igényelhet, a terepi munka során pedig szükség esetén ki kell helyezni a jelölőket, illetve fel kell mérni a pontokat. A direkt georeferencia alkalmazása esetén elviekben nincs

szükség a földi illesztőpontok használatára így a vizsgálat során a közvetlen emberi beavatkozás jelentősen csökken a terepen (TOMAŠTÍK ET AL. 2019). A GCP-k elhagyása csökkenti a terepi munka mértékét és javítja a felhasználási lehetőséget a nehezen megközelíthető területeken (OBANAWA ET AL. 2019). A tömb kiegyenlítés során a külső tájékozás fontos paraméter, amely esetében a felvételekhez tartozó koordináták használata megszüntetheti az GCP-k használatakor megjelenő emberi hiba-tényezőt (JAUD ET AL. 2020). A külső tájékozás mellett jelentős szerepe van a feldolgozáshoz választott szoftvernek a modellek pontosságában, hiszen az azokban megjelenő különböző algoritmusok más eredményt hozhatnak (például a pontfelhők szűrésére alkalmazott műveletek) (ALIDOOST – AREFI 2017; CASELLA ET AL. 2020; SONA ET AL. 2014). Napjainkban az ingyenes és a licenstköteles programok jelentős palettája áll rendelkezésre. A különböző szoftverek, a modellek megbízhatósága mellett jelentősen befolyásolják a feldolgozási időt, a hardveres igényeket és a felhasználói ismeretek meglétét (JIANG ET AL. 2020; SUZIEDELYTE VISOCKIENE ET AL. 2014; LEHOCZKY – SIKI 2020).

A kutatás célja, hogy megvizsgáljuk a direkt és az indirekt külső tájékozással eltérő fotogrammetriai szoftverekkel létrehozott magasságmodellek pontossági viszonyait. Az elemzéssel arra kerestük a választ, hogy a direkt georeferenciával ellátott légifelvételek gyűjtésére alkalmas RTK UAV-k pontossága képes-e redukálni a felmérési folyamatra szánt időt? Ha igen, akkor ezt milyen megbízhatóságú magasságmodellek létrehozása mellett lehetséges?

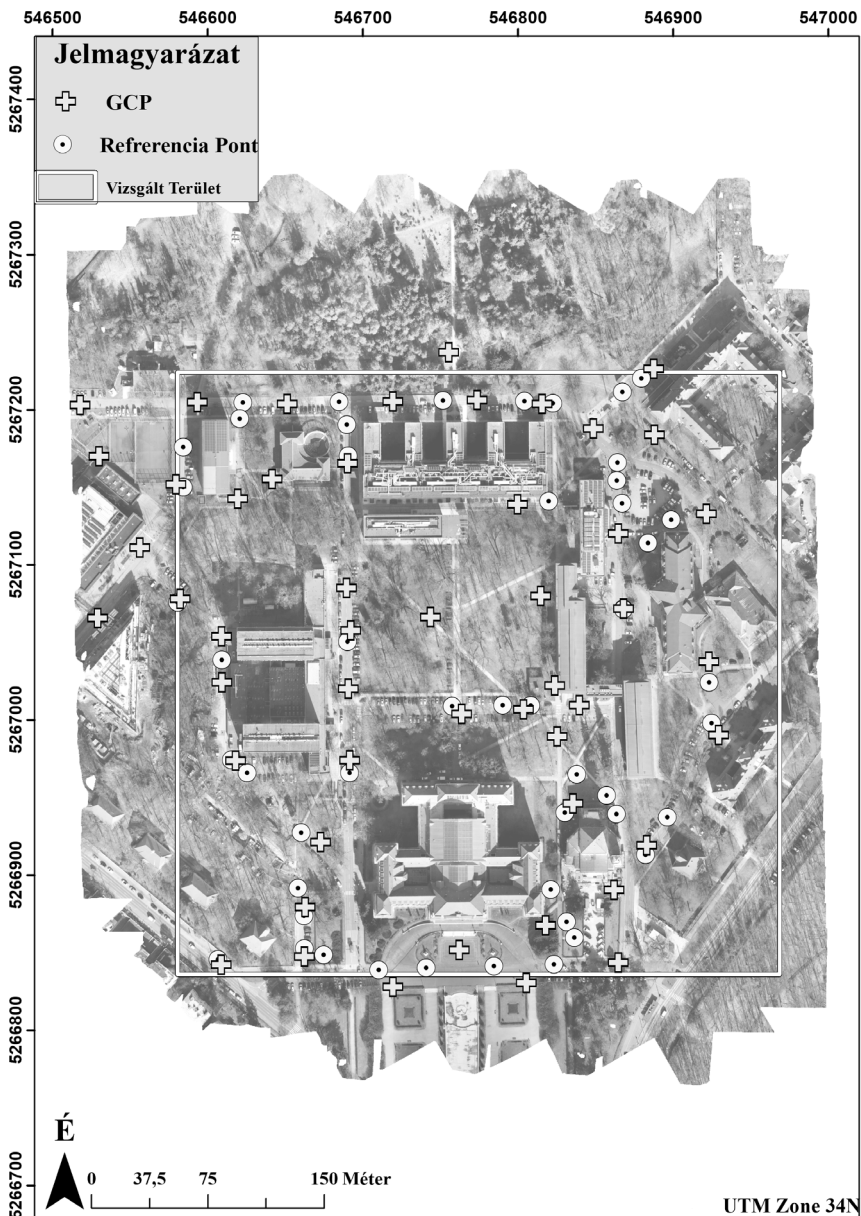
Anyag és módszer

A vizsgálatához egy 20 ha kiterjedésű területet jelöltünk ki a Debreceni Egyetem, Egyetem téri Campusán (*1. ábra*). A légi adatgyűjtés egy DJI Matrice 210 RTK V2 UAV-val (RTK GNSS-szel ellátott drón) és egy DJI Zenmuse X7 (24 mm) kamera alkalmazásával történt. Az adatgyűjtés során az alkalmazott UAV esetében az elkészült felvételekhez valós időben csatolásra kerülnek a nagy pontosságú koordináta-adatok. A művelethez egy DJI D-RTK 2 bázisállomást használtunk. A felvételezés során 239 db kép készült. A földi illesztőpontokat, és a vizsgálatához szükséges referencia pontokat egy Stonex S9 RTK GNSS segítségével mértük fel UTM34N vetületi rendszerben, a mérések vertikális pontosságának szórása 1,36 cm.

A felvételeket 3DSurvey 2.13.2, Agisoft Metashape 1.5.4, DJI Terra 3.0.4 és Pix4D Mapper 4.5.6 szoftverekben dolgoztuk fel. A műveletek kezdetén a légifelvételek koordinátáit UTM34N rendszerbe konvertáltuk. A feldolgozás során két külső tájékozási módot alkalmaztunk:

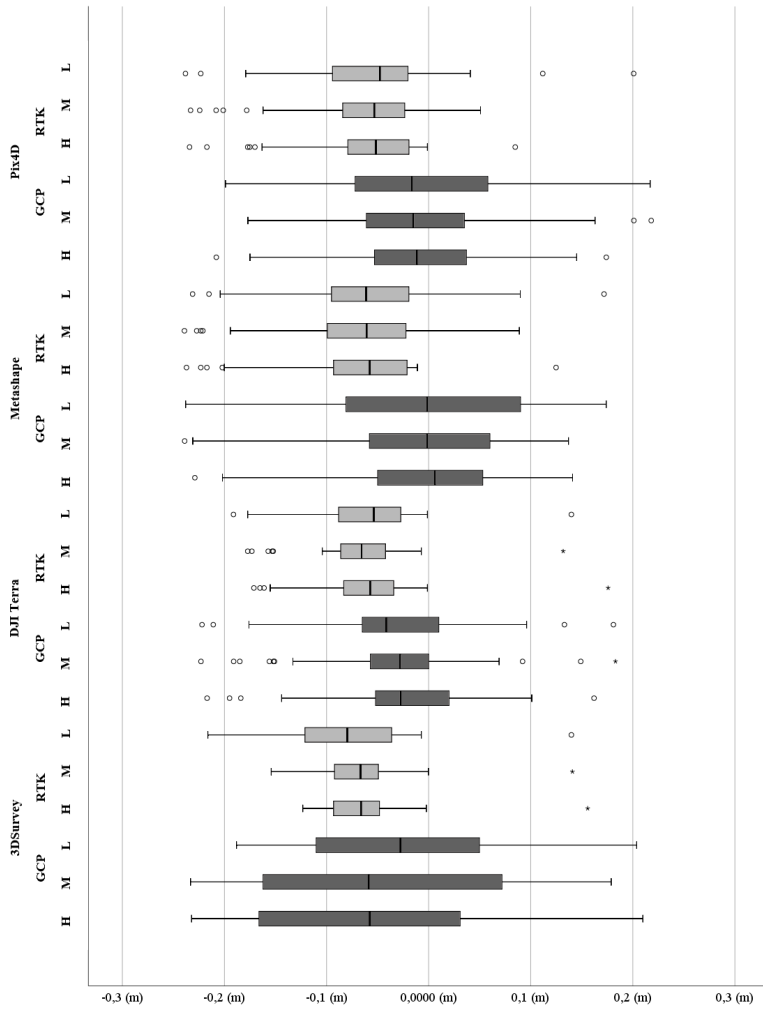
- direkt tájékozást (az elkészült felvételekhez tartozó koordináta adatokkal),
- indirekt tájékozást (50 GCP felhasználásával).

A modellezést mind a négy szoftverben és mind a két külső tájékozási módszer esetében három feldolgozási szinten végeztük el.



1.ábra A mintaterület, a földi illesztőpontok és a referencia pontok helyzete a légi felmérés adataiból generált ortofotó-mozaikon

Az SfM munkafolyamat eredményeképpen generált magasságmodellek pontosság-vizsgálatához 50 db RTK GPS-szel felmért pont magassági adatát használtuk fel. Az összehasonlító vizsgálat során GPS-es magassági adatokat vettük alapul és a fotogrammetriai modellezés során előállított modellek magassági értékeivel vetettük össze.



2. ábra A különböző feldolgozási módok és feldolgozási szintek összehasonlítása (L-Low, M-Medium, H-High)

Eredmények

A kutatáshoz kapcsolódó fotogrammetriai feldolgozás során 24 db ortofotó-mozaikot és 24 db magasság modellt hoztunk létre.

A pontosság szempontjából a legrosszabb eredmények esetében is a különbség értékek +/- 25 cm-en belül található. A két külső tájékozási mód eredményeinek összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a különbségek terjedelme 5–10 cm-rel kisebb a direkt külső tájékozás alkalmazásával azonos szoftver esetében (2. ábra).

A két külső tájékozási mód esetében a különbség-értékek átlagai az indirekt tájékozási mód esetén 1–2 cm-rel kisebbek azonos szoftver azonos feldolgozási szintjei között.

A különböző feldolgozási szintek esetében elmondható, hogy a 3DSurvey-t leszámítva minden szoftverben javul a vertikális pontosság a magasabb fokozatú feldolgozások esetében. A legnagyobb mértékben a Metashape GCP feldolgozása esetében, ahol a high feldolgozási mód esetében az eltérések átlaga 2,2 cm-rel kisebb. A legkisebb különbség a DJI Terra RTK-s feldolgozása esetén jelent meg a két fokozat átlagai között 0,2 cm.

A különböző szoftverekben tapasztalt feldolgozási idők (csak a szoftveres feldolgozásra vonatkozóan) esetében a legjobb eredményt a DJI Terra hozta, ahol a legnagyobb felbontású magasságmodellt generáló feldolgozás 12,3 perc volt, míg a legrosszabb eredményt a 3Dsurvey esetében tapasztaltunk, ahol ugyanez a feldolgozási fokozat 109,6 percet vett igénybe.

Összességében elmondható, hogy a kapott eredmények tükrében az RTK-UAV-k használata a terepi adatgyűjtés megkönnyítése és gyorsítása mellett nem eredményez szignifikáns vertikális pontosság-csökkenést az indirekt külső tájékozási móddal szemben.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

- ALIDOOST, F. – AREFI, H. (2017): Comparison Of Uas-Based Photogrammetry Software For 3d Point Cloud Generation: A Survey Over A Historical Site. *Isprs Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 4.
- BARKÓCZI, N. – BERTALAN, L. – SZABÓ, G. – DEÁK, M. – KARI, SZ. – VIZI, J.CS. – ZAGORÁCZ, M. – SIK, A. – RIEDEL, M. – KOHÁN, B. – MÉSZÁROS, J. – SZALAI, Z. – SZABÓ, O. – NAGY, B. (2018): Examples from the Boundaries of Geographic Survey: Architecture and Flood Modeling. In: CASAGRANDE, G. – SIK, A. – SZABÓ, G. (Eds.): *Small Flying Drones: Applications for Geographic Observation*. Springer International Publishing, Zürich. pp. 127–156.
- BARKÓCZI, N. – SZABÓ, G. (2017): Accuracy assessment of digital surface models based on a small format action camera in a North-East Hungarian sample area. *Geographica Pannonica* 21(4), pp. 224–234.
- CASELLA, V. – CHIABRANDO, F. – FRANZINI, M. – MANZINO, A. M. (2020): Accuracy assessment of a UAV block by different software packages, processing schemes and validation strategies. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(3), 164.
- JAUD, M. – BERTIN, S. – BEAUVERGER, M. – AUGEREAU, E. – DELACOURT, C. (2020): RTK GNSS-Assisted Terrestrial SfM Photogrammetry without GCP: Application to Coastal Morphodynamics Monitoring. *Remote Sensing*, 12(11), 1889.

- JIANG, S. – JIANG, C. – JIANG, W. (2020): Efficient structure from motion for large-scale UAV images: A review and a comparison of SfM tools. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 167, pp. 230–251.
- LEE, S. U. – MUN, D. Y. – SEONG, W. K. – KIM, J. W. (2018): Accuracy analysis according to the number of GCP matching. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 21(3), pp. 127–137.
- LEHOCZKY, M. – SIKI, Z. (2020): Fotogrammetriai feldolgozó szoftverek. *Geodézia és Kartográfia* 72(2), 23-27.
- LIAO, Y. – WOOD, R. L. (2020): Discrete and Distributed Error Assessment of UAS-SfM Point Clouds of Roadways. *Infrastructures*, 5(10), 87.
- OBANAWA, H. – SAKANOUÉ, S. – YAGI, T. (2019, July): Evaluating the applicability of RTK-UAV for field management. In *IGARSS 2019–2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 9090–9092). IEEE.
- OBANAWA, H. – SAKANOUÉ, S. – YAGI, T. (2019, July): Evaluating the applicability of RTK-UAV for field management. In *IGARSS 2019–2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 9090–9092). IEEE.
- SANZ-ABLANEDO, E. – CHANDLER, J. H. – RODRÍGUEZ-PÉREZ, J. R. – ORDÓÑEZ, C. (2018): Accuracy of unmanned aerial vehicle (UAV) and SfM photogrammetry survey as a function of the number and location of ground control points used. *Remote Sensing*, 10(10), 1606.
- SMITH, M. W. – CARRIVICK, J. L. – QUINCEY, D. J. (2016): Structure from motion photogrammetry in physical geography. *Progress in Physical Geography*, 40(2), pp. 247–275.
- SONA, G. – PINTO, L. – PAGLIARI, D. – PASSONI, D. – GINI, R. (2014): Experimental analysis of different software packages for orientation and digital surface modelling from UAV images. *Earth Science Informatics*, 7(2), pp. 97–107.
- SUZIEDELYTE VISOCKIENE, J. – BRUCAS, D. – RAGAUSKAS, U. (2014): Comparison of UAV images processing softwares. *Journal of Measurements in Engineering*, 2(2), pp. 111–121.
- TOMAŠTÍK, J. – MOKROŠ, M. – SUROVÝ, P. – GRZNÁROVÁ, A. – MERGANIČ, J. (2019): UAV RTK/PPK method—an optimal solution for mapping inaccessible forested areas?. *Remote sensing*, 11(6), 721.
- UYSAL, M. – TOPRAK, A. S. – POLAT, N. (2015): DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. *Measurement*, 73, pp. 539–543.

Antropogén zavartság vizsgálata a Dél-balatoni berkek területén

Németh Gergő¹ – Lóczy Dénes² – Gyenizse Péter³

¹ PhD hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gergotab@gmail.com

² egy. tanár, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, loczyd@gamma.ttk.pte.hu

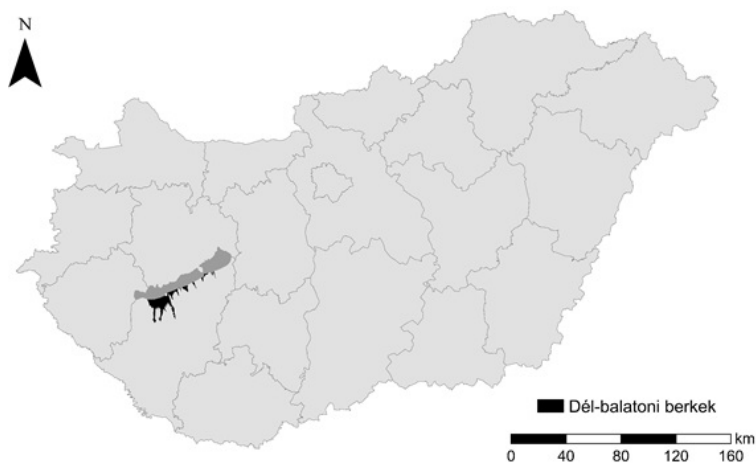
³ egy. docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gyenizse@gamma.ttk.pte.hu

Absztrakt: A vizes élőhelyek rendkívül érzékenyek a földrajzi környezet változására, legfőképpen az antropogén eredetű zavaró tényezőkre, amelyek a tájhasználat átalakulásából fakadnak. Kutatásunk célja, hogy a Dél-balatoni berkek példáján keresztül bemutassuk és kvantitatív módon kiszámítsuk a tájra gyakorolt emberi behatás mértékét 1783-tól egészen napjainkig. Archív térképek, felszínborítási adatbázisok és műholdfelvételek felhasználásával földhasználati térképeket, majd ezekre alapozva zavartsági térképeket hoztunk létre. A kapott adatokból kirajzolódik a természetvédelmi szempontból értékesnek tekinthető területek jelentős térszűrése, azonban az utóbbi évtizedekben az élővilág számára kedvező folyamatokat is megfigyeltünk.

Bevezetés

Hazai tájaink jelentős átalakuláson mentek keresztül az utóbbi évszázadokban. Az antropogén zavartság fokozódásával együtt járt az élővilág térszűrése, melynek következtében a természeti tájából társadalmi hatásra kultúrtájak alakultak ki (INTERNET1). A 19. században az integrált környezetátalakító munkák (például a láp- és mocsárlecsapolások) során erősen megváltoztatták a társadalmi termelés földrajzi alapjait, illetve ökológiai feltételrendszerét (FRISNYÁK 1996).

Kutatásunkban hosszú idősoros vizsgálattal feltártuk az antropogén zavartság változását a 18. század második felétől napjainkig, melynek során hét időbeli keresztmetszetet vizsgáltunk és a kapott eredményeket térképeken és diagramon jelenítettük meg. A táj kutatásban egyre inkább erősödik a táji rendszereket érő hatások, változások számszerűsítésének igénye (TÚRI 2011), a térinformatika eszközeivel pedig lehetőségünk nyílt arra, hogy korszerű, kvantitatív megközelítést alkalmazva objektív adatokat nyerjünk az emberi beavatkozás mértékére vonatkozóan. Összehasonlítottuk az egyes korszakokban tapasztalható állapotokat, valamint prognózisokat készítettünk a jövőre vonatkozóan, illetve olyan javaslatokat fogalmaztunk meg, melyek elősegítik az élőhelyek megőrzését, állapotuk javítását. A későbbiekben pedig lehetőségünk lesz más tájakkal is összevetni az eredményeinket.



1. ábra A Dél-balatoni berkek elhelyezkedése (szerk. Németh G.)

Anyag és módszer

Kutatási területünk a Balaton déli partvonala mentén, a Nagyberektől a Töreki-berekig húzódó, nyugatról kelet felé keskenyedő sávban helyezkedik el, 194,8 km²-en (1. ábra). Vizsgálatunk során kilenc vizes élőhelyet különítettünk el, melyek a következők: Nagyberек, Ordacsehi-berек, Úszói-berек, Lellei-berек, Őszödi-berек, Földvári-berек, Szántódi-berек, Tóközi-berек, Töreki-berек.

Az antropogén zavartság mérése során a tájhasználati térképek jelentették a kiindulási alapot, melyeket archív katonai és topográfiai térképek digitalizálásával hoztunk létre (INTERNET2), napjaink földhasználatának leképezéséhez pedig a 2018-as CORINE felszínborítási adatbázist használtuk (INTERNET3), illetve 2020. szeptember 9-ei Sentinel-2 műholdfelvételeket is osztályoztunk (INTERNET4) a nagyobb terepi felbontás érdekében. Az erdők automatikus osztályozásához az űrfelvételek rendkívül hatékony eszköznek számítanak (SZABÓ ET AL. 2016), ezért ezen földhasználati kategória elkülönítéséhez mi is ezt a megoldást alkalmaztuk.

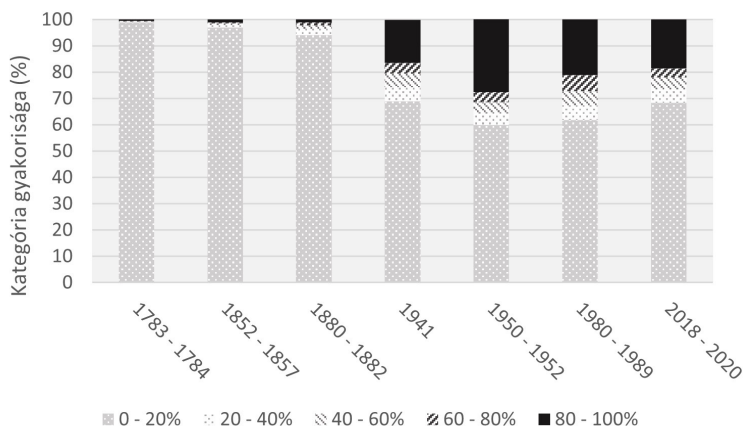
A feldolgozott raszteres térképek az Első Katonai Felmérés (1783–1784 között, méretarány: 1:28800), Második Katonai Felmérés (1852–1857 között, méretarány: 1:28800), Harmadik Katonai Felmérés (1880–1882 között, méretarány: 1:25000), 1941-es Katonai Felmérés (méretarány: 1:50000), 1950–1952-es Katonai Felmérés (méretarány: 1:25000), valamint az 1980–1989-es topográfiai térkép (méretarány: 1:10000) voltak. Ezek az állományok nagyon eltérő méretarányban és jelkulccsal készültek, ezért generalizálást kellett alkalmaznunk, illetve egységes jelrendszerrel láttuk el őket, amelyben kilenc földhasználati kategóriát különítettünk el: vizes élőhely; gyep; szántó; állóvíz; szőlő, kert, gyümölcsös; beépített terület; erdő; bányaterület; cserjés, bozótos. A digitalizálást ArcGIS 10.8 szoftver segítségével végeztük el, de ezt megelőzően néhány esetben georeferálásra volt szükség, amelyhez a QGIS 3.4 GDAL georeferáló modulját használtuk.

A táj zavartságának meghatározáshoz (EVANS ET AL. 2017) „*A methodology for relating wetland configuration to human disturbance in Alberta*” című publikációját vettük alapul, viszont a mintaterületek közötti jelentős különbségek miatt bizonyos mértékben módosítottuk a módszertani háttérrel. A véletlenszerűen kiválasztott 1 km² kiterjedésű négyzetek helyett az egész területet lefedő, 200 méter élhosszúságú rácshálót alkalmaztunk, tehát 4 ha kiterjedésű egységeket vizsgáltunk. A kutatási terület szélén elhelyezkedő, 4 hektárt el nem érő töredékpolygonokat levágtuk. A földhasználati térképekhez hozzárendeltünk egy zavartsági értéket, amely 1 vagy 0 lehetett. A zavart területeket 1-essel jelöltük, amelybe a szántók, beépített területek, a bányaterületek, továbbá a szőlő, kert, gyümölcsös kategória tartozott. A 0-val jelzett polygonok az emberi tevékenység által kevésbé érintett földhasználati kategóriák voltak: vizes élőhelyek, gyepek, állóvizek, erdők, cserjések. A hivatkozott publikáció az összes mezőgazdasági területet a zavart területek közé sorolja, azonban mi a gyepeket zavartalannak tekintettük, mert ezek esetében viszonylag alacsony az emberi beavatkozás mértéke, nem történik talajforgatás és a természetvédelmi tevékenység fontos célterületeit képezik.

Az antropogén zavartságot ábrázoló térképeket az ArcMap 10.8 szoftver segítségével készítettük el. A *Dissolve* eszközzel a megadott zavartsági értékek alapján összevontuk a polygonokat, vagyis a kiindulási rétegen csak 1 és 0 értékek szerepeltek. A *Create fishnet* függvénnyel rácshálót képeztünk, majd a *Select by attribute* geoprocessing eszközzel kiválasztottuk a mintaterületet metsző elemeket, amelyekből exportálással új réteget állítottunk elő. Az *Intersect* függvény segítségével metsztük a zavartsági adatok alapján összevont térképet és a rácshálót. A kapott réteg adattáblájában egy új oszlopot hoztunk létre, melyben a zavartság százalékos arányát tüntettük fel, kategóriákba sorolva: 0–20%, 20–40%, 40–60%, 60–80%, 80–100%. Az oszlop feltöltéséhez a *Select by attribute* eszköz használatával leválogattuk a jelzett kategóriákhoz tartozó elemeket, majd a *Field calculator* segítségével bevittük a polygonok adatait. Ha például a rácsháló egyik elemén belül 2 hektár a zavart területek kiterjedése, akkor az adott négyzet a 40–60%-os kategóriába került. Végül ismét a *Dissolve* függvényt alkalmaztuk, ezúttal az újonnan kialakított (vagyis a diszturbancia százalékos értékeit tartalmazó) oszlopban lévő értékek alapján egyesítettük az elemeket. Az eredményként kapott rétegek megjelenésüket tekintve raszteresnek tűnnek, ugyanakkor a gyakorlatban vektoros adatmodellbe sorolhatóak, mivel a rácsháló elemeit képező négyzetek polygonok.

Eredmények

A vizsgált időszak kezdeti szakaszában, vagyis 1783-tól 1882-ig a vizes élőhelyek és gyepek dominanciája volt jellemző a területen, ezért még rendkívül gyenge antropogén zavartsággal találkozhatunk. Alacsony volt a beépítettség, a szántók kiterjedése minimálisnak tekinthető. Ugyanakkor enyhén emelkedő tendenciát figyelhetünk meg a diszturbancia változásait szemléltető ábrán, a felső és

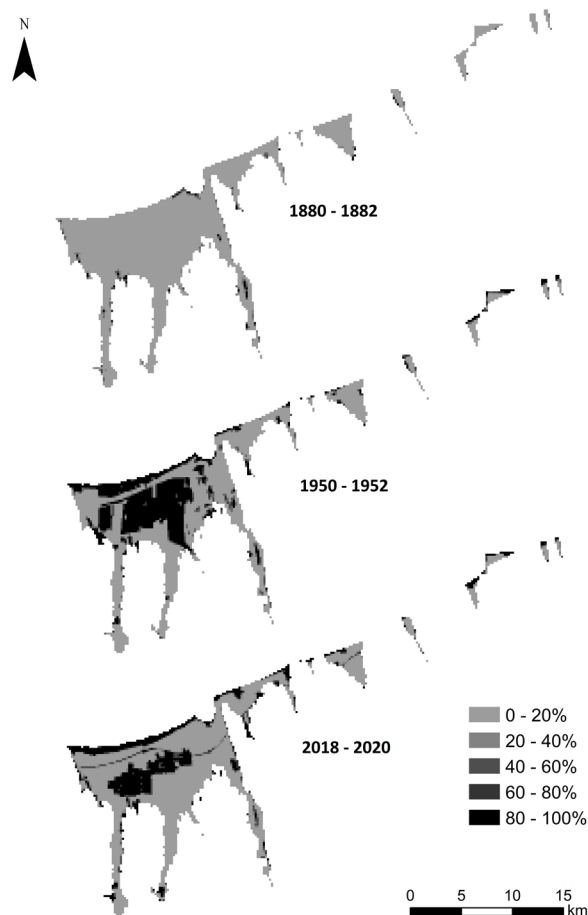


2. ábra Az antropogén zavartsági kategóriák megoszlásának változása 1783-tól 2020-ig (szerk. Németh G.)

középső kategóriák vonatkozásában (2. ábra). A lecsapolási munkálatok során egyre kiterjedtebb csatornahálózatot alakítottak ki, majd 1863-ban a Sió-zsilip is megépült, így biztosítva a Balaton szabályozott vízleeresztését (KÁROLYI – VÁZSONYI 1973). Fordulópontot jelentett a vasút 1861-es átadása is (FRISNYÁK 2001), mivel a töltés jelentősen visszaszorította a berkek és a Balaton között áramló víz mennyiségét, ezáltal kedvezőtlen hatást gyakorolt a vizes élőhelyekre.

A legintenzívebb tájatalakító tevékenység a 19. század végén, illetve a 20. század elején történt. Az új vízrendezési koncepció értelmében elválasztották egymástól a bel- és külvizeket a Nagyberkekben. Megépült a Nyugati-övcatorna, amely a beérkező patakok vizét összegyűjtötte és közvetlenül a Balatonba vezette. A belvizeket pedig a kiterjedt csatornahálózat segítségével, szivattyúzással juttatták a tóba (KÁROLYI – VÁZSONYI 1973). A szárazra került területet nagyrészt gyepké alakították, de több, nagy kiterjedésű szántóföldi parcellát is létrehozottak. Az antropogén behatást fokozta a Fonyód és Balatonkeresztúr közötti homokturzáson 1891-ben kezdődő szőlőtelepítés is, ugyanis ezen a területen nem terjedt a filoxéra (INTERNET5). A parti sáv beépítettsége a fürdőkkultúra megjelenésével látványosan megnőtt, amely növelte a természetközeli élőhelyekre gyakorolt antropogén hatásokat. A vízszintsüllyesztés következtében lehetőség nyílt a tőzegtelepek kitermelésére is, amely tájsebeket okozott. A legmagasabb zavartsági kategóriába tartozó területek aránya meredeken emelkedett, az 1880-as évek elejére már elérte a 16,5 %-ot (2. ábra).

Az 1950–1952-es állapotot bemutató térképen (3. ábra) már a szocialista tervgazdálkodás tájatalakító tevékenysége látható. 1949-ben megalakult a Balaton-Nagyberek Állami Gazdaság, amelynek fő profilja kezdetben a gabonatermesztés volt (INTERNET6), emiatt újabb területeket törtek fel. A talajok tápanyagtartalma nagyon alacsony volt, ezért a hozamok elmaradtak a várttól (ANCSIN 2019), tehát még gazdasági szempontból sem volt pozitív hozadéka a földhasználat megváltoztatásának. A tőzegtitermelés is fokozódott (DÖMSÖDI 1976). Az Ordacsehi- és Lellei-berkek



3. ábra Válogatás a Dél-balatoni berkek diszturbancia térképeiből, a legjellegzetesebb változásokkal járó időszakok bemutatásával (1880–1882; 1950–1952; 2018–2020) (szerk. Németh G.)

esetében még ekkor is viszonylag alacsony szintű a zavartság, míg a többi kisebb bereknél leginkább a beépítettség növekedése okozta a felső kategória bővülését. Az antropogén zavartság értéke 27,5 % volt, ezzel elérte a maximumot (2. ábra).

A következő évtizedekben már a diszturbancia csökkenése volt jellemző (2. ábra). A szántóföldi növénytermesztést részben felváltotta az istállózó állattartás, (INTERNET6), emiatt a kedvezőtlen adottságú szántók egy részét gyeppe alakították. A parcellákat elválasztó vízvezető árkok mellé a defláció mérséklése miatt mezővédő erdősávokat telepítettek, emiatt nőtt az erdővel borított területek aránya. Ez a folyamat hívta életre a vadászat, illetve a vadászturizmus megjelenését is (ANCSIN 2019), amely a korábbi évtizedek gyakorlatával szemben sokkal extenzívebb gazdálkodási módnak tekinthető. A tógazdaságok, halastavak is bővültek. Ugyanakkor negatív tendenciákat is megfigyelhetünk, például a beépítettség jelentős növekedését.

A rendszerváltozás okozta gazdasági szerkezetváltozás kedvező hatással volt az ország környezeti állapotára (KERÉNYI ET AL. 2018). Sok parcellát átalakítottak gyeppe vagy erdővé, illetve felhagytak a műveléssel. Ezek a tényezők mind a diszturbancia csökkenését segítették elő, amely önmagában pozitív fejlemény, azonban ezek a területek gyakran degradálódnak, mert a szukcesszió során a pionír, általában invazív fajok kerülnek fölénybe az őshonos, lassabban terjeszkedő vegetációval szemben. A beépítettség bővülése és az M7-es autópálya megépítése a zavartság növekedésének irányába hatott, valamint szétagolta az élőhelyeket. Ez a jelenség jól megfigyelhető a Nagyberkek keleti felén található mocsaras terület esetében, melyet kettévágott a létesítmény. Napjainkban a tájhasználat extenzifikációja és intenzifikációja egyaránt meghatározó.

Konklúzió

Az antropogén zavartság hosszú idősoros elemzése rávilágított arra, hogy a 18. század végén és a 19. század elején az emberi behatás még csekély mértékűnek számított a Dél-balatoni berkek területén. Azonban az 1860-as évektől erőteljesebb tájatalakítás kezdődött, melynek során lecsapolták a mocsarakat, elvezették a berkekbe torkolló külvizeket, a Balaton vízszintjét pedig mesterségesen szabályozták. Ezáltal nagy kiterjedésű mezőgazdasági területekhez jutottak, így erősen megnőtt az antropogén zavartság, amely az 1950–1952-es térképen a legszembetűnőbb (3. ábra). Az 1980-as években már megfordult a folyamat. A gazdaságtalanul művelhető, erős vízhatás alatt álló szántók helyét fokozatosan átvették a gyepek, vizes élőhelyek, kisebb erdőfoltok. Ez a kedvező tendencia napjainkban is zajlik, ugyanakkor ennek lehetnek negatív következményei is, például az idegenhonos fajok terjeszkedése a műveléssel felhagyott területeken. Nem jelenthetjük ki, hogy mindenhol gyengült volna az antropogén behatás mértéke, mivel a nyaralóövezetek beépítése és az autópályaépítés fokozták a tájhasználat intenzitását. Amennyiben csak a CORINE térképeit vesszük figyelembe (Sentinel-2 felvételek elemzése nélkül), akkor az antropogén hatások mérsékelt erősödését tapasztalhatjuk a Nagyberkek területén 1990 és 2018 között (CSORBA 2021). Megítélésünk szerint a jövőben is folytatódik majd ez a tendencia, vagyis bizonyos helyeken a diszturbancia erősödése (települések és közvetlen környezetük), máshol pedig a csökkenése (belvízzel veszélyeztetett mezőgazdasági területek) figyelhető majd meg.

A kapott eredményeink alapján javaslatokat tettünk, melyekkel csökkenthető az antropogén zavartság mértéke. A vízvisszatartásnak kiemelt szerepe van a berkek természetes élőhelyeinek megőrzésében. A mélyebben fekvő területeken záportározók kialakításával hatékonyan tárolhatóvá válna a csapadékosabb időszakok alatt felhalmozódó víz, emellett ezek a létesítmények számos növény- és állatfaj számára biztosítanának élőhelyet. A földhasználati változtatások során csökkenteni kellene a szántók kiterjedését, mivel a talajok termőképessége gyenge és évről évre csak romlik a defláció következtében, illetve a magas talajvízszint

miatt a belvíz is problémát jelent. Az intenzív szántóföldi növénytermesztés helyett kedvezőbb lenne a gyepgazdálkodás, legeltetés. A csatornák, vízfolyások partjára őshonos fajokból, elsősorban fűz- (*Salicaceae*) és nyárfélékből (*Populus*), valamint enyves égerből (*Alnus glutinosa*) álló galériaerdők telepítését javasoljuk, melyek ökológiai folyosóként funkcionálnának és növelnék a terület biodiverzitását. Minden élőhelytípusban kiemelt figyelmet kell fordítani az invazív fajok visszaszorítására. A nádasok fenntartható kezeléshez egy részletes, a természetvédelmi szempontokat előtérbe helyező nádgazdálkodási tervre lenne szükség.

Irodalomjegyzék

- ANCSIN G. (2019): Egy elfeledett ősmocsár – A balatoni Nagy-Berek. *Földgömb*, 37, pp. 72–87.
- CSORBA P. (2021): Magyarország kistájai. Meridián Táj- és Környezetföldrajzi Alapítvány, Debrecen, p. 232.
- DÖMSÖDI J. (1976): Adatok a Nagyberek és környéke lápterületeinek hasznosításához. *Agrokémia és talajtan*, 25(1–2), pp. 115–130.
- EVANS, I. S. – ROBINSON, D. T. – ROONEY, R. C. (2017): A methodology for relating wetland configuration to human disturbance in Alberta. *Landscape Ecology*, 32(10), pp. 2059–2076. <https://doi.org/10.1007/s10980-017-0566-z>
- FRISNYÁK S. (1996): Magyarország kultúrgeográfiai korszakai (895-1920): Cultural geographical eras in Hungarian history. *Tér és társadalom*, 10(1), pp. 43–58.
- FRISNYÁK Zs. (2001): A magyarországi közlekedés krónikája 1750–2000. MTA Történettudományi Intézete, Budapest, p. 46.
- KÁROLYI Z. – VÁZSONYI Á. (1973): A Balaton és vízrendszere. In: Ihrig D. (szerk.) *A magyar vízszabályozás története*. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, pp. 249–271.
- KERÉNYI A. – FAZEKAS I. – TÚRI Z. (2018): A rendszerváltás szerepe a környezet állapotának változásában. In: Fazekas I., Kiss E., Lázár I. (szerk.) *Földrajzi tanulmányok 2018*. MTA DTB Földtudományi Szakbizottság, Debrecen, pp. 13–18.
- SZABÓ L. – DEÁK M. – SZABÓ Sz. (2016): Comparative analysis of Landsat TM, ETM+, OLI and EO-1 ALI satellite images at the Tisza-tó area, Hungary. *Landscape & Environment*, 10(2), pp. 53–62. <https://doi.org/10.21120/le/10/2/1>
- TÚRI Z. (2011): A tájmintázat vizsgálata a tiszazugban. *Tájökológiai Lapok*, 9(1), pp. 43–51.

Internetes hivatkozások

- INTERNET1 – Némethné Dr. Katona Judit: Tájföldrajz – Tájvédelem <http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/Tajfoldrajz-2.doc> (Letöltés ideje: 2021.08.16.)
- INTERNET2 – Arcanum Adatbázis Kiadó, <https://maps.arcanum.com/hu/> (Letöltés ideje: 2021.08.14.)
- INTERNET3 – CORINE Land Cover (CLC) <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> (Letöltés ideje: 2021.08.14.)

INTERNET4 – Copernicus Open Access Hub <https://scihub.copernicus.eu/> (Letöltés ideje: 2021.08.14.)

INTERNET5 – Balatonmárfürdő Önkormányzata <https://www.balatonmariafurdo.hu/old/pages/2015-02-02-15-01-12/telepulestortenet> (Letöltés ideje: 2021.08.27.)

INTERNET6 – TAKÁTS GYULA: Egykori doktori értekezéseim világa <https://konyvtar.dia.hu/html/muvek/TAKATS/takats01359/takats01390/takats01390.html> (Letöltés ideje: 2021.08.16.)

Evaluation of volunteer schema attributes using GIS; Case of Nairobi Metropolitan area, Kenya

Daniel O. Nyangweso¹ – Mátyás Gede²

¹ ELTE Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary, Institute of Cartography and Geoinformatics, danielorongo@gmail.com

² ELTE Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary, Institute of Cartography and Geoinformatics, gedematyas@gmail.com

Geographic Information portrayed in printed topographic maps and volunteer web maps of the urban settlements has temporal and qualitative variations. Therefore, the comparison of the data on formal maps with that of volunteer maps shared on the web may vary based on times, feature coverages and updates received over time. The temporal and qualitative variation of volunteers' skills portrays some degree of inaccuracy on the captured volunteered geographic information (VGI) after evaluation with standard core content due to their uncontrolled qualitative data capture, processing, and employed standards. The variations and accuracy are assessed by comparing the current geographic information on volunteer sources with authoritative sources. Hypothetically, place names data may be detailed in the suburbs for formal data, unlike outskirts where data is scarce, not available or misnamed, or out of place. The approach involves collecting volunteer data on selected settlements in the metropolitan region of Nairobi then associating it with the location's attributes of features and settlement names for evaluation of coverages. The evaluation covers only the metropolitan area with standard core contents and references road network and VGI gazetteer data. Landover analysis was done by overlaying VGI data on formal maps to check for errors on the VGI data. The results obtained indicate the interplay of the nature of updates, their coverage and land-user-dependent factors. After every five to ten years, updating public data leaves gaps, leading to the accumulation of updates on VGI data, including erroneously named features. The information obtained from the results can be applied in decision-making, communication, and preparation of updated geographic information to capture the needs of stakeholders and captivate their clients. In addition, the findings can inform users of volunteer data on data completeness and attribute accuracy through social media forums, especially during web visualization.

Topográfiai adatbázisépítés és -fejlesztés tapasztalatai

Nyerges János¹ – Takács Zoltán²

¹ Folyamatmenedzsment osztályvezető, HM Zrínyi NKft. nyerges.janos@hmzrinyi.hu

² Térinformatikai osztályvezető-helyettes, HM Zrínyi NKft. takacs.zoltan@hmzrinyi.hu

Absztrakt: A Digitális Topográfiai Adatbázis 1:50000 (röviden DITAB-50) elkészítése a Honvédelmi Minisztérium Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú Nonprofit Kft. (a továbbiakban: HM Zrínyi NKft.) egyik meghatározó tevékenysége a Térképészeti Ágazaton belül. A Magyar Honvédség (a továbbiakban: MH) geoinformációs igényeként jelent meg egy új térinformatikai szemléletű topográfiai adatbázis létrehozása. A feladat előkészítése a korábban alkalmazott Digitális Térképészeti Adatbázis 1:50000 (DTA-50) felhasználási lehetőségeinek vizsgálatával, nemzetközi szabványok alkalmazási lehetőségeivel indult. A DITAB-50 adatbázis létrehozása a DTA-50 adatbázis adatai, a rendelkezésre álló állami alapadatok és egyéb kiegészítő adatbázisok felhasználásával, valamint topográfiai felmérés alapján történt.

Mindezek eredményeképpen egy korszerű, széles körben felhasználható térinformatikai adatbázis jön létre, amelynek naprakészen tartása elengedhetetlen.

Bevezető

A HM Zrínyi NKft. Térképészeti Ágazata egyedülállóan az országban a teljes védelmi térképészeti vertikumot felöleli, a repülőgépes, drónos adatfelvételezéstől kezdve a geodéziai, topográfiai feladatokon át a térinformatikai, kartográfiai tevékenységekig. A létrehozott térinformatikai adatbázisok és azokból generált térképi állományok az MH és a teljes védelmi szféra feladatait támogatják. A térinformatikai adatbázisok közül az általános topográfiai adatbázisok a legjelentősebbek méretaránytartományuk, elemszámuk és a lefedett területek alapján.

Jogsabályi háttér

A HM Zrínyi NKft. alapvető feladatai közé tartozik a honvédelmért felelős miniszter felelősségi körébe tartozó állami térképészeti alapfeladatok és állami alampunkák végzése, állami alapadatok és térképek őrzése, kezelése és szolgáltatása. A védelmi célokat szolgáló földmérési és térképészeti szakigazgatási feladatokról, valamint a honvédelmi célú térképellátásról szóló 35/2000. (XII. 20.) HM rendelet 5. § (6) bekezdése rendelkezik arról, hogy kizárólag a HM Zrínyi NKft. – mint a HM védelmi célú térképészeti termékek előállításáért felelős termelő és szolgáltató szervezet – végezhet a HM és az MH érdekében bármilyen geodéziai munkát,

feladatot. Erre figyelemmel, csak a HM Zrínyi NKft. készíthet, illetve készíttethet elő topográfiai térképet, digitális távérzékeléssel ellátott térképészeti alapadatot, vagy digitális geodéziai adatot a HM és az MH feladataival összefüggésben, azok ellátásához.

A földmérési és térképészeti tevékenységről szóló 2012. évi XLVI. törvény (a továbbiakban: Fttv.) a polgári és a honvédelmi térképészeti területet egyaránt szabályozza. Az Fttv. 18. § rendelkezik a topográfiai térképi adatbázisok alapvető követelményeiről, létrehozásuk céljairól. A 18. § (1) bekezdés alapján az állami topográfiai térképi adatbázisok az ország egész területéről nagy (az 1:10 000 és annál nagyobb), közepes (az 1:10 000 és 1:100 000 közötti, ideértve az 1:100 000) és kis méretarányú (1:100 000 és 1:250 000 közötti, ideértve az 1:250 000) megfelelő adattartalommal és geometriai pontossággal készült térképi adatbázisok, amelyek a földfelszín természetes és mesterséges alakzatainak síkraízi, magassági, vízraízi és domborzati elemeit, továbbá a névrajzot tartalmazzák a tulajdoni viszonyokra vonatkozó ábrázolás nélkül. A 18. § (2) bekezdés az egységes megjelenést követeli meg. A 18. § (3) bekezdés alapján a közepes és kis méretarányú állami topográfiai térképi adatbázisok és térképek előállításáról a honvédelemért felelős miniszter gondoskodik. A 18. § (4) bekezdés alapján alkalmazási területek kerültek meghatározásra. Honvédelmi szempontból kiemelten fontos a honvédelmi célú feladatok térinformatikai igényének biztosítása, a domborzat ábrázolásához kapcsolódó általános igények kielégítése, valamint az állami topográfiai térképek előállítása.

DITAB-50 előkészítése

A NATO nemzetközi szabványainak, valamint a modern harcászati feladatok és eszközök térinformatikai támogatásának biztosítására merült fel az MH geoinformációs igényeként egy új, térinformatikai szemléletű topográfiai adatbázis létrehozása, amely naprakész adatokkal hatékonyan tudja szolgálni a védelmi feladatokat, ugyanakkor állami alapadatként a közigazgatási, polgári szféra számára is hozzáférhető.

A feladat megvalósítása szempontjából alapvetően két lehetséges megoldás közül kellett választani. Vagy teljesen új adatbázis kerül létrehozásra, vagy felhasználásra kerül a legutolsó verziójú DTA-50. A DTA-50 felhasználása mellett több érvet sikerült felsorakoztatni. Ezek közül a legfontosabb, hogy a feladat végrehajtásában résztvevő mintegy 40 fő számára egy teljesen új szakmai feladatként jelentkezett a DITAB-50 létrehozása. Számukra jelentős könnyebbséget jelentett a már jól ismert DTA-50 adatbázis felújításával megkezdni a feladatot.

A felújítás alapját a DTA-50, az 1:50 000-es méretarányú katonai topográfiai térképek szkennelése, majd digitalizálása képezte, ami azt vonta magával, hogy az adatbázist kartográfiai szemlélettel alkották meg: ezt tükrözik azok az objektumazonosítók is, amelyek a jelkulcsi jeleket azonosították. A térképi



1. ábra Inhomogén eloszlású topográfiai objektumok

generalizálás következtében pedig a térképi jelek ütközése miatt bizonyos objektumok nem a valós helyükön szerepeltek (FICSÓR ET AL. 2019).

A felújítás megkezdése előtt szükséges volt a DTA-50 adatbázis vizsgálata. Többek között elemzésre kerültek az azonos típusú objektumok darabszámai. Mivel az adatbázis az egész országot ábrázolja, ezért a nagyon kis számú topográfiai objektumok sok esetben hibás elemeket jeleztek. A szöveges elemek vizsgálata egyrészt támpontot nyújtott az új adatbázisstruktúra kialakításához, hiszen sok olyan szöveges információ volt a DTA-50-ben, amelyet attribútumszinten akkor még nem tároltak el, viszont a DITAB-50 esetében ez már alapkövetelmény lett. Másrészt kiszűrhetőek lettek olyan hibák, mint például azonos megírások különböző változatai (kisbetűvel kezdődő, nagybetűvel kezdődő, eltérően rövidített stb.). A leglátványosabb elemzés az objektumok országos szintű eloszlása a szelvények között, mint az *1. ábrán* szereplő „egyedülálló fa” objektumok egyenetlen eloszlása esetében. Erre eddig a hagyományos szelvénytű térképezés során nem volt lehetőség, azonban az adatbázis országos szinten való vizsgálata már lehetővé tette. Ennek megszüntetése a DITAB-50 kialakítása során már kifejezett cél volt.

A fenti vizsgálatok eredményeképpen elmondható, hogy egyrészt hatékonyan sikerült még a felújítás előtt több hibás objektum kiszűrését is elvégezni, másrészt olyan tapasztalatokhoz jutottunk a korábbi topográfiai térképezésekkel kapcsolatban, amelyek megkönnyítették a DITAB-50 kialakítását is.

DITAB-50 kialakítása

Az előd DTA-50 országos szintű vizsgálatai alapján már rendelkezésre állt egy összkép, amely alapján már látható volt, hogy melyek az adatbázis létrehozása során az elsődlegesen megvalósítandó célok. Ilyen célok többek között az adatbázis egységessége, azonos alapanyagok azonos verzióinak felhasználása, kartográfiai szemlélet elhagyása.

DITAB-50 KIÉRTÉKELÉSI ÚTMUTATÓ

Előző objektum

KEZDŐLAP OBJEKTUMOK FCODE ALAPANYAGOK TOPOLOGIA ÁLTALÁNOS KIÉRTÉKELÉSI ELVEK RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE SEGÉDPROGRAMOK HASZNÁLATA A HONLAPRÓL

Alagút (AQ130) Frissítve: 2018.06.21. Elfogadva: NINCS ELFOGADVA

Meghatározás
Földalatti vagy víz alatti átjáró, általában út vagy vasút, ritkábban víz vagy közművek átvezetésére. Az átjárás mélységétől függően az alagútakat rendszerint mindkét végén szorosan nyitottá építik.

Megjelenés
Vasútvonalak, többnyire elrendelő burkolat hiútok (avtópályák, korszerű műút stb.) felsőin alatti szakaszai. Alagútban vezetett hosszabb szakasz vonalvezetésének meghatározásához egyéb (aktuálisabb) alapanyag felhasználására van szükség. Az útburkolat, illetve a vágányok feljárta bukkánási pontja utálhat rá. Alagút síktól gyakran bevezetésben halad a nyomvonal, de előfordulhat egyéb méltány (pl. híd) is a közelében. Magyarországon ritka, a dombok, hegyvidékes területeken nagyobb valószínűséggel fordul elő.

Vonalas elemek kiértékelése
Mérhető: > 0 m
Ábrázolni kell az összes közötti és vasúti alagutat a valóságnak megfelelő hosszúsággal.

Attribútumok
LZN – Hossz IBS – Kitérkedés típusa VCS – Látható magasság
WD3 – Látható szélesség

Attribútum lehetséges értékek

Érték:	Magyarázat:
0	Ismeretlen
12	Vasút/HÉV
13	Közút
998	Nem alkalmazható
999	Egyéb

Képek
[A large image showing a tunnel entrance on a hillside, with several smaller thumbnail images below it.]

Kapcsolódó elemek
Érték: kanyar

Összetevhető elemek
Állomás

2. ábra Kiértékelési útmutató részlet

A cél egy olyan adatbázis létrehozása, amely nemzetközileg is használt adatstruktúrában kerül kialakításra, így általa a későbbi nemzetközi kapcsolódások is megvalósíthatóak. Ez az adatstruktúra a NATO alá tartozó Védelmi Térinformatikai Munkacsoport (Defence Geospatial Information Working Group, röviden DGIWG) által kezelt Objektum Katalógus (DGIWG Feature Data Dictionary, röviden DFDD).

Egységesség

Az egységesség biztosítása elengedhetetlen egy terület több térképen (vagy éppen adatbázisban) való ábrázolása során. Ennek alapfeltétele volt, hogy legyen egy egységes, azonos elvek mentén kidolgozott, minden elemre kiterjedő műszaki leírás, ami Kiértékelési útmutató (2. ábra) néven került bevezetésre, valamint egy, az egész kialakítási folyamatra vonatkozó átgondolt folyamatleírás, technológia. Ezáltal az egyidőben, több operátor által történő kialakítási folyamat is egységes végeredményt hozhat. Ezeknek a szabályozó dokumentumoknak teljes terjedelme meghaladja a 600 oldalt.

Azonos alapanyagok

A felújítási folyamat ciklikusságát figyelembe véve szükséges a bedolgozott külső adatforrások és adatbázisok körének meghatározása annak biztosítása érdekében, hogy csak meghatározott dátumig kiadott adatbázis legyen felhasználva, de az minden szelvényre, illetve adatbázisra egységesen. Mindent el kell követni annak érdekében, hogy a teljes ábrázolt területen azonos alapanyagok legyenek felhasználva. Ennél a kérdésnél merül fel leginkább az idő szerepe a folyamatban. Feltétlenül szükséges egy szigorú menetrend tartása, amely lehetővé teszi, hogy időben elérkezzen az adatbázis egy következő verzió, egy frissítés állapotába. Ezzel

elérhető, hogy az adatbázis mindig a legfrissebb adatokat tartalmazza és naprakész információval lássa el a felhasználókat.

Kartográfiai szemlélet elhagyása

A kiindulási DTA-50 adatbázis korábbi bemutatásából látható, hogy sok olyan kompromisszumos megoldás született az első verzióban, amely egy térinformatikai adatbázisban már nem állja meg a helyét. Az elemek valós helyén és valós méretében való ábrázolása az egyik legfontosabb feladat. Az adatbázisban minden elemet a helyén, a valós méretében kell ábrázolni. Elhagyható tehát a térképi generalizálás ezen típusa, előtérbe kerül az adatbázis más szempontokat figyelembe vevő tartalmi generalizálása. Ezek a szempontok inkább már az elemek fizikai méretére, funkciójára, adatbázisban elfoglalt jelentőségére utalnak.

Komolyabb tervezést igénylő kérdés az adatbázisba kerülő elemek minimális ábrázolási mérethatárainak meghatározása. Ehhez támpontot nyújtott a méretarány adta fizikai-térképi méret vizsgálata. Itt a nyomtatott térképi elemek méretének terepi méretekre átszámított nagysága adta meg a kiértékelési mérethatárokat. Ennél a kérdésnél tehát nem hagyható el teljesen a kartográfiai szemlélet, de azt csak segítségként hívva kerül felhasználásra. A legfontosabb változást az adatbázisba kerülő elemek értelmezése és attribútumokkal való felruházása jelentette a korábbi egy jelkulcsi jel-egy elem kapcsolathoz képest.

A kialakítás menete

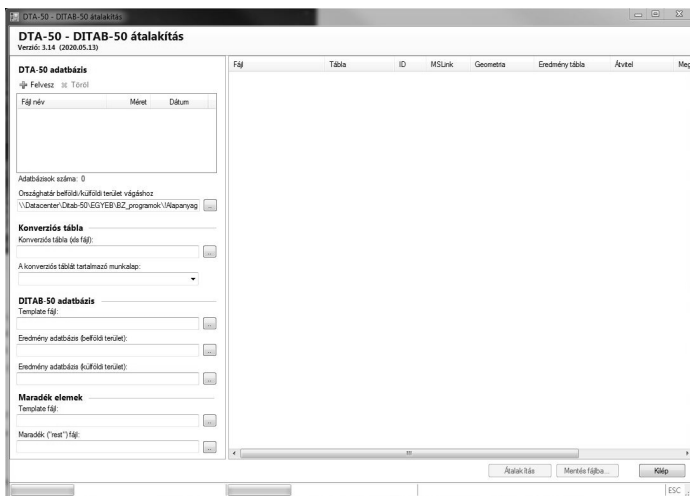
A DTA-50 struktúrából DITAB-50 struktúrába való átalakításának két fő fázisa volt, amely az adott adatstruktúra szerint különül el. A hatékonyság növelésére a munkafázisok során a lehető legtöbb folyamat automatizálásra került, ez a későbbi verziókban is nagy szerepet kap majd.

DTA-50-ben végrehajtott folyamatok

Harmonizáció: Az egyes szelvények adatbázisainak kiértékelése között néhány indokolt esetben változtak a szabályok, így szükséges volt egy ellenőrzés és javítás, hogy az elkészült szelvények közti különbségek eltűnjenek. Ez a folyamat csak néhány elemcsoportra korlátozódott, de szükséges volt az egységesség miatt.

Ellenőrző és javító programok futtatása I.: A harmonizáció után következett egy ellenőrzéseket és javításokat tartalmazó fázis, amely során geometriai és tartalmi hibák javítása történt automatikus vagy félautomata módon. Ezek a részben saját fejlesztésű programok a korábbi verziók elkészítésénél még nem álltak rendelkezésre, de egyre nagyobb szerepet kapnak a feladatok elvégzése során.

Konverzió: Az automatikus ellenőrzések és javítások után a két adatszerkezet közötti konverzió következett, szintén egy saját fejlesztésű konverziós program felhasználásával történt (3. ábra). A program egy konverziós tábla alapján alakította át az adatbázist egyik struktúrából a másikba.



3. ábra Konverziós program

DITAB-50-ben végrehajtott feladatok

A konverzió után ismét egy sor ellenőrző, javító és automatikus attribútum-feltöltő program futtatása következett. Ezek feltöltötték az addig üresen hagyott mezőket, aktualizálási adatbázisokból építettek be adatokat, vagy éppen teljes adatbázist (pl.: közigazgatási határok).

Csatlakoztatás: Az eddigi javítások mind szelvényen belül történtek, nem érintve a szomszédos adatbázisokat. Mivel azonban egy egységes, teljes országra vonatkozó adatbázis létrehozása volt a cél, így nem maradhatott el a szelvények határainak, az adatbázisok csatlakozó elemeinek vizsgálata és javítása. Ennek a fázisnak az elvégzését is saját fejlesztésű programok segítették, amelyek a szelvénykeret mentén csatlakozó, azonos tulajdonságú elemeket automatikusan illesztették egymáshoz. Az automatikus csatlakoztatás után egy manuális következett, így a program által nem illesztett vagy nem illeszthető elemek esetén az operátor által történt a folyamat elvégzése, miközben ellenőrzésre került az automata munkája.

Befejező ellenőrzés: A csatlakoztatást követően vizuális és automatikus módszerekkel került ellenőrzésre az adatbázis, amely egy nemzetközi projektben is bizonyított ellenőrző program futtatásával ért véget. Ez a Többnemzeti Térinformatikai Együttműködési Programban (röviden: MGCP) használt GAIT szoftver, amely rendkívül jól paraméterezhető, így szinte minden elemet és azok attribútumát ellenőrizni lehet vele. Itt nyert értelmet az a szándék, hogy egy nemzetközileg is használt adatbázis formátumhoz mindinkább hasonlító adatbázis legyen létrehozva.

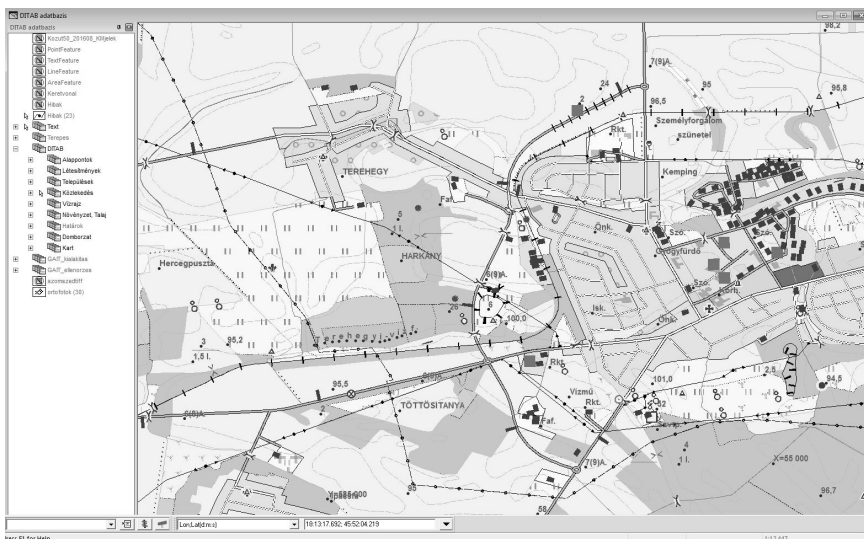
DITAB-50 fejlesztése

A DITAB-50 első verziójának elkészítése után a feladat nem zárul le, a folyamatos fejlesztés és aktualizálás eredményeként rendszeresen újabb és újabb

verziók létrehozására van szükség. Az előző verzió nehézségeiből és hibáiból tanulva alakult ki az új koncepció (DITAB-50 1.1), amely már nem az egész ország, hanem csak egy részének felújítását tűzte ki célul. Ez rövidebb átfutási időt, frissebb adatokat, ezáltal jobb adatbázist jelent. A cél, hogy az ideális nagyságú területet és időket megtalálva egy folyamatos, időben ismétlődő rendszerbe foglalja az 1:50 000 méretarányú adatbázis felújítását.

A NATO által támasztott védelmi célú igényekhez, valamint az alapul vett DFDD szabványhoz való igazodás miatt megújításra kerülnek az elemosztályok, attribútumok. Az előző verzió tapasztalatai és újabb vizsgálatok eredményeként, a felújítás során keveset használt, így mára jelentőségét veszített Feature Class-ok kerülnek ki az adatbázisból (mészégető, anyagcsúszda), újak kerülnek bevezetésre (pl. állatkert, stadion, kerékpárút) vagy más elemek összevonásra (kerítés-fal) kerülnek. Az a korábbi cél, miszerint a nemzetközi DFDD szabványhoz hasonló adatbázis kerüljön kialakításra, egy újabb lépéssel közelebb került ezekkel a változtatásokkal. A teljes Feature Class-okat érintő változásokon kívül több mint 80 attribútumértékben történt bővítés, és ennek többszörösében pedig felesleges attribútumértékek kerültek törlésre, igazodva a szabványhoz és egyszerűsítve az adatbázist.

A strukturális és tartalmi változások mellett még egy nagyon fontos tényezővel kell számolni a következő verzió kialakítása során, nevezetesen a teljesen új platformra való áttéréssel. Míg az eddigi verzió Hexagon GeoMedia szoftverrel készült (4. ábra) az új verzió már ESRI ArcGIS alapokon készül, ami teljes technológiai váltást jelent hardver, szoftver, valamint munkafolyamat szempontjából. Az újonnan bevezetésre kerülő környezetet, az új technológiák kidolgozását mind-mind figyelembe kell venni a feladat idő és erőforrás tervezésénél. A platformváltás új lehetőségeket, több kiegészítő eszközt, nagyobb automatizálási képességet jelent a teljes folyamat során. A fejlesztők a Python programozási nyelvet elsajátítva tovább bővítik a rendelkezésre



4. ábra Az adatbázis egy részlete

álló automatizálási lehetőségek számát. Ezekkel a lehetőségekkel könnyebbé válhat a külső adatbázisok felhasználása, beépítése. Az adatokat felhasználó – a HM Zrínyi NKft-vel szakmai kapcsolatban álló – társintézményekkel való kapcsolattartás, közös munka emiatt szorosabbá válhat, javulhat a szolgáltatott adatok minősége.

A továbbfejlesztett adatbázis és az új szoftverkörnyezet lehetővé teszi az automatikus kartografálás elvégzését, raszteres kimenet, illetve nyomtatható, a csapatok számára a terepi feladatok elvégzéséhez fontos térkép létrehozását. Ennek a folyamatnak a kidolgozása már folyik, azonban további fejlesztések szükségesek benne. Ennek az eljárásnak az elkészülte után lehetőségessé válik szoftverváltás nélkül nyomdai kimenetet készíteni közvetlenül az adatbázisból, így a korábbi félautomata módszerrel szemben gyorsabban és egyszerűbben lehet térképet előállítani.

A DITAB-50 1.1 jól strukturált adatbázis lehetővé teszi hosszú távon levezetett méretarányú adatbázisok generálását, és ezekből kartografált térképek előállítását. Ezek kialakítása azonban még a jövő feladata, de ezen cél megvalósulása mindenképp mérföldkövet jelentene a katonai térképészet történetében.

Összefoglalás

A DITAB-50 feladat kiemelt jelentőségű a HM Zrínyi NKft. térinformatikai tevékenységében. Állami alapfeladatként a létrehozása és folyamatos karbantartása hosszú távú célként valósul meg. Az így létrejövő egységes, térinformatikai szempontoknak megfelelő adatbázis az ország minden honvédelmi, államigazgatási vagy egyéb gazdasági szervezet számára megfelelő térinformatikai alapot nyújt a feladataik ellátásához. A tervezett fejlesztésekkel és platformváltással megvalósul egy olyan fenntartható topográfiai adatbázis, amely hatékonyan képes kielégíteni a modern hadviselés és a haditechnikai eszközök geoinformációs igényeit.

Felhasznált irodalom

- FICSÓR Z. – NYERGES J. – ROSTÁS S. (2019): A DITAB-50 létrehozása és automatikus kartografálási lehetőségei. Geodézia és Kartográfia, pp. 41–48.
- 38/2021. (VII. 30.) HM utasítás a HM Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú Nonprofit Kft. honvédelmi érdekű tevékenységének igénybevételi rendjéről. Megtekintés dátuma: 2021.09.30 Forrás: <https://njt.hu/jogszabaly/2021-38-B0-15>
2012. évi XLVI. törvény a földmérési és térképészeti tevékenységről. Megtekintés dátuma: 2021.09.30. Forrás: <https://njt.hu/jogszabaly/2012-46-00-00>
- 35/2000. (XII. 20.) HM rendelet a védelmi célokat szolgáló földmérési és térképészeti szakigazgatási feladatokról, valamint a honvédelmi célú térképellátásról. Megtekintés dátuma: 2021.09.30. Forrás: <https://njt.hu/jogszabaly/2000-35-20-15>
- 1298/2017. (VI. 2.) Korm. határozat a Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program megvalósításáról. Megtekintés dátuma: 2021.09.30. Forrás: <https://njt.hu/jogszabaly/2017-1298-30-22>

Zöldfelületek térképezése drón alapú légifelvételekből

Pataki Angelika¹ – Nagy Loránd Attila² – Bertalan László³ – Szabó Szilárd⁴

¹ PhD hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
patakiangelika95@gmail.com

² PhD hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
nagy.lorand.attila@gmail.com

³ egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
bertalan.laszlo@science.unideb.hu

⁴ tanszékvezető egyetemi tanár, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
szabo.szilard@science.unideb.hu

Abstract: In our study, we used a DJI Mavic Pro UAV to identify green areas on the basis of visible aerial photographs taken in the spring on two sample areas in Debrecen with different characteristics. During the study, we used orthomosaics with a spatial resolution of 10 cm. Segmentation was performed based on spectral index, and then the segments were used to classify the recordings using machine learning. With this input data, the method gave an accuracy of over 90% in the identification of green cover, but was not effective in the separation of herbaceous and woody vegetation. Based on the result, an up-to-date aerial photograph can be produced at low cost by flight, which is suitable for mapping green areas, but a different time point must be chosen or at least a near-infrared channel is needed to further disaggregate the category.

Bevezetés

A távérzékelésből származó adatok napjainkban egyre elterjedtebbek, aminek okai között szerepel a felhasznált érzékelők egyre szélesedő köre és a felhasználási és alkalmazási lehetőségek bővülése (ROGAN – CHEN 2004). Az UAV (Unmanned Aerial Vehicle – pilóta nélküli légi jármű) hatékony adatgyűjtési lehetőséget biztosít, mivel nagy pontosságú és nagy térbeli felbontású adatok rögzítésére alkalmas (SMITH ET AL. 2016; SZABÓ ET AL. 2018). Ennek köszönhetően az UAV alapú adatokkal végzett elemzések elterjedtté váltak és megjelentek városi zöldfelületek és vegetáció vizsgálata során is (SONG 2019).

A zöldfelületek vizsgálatának fontosságát több tényező adja. Az urbanizáció folyamatai számos kihívással állítják szembe a világ városait (ZHANG 2016). Ennek okai között van a városi hőszigetek kialakulása (KIM 1992; MILOŠEVIĆ ET AL. 2016), a légszennyezettség ártalmas mértéke (Seinfeld 1989), a klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás (GENELETTI – ZARDO 2016), az ökoszisztéma szolgáltatások fenntartása, fejlesztése (MCPHEARSON ET AL. 2014). Emellett, előtérbe kell helyezni a városi lakosság számának dinamikus növekedését (RITCHIE – ROSER 2018), a városi lakosság egészségének megőrzését (GODFREY – JULIEN 2005), és a gazdasági, társadalmi igényeknek megfelelő várostervezést (LEVY 2016; CSOMÓS ET AL. 2021).

A zöldfelületekről elmondható, hogy kontextustól, országtól és tudományterülettől függően változhat a meghatározása, ennek megfelelően zöldfelület lehet többek között városi park, közpark, vizes élőhely, közkert, házikert, útszegély, városi fa, vagy akár zöld tető is (TAYLOR – HOCHULI 2017). A gazdag zöldfelületekkel rendelkező területek esetén elmondható, hogy jellemzően alacsonyabb a hőmérséklete a sűrű beépítettségű városmaggal és ipari területekkel szemben (HELLINGS – RIENOW 2021), illetve kialakítástól függően javíthatják a városi levegő minőségét (JANHÄLL 2015) és csökkentik a levegő széndioxid tartalmát (NOWAK – CRANE 2002). Ezen kívül a zöldfelületek hozzájárulhatnak a lakosság társadalmi, szociális, fizikai jólétéhez és mentális egészségéhez (World Health Organisation 2016).

A vegetáció azonosítására és elkülönítésére több módszer alkalmazható. Osztályozási módszerek tekintetében az objektum alapú szegmentálási módszerekkel nagyobb pontosságot lehet elérni a pixel alapú osztályozással szemben. Hatékonysága változó, függ magától a feladattól (mi az osztályozás célja), az input adattól (milyen a térbeli és spektrális felbontás), valamint az osztályozó algoritmustól. LI – SHAO (2013) szegmentálással az osztályhierarchia különböző szintjein 87,5% és 90,5%-os általános pontosságot ért el légifelvételek felhasználása során, illetve VERHAGEN – DRAGUT (2012) és SZABÓ ET AL. (2020) is jobb eredményeket értek el szegmentálással, mint pixel alapon.

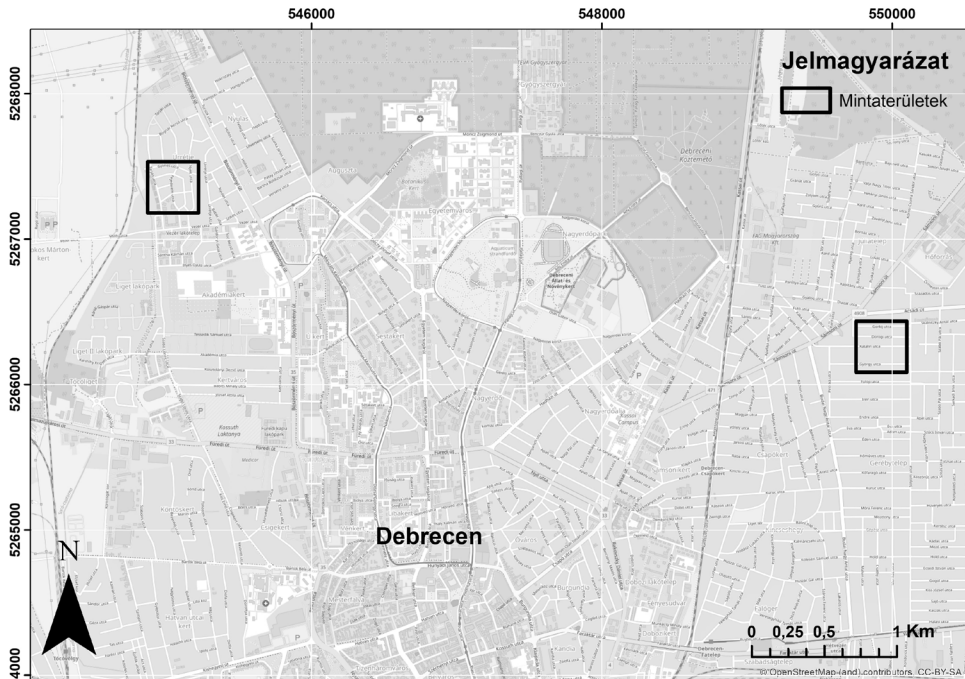
Objektumok azonosításához további felhasználható módszer a texturális jellemzők számítása. Minden felületnek van texturális tulajdonsága, amelyek az objektumok kontrasztját és tónusait emelik ki. Ezzel a módszerrel az objektumok azonosítása során 80% feletti pontosságot sikerült elérni (HARALICK ET AL. 1973).

Vizsgálatunk során célunk az volt, hogy egy olcsón elérhető légifelmérésből származó látható tartományú felvételen, ami ráadásul nem is a legideálisabb időpontban készült (kora tavaszi felvételezés) a vegetáció térképezése szempontjából meghatározzuk az elérhető pontosságot a zöldfelületek kinyerésére.

Anyag és módszer

A kiválasztott mintaterületek (*1. ábra*) Debrecenben találhatóak, ezek a Csapókert és az Úrrétje egy-egy kiválasztott területei. A mintaterületek beépítettség és zöldterületek szempontjából eltérő szerkezetűek. Az Úrrétje sűrűn beépített, 1–2 szintes épületekkel, növényzet szempontjából örökzöldekkel és díszkertekkel rendelkezik. A Csapókert kevésbé sűrű beépítettségű, többnyire 1 szintes épületekkel, lombhullató és konyhakerti növényzettel.

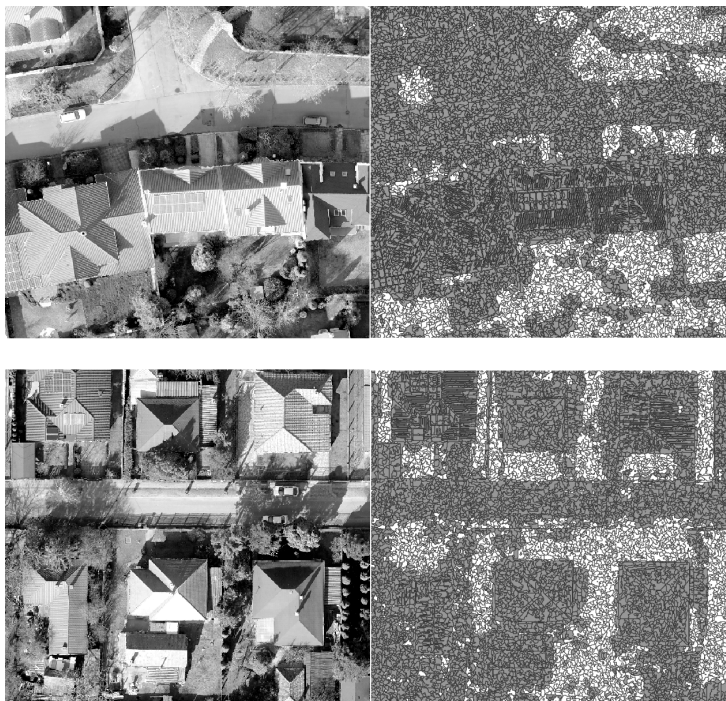
A felhasznált adatokat egy DJI Mavic Pro UAV-vel rögzítettük, RGB kamerával. A felvételek 2020. március 5-én készültek a Csapókertben és március 10-én az Úrrétje területén. A felvételek 90 méteres repülési magasságban, Double grid repülési módban, 90°-os kameraszöggel kerültek rögzítésre. Az pontosság javítása érdekében a terepi mérés során egy Stonex S9 RTK GNSS-el földi illesztőpontokat rögzítettünk.



1. ábra A kiválasztott mintaterületek elhelyezkedése Debrecenben. UTM Zone 34N vetületi rendszerben

A felvételeket SfM módszerrel dolgoztuk fel, ennek eredményeképpen egy ortofotó-mozaikot kaptunk, amelynek térbeli felbontását a könnyebb feldolgozhatóság érdekében 10 cm-esre redukáltuk, majd spektrális indexet számoltunk. Ez alapjául szolgált a textúra információk kiszámításának és a szegmentálási eljárásnak. A szegmensek alapján 300–300 tanuló területet választottunk ki, a zöldfelületekre és nem zöldfelületekre koncentrálnak. A textúra információk kiszámításához 8bit-es raszter rétegeket hoztunk létre és a szimpla módot választottuk, amely egy 8 csatornás rasztert eredményezett, vagyis tartalmazza az energy, entropy, correlation, inverse difference moment, inertia, cluster shade, cluster prominence, haralick correlation rétegeket. A szegmensek és az elkészített textúra rétegek segítségével statisztikai vizsgálatot végeztünk.

Az eredeti RGB csatornákat, a spektrális indexeket, valamint a textúra indexeket használtuk fel input adatként az osztályozásban (zöld felület – egyéb kategóriák), illetve kísérletet tettünk a lágyszárú és fásszárú vegetáció elkülönítésére (lágyszárú – fásszárú egyéb kategóriák) utóbbi esetben 150–150 szegmens felhasználásával. Az osztályozáshoz k-Nearest Neighbor (kNN) és Random Forest (RF) osztályozó algoritmusokat használtunk. A pontosságot k-fold cross-validation módszerrel végeztük 10 részre osztott referencia adatbázissal (10-fold) és 3-szoros ismétléssel (repetition). A módszer eredményeként 30 modellt kaptunk algoritmusonként, aminek a számtani középértékét és 95%-os konfidencia intervallumát ábrázoltuk az általános



2. ábra Példa az osztályozás eredményére az Úrréjte területén (fent) és a Csapókertben (lent). Bal oldalon az ortofotó-mozaik, jobb oldalon az osztályozás eredménye (fehér: zöldterületek, szürke: egyéb kategória)

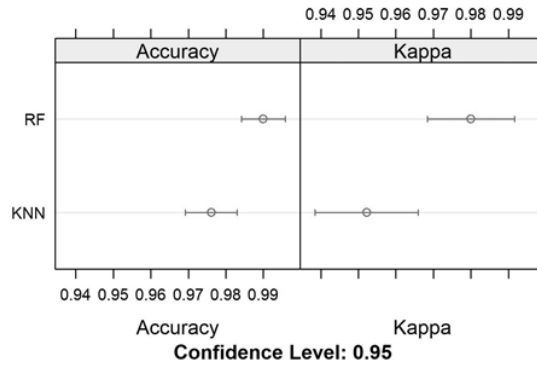
pontosság és Kappa index függvényében. Az osztályozást és a pontosságvizsgálatot az R 4.1 (R CORE TEAM 2021), a vizualizációt QGIS 3.18 szoftverrel végeztük.

Eredmények

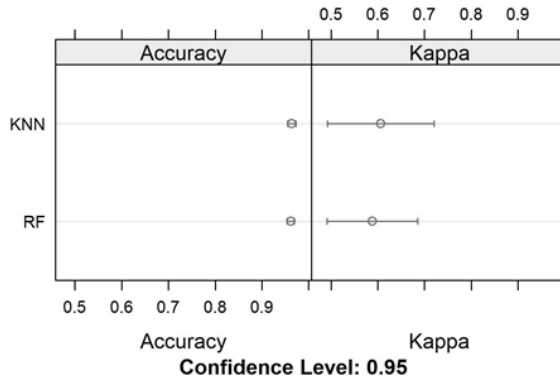
A látható tartományú input adatokkal és a belőlük levezetett indexekkel végzett osztályozás annak ellenére pontos eredményt adott, hogy a növényzet elkülönítésére a közeli infra csatorna biztosítja a legbiztosabb azonosítást. Az RF 99,0%-os, de még a KNN is 97,6%-os átlagos általános pontosságot biztosított, amik esetében a minimálisan elért pontosságok is 95%-ot és 93%-ot értek el. A Kappa index hasonlóan pontosnak ítélte az eredményt (3. ábra), amit a 2. ábra is alátámaszt.

Ahogy a 2. ábrán látható, az osztályozás eredménye alapján mindkét mintaterületen jól elkülönülnek a zöldterületek. Az Úrréjte terület esetében elmondható, hogy 3 szegmens esetében kihagyási hibát (error of omission) tapasztaltunk.

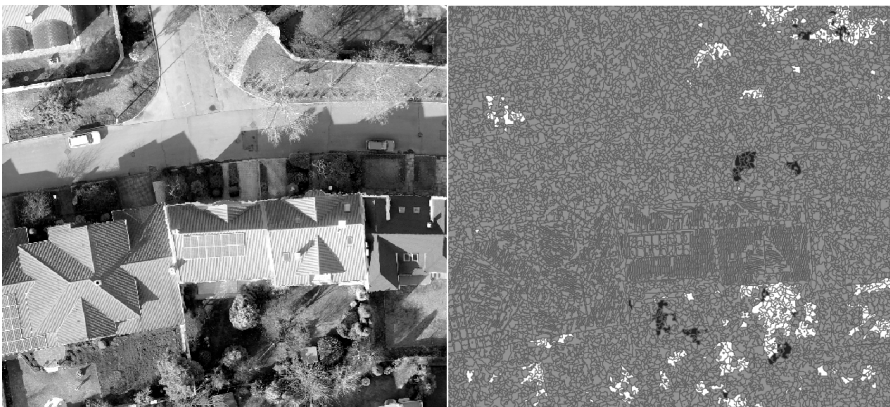
A lágyszárú és fásszárú vegetáció elkülönítése esetében az általános pontosság (4. ábra, Accuracy) meglepően jó eredményt mutat (96%) és a konfidencia intervallumok is szűk tartományban vannak mindkét osztályozó esetén, azonban a Kappa index, ami szigorúbb, jobban rámutat a lehetséges hibákra. A Kappa index 58% (KNN) és 60% (RF) pontosságot mutatott.



3. ábra A zöldfelületek azonosításának pontossága 30 modell alapján 10-fold cross-validation módszer alapján (átlag és 95%-os konfidencia)



4. ábra A lágyszárú és fásszárú vegetáció azonosításának pontossága 30 modell alapján 10-fold cross-validation módszer alapján (átlag és 95%-os konfidencia)



5. ábra Példa lágyszárú és fásszárú vegetáció elkülönítésének eredményére az Úrréjte területén. (fehér és fekete: fás és lágyszárú növényzet, szürke: egyéb kategória)

Ahogy az 5. ábra is mutatja a lágymű és fásszárú vegetáció elkülönítése során azok több esetben kerültek egyéb kategóriába, a korábbiakkal szemben.

Következtetések

A vizsgálat alapján megállapíthatjuk, hogy a látható tartományú ortofotó-mozaikok is alkalmasak lehetnek a zöldfelületek térképezésére, ugyanakkor a lágymű- és fásszárú növényzet elkülönítése ezzel a módszerrel kevésbé pontos.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

- CSATÁRINÉ SZABÓ Z. – MIKITA T. – NÉGYESI G. – VARGA O. G. – BURAI P. – TAKÁCS-SZILÁGYI L. – SZABÓ S. (2020): Uncertainty and Overfitting in Fluvial Landform Classification Using Laser Scanned Data and Machine Learning: A Comparison of Pixel and Object-Based Approaches. *Remote Sensing*, 12(21), 3652.
- CSOMÓS G. – FARKAS Z. J. – KOLCSÁR R. A. – SZILASSI P. – KOVÁCS Z. (2021): Measuring socio-economic disparities in green space availability in post-socialist cities. *Habitat International*, 117, 102434.
- GENELETTI D. – ZARDO L. (2016): Ecosystem-based adaptation in cities: An analysis of European urban climate adaptation plans. *Land use policy*, 50, pp. 38–47.
- GODFREY R. – JULIEN M. (2005): Urbanisation and health. *Clinical Medicine*, 5(2), 137.
- HARALICK R. M. – SHANMUGAM K. – DINSTEN I. H. (1973): Textural features for image classification. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, (6), pp. 610–621.
- HELLINGS A. – RIENOW A. (2021): Mapping Land Surface Temperature Developments in Functional Urban Areas across Europe. *Remote Sensing*, 13(11), 2111.
- JANHÁLL S. (2015): Review on urban vegetation and particle air pollution–Deposition and dispersion. *Atmospheric environment*, 105, pp. 130–137.
- LEVY J. M. (2016): Contemporary urban planning. Taylor & Francis. 11th Edition.
- LI X. – SHAO G. (2013): Object-based urban vegetation mapping with high-resolution aerial photography as a single data source. *International journal of remote sensing*, 34(3), pp. 771–789.
- MCPHEARSON T. – HAMSTEAD, Z. A. – KREMER P. (2014): Urban ecosystem services for resilience planning and management in New York City. *Ambio*, 43(4), pp. 502–515.
- MILOŠEVIĆ D. D. – SAVIĆ S. M. – MARKOVIĆ V. – ARSENOVIĆ D. – ŠEĆEROV I. (2016): Outdoor human thermal comfort in local climate zones of Novi Sad (Serbia) during heat wave period. *Hungarian Geographical Bulletin*, 65(2), pp. 129–137.

- NOWAK D. J. – CRANE D. E. (2002): Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental pollution*, 116(3), pp. 381–389.
- RITCHIE H. – ROSER M. (2018): Urbanization. Our world in data. Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/urbanization>'
- ROGAN J. – CHEN D. (2004): Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. *Progress in planning*, 61(4), pp. 301–325.
- SEINFELD J. H. (1989): Urban air pollution: state of the science. *Science*, 243(4892), pp.745–752.
- SMITH M. W. – CARRIVICK J. L. – QUINCEY D. J. (2016): Structure from motion photogrammetry in physical geography. *Progress in Physical Geography*, 40(2), pp. 247–275.
- SONG W. K. (2019): Application of UAV for Vegetation Monitoring in Urban Green Space. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 22(1), pp. 61–72.
- SZABÓ G. – BERTALAN L. – BARKÓCZI N. – KOVÁCS Z. – BURAI P. – LÉNÁRT C. (2018): Zooming on aerial survey. In *Small Flying Drones* (pp. 91–126). Springer, Cham.
- TAYLOR L. – HOCHULI D. F. (2017): Defining greenspace: Multiple uses across multiple disciplines. *Landscape and Urban Planning*, 158, pp. 25–38.
- VERHAGEN P. – DRĂGUTĂ L. (2012): Object-based landform delineation and classification from DEMs for archaeological predictive mapping. *Journal of Archaeological Science*, 39(3), pp.698–703.
- World Health Organisation (2016): Urban green spaces and health: A review of evidence. Available from Copenhagen, Denmark
- ZHANG X. Q. (2016): The trends, promises and challenges of urbanisation in the world. *Habitat international*, 54, pp. 241–252.

Városüzemeltetési, zöldterületi feladatkezelés térinformatikai alapokon

Pázmányi Sándor¹ – Földi Ferenc Norbert²

¹ vezérigazgató-helyettes, eKÖZIG Zrt., sandor.pazmanyi@ekozig.hu

² programozó, eKÖZIG Zrt., ferenc.foldi@ekozig.hu

Bevezetés

A városi közterületek, zöldterületek karbantartásával összefüggő feladatok komplex folyamatának sok szereplő általi menedzselése városüzemeltetési és kivitelezői oldalról is jelentős adminisztrációs terhet jelent. A kialakult többéves analóg munkaszervezési gyakorlat és az információ-technológiai újítások nyújtotta lehetőségek összemosódása révén számos eltérő csatornán történt a feladatok szervezése, ellenőrzése, a munkavégzés jóváhagyása és igazolása, majd a kapcsolódó információk feldolgozása, egységesítése, adminisztrálása több, egymáshoz csak részben kapcsolódó rendszerben történt.

A következőkben az eKÖZIG Zrt. által fejlesztett zöldterületi, városüzemeltetési feladatkezelő kataszteri rendszer fejlesztésével kapcsolatos főbb célok és eredmények kerülnek bemutatásra.

Fejlesztési célok

A rendszer létrehozásának legfontosabb célja az adminisztrációs terhek csökkentése volt, valamint a feladatkiosztás, munkavégzési és jóváhagyási folyamatok szabványos és ellenőrzött keretek közé helyezése egy bárholnan elérhető web alapú célalkalmazás segítségével. További cél volt a feladatvégzés pontos helyére vonatkozó információk térképen történő jelölése, majd későbbi térinformatikai kezelése. Az informatikai fejlesztést az eKÖZIG Zrt. Debrecen Megyei Jogú Város megbízásából végezte.

Eredmények

A fejlesztés nyomán létrejött workflow alapú informatikai rendszer a városüzemeltetési, zöldterületi feladatkezeléssel összefüggő munkafolyamatok menedzseléséhez hierarchikus jogosultsági rendszert, állandó elérésű, web alapú, ergonomikusan kezelhető, egységes reszponzív felületet biztosít, mely ellenőrzött

adatbevitt és visszakövethető munkavégzést tesz lehetővé. Növekedett az ügyintézői munkavégzés hatékonysága a munkafolyamatok automatizálásával, a dinamikus testreszabható nézetekben elérhető nyilvántartás alkalmazásával, az egyes feladatokhoz kapcsolódó kommunikáció szabványosításával és a munkavégzések státuszjelzéseivel. Az egyes objektumok nyilvántartásával és életciklusuk naprakész követésével megvalósuló valós idejű monitoring és a lehetőségekhez mérten papírmentes, digitális ügymenet által elérhető e-ügyintézés tovább növeli az elkészült rendszer hasznosságát, értékét.

A döntési folyamatok korszerűbbé váltak, összességében javult a munkafolyamatok átláthatósága, erősödött az adatkezelési és üzletmenet biztonság, mindezek nyomán a kommunikáció egységes, az információ-áramlás pedig gyorsabb lett, a reakcióidők csökkentek.

A rendszer adatmodellje tartalmazza valamennyi, az üzleti és üzemeltetési szempontok szerint történő elemzéshez, riportoláshoz, elszámoláshoz szükséges adatot, biztosítja az ezekhez szükséges összefüggések létrehozhatóságát. Az egyedi komplex szűrőrendszerrel gyors kimutatásokat, vezetői riportokat, státuszokat lehet lekérdezni, ezáltal átláthatóan – akár térképes vizualizáció segítségével is – megtekinthetők egy adott időszakra vonatkozó munkafolyamatok.

Az aktív tektonika kimutatása digitális terepmodell és vízhálózat alapján számított morfometriai mutatók segítségével a Bükkalja példáján

Pecsmány Péter¹ – Hegedűs Andás² – Vágó János²

¹ Predoktor, tudományos segédmunkatárs, Miskolci Egyetem, Természetföldrajz-Környezettan Intézeti Tanszék, ecopeter@uni-miskolc.hu

² egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Természetföldrajz-Környezettan Intézeti Tanszék

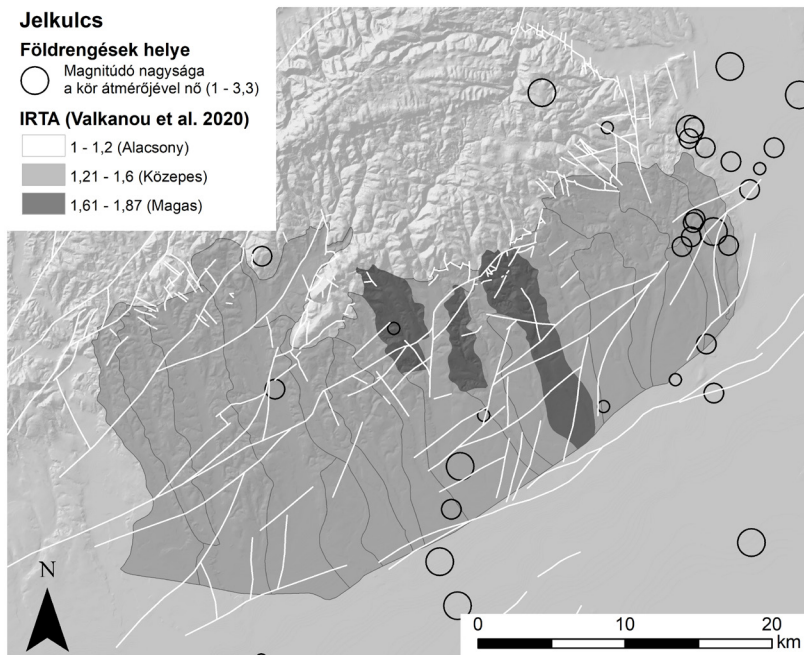
Abstract: Morphometric and statistical analyses applied on digital terrain models provide a good opportunity to examine lesser-known areas. From the characteristics of the topography we can deduce the geology, structural morphology and surface development of the area. There are several morphometric parameters that can be used as indicators for the detection of neotectonic processes. Most of these indicators are applied only on watershed-level and characterize a larger area with one single value; however the structural activity often varies within a given watershed. The aim of our research was to develop a raster based method, which gives a much more informative, spatially detailed result than the previous methods.

Bevezetés és a probléma felvetése

Az egyre jobb felbontású digitális domborzatmodelleken végzett morfometriai, matematikai, statisztikai vizsgálatok jó lehetőséget nyújtanak a felszín leírására. A domborzat sajátosságaiból a terület földtanára és felszínfejlődésére lehet következtetni (DEMETER 2008; DEMETER – SZABÓ 2009). A neotektonikai kutatásokban előszeretettel alkalmazzák az egyes morfometriai paramétereket, illetve az azokból megalkotott összetett mutatókat indikátorként (MAHMOOD – GLOADUEN 2012; VALKANOU ET AL. 2020). VALKANOU ET AL. (2020) az általuk kidolgozott Relatív Tektonikai Aktivitási Index (Relative Tectonic Activity – IRTA) segítségével jól jellemezték Évia szigetének tektonikai aktivitását. Indexük 5 morfometriai mutató számtani átlaga: *medence lejtés, hipszografikus integrál, vízgyűjtő aszimmetria, relief hányados, Melton-féle robusztussági szám*, melyek kiszámításának módjából következik az, hogy egy-egy vízgyűjtőterületre vonatkoznak, így a Relatív Tektonikai Aktivitási Index értéke is a teljes vízgyűjtőre vonatkozik.

A Bükkalja területén alkalmazva ezt a módszert azonban elég egyveretű képet kaptunk. A Szoros-, a Cseresznyés-, a Cserépváraljai- és a Kácsi-patak vízgyűjtője magas, míg a többi közepesen aktív kategóriába esik (*1. ábra*). Azonban eddigi kutatásaink és az észlelt földrengések epicentrumai azt mutatják, hogy a kép sokkal árnyaltabb. Különösen nagyobb területű vízgyűjtők esetében egyetlen szám nem fejezi ki a vízgyűjtőn belüli területi különbségeket.

Ez a probléma sarkalt minket arra, hogy a módszert átdolgozzuk úgy, hogy raszteres térinformatikai adatbázisra is alkalmazhatóvá váljon, így annak területi



1. ábra A Bükkalja vízgyűjtőinek Relatív Tektonikai Aktivitási Indexe (IRTA), a VALKANOU ET AL. (2020) által meghatározott osztályhatárokkal

egysége már nem a vízgyűjtő, hanem a mozgóablak, melynek méretét tetszőlegesen megválaszthatjuk.

Raszter alapú tektonizáltsági index (TI)

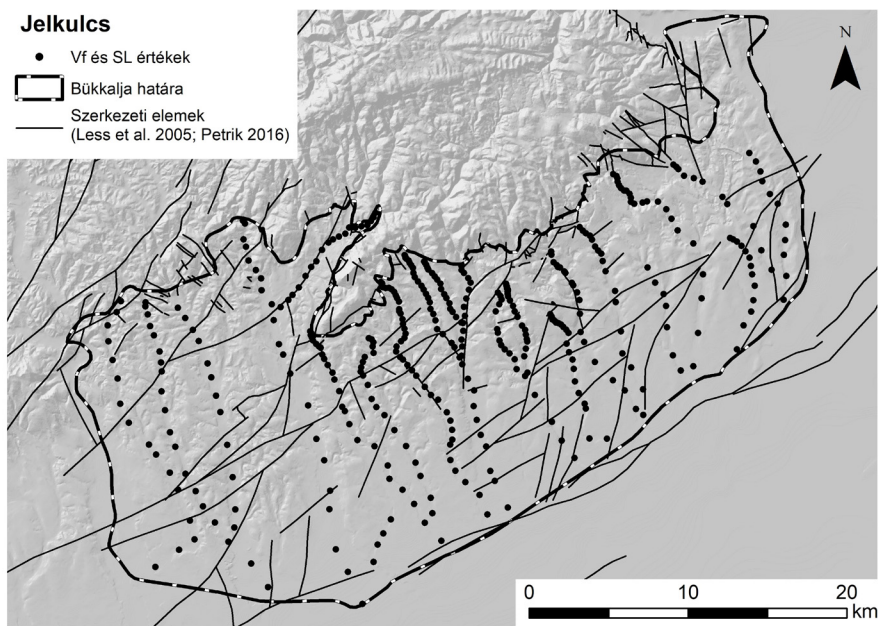
VALKANOU ET AL. (2020) által használt morfológiai mutatók közül csak a hipszografikus integrált tudtuk változatlan formában megtartani, a többi négyet elvében hasonló, de raszteres alapokon is kiszámítható mutatóra cseréltük.

Munkánkhoz 1: 10 000 méretarányú topográfiai térképlapokat és a HydroDEM terepmodellt használtunk fel.

Hipszografikus integrál (I_{hyp})

A hipszografikus integrál (I_{hyp}) a magasságértékek eloszlását számszerűsíti egy adott területen belül (STRAHLER 1952; VALKANOU ET AL. 2020). Kiszámításához a terület legalacsonyabb pontja és átlagos tengerszint feletti magassága különbségének és a magassági értékek terjedelmének hányadosát vesszük, majd megszorozzuk 100-al (*l. képlet*) (VALKANOU ET AL. 2020).

$$I_{hyp} = \frac{h_{\text{átl}} - h_{\text{min}}}{h_{\text{max}} - h_{\text{min}}} * 100 \quad (1)$$



2. ábra Az Vf és az SL értékek kiszámításának helyei

Völgykeresztmetszet (V_f)

A VALKANOU ET AL. (2020) által használt vízgyűjtő aszimmetria mutatót a völgykeresztmetszet értékével (V_f) helyettesítettük. A V_f értéket a következőképpen tudjuk kiszámolni: a völgszélesség értékének kétszeresét (V_{fv}) elosztjuk a folyásiránynak megfelelő jobb (E_{rd}) és baloldali (E_{ld}) völgymagasság összegével, melyből kivonjuk a völgytalp tszf-i magasságának kétszeresét (E_{sc}) (MAHMOOD – GLOADUEN 2012) (2. képlet).

$$V_f = \frac{2V_{fv}}{E_{ld} + E_{rd} - 2E_{sc}} \quad (2)$$

A V_f értékek kiszámítását minden esetben a fővölgyre merőlegesen végeztük el, azokban a pontokban, ahol a vízfolyást 5 m-es szintközű szintvonal szeli át (2. ábra). Az így kapott értékeket az ArcGIS 10.1 szoftverbe beépített Spline with barrier eszköz segítségével interpoláltuk felületté (cellaméret: 100 m).

Esésindex (SL)

A VALKANOU ET AL. (2020) által alkalmazott medence lejtés részindexet a HACK (1973) által létrehozott és GÁBRIS (1986) által hazai szakirodalomba átvett esésindexszel (SL) helyettesítettük. Kiszámítása az adott vízfolyásszakaszra a következőképpen történik: a szakasz kezdő és végpontjának magasságkülönbségét (dH) a végpontok és a vízfolyás forrásának vízválasztója közötti távolsággal (L) megszorozzuk, majd elosztjuk a szakasz vízszintes hosszával (dL) (3. képlet).

$$SL = \frac{dH * L}{dL} \quad (3)$$

Az SL értékét ugyanazokban a pontokban határoztuk meg, mint a V_f -ét, vagyis egységnyi magasságkülönbségre ($dH=5m$) számoltuk ki. A kapott értékeket ebben az esetben is *Spline with barrier* eszköz segítségével terjesztettük ki térben (cellaméret: 100 m).

Relatív relief (R) és a lejtőmeredekség változékonysága (Sl_r)

A VALKANOU ET AL. (2020) indexének kiszámításában szereplő relief hányadost és a Melton-féle robusztussági számot a relatív relief (R), valamint a lejtőmeredekség változékonyság (Sl_r) mutatókkal (RUSZKICZAY-RÜDIGER ET AL. 2009) cseréltük le.

A relatív relief (R) egy adott területegységre eső magasságkülönbség. A lejtőmeredekség változékonysága (Sl_r) pedig a területegységen belül a legkisebb és legnagyobb lejtőmeredekség különbsége (RUSZKICZAY-RÜDIGER ET AL. 2009).

Tektonizáltsági index (TI)

A fenti mérőszámok felhasználásával egy raszteres alapú tektonizáltsági indexet (TI) számoltunk. A domborzatmodellből származtatott mérőszámokat (*hipszografikus integrál, a relatív relief és a lejtőmeredekség változékonyság*) 1 km-es sugarú kör alakú mozgóablak segítségével határoztuk meg. Minden mutató értékét 1 és 2 közé normáltuk, majd vettük a számtani átlagukat (*4. képlet*).

$$TI = (I_{hyp} + SL + V_f + R + Sl_r) / 5 \quad (4)$$

Az így kapott raszteres állományt a TI értékek kvartilisei alapján három osztályba soroltuk, megkülönböztetve alacsony (1,14-1,33), közepes (1,34-1,38) és magas (1,39-1,56) tektonizáltságú területeket.

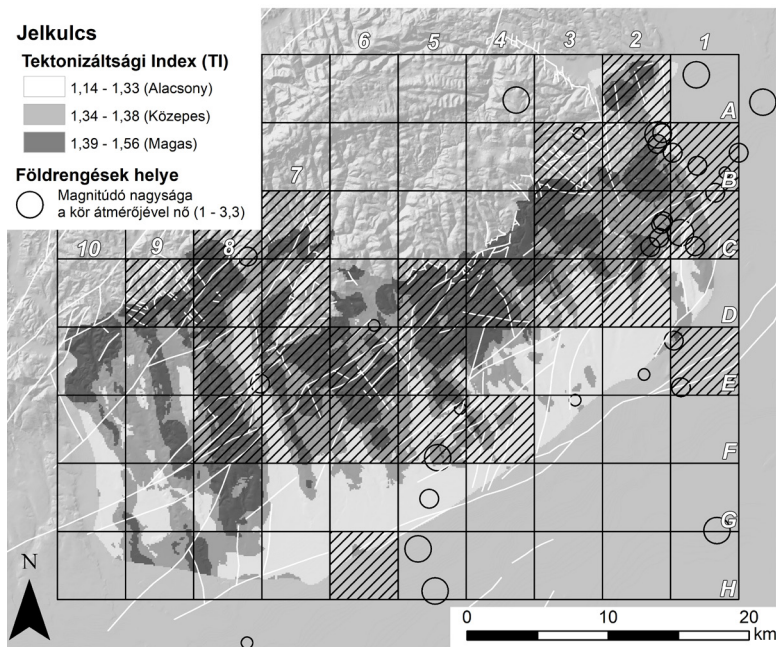
Eredmények az eddigi kutatások tükrében

A módszer eredményességének értékelése érdekében a TI által jelzett tektonizáltság mértékét szakirodalmi adatokkal vetettük össze. Az elemzés megkönnyítése érdekében a Bükkalját 5*5 km-es rácshálóra területegységekre osztottuk fel (*3. ábra*). Az elemzést csak azokon a területegységeken végeztük el, melyekről megfelelő földtani és/vagy szerkezetmorfológiai szakirodalom áll rendelkezésre.

Az A2 és a B2 cella területén, ahol vetők mentén a felszínre bukkan az alaphegység (NÉMETH 2005), magas a tektonizáltsági index értéke. Az itt fakadó melegvízi források, valamint az itt kipattant földrengések is neotektonikus aktivitásra utalnak (TÓTH ET AL. 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011; GRÁCZER ET AL. 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018). A B1-es, C1-es, C2-es és az E1-es négyzetben a TI értéke magas és közepes. A szerkezeti aktivitást itt is bizonyítják a

földrendgések (TÓTH ET AL. 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011; GRÁCZER ET AL. 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018). A B3-as, C3-as és C4-es négyzetek nagyrészt a Kisgyőri-medence területét fedik le, ahol a TI értéke magas, illetve közepes. A medence északi és déli határa is vetős (PECSMÁNY ET AL. 2021). Északon, a B3-as cellákban a Bükkalját és az alaphegységet vető választja el egymástól, a Kisgyőri-medencében észlelt földrendgések igazolják a vetők aktivitását (SCHRÉTER 1926). A C3-as területen a Csincse-patak kaptúrája (VÁGÓ 2012; PECSMÁNY ET AL. 2021) igazolhatja a medence déli határán található, aszimmetrikusan kibillent réteglépcső mentén futó vető pliocén/negyedidőszaki aktivitását. Az ezen a területen található mocsolyástelepi kárpáti korú tufa bányájában észlelt szerkezetek egy részét PETRIK (2016) a pliocénba sorolta. A D4-es négyzet a Kácsi-medence területét fedi le, amit szerkezeti medenceként lehet értelmezni (LESS ET AL. 2005; PECSMÁNY 2021). Itt szintén magas a TI értéke. A medencében több melegvízű forrás is fakad, melyek a riss/würm interglaciálisban foglalták el jelenlegi helyüket (MARTONNÉ ERDŐS 2000), így a tektonikus folyamatok legalább eddig követhetők a medencében. Ettől délre, az E4-es négyzet területén, a tibolddaróci tufabányában negyedidőszaki mozgási jeleket észlelt PETRIK (2016). A D5-ös területén szintén magas a tektonizáltsági index, itt a Hór- és a Tardi-patak kaptúrája (PINCZÉS 1955), valamint a középső-bádeni és a kárpáti tufában észlelt szerkezetek utalnak pliocén és negyedidőszaki mozgásokra (PETRIK 2016). Az E5-ös terület déli harmada és az F4-es terület nyugati fele a Tardi-patak nyugati völgyközi hátát foglalja magában. A keleti völgyközi hát vetők mentén lezökkent, a vetők a fiatal (negyedidőszaki) üledékeket is érintik (PECSMÁNY – VÁGÓ 2020), így a közelmúltban is aktívak lehettek. Az E6-os terület aktivitását a Kánya-patak kaptúrája (PINCZÉS 1955), valamint a középső-bádeni tufában észlelt pliocén és negyedidőszakra jellemző szerkezetek (PETRIK 2016) igazolják. Az F6-os terület aktivitását szintén szerkezetföldtani kutatások igazolják, az itt található pannon homokkőben pliocén és negyedidőszakra jellemző szerkezeteket sikerült észlelni (PETRIK 2016). A C7-es és D7-es területen a Tárkányi-patak aszimmetrikus teraszrendszere (PECSMÁNY ET AL. 2020) szintén neotektokikus folyamatokra utal. PETRIK (2016) ezen a részen szarmata tufás homokkőben és középső-bádeni tufában pliocénra jellemző szerkezeteket észlelt. Pelikán az Eger- és a Tárkányi-patak közös hordalékkúpjának teraszüledékében észlelt elvetést (PETRIK 2016). Az E7-es területen kárpáti tufában pliocén, míg a F7-es területen felső-oligocén homokkőben negyedidőszakra jellemző szerkezetek utalnak a közelmúltban lejátszódó tektonikai folyamatokra (PETRIK 2016). A C8-as, C9-es és D9-es cellában az Eger- és a Laskó-patak völgyének epigenetikus antecedens völgye szintén fiatal tektonikai folyamatokra vezethető vissza (PINCZÉS 1957; PECSMÁNY 2021). PINCZÉS (1957) szerint az Eger-patak a pliocénban kezdte el kialakítani a szarvaskői szurdokvölgyét, így legkorábban ekkor kezdődött meg a terület emelkedése. Az F8-as és G8-as területen középső-bádeni tufában észleltek olyan szerkezeteket, amik feltételezhetően a pliocénban jöttek létre (PETRIK 2016).

Az E1-es, F5-ös közepesen magas, míg a és a H6-os területen közepes a TI érték. Az első kettő területegység esetében a szeizmológia adatok (TÓTH ET AL. 2003,



3. ábra A Bükkalja tektonizáltsági index (TI) térképe

2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011; GRÁCZER ET AL. 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018), míg a H6-os terület esetében a Rima-patak magaspartjának rétegsora utal a negyedidőszakban lejátszódó szekvenciális tektonikai folyamatokra, süllyedésre (PECSMÁNY 2017).

A fenti összehasonlító elemzés alapján elmondható, hogy a magas TI érték pliocén/negyedidőszaki szerkezeti mozgásokra utalhat. A módszer alkalmazhatóságát szeretnénk más, eltérő adottságú mintaterületen is kipróbálni. További célunk annak a vizsgálata is, hogy a kőzetminőség befolyásolja-e és ha igen, akkor hogyan a TI értéket.

Köszönetnyilvánítás



Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Felhasznált irodalom

- DEMETER G. (2008): Morfometriai és litológiai tényezők kapcsolatának kvantitatív vizsgálata a Bükkben és északi előterén. Doktori (PhD) értekezés, Debreceni Egyetem. 173 p.
- DEMETER G – SZABÓ SZ. (2009): A völgyhálózat és törésirányok kapcsolatának vizsgálata különböző geoinformatikai módszerekkel a Bükk északi előterén. In.: HunDEM 2009 és GeoInfo 2009 Konferencia, Miskolc. pp. 1–20.

- GÁBRIS Gy. 1986: A vízhálózat háromdimenziós vizsgálata. *Földrajzi Értesítő*, 35(3–4), pp. 269–278.
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. (2012): Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2011. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 357 p.
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. (2013): Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2012. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 260 p.
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. (2014): Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2013. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 466 p.
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. (2015): Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2014. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 563 p.
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. (2016): Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2015. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 281 p.
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. (2017): Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2016. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 355 p.
- GRÁCZER Z. – CZIFRA T. – KISZELY M. – MÓNUS P. – ZSÍROS T. (2018): Magyarországi földrengések évkönyve – *Hungarian Earthquake Bulletin*, 2017. GeoRisk – Földrengéskutató Intézet. Budapest. 405 p.
- HACK, J.T. (1973): Stream-profile analysis and stream gradient index. *Journal Research of U.S. Geological Survey*, 1(4), pp. 421–429.
- LESS Gy. – KOVÁCS S. – PELIKÁN P. – PENTELENYI L. – SÁSDI L. (2005): A Bükk hegység földtana. Szerk.: PELIKÁN P., Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest. 249 p.
- MAHMOOD, S.A. – GLOAGUEN, R. (2012): Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM derived geomorphic indices and drainage analysis. *Geoscience Frontiers*, 3(4), pp. 407–428.
- MARTONNÉ ERDŐS K. (2002): A Bükkvidék. Kézirat, Debreceni Egyetem.
- NÉMETH N. (2005): A Délkeleti-Bükk keleti részének szerkezetföldtani viszonyai. PhD (doktori) értekezés, Miskolci Egyetem Ásványtani-Földtani Intézet. 156 p.
- PECSMÁNY P. (2017): Szihalom és környékének fejlődéstörténeti és felszínalaktani sajátosságai. In.: In: Dégi J. – Király E. – Kónya P. – Kovács I.J. – Pál-Molnár E. – Thamóné Bozsó E. – Török K. – Udvardi B. (szerk) Ahol az elemek találkoznak: víz, föld és tűz határán. VIII. Közéleti és Geokémiai Vándorgyűlés. Budapest. pp. 134–137.
- PECSMÁNY P. (2021): A mélyszerkezet felszínfejlődésre és formakincsre gyakorolt hatása a Bükkalján. Doktori (Ph.D.) értekezés, Miskolci Egyetem Földrajz-Geoinformatika Intézet. 207 p.
- PECSMÁNY, P. – HEGEDŰS, A. – VÁGÓ, J. (2020): Remnant surfaces in the Tárkány Basin. *Landscape and Environment (Acta Geographica Debrecina)* 14(2), pp. 20–30.
- PECSMÁNY P. – HEGEDŰS A. – VÁGÓ J. (2021): DEM based morphotectonical analysis of the Kisgyőr Basin (Bükk Mts – Hungary). *Acta Montanistica Slovaca*, 26(2), pp. 364–374

- PECSMÁNY P. – VÁGÓ J. (2020): A mélyszerkezet és a domborzat közötti kapcsolat a Bükkalja területén. *Műszaki Földtudományi Közlemények*, 89(1), pp. 29–34.
- PETRIK A. (2016): A Bükk déli előterének kainozoos szerkezetalakulása. Doktori (PhD) értekezés. ELTE Földrajz-Földtudományi Intézet. Budapest. 264 p.
- PINCZÉS Z. (1955): Morfológiai megfigyelések a Hór völgyében. *Földrajzi Értesítő*, 4. pp. 145–156.
- PINCZÉS Z. (1957): Az Eger-völgy problémái. *Földrajzi Értesítő*, 6, pp. 29–43.
- RUSZKICZAY-RÜDIGER, Zs. – FODOR, L. – HORVÁTH, E. – TELBISZ, T. (2009): Discrimination of fluvial, eolian and neotectonic features in a low hilly landscape: A DEM-based morphotectonic analysis in the Central Pannonian Basin, Hungary. *Geomorphology*, 104(3–4), pp. 203–217.
- SCHRÉTER Z. (1926): Az 1925 január 31-i egri földrengés. *Földtani Közlöny*, 55. pp. 26–49.
- STRAHLER, A.N. (1957): Quantitative analysis of watershed geomorphology – *Transaction of the American Geophysical Union*, 38, pp. 913–920.
- VALKANOU, K. – KARYMBALIS, E. – PAPANASTASSIOU, D. – SOLDATI, M. – CHALKIAS, C. – GAKI-PAPANASTASSIOU, K. (2020): Morphometric Analysis for the Assessment of Relative Tectonic Activity in Evia Island, Greece. *Geosciences*. 10(7):264.
- VÁGÓ J. (2012): A kőzetminőség szerepe a Bükkalja völgy- és vízhálózatának kialakulásában. Doktori (Ph.D.) értekezés, Miskolci Egyetem Földrajz Intézet. 111 p.

Comparing K-Means Clustering and Random Forest technique to classify urban land cover

Md. Mostafizur Rahman^{1,2} – György Szabó¹

¹ Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Budapest University of Technology and Economics, Hungary, mostafizur.rahman@emk.bme.hu (MMR); szabo.gyorgy@emk.bme.hu (GS)

² Department of Urban and Regional Planning, Rajshahi University of Engineering and Technology, Bangladesh, mostafizur@urp.ruet.ac.bd (MMR)

Abstract: Urban Land Cover (ULC) plays a vital role in maintaining urban environment, ecosystem, climate and well-being of urban population. Remote sensing technology provides a low-cost, efficient, and quick solution to map ULC. Numerous classification methods were developed to classify ULC. Previous studies showed that there is no single classification method which performed best in all contexts. In this study we have applied K-Means Clustering and Random Forest technique to classify ULC in the context of city in Bangladesh. Our result shows that overall accuracy is better for K-means clustering (87.36%) compared to Random Forest classification (85.92%) method. Kappa coefficient also suggest that K-Means Clustering (0.76) performed well compared to Random Forest (0.74) in our study area.

Introduction

Composition of Urban Land Cover (ULC) plays an important role in many aspects of cities. The ULC affects urban environment, ecosystem, climate, health and well-being of urban population (RAHMAN – SZABÓ 2021a, 2021b). This necessitates the scientist, policy maker and researcher to understand changing pattern of land cover from global to local scale (GRIMMOND 2007).

Satellite remote sensing has been considered as the most economic, efficient, and reliable data source for deriving land cover maps. Several methods exist in literature to classify ULC using satellite images. Previously many researchers compared different classification methods to test the accuracy of different methods. For examples, DEILMAI ET AL. (2014) applied MLC and SVM methods on Landsat Thematic Mapper datasets and identified that SVM was more accurate than MLC; the study by LU ET AL. (2004) showed that decision-tree classifier based on linear spectral mixture analysis (DTC-LSMA) performed better when compared with minimum-distance classifier (MDC), maximum-likelihood classifier (MLC) and extraction and classification of homogeneous objects (ECHO) techniques. Random Forest and K-Means Clustering are two most important unsupervised classification methods. But comparative evaluation of these two methods in case of urban land cover classifications are limited in literature. To fill this gap, this paper aims to compare the classification accuracy of Random Forest and K-Means Clustering for urban land cover classification.

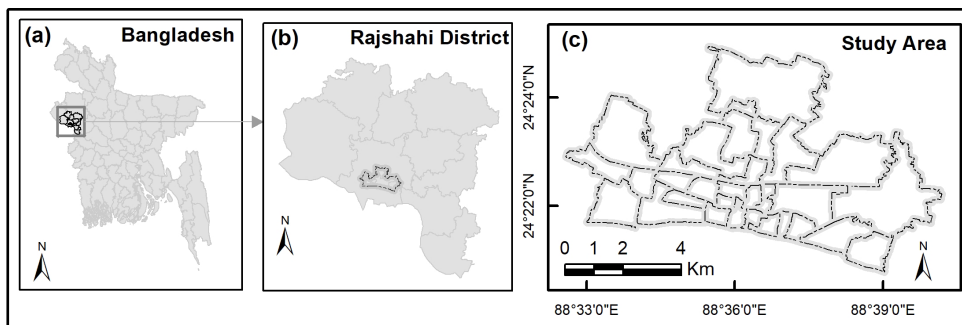


Figure 1. (a) Location Rajshahi district with respect to Bangladesh; (b) Location of study area with respect to Rajshahi district; (c) administrative boundary of study area

Materials and Methods

Study Area

The study has been conducted in Rajshahi City, Bangladesh. The city is located on the north bank of the Padma River which runs through southern side of the city. The city is located near the Bangladesh-India border and lies between $24^{\circ}20'57.03''$ to $24^{\circ}20'58.40''$ North Latitude and $88^{\circ}32'30.19''$ to $88^{\circ}40'08.76''$ East Longitude, has an area of 48.05 km^2 (Figure 1). The topography of the city is predominantly flat, having a mean surface elevation of 21.289 m above sea level. Rajshahi is an important administrative, educational, cultural and business centre in Bangladesh. Under Köppen climate classification, Rajshahi has a tropical wet and dry climate. The climate of Rajshahi is generally marked with monsoons, high temperature, considerable humidity and moderate rainfall.

Datasets

In this study two datasets were used: (a) Landsat image and (b) Google Earth image. Landsat images was used to classify the land cover and Google Earth images was used as reference data for accuracy assessment. We have used Landsat-8 OLI image of year 2020 for land cover classification and this image was downloaded from US Geological Survey (USGS) official website (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). The resolution of the image is 30m . Table 1 presents the detailed description of Landsat image used for this study.

Table 1. Particulars of Landsat Image used in this study

Landsat Scene ID	Acquisition Date	Time (GMT)	Satellite	Sensor	Path/Row
LC81380432020321LGN00	16/11/2020	04:30:53.65	Landsat 8	OLI	138/43

OLI = Operational Land Imager

Methods

In this study, we have downloaded Level-1 precision and terrain corrected (L1TP) and cloud-free multispectral images. L1TP is geometrically corrected; hence no further processing for geometric correction is required (USGS 2019). But radiometric and atmospheric correction are necessary. Many atmospheric models are available to correct the radiometric error. In this study, we have applied Cosine estimation of atmospheric transmittance (COST) model for radiometric correction of images because the COST model is entirely based on image characteristics and was developed to account for multiplicative effects of atmospheric scattering and absorption (CHAVEZ 1996). We have applied COST model for radiometric correction using the radCor() function of RStoolbox in R software (R CORE TEAM 2019). The surface reflectance value acquired after pre-processing through a radiometric and atmospheric correction in the earlier step was used to derive ULC maps. We have used two unsupervised classification methods to classify Landsat images into four broad land cover classes. These classes are a) built-up area; b) vegetation and agriculture; c) bare soil; and d) water body. The definition of these land cover classes has been presented in *Table 2*.

We have used K-Means Clustering and Random Forest technique to classify urban land cover and then we have compared their accuracy. We have compared these two methods since they are very popular in land cover classification. K-means clustering is a method of vector quantization that aims to partition n observations into k clusters in which each observation belongs to the cluster with the nearest mean, serving as a prototype of the cluster (SINAGA – YANG 2020). Random forests or random decision forests are an ensemble learning method for classification, regression and other tasks that operates by constructing a multitude of decision trees at training time (LI ET AL. 2019). Both K-means clustering and Random Forest techniques were applied globally in many land cover classification studies (LU –WENG 2007). We have performed the land cover classification task using R software (R CORE TEAM 2019).

Accuracy assessment was done using the Google Earth platform. Classified images were compared to corresponding land cover in Google Earth for accuracy

Table 2. Description of Land cover types

Land Cover Type	Description
Built-up Area	Urban area, residential, commercial, industrial areas, mixed-use, settlements, transport, and other man-made structures
Water Body	River, Lake, Pond, Canal, Low land, Wetland, etc.
Vegetation and Agriculture	Trees, mixed forest, natural vegetation, gardens, parks, playground, and croplands etc.
Bare Soil	Open space, construction site, Fallow land, land surface without vegetation, Sand, transitional areas, bare soil, etc.

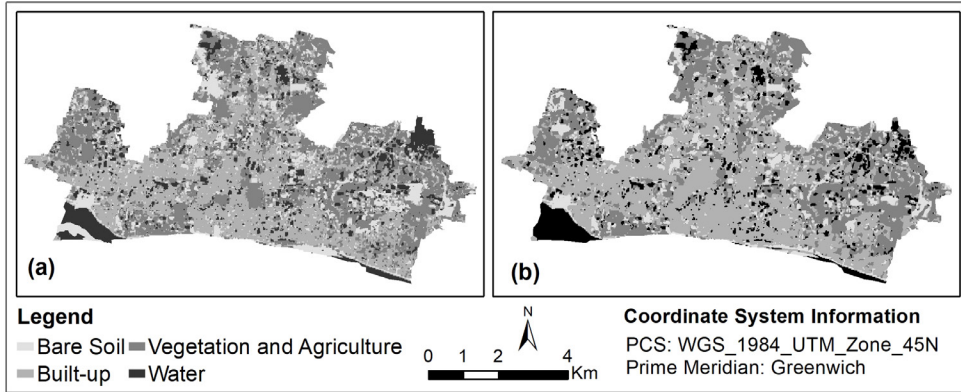


Figure 2. Land cover maps of Rajshahi city for the year 2020 produced using (a) Random Forest and (b) K-means clustering classification methods

assessment. Error matrix was used to assess the classification accuracy of each method. An error matrix contains number of sample units in the form of row and column. The column and row represent the different types of land cover categories. The referenced data are paced along different columns and classified data are placed along different rows. Four kinds of accuracies were calculated: (a) producer’s accuracy, (b) user’s accuracy, (c) overall accuracy, and (d) Kappa coefficient. From the error matrix we have also computed the Kappa coefficient to assess the level of accuracy. The Kappa coefficient is a measure of overall statistical agreement of an error matrix, which takes non-diagonal elements into account. Kappa analysis is recognized as a powerful method for analyzing a single error matrix and for comparing the differences between various error matrices. Detail method of calculating Kappa coefficient can be found in CONGALTON (1991). It is recommended that about 50 random points for each land use class are required to assess the classification accuracy if the study area is less than 1 million acres and the land cover category is less than 12 classes (CONGALTON 1991). In our case, the size of the study area is 11,873.41 acres, and the number of land cover classes is four. The minimum sampling point is 200 for the assessment of classification accuracy. We have generated 277 random sampling points using the stratified sampling technique in ArcGIS 10.8.

Result and Discussion

Urban land cover of Rajshahi City for the year 2020 was classified using K-means clustering and Random Forest methods. The output of the land cover classification has been presented in the Figure 2. Figure 2 illustrates that the built-up area is the most dominant land cover followed by vegetation and agriculture.

Accuracy assessment for K-Means clustering and Random Forest was done using error matrix. Error matrices for K-Means clustering and Random Forest has been presented in the Table 3.

Table 3. Error matrices for K-Means clustering and Random Forest

LCC	K-Means Clustering					Random Forest				
	WB	VA	BS	BU	Row Total	WB	VA	BS	BU	Row Total
WB	45	2	5	2	54	44	3	5	6	58
VA	4	50	4	3	61	2	52	2	4	60
BS	1	4	62	6	73	2	1	63	7	73
BU	1	2	1	85	89	3	2	2	79	86
Column Total	51	58	72	96	277	51	58	72	96	277

LCC = Land Cover Class. WB = Water Body, VA = Vegetation and Agriculture, BS = Bare Soil, BU = Built-up Area.

Table 4. Level of accuracy for K-Means clustering and Random Forest

Land Cover	K-Means Clustering		Random Forest	
	Producer's Accuracy (%)	User's Accuracy (%)	Producer's Accuracy (%)	User's Accuracy (%)
Water Body	88.24	83.33	86.27	75.86
Vegetation and Agriculture	86.21	81.97	89.66	86.67
Bare Soil	86.11	84.93	87.50	86.30
Built-up area	88.54	95.51	82.29	91.86
Overall Accuracy	87.36		85.92	
Kappa Coefficient	0.76		0.74	

Table 4 provides the Producer's Accuracy and User's Accuracy for each land cover category and Overall Accuracy and Kappa coefficients for each classification methods. Table 4 indicates that K-means clustering shows better performance in case of water body and Built-up area whereas Random Forest shows better performance in case of Vegetation and Agriculture and Bare Soil. However, Overall accuracy is better for K-means clustering (87.36%) compared to Random Forest classification (85.92%) method. Kappa coefficient also suggest that K-Means Clustering (0.76) performed well compared to Random Forest (0.74) in our study area.

It is to be also noted that for particular land cover types (Vegetation and Agriculture and Bare Soil) random forest shows better performance. This indicates that although a classifier may show poor performance considering an overall accuracy, it may perform well for specific land cover type. So, overall accuracy may not be the only criteria to select a particular classification method. On selecting classifier, one should consider which type of land cover is important for specific classification. Based on our above findings, we suggest that although the overall accuracy of a particular

classifier show poor performance, it may be selected if it shows best performance for specific land cover type of interest.

Conclusion

There are different classifiers to classify urban land cover. Each method has its own advantages and disadvantages. A particular method may be suitable particular place but may show poor performance in another place. Even any method may show best performance for particular dataset whereas it may show low level of accuracy with other datasets. Different classifiers have their own advantages and disadvantages. For a given study area and project, deciding which classifier is best suitable depends on a variety of factors. In addition to classification method, there are some other factors that need to be considered while urban land cover classification. In this study we have tried to compare the accuracy level of k-means clustering and random forest in case of a city in Bangladesh. Our result suggests that k-means clustering shows the best performance compared to random forest in our case. It is to be also noted that for particular land cover types (Vegetation and Agriculture and Bare Soil) random forest shows better performance. This indicates that although a classifier may show poor performance considering an overall accuracy, it may perform well for specific land cover type.

References

- CHAVEZ, P. S. (1996): Image-based atmospheric corrections – Revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.
- CONGALTON, R. G. (1991): A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37(1). doi: 10.1016/0034-4257(91)90048-B.
- DEILMAI, B. R. – AHMAD, B. BIN – ZABIHI, H. (2014): Comparison of two Classification methods (MLC and SVM) to extract land use and land cover in Johor Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. doi: 10.1088/1755-1315/20/1/012052.
- GRIMMOND, S. (2007): Urbanization and global environmental change: Local effects of urban warming. *Geographical Journal*. doi: 10.1111/j.1475-4959.2007.232_3.x.
- LI, Z. ET AL. (2019): Identifying asphalt pavement distress using UAV LiDAR point cloud data and random forest classification. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. doi: 10.3390/ijgi8010039.
- LU, D. ET AL. (2004): Comparison of land-cover classification methods in the Brazilian Amazon basin. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. doi: 10.14358/PERS.70.6.723.
- LU, D. – WENG, Q. (2007): A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*. doi: 10.1080/01431160600746456.

- R CORE TEAM (2019): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- RAHMAN, M. M. – SZABÓ, G. (2021a): Impact of land use and land cover changes on urban ecosystem service value in Dhaka, Bangladesh. *Land*, 10(8). doi: 10.3390/land10080793.
- RAHMAN, M. M. – SZABÓ, G. (2021b): Multi-objective urban land use optimization using spatial data: A systematic review. *Sustainable Cities and Society*. doi: 10.1016/j.scs.2021.103214.
- SINAGA, K. P. – YANG, M. S. (2020): Unsupervised K-means clustering algorithm. *IEEE Access*, 8. doi: 10.1109/ACCESS.2020.2988796.
- USGS (2019) Using the USGS Landsat Level-1 Data Product. United States Geological Survey.

Geodéziai ellenőrzések az M44 Tisza-híd kivitelezési munkálatai közben

Stenzel Sándor

Földmérő mérnök, földrendező mérnök, UVATERV Zrt., stenzel.sandor@uvaterv.hu www.uvaterv.hu

Abstract: The new composite structure Tisza bridge on the Lakitelek-Tizsakürt section of the M44 motorway is unique of its kind. The main designer of the special structure is Mr. Zoltán TEITER, a member of the Department for Bridge and Structural Engineering of UVATERV Engineering Consultants Ltd.

The bridge is characterised by two semi-ellipsoidal reinforced concrete pylons. The stay cables are passed through them with the insertion of saddles. Although the geodesy for the construction was not carried out by our company, our Land Survey and Real Estate Department was involved in the inspection of these saddles. We examined eight of them from two directions after their installation. Our purpose was to determine the direction of the stay cables. We have scanned the front frames of the saddles with high density, determined regression planes of these and calculated geospatial vectors.

Az M44-es gyorsforgalmi út Lakitelek-Tizsakürt útvonalán impozáns megjelenéssel és méretekkel bíró, új Tisza-híd épül.

A 2019-ben átadott Tizsakürt-Kondoros útszakaszhoz kapcsolódó 10 kilométeres szakasz a Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. (NIF) beruházásában, a Duna Aszfalt Kft. generál kivitelezésével jön létre. A vasbeton szerkezetek kivitelezését az A-HÍD Zrt. hajtja végre, míg az acélszerkezetek gyártásáért és beépítéséért a Hódút Kft. felel.

A híd kiviteli terveinek készítését a szakasz tervezőjének, az Utiber Kft.-nek a megbízásából az UVATERV Zrt. végzi, a Speciálterv Kft., mint technológiai tervező bevonásával.

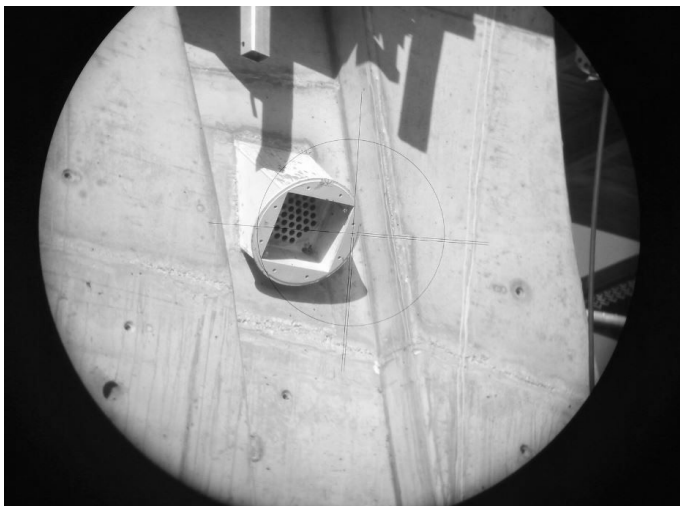
Az új, öszvérszerkezetű Tisza-híd páratlan a maga nemében.

Magyarországon ez az első ferdekábeles híd, amelynek beton pilonjai lágyvasak alkalmazásával készültek, illetve pilonjai az élettartamuk alatt repedhetnek is.

Továbbá az első olyan hazai ferdekábeles és a második olyan tartókábeles híd, ahol iránytörő nyergeket alkalmaztak a kábelek pilonokon való átvezetésére.

Első tartókábeles hidunk továbbá, amely öszvér merevítőtartóval készült. Emellett hazánk harmadik ferdekábeles folyami hídja.

A különleges szerkezet fő tervezője Teiter Zoltán, az UVATERV Zrt. Híd- és szerkezettervező irodájának szakembere.



1. ábra Nyeregkiállítás távcsőképe

Maga a műtárgy egy bonyolult, összetett erőjátékú szerkezet, amelynek modellezéséhez és alak-kontrolljához több számítási modellnek közel száz változatát kellett létrehozni, illetve végleges alakjának követése rendkívül precíz, építés közbeni modellezést és teherelemzést tett szükségessé.

Az állandó állapotvizsgálatok során a kábelek kezdeti megfeszítése, a merevítő tartó acélszerkezetének betolási és a vasbeton pályalemez betonozási sorrendje, mind-mind rendkívül érzékeny és összefüggő fizikai rendszert alkottak, amit folyamatosan ellenőrzés alatt kellett tartani.

A híd karakterét 2 db fél-ellipszis alakú vasbeton pilon adja. A tartókábelek a fent említett egyedi nyeregidomok közbeiktatásával vannak átvezetve rajtuk.

Noha a kivitelezési geodéziát nem cégünk végezte, Geodéziai és Ingatlanrendezési irodánk belefolyt a nyeregidomok ellenőrzésébe. Ezek közül vizsgált meg 8 db-ot két irányból, beépítésüket követően. A mérések célja a nyeregek irányának pontos meghatározása, illetve annak ellenőrzése volt, hogy a feszítő kábelek a 8 méterenként elhelyezett tartókonzolok tervezett helyén metszik-e majd a felszerkezetet.

Az egyenként 48 db pászmacsatornát tartalmazó ~ 30 cm x 30 cm-es négyszög keresztmetszetű nyeregek süllyesztve vannak a látható nyereg kiállításokban, ezeket ~ 50 cm átmérőjű körprofil peremek keretezik. A megközelíthetetlen objektumok felmérésére kizárólag prizma nélküli távméréssel volt lehetőség (*1. ábra*).

Mivel a szürke felületkezeléssel ellátott, kör alakú nyeregkiállításokon nem volt igazán fellelhető nagy pontossággal azonosítható részlet-, ill. sarokpont, felületmérésben kellett gondolkoznunk. Feltételezve, hogy a földfelszínről látható peremfelület merőleges a nyereg hosszanti tengelyére, annak síkját kellett a lehető legnagyobb pontossággal meghatározni.



2. ábra Trimble SX10 mérőállomás és távvezérlése

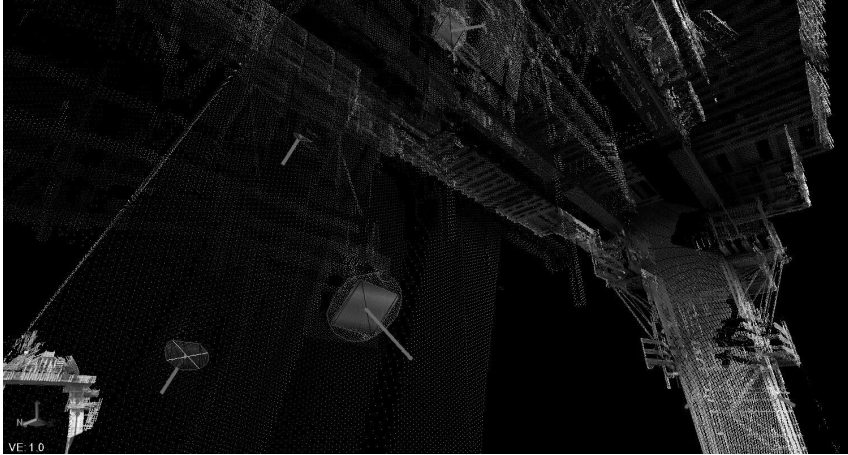
Geodétáink a feladat végrehajtásához a Trimble SX10 Robot, képkalkoló, 3D-szkennelő mérőállomás használata mellett döntöttek, mellyel a „hagyományos” diszkrét pontmérés mellett, mód van 3D-szkennelésre is (2. ábra). A Trimble SX10 szkennelési hatótávolsága 600 méter, az egyes szkennelt pontok 3D megbízhatósága ~2.5 mm 100 m-en. A szkennelési sebesség 26.600 pont/mp. A prizma nélküli, azaz szabad felületre végrehajtott távmérés megbízhatósága pedig 2 mm + 1.5 ppm.

Az észleléseket a híd körül kialakított alappont hálózatra támaszkodva hajtottuk végre. A kivitelezési környezetben a hátrametszésekkel meghatározott műszerállások kialakításánál különös figyelmet kellett fordítanunk arra, hogy a távmérősugar beesési szöge minél jobb legyen a mérendő felületeken. Az így mért hosszak ~80 m–230 m közé estek, ~60°–80° zenitszöggel.

Tekintettel arra, hogy az SX10, mint mérőállomás azonnal tájékoztatásra került az egyes álláspontokon, a vele előállított szkennelt 3D pontfelhők is azonnal a terepen georeferált állományok voltak. Így amellett, hogy a helyszínen szemlélhetők és barangolhatóak a távvezérlő táblagépek képernyőjén, későbbi irodai relatív, – és abszolút illesztésükre külön már nem volt szükség.

Az egyes nyereg peremekre diszkrét pontmérést, illetve nagyfelbontású 3D-szkennelést is végrehajtottunk.

A mért diszkrét pontokra, illetve pontfelhő kivágatokra nyereg kiállásonként regressziós síkot fektettünk, majd erre térbeli normálisokat generáltunk (3. ábra). A számításra az UVATERV Zrt. Kutatás-fejlesztési és informatikai irodája saját alkalmazást fejlesztett.



3. ábra Nyeregkiállások és 3D normálisaik az illesztett pontfelhőben (TBC szoftver)

Az un. „Planes” szoftver jegyzőkönyvezi a bevont pontok számát, a mért pontok közös síktól való pozitív és negatív, illetve abszolút értelemben vett átlagos eltérését, a regressziós sík súlypontját, valamint egy un. iránypontját, illetve a 3D normális irány,- és zenit szögét. Ezekkel mód van a normálisok tényleges kiszervezésére és a híd 3D tervbe illesztésére, illetve kihosszabbítására.

A vizsgálat során bebizonyosodott, hogy az ellenőrzött nyergek iránya bőven az elvárt tűrésen belül van, azaz a rajtuk átvezetett feszítőkábelek megfelelő helyen, a lehorgonyzó merevítő tartóknál metszik majd el a felszerkezetet.

Összességében az új, impozáns – európai viszonylatban is egyedinek mondható – Tisza-híd egy újabb csodálatos példája lesz a precíz hazai mérnöki munkának, a tervezéstől a megvalósulásig.

A híd hivatalos átadására 2021. év őszén kerül sor.

Internetes források

www.uvaterv.hu

www.m44tiszahid.hu

Antropogén felszínformálás terepi lézerszkenneres mérése telkibányai horpák példáján

Sütő László¹ – Hegyi Balázs² – Molják Sándor³ – Szepesi János⁴

¹ Egyetemi docens, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Földrajz- és Környezettudományi Intézet, sutogeo@gmail.com

² Tudományos segédmunkatárs, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Szénrégió Bizottság Titkársága, hegyi.balazs@uni-eszterhazy.hu

³ Tanszéki mérnök, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Innorégió Tudásközpont, moljak.sandor@uni-eszterhazy.hu

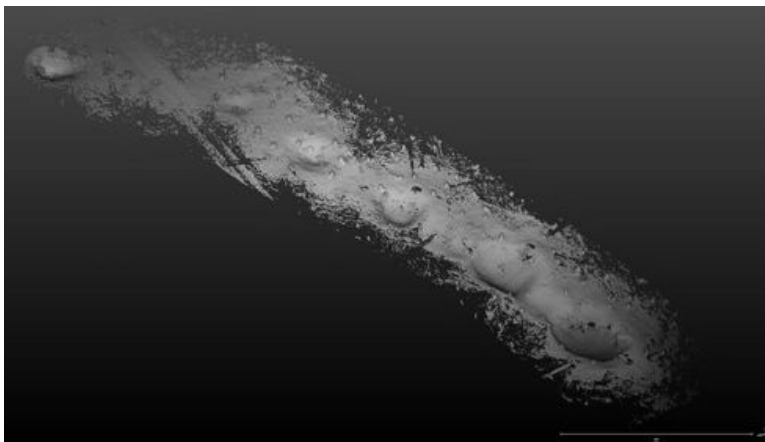
⁴ Tudományos főmunkatárs ELKH Atommagkutató Intézet, MTA-ELTE Vulkanológiai Kutatócsoport, szepesi.janos@atomki.mta.hu

Az emberi beavatkozások felszínátalakító szerepe jól tanulmányozható a bányászat nyomán, mert koncentráltan hoz létre új formakincset. Ezek a területi adottságoktól, a bányászati technológiától és a bányaművelés módjától függően változatos méretben és mennyiségben lehetnek jelen egy bányavidéken, amelyek vizsgálata jó lehetőséget nyújt a lézerszkenneres terepi térinformatikai mérésekre.

Kutatómunkánkat Telkibányán végeztük, az aranybányászat nyomán létrejött felszínformák vizsgálatával. A térség különlegességét a 12–13. században indult, úgynevezett horpabányászat adja, amely az érctelérek felszíni kibúvárait célozta meg, átlagosan 6–10 méter mély függőaknák mélyítésével (BENKE 2001). A modern kori bányászat újraindítása részben a régi bányászati feltárások nyomán indult meg, azok átalakításával, kiegészítésével, összekötésével, új tárók és aknák létesítésével. A bányászat felhagyása után az aknák beomlottak, a meddőhányókat a külső erők formálják tovább.

A felmérés során az volt a célunk, hogy néhány nagyobb mintaterületen dokumentáljuk a montanogén formákat. A Sinta-tető és a Kecske-hát térsége a középkori bányászati terület déli vége, elsősorban hidrotermálisan bontott riódácit alapkőzettel, a Kánya-hegy kovásodott gerince szintén egy tipikus telkibányai érces terület, amely főként kálimetaszomatizált andezitből áll (ZELENKA – HORVÁTH 2009). A két felmért térszín a posztvulkáni működés miatt a térség legintenzívebb ásványgyűjtési helyszíne.

Az első felméréseket hagyományos módon, kézi eszközökkel (mérőszalag, mérőrúd, kézi túraGPS) mértük fel, amelynek végeredményeként a Kánya-hegyen több mint 200 db, a Sinta-tetőn több mint 50 db horpát és aknát katasztreztünk. Az így kapott adatokat ArcGIS adatbázisba vittük.



1. ábra Horpászor letisztított pontfelhője (HEGYI – MOLJÁK 2019)

Ezek alapján terveztük meg a következő méréssorozatot, ahol már Faro Focus M70 statikus lézerszkennerek segítségével mértük fel (MONSERRAT – CROSETTO 2008) a kijelölt terület bányászati terepidomainak adatait. A horpákat több álláspontból mértük fel, a különálló méréseket referenciagömbök segítségével kapcsoltuk össze, a köztes területeken is történt mérés, annak érdekében, hogy egységes képet kapjunk a mintaterületről (1. ábra).

A mérés folyamatát nehezítő környezeti adottságok közül a sűrű vegetáció és a változatos domborzati adottságok nehezítették a munkát. Így jóval több mérési ponttal oldottuk meg a felmérést, mint amennyit a területi kiterjedés megkövetelt volna. A terepi eredményeket Faro SCENE szoftverben dolgoztuk fel (NEUGIRG ET AL. 2016), majd méretük, elhelyezkedésük, formájuk alapján az alábbi csoportokba osztottuk:

- tárók, felszín alatti vágatok
- légaknák: a tárók szellőztetését biztosító függőleges vágatok
- horpák: a kovás telér vonalát követő 0,5–2 méter mély felszíni mélyedések

A formagazdag térszínek jól követik az ércfeltevéseket, amelyek alapján különböző bolygatású foltokat különíthetünk el. Ugyanakkor több helyen megfigyelhető a jelenlegi ásványgyűjtés eredményeként a történelmi bányászat nyomán visszamaradt antropogén formakincs degradációja, amely értékes információkat hordozó geoértékeket tüntet el.

Összességében megállapítható, hogy a lézerszkenneres felmérés az eddigiéknél hatékonyabb, mert pontosabb és gyorsabb terepi munkát tett lehetővé. A felvételezés alapján pontosabb képet kaphatunk a mérést befolyásoló környezeti paraméterekről.

A konkrét kutatási területen a horpabányászat, az azt részben felülíró modern táróbányászat, valamint a másodlagos ásványgyűjtő bolygatás nemkívánatos változásai is dokumentálhatók. Tapasztalataink további terepi méréseken, valamint a középkori bányászat nyomait megőrző természetvédelmi célok segítségével is szerepet játszhat.

Felhasznált irodalom

- BENKE I. (2001): Telkibánya bányászatának története. In: Zsámboki L. (szerk.) Közlemények a magyarországi ásványi nyersanyagok történetéből XI. Miskolci Egyetem könyvtára, levéltára és múzeuma, Érc- és Ásványbányászati Múzeum, Miskolc – Rudabánya, p. 178.
- MONSERRAT O. – CROSETTO M. (2008): Deformation measurement using terrestrial laser scanning data and least squares 3 D surface matching, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 63, pp. 142–154.
- NEUGIRG, F. – STARKA, M. – KAISER, A. – VLACILOVA, M. – DELLA SETA, M. – VERGARI, F. – SCHMIDT, J. – BECHT, M. – HAAS, F. (2016): Erosion processes in calanchi in the Upper Orcia Valley, Southern Tuscany, Italy based on multitemporal high resolution terrestrial LiDAR and UAV surveys. *Geomorphology*, 269, pp. 8–22.
- ZELENKA T. – HORVÁTH J. (2009): Characteristics of the Telkibánya veins. Miskolci Egyetem közleményei. A sorozat, *Bányászat*, 78, pp. 71–96.

Városi terepfelületek osztályozásának javítása mintavételezési módszerekkel

Szeghalmy Szilvia¹ – Fazekas Attila²

¹ adjunktus, Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Adattudomány és Adatvizualizáció Tanszék, szeghalmy.szilvia@inf.unideb.hu

² egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Adattudomány és Adatvizualizáció Tanszék, fazekas.attila@inf.unideb.hu

Absztrakt: A városi területek változatos felszíni struktúrákat tartalmaznak, ezért az ilyen területekről készült légi felvételek általában kiegyensúlyozatlan adatállományt eredményeznek. Ennek a problémának a kezelésére az egyik leggyakoribb technika az ún. túlmintavételezés. Ebben a cikkben összehasonlító elemzést adunk hat különböző túlmintavételező és osztályozó kombinációról egy városi légifelvételekből kinyert leírókat tartalmazó adatbázison.

Bevezetés

A légifelvételek kiértékelése egyre nagyobb szerepet tölt be napjainkban. Ráadásul a klasszikus légifelvételek mellett megjelentek a drónok tömeges elterjedésével az alacsonyabb magasságból készített légifelvételek is. Ez számtalan új alkalmazási lehetőséget hozott a felszínre, például a növénykultúrák fejlődésének ellenőrzése területén. A légifelvételek kiértékelésével kapcsolatban számtalan összefoglaló cikk található az irodalomban (SALAH 2017).

A légifelvételek feldolgozásának legfontosabb lépése az, amikor a képet alkotó képpontok osztályozása történik meg, azaz meghatározzuk, hogy a korábban általunk definiált kategóriák (beton, zöld terület, stb.) közül melyikbe sorolható. Ezt a lépést osztályozásnak, az erre a célra szolgáló algoritmusokat osztályozó algoritmusoknak nevezzük.

Az osztályozás minőségét számos tényező befolyásolja, többek között az a tény, hogy a különböző kategóriákat reprezentáló képpontok száma a képeken jelentősen eltérhetnek egymástól, így lesznek alul- és felülreprezentált osztályok. Ez az osztályozás eredményét jelentősen befolyásolhatja. Ez a problémakör a nem kiegyensúlyozott osztályozás.

Ebben a cikkben a leggyakrabban használt megoldás, a túlmintavételezés hatását vizsgáljuk meg az Urban Land Cover (ULC) adatbázisának segítségével. Az irodalmi algoritmusok mellett javaslatot adunk egy moduláris módszerre is, amit szintén bevonunk az összehasonlításba.

1. táblázat Különböző osztályokba tartozó minták száma az Urban Land Cover

Osztály	Mintaszám
aszfalt	45
épület	97
gépjármű	21
beton	93
fa	83
medence	14
árnyék	45
talaj (föld)	20
fa	89

Anyag és módszertan

Adatok

A különböző túlmintavételező módszerek hatását az Urban Land Cover (JOHNSON 2009; JOHNSON – XIE 2009) tesztadatbázisán vizsgáltuk, amely kilenc, a lakott területekre jellemző felülettípushoz tartalmaz adatokat (1. táblázat).

Osztályozás

Három eltérő elven működő osztályozó módszert vontuk be a kísérletbe, amelyeket különböző paraméterek mellett teszteltünk.

Az SVM esetében a rossz besorolást büntető C paraméter értéke 1, 5 és 10 volt a tesztek során. A gamma paraméter értékének meghatározása automatikusan történt.

A döntési fa osztályozónál a magasság korlátozásával és a felépítés során felhasználható jellemzők számának maximalizálásával csökkentettük a túltanulás veszélyét (magasság $\in \{5, 6\}$, maximális jellemzőszám: 16). A tesztelés során úgynevezett 'gini' és 'entropy' indexet használtunk.

A k legközelebbi szomszéd osztályozóval (kNN) 3-s és 5-ös k érték mellett végeztünk tesztek. A tesztek egy részében a pontok egyenletes súlyt kaptak, míg a tesztek másik részénél távolság alapján súlyoztuk a legközelebbi pontokat az osztályozás során (a besorolandó ponthoz közelebb álló pontok nagyobb súllyal számítanak). A számításánál euklideszi és minkowski távolságot használtunk.

Az adathalmaz tanító és validáló részekre bontása folyamán törekedtünk arra, hogy a tanító halmazban az osztályokba kerülő mintaszám arányos legyen az eredeti elemszámokkal. Az így kapott tanítóhalmazok, illetve azok kiegyensúlyozottá tett változatain történt meg az osztályozók tanítása.

Tanító adathalmaz kiegyensúlyozása

A kísérletek során néhány olyan eljárás hatását vizsgáltuk, amely Kovács összehasonlító elemzésében (KOVÁCS 2019) élen végezett, hozzávéve egy

klasszikusnak mondható módszert, illetve egy olyan megoldást, amely különböző mintavételező módszerekben előforduló lépéseket ötvöz, utóbbira a továbbiakban MOS-ként (ModularOverSampling) hivatkozunk. A mintavételezés nélküli eredményeket is közöljük.

Az alábbiakban röviden bemutatjuk az irodalmi módszereket, majd megadjuk a MOS lépéseit. Az eljárásokat bináris osztályozási probléma esetére adjuk meg, a kisebb adathalmazra minorként, a nagyobb osztályra majorként hivatkozva. A multi-osztályozási feladatokra történő kiterjesztés egyik triviális módja, ha a túlmintavételezést minden osztályra végrehajtjuk a legtöbb elemet számláló osztály kivételével. Minden futtatásnál kizárólag az eredeti ponthalmazokat vettük alapul, a túlmintavételezéssel kapott pontokat nem.

SMOTE

Az új minor minták generálása a minor halmazból véletlenszerűen kiválasztott két-két minta interpolálásával történik. A módszer hátrányaként felróható, hogy egymástól túlzottan távoleső mintapontok között is létrehozhat mintákat, akár a majorbeli elemek közé „dobva” az új pontokat (CHAWLA ET AL. 2002).

ProWSyn

Amíg a SMOTE eljárásnál a minor osztály elemei azonos eséllyel válhatnak magponttá, a modernebb eljárások jelentős része az osztályhatárok mentén elhelyezkedő, a döntési határ közelében lévő pontokat nagyobb súllyal veszi figyelembe. A ProWSyn (BARUA ET AL. 2013) megoldása a minor minták elemeit különböző rétegekbe szervezi. A határhoz közeli rétegekből több pont kerül kiválasztásra, mint a határtól távol eső rétegekből. Az új minták generálása a SMOTE eljárásnál megadottal analóg módon történik, azzal a különbséggel, hogy egy pont generáláshoz szükséges két minta mindig azonos rétegből kerül kiválasztásra.

Lee

A SMOTE egy igen egyszerű, de hatásos változata. Ha egy újonnan generált minta környezetében (k legközelebbi szomszédai között) túl sok major osztálybeli elem van, akkor a mintát elveti és másik mintát generál helyette (LEE ET AL. 2015).

PFS (Polynom-fit-smote)

A Gazzah és társai által javasolt mintavételező eljárás különböző topológia mentén a minor halmaz elemeire paraméterként megadható topológia alapján (busz, csillag, polinom, háló) illetve görbéket. A minor halmaz új pontjai a görbékről kerülnek kiválasztásra (GAZZAH – ESSOUKRI 2008).

SMOTE-IPF

A SMOTE algoritmussal feldúsított adathalmazt egy iteratív particionáló szűrővel tisztítja meg azon elemektől, amelyek vélhetően negatívan befolyásolnák az osztályozás pontosságát. Ehhez az adathalmazt részhalmazokra osztja fel, majd a részhalmazokon tanított osztályozók pontosságát kiértékeli a teljes adathalmazon. Ha az osztályozók mindegyike (vagy más paraméterezésnél az osztályozók többsége) rosszul sorolt be egy elemet, akkor az elemet zajnak tekinti és eltávolítja

az adathalmazból. A folyamatot addig ismétli, amíg a zajként érzékelt minták száma k egymás utáni iterációs lépés mindegyikénél egy megadott határ alatt marad (SÁEZ ET AL. 2015).

MOS

Mamártöbbmintszáz túlmintavételező módszert találhatunk szakirodalomban, ami az egyik oldalról üdvözlendő, más oldalról viszont nehezíti a megfelelő módszer választását. Az általunk javasolt mintavételező az irodalmi eljárások tipikus lépéseit tartalmazza rugalmasan paraméterezhető formában, így egy-egy paraméterezéssel más-más mintavételező hatását szimulálhatjuk.

Az algoritmus lépései:

1. Zajsűrés: A major halmaz elemeire az Edited Nearest Neighbours (WILSON 1972) általánosított változatát használtuk. Ez a módszer minden olyan mintát töröl, melynek k_1 legközelebbi szomszédja között legalább k_2 más osztálybeli elem található. *Megj.: Az eljárást zajsűrő lépés nélkül is teszteltük, de összességében gyengébb eredményeket értünk el.*
2. Klaszterezés: A szűrés után kapott tanítóhalmaz mintáinak besorolása *Noise*, *Border*, *Safe* halmazokba. Egy minta a *Noise* halmazba került, ha a k_3 legközelebbi szomszédja között legalább k_4 más osztálybeli elem fordult elő, a *Safe* halmazba került, a k_3 legközelebbi szomszédjai az elemmel azonos címkét viseltek, egyébként a *Border* halmazba került ($k_4 \geq k_3$). *Megj.: Az eljárást klaszterező lépés nélkül is teszteltük, de összességében gyengébb eredményt adott.*
3. Mintageneráláshoz használt pontok (magpontok) választása: a *Border* halmaz minor osztálybeli elemei közül kerültek kiválasztásra véletlenszerűen.
4. Mintageneráláshoz használt társ pont választása súlyozott mintavétellel törtét. A zajsűrés utáni adathalmaz minden eleméhez a magponttól vett legmesszebb lévő minta távolságának és magpont mintától vett távolságának különbségét rendeltük hozzá, tehát a magponthoz közeli minták nagyobb valószínűséggel kerültek kiválasztásra. *(Megj.: Az uniform mintavételezés hatását is teszteltük, összességében gyengébb eredményt hozott.)*
5. Mintagenerálás: az új minták minden attribútumértéke egy magpont és a társ pontja azonos attribútumának értékei közé eső véletlen érték. Az új minta a minor osztály eleme lesz.
6. Utósűrés: A minor osztály izolált pontjainak eltávolítására szolgál. Azon pontokat tekintjük izoláltnak, amelyek 3 legközelebbi szomszédja között nincs vele azonos osztályába tartozó.

A MOS implementációja Python nyelven készült el. A tesztek végrehajtásánál az *smote_variants* csomag (KOVÁCS 2019b) egyes részeit és a *sklearn* programcsomagot (PEDREGOSA ET AL. 2011) használtuk.

Eredmények

Terjedelmi okokból az eredményeket aggregált formában adjuk meg (a különböző mintavételező-osztályozó párosítások paraméterei együttesen több tízezer

2. táblázat Az osztályozó-mintavételező párok legjobb paraméterezéséhez tartozó eredmények. A – jel sorában a túlmintavételezés nélkül elért értékek állnak

	acc (%)			mcc (%)		
	SVC	kNN	Dtree	SVC	kNN	Dtree
–	78,54%	80,71%	71,79%	74,74%	77,30%	66,86%
SMOTE	78,70%	77,16%	73,61%	74,98%	73,64%	69,12%
SMOTE_IPF	79,17%	77,71%	73,02%	75,50%	74,31%	68,38%
Lee	78,78%	76,73%	73,81%	75,04%	73,17%	69,25%
PFS	78,50%	79,88%	73,14%	74,73%	76,44%	68,35%
ProWSyn	79,17%	77,59%	75,15%	75,49%	74,15%	70,88%
MOS	80,43%	81,70%	75,03%	76,98%	78,46%	70,67%

értéket adnak meg). A cross-validálás során minden mintavételező-osztályozó pár minden paraméterkombinációja esetén tízszer megy végbe a mintavételezés-tanítás-validálás folyamata az adathalmaz eltérő részeit használva a tanításhoz és validáláshoz. A tíz futtatás kimenetére kapott átlagos pontossági értéket tekintettük egy mintavételező-tanító pár adott paraméterezéséhez tartozó eredménynek. A 2. táblázatban minden osztályozó és minden mintavételező esetében a legjobbnak bizonyult paraméterezéssel kapott eredmény szerepel. A kiértéklés során két mutatót használtunk, a pontosságot (acc), amely a helyesen besorolt minták és az összes minta hányadosa, és a Matthews korrelációs együttható (mcc) többsztályos osztályozási problémákra kiterjesztett változatát (GORODKIN 2004)

Mindkét mutatószám alapján azonos paraméterezésű MOS adta a legjobb eredményeket az SVC és a kNN osztályozóval kombinálva ($k_1=5$, $k_2=2$, $k_3=7$, $k_4=5$). Míg a döntési fa osztályozó a ProWSyn mintavételezővel párban érte el a legjobb eredményeket, $k=7$, $\theta=1.0$ paraméterezéssel. Előbbi a rétegek kialakításánál, utóbbi a rétegek súlyozásánál játszik szerepet. A döntési fa entrópia alapú vágással dolgozott, a magassága 6 volt. Megemlítendő, hogy a kNN osztályozó pontosságára szinte minden mintavételező módszer negatív hatást gyakorolt.

Összefoglalás

Cikkünkben az adathalmazok kiegyensúlyozására szolgáló irodalmi módszerek, és egy általunk javasolt megoldás SVM, DTree és kNN osztályozók teljesítményére gyakorolt hatását vetettük össze az Urban Land Cover tesztalmazán.

Minden osztályozóhoz található volt olyan túlmintavételező módszer, amely javította az osztályozás minőségét és minden mintavételezőről elmondható, hogy valamelyik osztályozó eredményein javított. Ugyanakkor számos esetben tapasztaltuk az osztályozási pontosság romlását, ami rámutat arra, mennyire fontos az adathalmazhoz illeszkedő mintavételező-osztályozó pár megtalálása.

Felhasznált irodalom

- BARUA, S. – ISLAM, M. M. – MURASE, K. (2013): ProWSyn: Proximity weighted synthetic oversampling technique for imbalanced data set learning. In: Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 317–328.
- CHAWLA, N. V. – BOWYER, K. W. – HALL, L. O. – KEGELMEYER, W. P. (2002): {SMOTE}: synthetic minority over-sampling technique. *Journal of Artificial Intelligence Research*, pp. 321–357
- CHAWLA, N. V. – JAPKOWICZ, N. – KOTCZ, A. (2004): Special issue on learning from imbalanced data sets. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, 6(1), p. 1–6.
- GAZZAH, S. – ESSOUKRI B. A. N. (2008): New Oversampling Approaches Based on Polynomial Fitting for Imbalanced Data Sets. *The Eighth IAPR International Workshop on Document Analysis Systems*, p. 677–684
- GORODKIN J. (2004) Comparing two K-category assignments by a K-category correlation coefficient. *Computational Biology and Chemistry*, 28, pp. 367–374.
- JOHNSON, B. – XIE, Z. (2013): Classifying a high resolution image of an urban area using super-object information. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 83, p. 40–49.
- JOHNSON, B. (2013): High resolution urban land cover classification using a competitive multi-scale object-based approach. *Remote Sensing Letters*, 4 (2), pp. 131–140.
- KOVÁCS, GY. (2019): An empirical comparison and evaluation of minority oversampling techniques on a large number of imbalanced datasets, *Applied Soft Computing*.
- KOVÁCS, GY. (2019b): Smote-variants: A python implementation of 85 minority oversampling techniques. *Neurocomputing*, 366, pp. 352–354.
- LEE, J. – KIM, N. R. – LEE, J. H. (2015). An over-sampling technique with rejection for imbalanced class learning. In *Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication*, pp. 1–6.
- PEDREGOSA, F. – VAROQUAUX, G. – GRAMFORT, A. – MICHEL, V. – THIRION, B. – GRISEL, O. – ... – DUCHESNAY, E. (2011): Scikit-learn: Machine learning in Python. *the Journal of machine Learning research*, 12, pp. 2825–2830.
- SÁEZ, J. A. – LUENGO, J. – STEFANOWSKI, J. – HERRERA, F. (2015): SMOTE-IPF: Addressing the noisy and borderline examples problem in imbalanced classification by a re-sampling method with filtering. *Information Sciences*, 291, pp. 184–203.
- SALAH, M. (2017): A survey of modern classification techniques in remote sensing for improved image classification. *Journal of Geomatics*, 11(1), p. 1–21.
- WILSON, D. L. (1972): Asymptotic Properties of Nearest Neighbor Rules Using Edited Data. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Communications*, 2(3), pp. 408–421.

Fényszennyezés mérése drón segítségével

Szondi Attila¹ – Pődör Andrea²

¹ Geoinformatikai szakmérnök

² egyetemi docens, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar Geoinformatikai Intézet,
podor.andrea@amk.uni-obuda.hu

Absztrakt: Ebben a tanulmányban a szerzők Lébény település mintaterületen SQM műszerrel terepi fényszennyezés mérést hajtottak végre, majd ezt követőre ugyanezen területről egy drón segítségével ortofotó készült. A szakirodalomban meghatározott módszerrel a felvétélből fényességi index térkép készült. A mérési pontok és a térképről levett adatokat összehasonlítva erős korreláció mutatható ki a mérési eredmények között.

Bevezetés

Az emberek többsége nem is tudja, hogy valamilyen fényszennyezésnek van kitéve, addig amíg el nem tölt egy kis időt egy olyan helyen, ahol nincs semmilyen mesterséges fény csak a természet adta fények. Az emberek egyre idegesebbek, feszültebbek a mindennapokban. Ennek az egyik oka a nem megfelelő pihenés, melyhez a fényszennyezés nagyban hozzájárul.

A fényszennyezés mértékének meghatározása többféle képpen történhet. Jól mérhető és számokkal meghatározható, ha felületre vetítve próbáljuk meghatározni. Ebben az esetben egy adott felületre érkező, vagy éppen egy felületről kibocsájtott fényteljesítményt, azaz a megvilágítási értéket definiálhatunk.

Az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet OTÉK 2012-ben megjelent módosításában megtalálható definíció szerint: „Fényszennyezés: olyan mesterséges zavaró fény, ami a horizont fölé vagy nem kizárólag a megvilágítandó felületre és annak irányába, illetve nem a megfelelő időszakban világít, ezzel káprázást, az égbolt mesterséges fénylését vagy káros élettani és környezeti hatást okoz, beleértve az élővilágra gyakorolt negatív hatásokat is.” Ezen definíció egy olyan hármasszabályt rejt magába, mely szerint csak ott, oda és csak akkor világítsunk, amikor arra feltétlenül szükségünk van, ha ezek közül valamelyik nem teljesül akkor fényszennyezésről beszélünk (KOLLÁTH 2012; SZUHI 2014).

A fényszennyezés számos negatív hatást gyakorol a szervezetünkre. Ha az embert túl sok fény foton éri szorongást, fejfájást és stresszt okozhat, melyért a melatonin termelés csökkenése a felelős. Több kutatás is kimutatta, hogy az éjszakai

nagymértékű fény rövid és hosszútávon is rossz minőségű alváshoz vezet, mely számos további betegség kiváltó okai közé tartozhat, ilyen a melatonin hormon csökkenése mely a daganatok fejlődését segítik elő. Japán kutatók kimutatták, hogy már 2–300 lux is képes csökkenteni a melatonin szintjét (KOLLÁTH 2017).

Anyag és módszer

A fényszennyezés mérésére számos módszer létezik, mindegyik módszer végén létrehozhatunk egy fényszennyezési térképet (www.lightpollution.it), ezek a térképek rendkívül hasznosak egy vizsgálandó terület vizualizációjához. Az első ilyen módszer a puszta látásunkon alapul. 2001-ben John E. Bortle megalkotott egy kilencfokozatú skálát. Ebben a skálában megtalálható egyes csillagképek fény láthatóságát, az égfénylést és a horizonton feltűnő fénybúra mértéke (CZAKÓ 2011).

Felhasznált mérőműszerek

Unihedron Sky Quality Meter (SQM). A mérőeszköz tetején helyezkedik el egy érzékelő, amely képes 1,5 szterdián (42°-os) térszögből fényt gyűjteni össze. A méréskor az eszközt az ég felé kell tartani, majd öt egymás utánimérést kell végezni melyből az első két mérést nem lehet figyelembe venni mert a műszernek melegednie kell a maradék három értéknek pedig az átlagát kell venni. A mért értéket magnitúdó per szögmásodpercnégyszetben (mag/arcsec²) kapjuk meg. A gyártó szerint 0,1 mag/arcsec² a pontossága a műszernek, ahhoz, hogy a méréseket elvégezzük a következőknek kell teljesülniük derült felhőmentes éjszaka, csillagászati szürkületnek kell lennie, azaz a Nap nem, lehet 18o-fokkal a horizont felett, illetve a Hold sem lehet a horizont felett. A méréskor továbbá kerülni kell a mesterséges fényforrásokat.

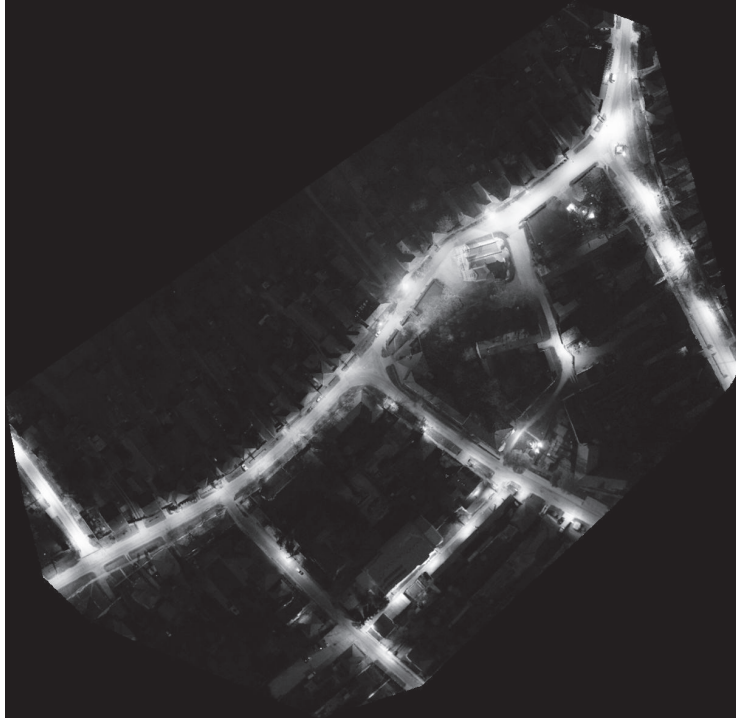
A DJI Matrice 200 az első DJI drón a DJI AirSense rendszerrel, fokozva a légtér biztonságát. Ezen felül még számos biztonsági rendszer felel a biztonságos repülésért, ultrahangos szenzorok felelnek azért, hogy elkerüljük az ütközéseket. Egy felszállással körülbelül 38 percet tud fent maradni a levegőben, ez sok mindentől függ időjárási viszonyok, felszálló tömeg, akkumulátor töltöttség. A drónon egy DJI Zenmuse X4S kamera van mely egy 20 megapixeles, 1 hüvelykes érzékelővel, és 12800 maximális ISO-értékkel rendelkezik.

A feldolgozáshoz a PIX4D és a ArcGIS és QGIS szoftvereket használtuk.

Lébény mintaterület

Mintaterületnek egy olyan területet választottunk, amely jól szemlélteti a helytelen világítás használatát. Helyszíni bejárást követően sikerült olyan mintaterületet választani, ahol megtalálhatóak a modern Led lámpák és a hagyományos utcai lámpák is és a templomot reflektorok is megvilágíták.

A mintaterületen megtörtént a lámpák felmérése, három eltérő típus különíthető el: NL (nátriumlámpa), a NLF (nátriumlámpa reflektorral), KF (kompakt



1. ábra A mintaterület ortofotója (saját szerkesztés)

hagyományos). Miután végeztünk a mintaoszlopok mérésével egy a mintaterületet sakktáblaszerűen meghatározott pontokon történő méréssel folytattuk a vizsgálatot. Ezeken a pontokon is szintén történt 6 db mérés a műszerrel gondosan kiválasztva, hogy mindenhol legyen egy-egy mintapont, ami a későbbiekben felhasználható a drónos felmérések összehasonlítására

Ezzel párhuzamosan megtörtént a drónos repülés megtervezése, és végrehajtása. A repülési paramétereket a következők voltak, repülési magasság 140 m, a képek átfedettsége 60%, sebesség 5 m/sec.

A mintaterület ortofotója (*1. ábra*) és a mérés a QGIS és ArcGIS szoftverben került feldolgozásra. Xi Li, Noam Levin, Jinlong Xie, Deren Li 2020 nyomán létre lett hozva egy fényességi index a PIX4D szoftver segítségével.

$$brightness = \frac{red + green + blue}{3}$$

Eredmények

A feldolgozást követően, a térinformatikai szoftverben vizsgáltuk, illetve leolvastuk a SQM műszer által mért mérési pontokon mért értéket, a fent említett módszerrel létrehozott fényességi térképen ugyanazon pontban mérhető fényességi indexet (*2. ábra*).



2. ábra Fényességi index megjelenítése QGIS programban (saját szerkesztés)

Az eredményeket egy táblázatban rögzítettük, majd egy egyszerű regressziós analízist hajtottunk végre. Az eredményekből egyértelműen kiolvasható, hogy az SQM műszer által mért értékek, valamint a drónfelvételtől kinyert fényességi index térkép értékei jól korrelálnak egymással, ennek értéke $r = 0,805580149$.

Konklúzió

A kutatás bizonyította, hogy a korábban jól vizsgált és dokumentált SQM műszerrel végzett terepi fényszennyezés mérések jól korrelálnak a drónos felvételtől kialakított fényességi index térképpel. Ugyan a drónos repülések szabályai nagy mértékben változtak Magyarországon, a kutatás egyértelműen alátámasztja, hogy a fényszennyezés mérésben is hatékonyan használhatók a drónok.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton szeretnék megköszönni az UNIGIS Magyarország (www.unigis.net) támogatását.

Felhasznált irodalom

- CZAKÓ C. (2011): Csillagos ég rezervátum a Hortobágyi Nemzeti Parkban és a fényszennyezés ökológiai hatásai. <http://www.hnp.hu/uploads/files/Csillagos%C3%A9gbolt-park/Megjelen%C3%A9sek/Csillagoseg%20rezerv%C3%A1tum.....pdf>.
- KOLLÁTH, Z. (2012): Fényszennyezést csökkentő módosítások az OTÉK-ban. Világítástechnikai Évkönyv, 1.
- KOLLÁTH, Z. (2017): Fényszennyezésről mindenkinek. http://fenyszennyezés.hu/fsz_tartalom.html Letöltve: 2021.05.10
- LI, X. – LEVIN, N. – XIE, J. – LI, D. (2020): Monitoring hourly night-time light by an unmanned aerial vehicle and its implications to satellite remote sensing. Remote Sensing of Environment, 247, 111942.
- SZUHI A. (2014): Fényszennyezés. <http://www.legszenyezés.hu/fenyszennyezés/> Letöltve: 2021.05.10.
- SKY QUALITY METER – L [Online] <http://unihedron.com/projects/sqm-l/> Letöltve: 2021.05.10. <http://www.lightpollution.it>. Letöltve: 2021.05.10.

Vízgyűjtővizsgálat térinformatikai módszerekkel a Tarna vízgyűjtőjének példáján

Szopos Noémi Mária¹ – Szabó Szilárd²

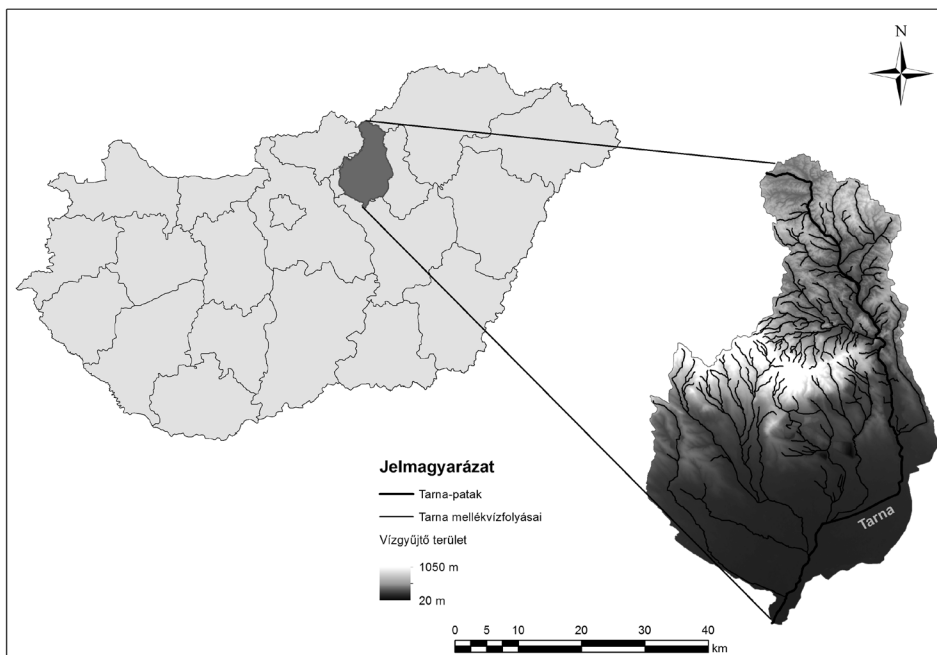
¹ PhD hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, szopos.noemi@gmail.com

² tanszékvezető egyetemi tanár, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, szaboszilard.geo@gmail.com

Absztrakt: Az elmúlt évtizedekben az éghajlatváltozás hatására egyre szélsőségesebb időjárási jelenségek voltak megfigyelhetők. Egyre gyakoribb a csapadék szélsőséges eloszlása, a növekvő aszálygyakoriság, a hirtelen levonuló árvizek és a hőmérsékleti maximumok megjelenése. A megfelelő előrejelzések elkészítéséhez részletesen ismernünk kell a domborzati adottságokat és a hozzá kapcsolódó paramétereket. A vízgyűjtő szintű vizsgálatok hozzájárulnak a vízgyűjtőn zajló hidrológiai folyamatok megértéséhez és esetleges hirtelen bekövetkező szélsőséges időjárási viszonyok levonulásának mérsékléséhez. Napjainkban a térinformatika, és a szerves részét képező modellezések egyre elterjedtebbek és széles körben alkalmazhatóak. Jelen munka célja, hogy elkészítsünk a Tarna vízgyűjtőjének HEC-HMS numerikus modelljét és következtetéseket fogalmazzunk meg a vízgyűjtő hidrológiai és lefolyási tényezőivel kapcsolatban.

Bevezetés

Az éghajlatváltozás következményei napjainkban egyre gyakrabban és erőteljesebben jelentkeznek, amelynek hatására bekövetkező változások nemcsak globális szinten, hanem már hazánk területén is jelentős változásokat idéznek elő. A jelenlegi kutatások és eredmények is alátámasztják azt az állítást, hogy ennek a jelenségnek a hatására emelkedő tendenciát mutatnak a hőmérsékleti maximumok, megfigyelhető a növekvő aszálygyakoriság és-, a csapadék szélsőséges eloszlása. (SZABÓ ET AL. 2019; BARTHOLY ET AL. 2007). Ezeknek a tényezőnek a változása a rendszerben instabilitást eredményezhet, amely megmutatkozik a mezőgazdasági területeken, parcella szinten, ugyanakkor vízgyűjtő szintű folyamatokban is. A vízgyűjtők esetében megváltozik a lefolyás mértéke, a vízellátás és ennek következtében a vízgazdálkodásban is változások következnek be (SZESZTAY 1991). A szélsőséges időjárási események villámárvizeket, vízhiányt, megnövekedő aszályos időszakokat és hóhullámokat okoznak, amelyek nemcsak a természeti környezetre, de a városi környezetre is hatást gyakorolnak (PIRKHOFFER ET AL. 2013). A villámárvizek kutatása és modellezése is egyre nagyobb jelentőséget kap, mivel ezeknek az eseményeknek a megismerése és modellezése segítséget nyújthat a későbbi árhullámok megelőzésében és levonulásának mérséklésében (PIRKHOFFER ET AL. 2009; NAGY 2017; SZOPOS – CZELLECH 2017).



1. ábra A mintaterület bemutatása

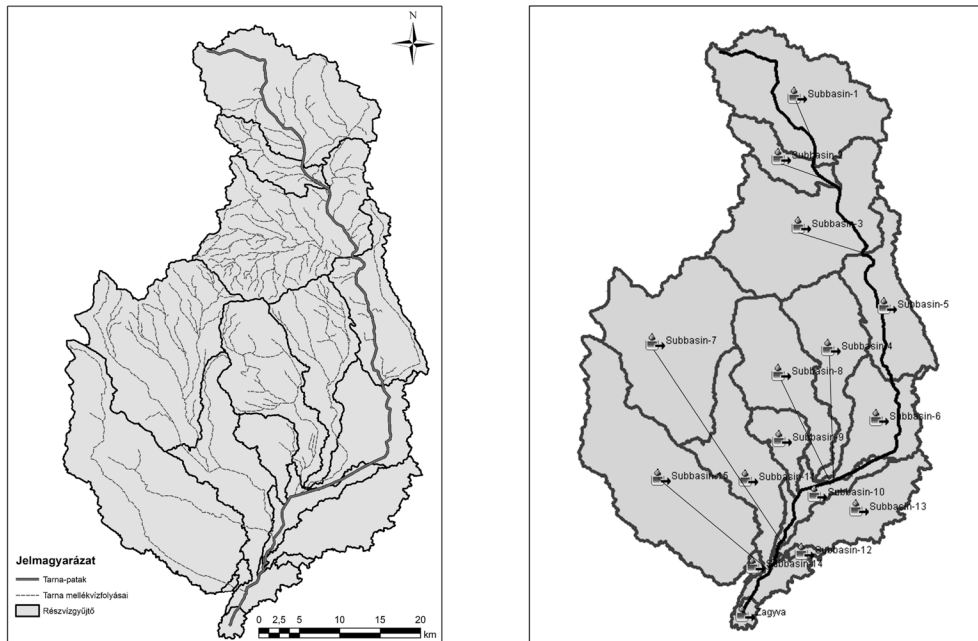
Jelen kutatás során a Tarna vízgyűjtőjén vizsgáltuk a lefolyási tendenciákat, célunk egy hidrológiai modell megalkotása volt. A mintaterület földrajzi viszonyai változatosak, és a Tarna vízrendszerének nagy része hazánk területén található. Ezek a tényezők lehetőséget nyújtanak komplex hidrológiai és térinformatikai modellek megalkotására szem előtt tartva a környezeti viszonyok karakterisztikáját. A területi vízgazdálkodás egyik fontos elemét képezi a csapadékból származó víz és annak további alakulása. A vízkészletek felhasználása, tározása, vízvisszatartása és levezetése nem csak a természeti környezetet, hanem a városi, települési környezetet is számos tekintetben befolyásolja.

Napjainkban egyre fontosabb a vizeink karakterisztikájának a feltárása, jelenségek megértése és a hidrológiai vízciklusra gyakorolt hatások vizsgálata. Ez a kutatás ehhez a szegmensnek a bővítéséhez szeretne hozzájárulni.

Anyag és módszer

A Tarna vízfolyás forrásvidéke a Mátra hegység K-i részén helyezkedik el (*1. ábra*). Egy kis szakaszon átfolyik Szlovákia területére, majd visszatérve Magyarországra tovább folytatja útját egészen Jászjákóhalmaig, ahol a Zagyvába torkollik. A Tarna vízgyűjtője a Tisza részvízgyűjtőjének a részét képezi. Vízgyűjtőterülete 2116 km².

A vízgyűjtő morfológiai és domborzati jellemzőinek meghatározásához szükséges volt elsősorban meghatározni és lehatárolni a vízgyűjtőt.



2. ábra A lehatárolt részvízgyűjtők és a HEC-HMS-ben készített modell

Az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság rendelkezésünkre bocsátotta a hivatalos vízgyűjtő vektoros adatállományát, a vízgyűjtőkön található hidrometeorológiai állomások méréseinek adatait. A vektoros formátumban megkapott vízgyűjtőterületet csak a pontosítások és az összehasonlítás miatt, referencia adatként használtuk fel. Az általunk készített modell alapját az ingyenesen letölthető 30 m felbontású SRTM állomány képezi, amelyet az amerikai geológiai szolgálat USGS (United States Geological Survey) állít elő és bocsátja felhasználásra. A további adatfeldolgozás az ArcGIS 10.8. szoftverkörnyezetben történt, ahol a részvízgyűjtők lehatárolása volt a fő célkitűzés.

Ezt a feladatot a Spatial Analyst Tool-ban található Hydrology eszközzel hajtottuk végre.

Első lépésként megadtuk a Tarna vízgyűjtőjének kiterjedését és a felhasználni kívánt adatállományt. Ezt követően feltöltésre kerültek a mélyedések és meghatároztuk a lejtők irányát. Következő lépésekben definiáltuk a cellákhoz tartozó felvízi cellák számát, mert ezek alapján tudtuk a következő lépésben meghatározni, hogy melyik cella számít medernek, illetve ez alapján tudtunk a magassági különbségekre következtetni. A meglévő adatok alapján megjelenítettük a vízgyűjtőn található mellékvízfolyásokat és ezeket kategorizáltuk, vagyis megállapítottuk a vízfolyások rendjét. Ezt követően meghatároztuk a vízfolyások, összefolyását és torkolatát, majd végül elkészült a vízgyűjtő részvízgyűjtők általi lehatárolása. A munka eredményeként egy vektoros állomány állt a rendelkezésünkre (2. ábra).

A modellezés további részét a HEC-HMS programban végeztük. A HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System) vízgyűjtő szintű, és csapadéklefolyás folyamatok változására alkalmas modellező szoftver. Ez egyik leggyakrabban használt, nemzetközileg is elterjedt szoftvercsalád és ingyenesen elérhető.

A szoftverben lehetőségünk van hidrológiai és hidraulikai számítási módszerek alkalmazására a választott vízgyűjtőn. A HEC-HMS fő részeit képezi a vízgyűjtő modell, a meteorológiai modell, a bemeneti adatok hozzárendelésének és feldolgozásának lehetősége, valamint a modellparaméterek beállítása.

Több bemeneti paraméter hozzárendelésére van lehetőségünk, mint például az adott vízgyűjtők és részvízgyűjtők területének hozzáadására, a csatornák és lefolyási irányok meghatározására, a csapadékadatok időbeli eloszlására, tározási és párolgási adatok kibővítésére. Jelen kutatás során az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság által rendelkezésünkre bocsájtott adatokat használtuk a modellépítés során. Ezeket az adatokat DSS fájlként rendeltük hozzá a modellhez.

Következtetések

A vizsgálat során kiderült, hogy bár a program sok paraméter hozzáadására ad lehetőséget, viszont sok fontos és meghatározó paraméter csak részlegesen vagy egyszerűbb formában jelenik meg a modellben. Ezalatt legfőképpen a domborzati adottságok és a vízgyűjtő geometriáját értjük, mivel ez a természeti környezetben sokkal meghatározóbb, mint ahogy ezt a modellben megjelenik. Ezért szükséges permanens és nem permanens futtatások elvégzése, hogy a modellünket megfelelően tudjuk validálni, illetve kalibrálni.

A modell építése során kiderült, hogy a vízgyűjtő és a hozzá tartozó mellékvízfolyások attribútumainak részletes ismerete, és azok bemenő adatokként történő hozzárendelése nagyban megkönnyíti a kalibrációt és csökkenti a modell hibás futtatásait.

A modellfuttatások alapján elmondható, hogy a részvízgyűjtőkre hullott csapadék lokálisan megnöveli az adott vízfolyások vízhozamát. Az összegyülekezési idő is a terület északi részén jelentősen kisebb, mint a vízgyűjtő délebbi részein. Azonban részletes megállapításokra és konklúziók levonására, csak hosszabb adatsorok futtatását követően, valamint több paraméter hozzáadásával kiegészülve fogalmazhatunk meg releváns következtetéseket.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 „Debrecen Venture Catapult” számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

- BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2007): Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, 57, pp. 83–95.
- HEC-HMS – US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>
- NAGY B. (2017): Az árvízi védekezés támogatása hidrológiai modellezéssel egy kisvízfolyás pédáján, In: Balázs B. (szerk.) *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII.*, Debreceni Egyetem, pp. 126–134.
- PIRKHOFFER E. – CZIGÁNY SZ. – HEGEDŰS P. – BALATONYI L. – LÓCZY D. (2013): Lefolyási viszonyok talajszempontú analízise ultra-kisméretű vízgyűjtőkön. *Tájökológiai Lapok*, 11(1), pp. 105–123.
- PIRKHOFFER E. – CZIGÁNY SZ. – GERESDI I. (2009): Impact of rainfall pattern on the occurrence of flash floods in Hungary. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 53, pp. 139–157.
- SZABÓ SZ. – SZOPOS N. M. – BERTALAN-BALÁZS B. – LÁSZLÓ L. – MILOSEVIC D.D. – CONOSCENTI C. – LÁZÁR I. (2019): Geospatial analysis of drought tendencies in the Carpathians as reflected in a 50-year time series. *Hungarian Geographical Bulletin*, 68(3), pp. 269–282.
- SZESZTAY K (1991): Az éghajlatváltozás vízgazdálkodási és hidrológiai viszonyai. *Vízügyi Közlemények*, 73(3–4), pp. 245–278.
- SZOPOS N. M. – CZELLECS B. (2017): High water level observatios along the upper course of the Olt River (Romania) from a hydrological modelling aspect. *Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment*, 11(2), pp. 10–19.

Web alapú térinformatikai rendszer fejlesztése a Bábaapáti Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló példáján

Szujó Gábor¹ – Szabó Balázs² – Soltész Emese³ – Král Friderika⁴

¹ PhD hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet; GIS projektvezető, Kőmérő Kft., sujo21@gamma.ttk.pte.hu

² mérnök-informatikus BSc hallgató, PTE MIK; gyakornok, Kőmérő Kft., szabobalazs@komero.hu

³ geográfus MSc hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet; gyakornok, Kőmérő Kft., solteszemese@komero.hu

⁴ programtervező informatikus BSc hallgató, PTE TTK Matematikai és Informatikai Intézet; gyakornok, Kőmérő Kft., kralfriderika@komero.hu

Absztrakt: A térinformatikai rendszer fejlesztésének elsődleges célja a Bábaapáti Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló területén keletkezett geometriai és attribútum adatok integrált kezelése. A rendszer adattárolásáért egy PostgreSQL adatbázis felel, amihez egy saját fejlesztésű, felhasználóbarát kezelőfelülettel ellátott webGIS szoftver csatlakozik. A web alapú GIS kliensoldalt nyílt forráskódú JavaScript könyvtárak (OpenLayers, Potree) segítségével hoztuk létre, a szerveroldalon GeoServer biztosítja az adatáramlást a szoftver és az adatbázis között. A webGIS egy olyan adatintegráló felületként jelenik meg, amely az adatbázisban tárolt adatok mellett képes fotogrammetriai modellek és pontfelhők kezelésére is.

Bevezetés, célkitűzés

A Paksi Atomerőműből származó kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékokat Bábaapáti térségben helyezik el egy bányászati módszerekkel kiépített geológiai tárolóban.

A hulladéktárolót befogadó kőzettest kijelöléséhez részletesen meg kellett vizsgálni az adott kőzet fejlődéstörténetét, a primer és szekunder izolációs potenciálját meghatározó földtani-tektonikai, hidraulikai, hidrodinamikai, kőzetmechanikai tulajdonságait, illetve össze kellett gyűjteni a hosszú távú stabilitás megítéléséhez szükséges ismereteket is. Bábaapáti és tágabb környezete mindezek miatt kiemelten fontos kutatási területté vált, ahol több természettudományi ág is szervesen részt vett az alkalmasság megítélését célzó kutatásokban.

A vágathajtással egyidőben megindult a földtani-tektonikai, vízföldtani és geotechnikai jelenségek dokumentálása is. A jövesztéssel egybekötve geodéziailag bemért szelvények, valamint fotogrammetriai úton felmért 3D-s modellek készültek az egyes vájvégekről (KRUPA ET AL. 2018).

Annak érdekében, hogy ezt a jelentős mennyiségű geometriai és leíró adatot megfelelő környezetben tároljuk, és ezzel lehetőséget biztosítsunk kiterjedtebb szűrésekre és elemzésekre, szükségessé vált egy téradatbázis fejlesztése (SZUJÓ ET AL. 2020).

A kutatás célja egy olyan térinformatikai rendszer tervezése és kivitelezése, amely a Bábaapáti Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló (NRHT) kutatási és kivitelezési fázisaiban keletkező, különböző szakterületek vizsgálataiból származó adatokat hatékonyan integrálja. A rendszer ezáltal képes lesz segíteni a telephely-optimalizálási folyamatokat, a szakmai értékeléseket és modellezéseket, illetve a biztonsági értékeléseket. A cél eléréséhez egy olyan web alapú térinformatikai rendszer fejlesztése szükséges, amely:

- egy központi téradatbázisban tárolja és kezeli az adatokat,
- az adatbázishoz asztali szoftverek csatlakozását biztosítja,
- egy saját fejlesztésű webGIS alkalmazással rendelkezik,
- felhasználóbarát, ezáltal térinformatikai előképzettség nélküli kutatók, mérnökök és döntéshozók is vizsgálni tudják a speciális téradatokat,
- webböngészőn keresztül térképi és háromdimenziós nézetre és elemző funkciókra is képes.

Anyag és módszer

A web alapú térinformatikai rendszer főként webfejlesztési és adatbázisépítési alapokon nyugszik. Ennek értelmében a fejlesztés folyamata két szakaszra osztható: szerveroldal és kliensoldal.

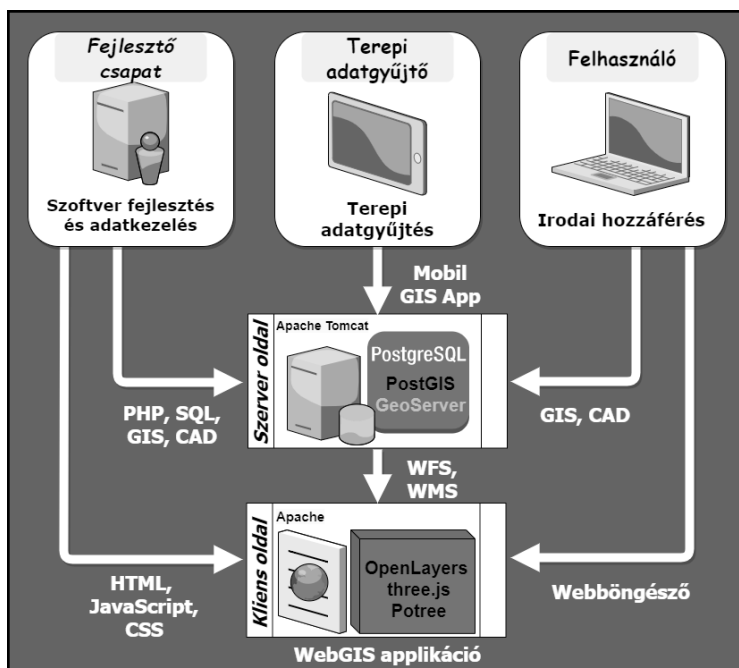
A szerveroldali perzisztencia réteg létrehozásához PostgreSQL relációs adatbázis-kezelőt használtunk fel, ami mellé a PostGIS bővítményt telepítettük. Utóbbi a geometriai adatok tárolásáért és kezeléséért felel. Az adatbázis kiépítése során az adatelőkészítések és konverziók automatizálásához Python és SQL programnyelvek együttes használatára volt szükség. A téradatok rendezéséhez és módosításához QGIS-t és ArcGIS-t használtunk fel. A kiépített téradatbázishoz való közvetlen csatlakozást ArcGIS, QGIS és AutoCAD Map 3D szoftverekkel teszteltük. Az adatok biztonságos közegben történő átadását a GeoServer végzi, ami Apache Tomcat alatt üzemel. A webGIS szoftvert Apache webszerver teszi elérhetővé. A webes szoftverrel kiadott szerveroldali utasításokhoz PHP és SQL programnyelveket használtuk fel.

A kliensoldal fejlesztése során a webGIS szoftver létrehozása zajlott HTML, JavaScript és CSS programozási nyelvek segítségével. Továbbá, a szoftver megfelelő működését és széleskörű funkcióit több, nyílt forráskódú JavaScript könyvtár használata biztosítja.

Szerveroldali megoldások, a rendszer felépítése

Az *1. ábra* a rendszer struktúráját, a csatlakozási lehetőségeket és a szerveroldalt mutatja be.

A rendszer perzisztencia rétegét egy olyan adatbázis alkotja, ahol az adatok fájlrendszerektől függetlenül tárolhatók. Ez a központi rendszerelem folyamatos



1. ábra A térinformatikai rendszer felépítése

adatszinkronizálást biztosít a csatlakozó szoftverek felé. A részletes dokumentáció, a kiterjedt közösségi háttér és szakértői ajánlások alapján a rendszer központi eleme egy PostgreSQL adatbázis lett. A PostGIS bővítménynek köszönhetően a relációs adatbázis-kezelőben raszteres, valamint vektorgrafikus pont, vonal és sokszög geometriák tárolását oldottuk meg attribútum adatokkal együtt. A kiépített adatbázis minden beérkező IP-címre figyel és korlátozza az egy címről történő csatlakozások számát, ezzel védve az adatokat a túlterheléses támadások ellen. Az adatok online elérésűek, ezért a felhasználók mindig hozzáférhetnek konzisztens, naprakész adattáblákhoz. A PostGIS adattáblák megfelelő jogosultsági szint mellett rugalmasan és könnyen módosíthatók és bővíthetők. A téradatbázishoz számos asztali térinformatikai szoftver (QGIS, ArcGIS, AutoCAD Map3D) képes közvetlenül csatlakozni. A rendszer több felhasználó, egy időben történő olvasási és írási műveleteit is kiszolgálja.

A webGIS alkalmazás és az adatbázis közötti biztonságos kommunikáció érdekében egy közvetítő csatornát kellett kialakítani, ami a GeoServer lett. A GeoServer az adatbázisban tárolt adattáblákat Web Feature Service (WFS) és Web Map Service (WMS) kapcsolatokkal továbbítja a webes alkalmazás számára. A GeoServer úgy lett konfigurálva, hogy a webGIS WFS kapcsolaton keresztül elérje a vektorgrafikus adattáblákat és WMS kapcsolattal a raszteres fájlokat.

A kliensoldalon működő webGIS szoftver több JavaScript könyvtárból tevődik össze. A webGIS alkalmazás fejlesztése előtt részletesen feltérképeztük a rendelkezésre álló JavaScript könyvtárakat, ezzel jelentős időt takarítva meg, mivel

így nem kellett olyan funkciókat létrehozni, amik már nyílt forráskódú változatként elérhetők. Több JavaScript könyvtár is létezik GIS funkciókkal, ilyen például az OpenLayers és a Leaflet. Az OpenLayers széleskörű funkcionalitással rendelkezik és képes több adatformátum integrálására is (FARKAS 2016). Emiatt az OpenLayers könyvtárra esett a választás, ugyanis a szoftvernek komplex számításokat és függvényeket kell kezelnie. Mindezek mellett az OpenLayers könyvtárnak számos bővítménye is elérhető. A fejlesztés során az OL-Ext nevű OpenLayers bővítményt használtuk fel, ami számos új funkciót tartalmaz, például rétegfakezelőt és szerkesztő modulokat.

Az OpenLayers és a fent említett bővítménye mellett a DataTables, Kriging.js és Turf.js könyvtárakat is beépítettük a webGIS alkalmazásba. Az előbbi egész adattáblák megjelenítésére alkalmazható, míg az utóbbi kettő geológiai képződmények felszínmodelljének létrehozását célzó függvény megalkotásában volt a segítségünk.

A webGIS háromdimenziós modellterének fejlesztését sem kellett az alapoktól elkezdni, mivel több könyvtár használja a WebGL technológiát (RODRIGUES ET AL. 2013), ami egy kész modellteret biztosít. Fontos azonban megjegyezni, hogy a legtöbb 3D modellezésre alkalmas könyvtár alig vagy egyáltalán nem tartalmaz geoinformatikai funkciókat. A legmegfelelőbb 3D könyvtár kiválasztásához több könyvtár előnyeit és hátrányait is megvizsgáltuk. A Potree és a three.js könyvtárak alkotják az általunk létrehozott webGIS 3D nézetének alapját. Ezen könyvtárak használatával az alkalmazás nagyméretű 3D modelleket és pontfelhőket képes megjeleníteni (SCHÜTZ 2016; KUMAR ET AL. 2019). A 3D könyvtárak által a felszín alatti objektumok ábrázolása és elemzése is elérhetővé vált. A legtöbb 3D modellező könyvtárral ellentétben a Potree lehetővé teszi a földrajzi koordináta-rendszerek kezelését.

Kliensoldali megoldások – a térképi nézet funkciói

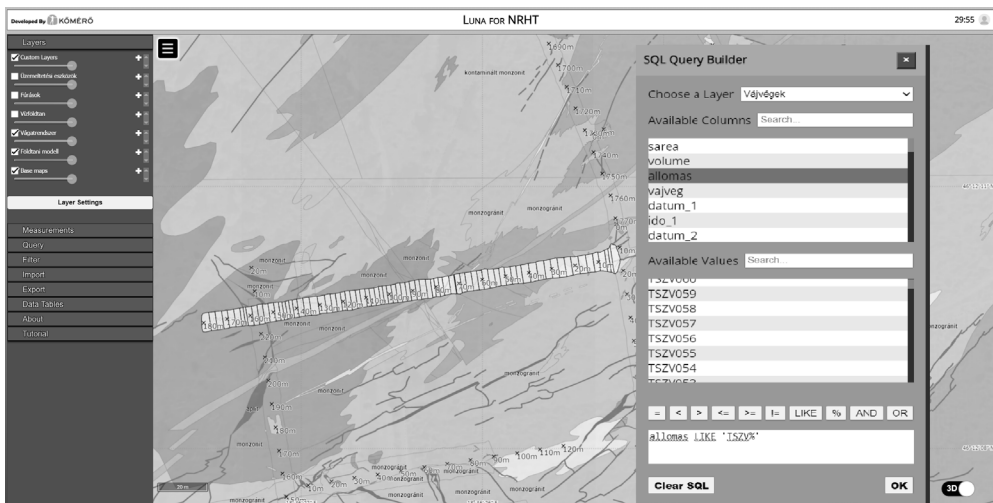
A webGIS térképnézetét számos OpenLayers modul építi fel, így széleskörű funkcionalitást biztosít a felhasználóknak. A térképnézetben a tér adatok egy rétegfá alatt jelennek meg. Lehetőség van a rétegfá elemeinek átrendezésére és az egyes rétegek átlátszóságának beállítására. A rétegfában minden réteg egy-egy adattáblát jelent, így több tudományág adatai egyszerre jeleníthetők meg, amik szűrhetők és elemezhetők.

A webGIS szoftverbe több adatlekérdező funkciót is integráltunk. Ha a felhasználó gyorsan meg akarja tudni, hogy milyen leíró adatokat rejt magában egy térképi geometria, akkor elegendő egyszerűen rákattintania a kérdéses elemre. Ekkor megjelenik egy felugró ablak, amely megmutatja az objektum attribútumait vagy akár a geometriához csatolt képeket vagy egyszerű háromdimenziós modelleket is (2. ábra).

Az alkalmazásban összetett szűrés is elérhető, amely során a téradatbázis entitásai Strukturált Lekérdező Nyelv (SQL) segítségével rendezhetők. A gyors és



2. ábra A webGIS alkalmazás felugró információs ablaka

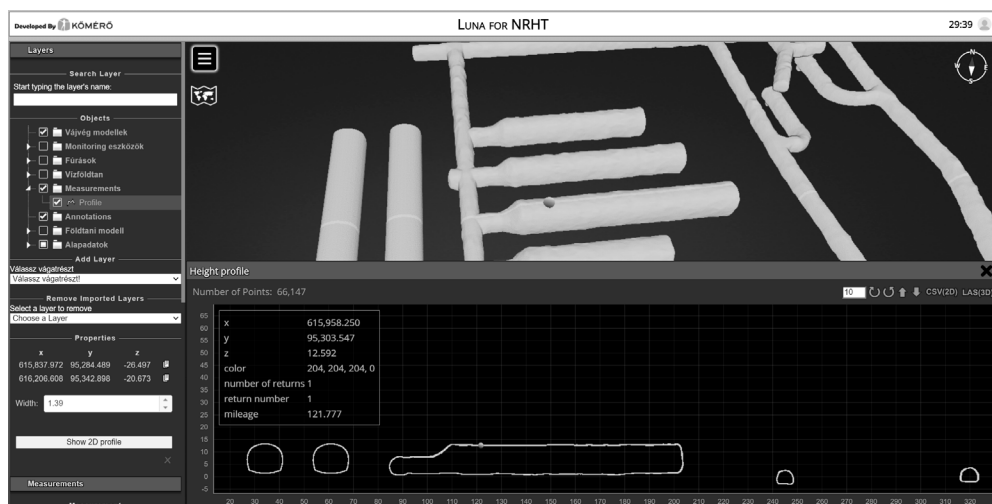


3. ábra Az SQL lekérdező ablak egy tábla szűrése közben

egyszerű SQL szűrés érdekében egy külön lekérdező ablak elemosztályt hoztunk létre, ami a GeoServer-t utasítja, hogy kérjen le adatokat az adatbázisból – a meghatározott szempontok szerint –, majd a visszakapott téradatok betöltődnek az OpenLayers térképi nézetbe (3. ábra).

Ezenkívül a felhasználó mérhet távolságot, területet vagy egy kiválasztott pont koordinátáját is kikérheti. A szoftveren belül nemcsak mérések, hanem szerkesztési funkciók is elérhetők. A megrajzolt objektumok módosíthatók és leíró adatokkal is feltölthetők. A geometriák attribútumai alapján pár másodperc alatt tematikus térképek állíthatók elő.

A szoftvert használó szakemberek saját fájlokat is feltölthetnek Shapefile, GeoJSON és KML formátumban vagy le is menthetik a megjelenített tartalmat.



4. ábra Interaktív keresztmetszet kirajzoltatás a 3D nézetben

Kliensoldali megoldások – a 3D nézet funkciói

A háromdimenziós modelltér legfőbb előnye abban rejlik, hogy képes pontosan megjeleníteni a bonyolult geometriákat. Az NRHT vágvégei fotogrammetriai technológiával elkészített modellek formájában állnak rendelkezésre. Ezek nagy felbontású 3D-s modelleket vagy pontfelhőket jelentenek. A modelleken végzett 3D mérések pontosabb és bővebb információt nyújthatnak, mint egy egyszerű térképi ábrázolás (RIQUELME ET AL. 2017).

A Potree és a three.js alapú 3D webGIS egyes funkciói hasonlóak a korábban említett térképi nézetben megvalósított modulokhoz, azonban a háromdimenziós nézet funkcionalitása fejlettebb. A térképi nézet mérési lehetőségei mellett a Potree könyvtár lehetőséget ad, hogy térfogatszámítást végezzünk. A felhasználó által szerkesztett térfogattal elmetszhetők a pontfelhők, így akár egy kiragadott térszegmens is vizsgálhatóvá válik. A háromdimenziós nézetben végzett egyszerű mérésekkel a földalatti képződmények dőlésszöge, azimutja és magassága is meghatározható. A pontfelhőkön keresztmetszelvények is készíthetők. A felhasználónak csupán egy nyomvonalat kell megrajzolnia, majd a szoftver egy interaktív grafikonon belül automatikusan létrehozza a magassági profilt (4. ábra).

A 3D modell térben végzett mérések és módosítások több formátumban kimenthetők. Az említett magassági profilok exportálhatók CSV és LAS kiterjesztésekben, a mérések pedig DXF és GeoJSON formátumban.

A 3D nézet alatt a felhasználóknak lehetőségük van új geológiai felszínek létrehozására a kriging interpolációs függvény segítségével. A geostatistikai számítás megkezdéséhez pont adatokra van szükség. A felhasználó importálhat pontszerű adatokat egy CSV fájlból, új pontokat rajzolhat a 3D modell térbe vagy hozzáadhat adatokat X, Y és Z koordináták alapján. Az interpolációs számítást a

kriging.js könyvtár biztosítja, az új felszín szabályos rácshálóját a Turf.js könyvtár funkciói hozzák létre. Az interpolált felület a térképnézetben hőtérkép formájában is megjelenik, ahol a vörös térrészek a magas és a kékes-zöld területek az alacsony értékeket jelenítik meg.

Az eredményként kapott felszínmodellt a felhasználó szabadon módosíthatja a töréspontok mentén. A felszínmodellek exportálhatók GeoJSON, PLY, STL és CSV formátumban.

Köszönetnyilvánítás

Jelen munkát az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. Ezúton szeretném megköszönni a mentorálást Kovács Lászlónak és dr. Sebe Krisztinának. A jelen munkában bemutatott egyedi fejlesztésű térinformatikai rendszer a Kőmérő Kft. tulajdonát képezi. A webGIS szoftver próba verziójához – amelyben fiktív adatrendszer jelenik meg, azaz nem az NRHT adatköreit mutatja be – a szerzőktől kérhető hozzáférés.

Felhasznált irodalom

- FARKAS, G. (2016): *Mastering OpenLayers 3*, Packt Publishing, 308 p.
- KRUPA, Á. – KOVÁCS, L. – SZUJÓ, G. – SOMODI, G. – SCHÖN, R. (2018): *Comprehensive earth scientific documentation and data processing applying GIS technologies* — Litvinenko, V. (editor) - *Geomechanics and Geodynamics of Rock Masses - Proceedings of the 2018 European Rock Mechanics Symposium*, Taylor & Francis Group, London, Saint-Petersburg Mining University, Oroszország, ISBN: 978-1-138-61736-0 (Vol 2), pp. 1235–1240
- KUMAR, A. – NOUFIA, M. A. – SHAHIRA, K. A. – RAMIYA, A. M. (2019): *Building information modelling of a multi storey building using terrestrial laser scanner and visualisation using POTREE: An open source point cloud renderer*, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W17-421-2019
- RIQUELME, A. – CANO, M. – TOMÁS, R. – ABELLÁN, A. (2017): *Identification of Rock Slope Discontinuity Sets from Laser Scanner and Photogrammetric Point Clouds: A Comparative Analysis*, *Procedia Engineering*, doi: 10.1016/j.proeng.2017.05.251
- RODRIGUES, J. I. J. – FIGUEIREDO, M. J. G. – COSTA, C.P. (2013): *Web3D GIS for City Models with CityGML and X3D*, 2013 17th International Conference on Information Visualisation, London, pp. 384–388, doi: 10.1109/IV.2013.102.
- SCHÜTZ, M. (2016): *Potree: Rendering Large Point Clouds in Web Browsers*, Diploma Thesis, Technische Universität Wien, Vienna
- SZUJÓ, G. – BIBER, Z. – GÁL, V. – KOVÁCS, L. (2020): *Creating a Uniquely Developed GIS Based Expert System for Geotechnical Professionals*, Paper presented at the ISRM International Symposium - EUROCK 2020, 8 p.

Hidrometeorológiai tényezők kapcsolatának vizsgálata a vízhozammal a Galga-patak vízgyűjtő területén

Tóth Nikolett¹ – Nagy Bálint² – Szopos Noémi Mária³

¹ földrajz-történelem osztatlan tanár szakos hallgató, Földtudományi Intézet Debreceni Egyetem, toth.nikolett358@gmail.com

² PhD hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, nagy.balint@science.unideb.hu

³ PhD hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szopos.noemi@science.unideb.hu

Absztrakt: Kutatásunk célkitűzései között szerepelt, annak felmérése, hogy milyen hatást gyakorol a lokális csapadék a vízhozamra a Galga-patak mentén lévő települések, Galgamácsa és Hévízgyörk esetében. Továbbá megvizsgáltuk, hogy hogyan oszlik el a csapadék mennyisége részvízgyűjtőnként egy nagyobb árhullámot megelőző napokban. A korrelációs vizsgálatok pozitív együtthatókat, de általánosan gyenge kapcsolatot eredményeztek majdnem minden esetben a lokális csapadék és a vízhozam között, de ennek ellenére a lokális csapadék is megemelkedett pár nappal egy vizsgált árhullám előtt. A részvízgyűjtők vizsgálata során megállapítottuk, hogy a vízgyűjtő északi részén hulló csapadék a fő felelős az árhullámok kialakulásáért, de ennek bizonyítása további kutatásokat igényel.

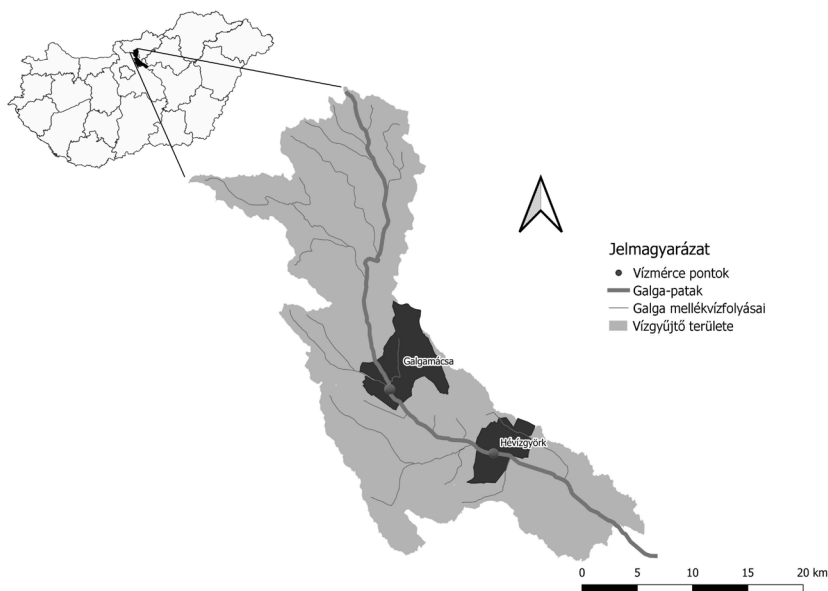
Bevezetés

A klímaváltozás és a globális felmelegedés következményei hazánkban is egyre nagyobb problémákat okoznak. A szélsőséges időjárás miatt a magyarországi vízfolyásokon jelentősen megnövekedett az árvizek száma és intenzitása (KISS 2015). Ezzel a problémával szembesültünk a Galga-patak esetében is. A patak 2010-es árhullámai több, a vízfolyás mentén fekvő településen is károkat okoztak.

A Galga-patak hossza 65 km, a Cserhátból ered és Jászfényszarunál torkollik a Zagyvába (LÁNG 1952). A vízgyűjtő területe 568 km² (1. ábra), amely a Cserhátra és a hegység déli részét szegélyező dombvidékre terjed ki, így a Gödöllői-dombvidék vízfolyásainak egy része is a Galgába folyik le (MIKE 1991).

A vízgyűjtő terület klímáját tekintve változatos felépítésű. Az éves csapadékösszeg 530–550 mm közötti. Legkevesebb csapadékkal a torkolatnál találkozunk, a legtöbb csapadék a dombvidékek magasabb pontjain fordul elő. A vízhozamot főleg az esőzések határozzák meg, van olyan eset is, hogy egy kisebb részen felhalmozódik a hótakaró és a felmelegedést követően megnő a vízhozam mértéke, de ez ritka (KOVÁCS 2005).

Vizsgálatunk során szeretnénk meghatározni, hogy a Galga-patak vízgyűjtőjén lokálisan hulló csapadék milyen hatással van az itt mérhető vízhozamokra két település esetén. Munkánk során árhullám adatokat is megvizsgálunk ezzel kapcsolatban.



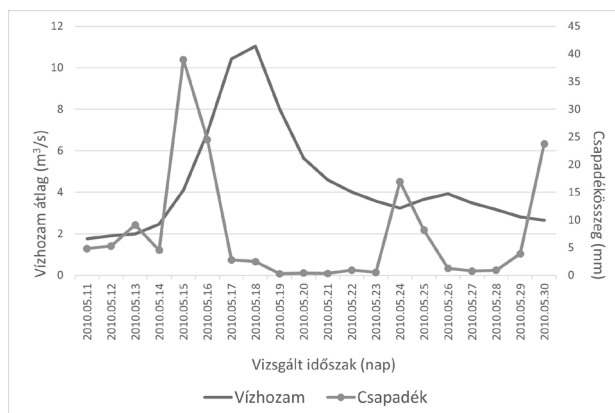
1. ábra A Galga-patak vízgyűjtő területe a vizsgált településekkel

Anyag és módszer

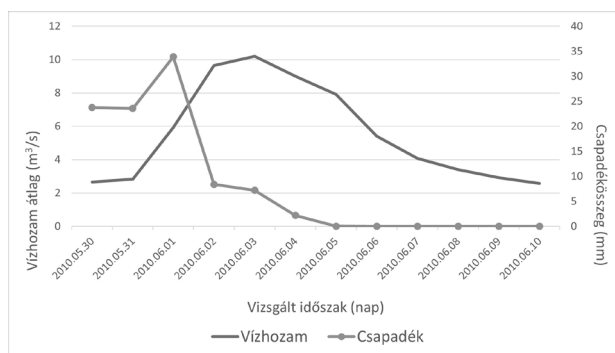
Munkánk során elsőként a vízhozam és a csapadék adatokat hasonlítottuk össze lokálisan. A Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóságtól kapott vízhozam adatokat használtuk fel, amelyek Hévízgyörk esetében 1937-től 2020-ig, míg Galgamácsa esetében 1933-tól 2020-ig állnak rendelkezésre. A két vízmérce eltérő mérési kezdőidőpontja, valamint a CARPATCLIM-es adatok 1961-től 2010-ig terjedő adatsora miatt, együttesen az utóbbi időintervallumot vizsgáltuk. Összehasonlítottuk az éves vízhozam maximumokat és átlagokat, valamint és az éves csapadékösszegeket mindkét település esetében. A csapadéknál annak a CARPATCLIM cellának az adatait használtuk fel, amelybe az adott település is belesett.

A vízhozam és a csapadék esetében is kimagasló 2010-es adatok alapján, tényleges árhullámokat is vizsgáltunk. Első lépésként a korábbiakban is elemzett vízhozam és csapadék adatok alapján készítettünk összehasonlítást (2. és 3. ábra). Ezt követően a részletesebb eredmények érdekében havi adatsor alapján is összehasonlítottuk a vízhozamot és a csapadékot. A vizsgálatot egy korrelációs függvény segítségével végeztük el. A kapcsolat erősségét a korrelációs együttható, vagyis a Pearson-féle korrelációs együttható jelöli. Ezt az együtthatót r -rel jelöljük, az értéke mindig -1 és 1 közötti (INTERNET1). A vizsgált adatokat egy szórásdiagram segítségével ábrázoltuk, majd elvégeztük a lineáris regressziót. Ezáltal megkaptuk a pontokra legjobban illeszkedő egyenest (4. és 5. ábra).

Ezt követően megvizsgáltuk a vízfolyás egyes részvízgyűjtőin hullott csapadékmennyiségekben fennálló különbségeket. A napi csapadék adatokat a CARPATCLIM adatbázisa szolgáltatta. A számításokhoz a 2010. május 5. és május



2. ábra Az 1. árhullám vízmérce adatainak összehasonlítása Hévízgyörk esetében



3. ábra A 2. árhullám vízmérce adatainak összehasonlítása Hévízgyörk esetében

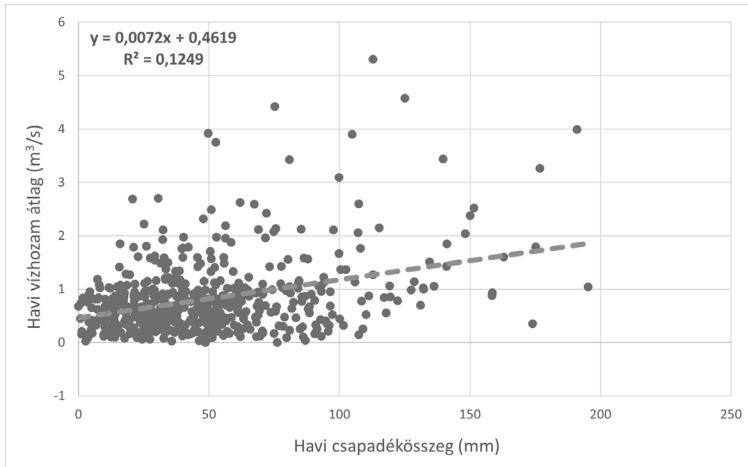
12. közötti csapadék adatokat használtuk, mert az ebben az időszakban lehullott csapadék befolyásolhatta a 2010. május 14. és 2010. május 24. közötti árhullámot (2. ábra).

A folyamat során először részletesen lehatároltuk az egyes részvízgyűjtőket. A vízgyűjtő alapját kb. 30 m felbontású SRTM képezi, amely az amerikai geológiai szolgálat USGS (United States Geological Survey) oldaláról ingyenesen letölthető. Az adatokat ArcGIS 10.8.1 szoftver környezetben dolgoztuk fel, a Spatial Analyst Tool-ban megtalálható Hydrology eszköz segítségével. A Hydrology fülön belül lehetőségünk van felépíteni az általunk kívánt vízgyűjtő vektoros állományát és lehatárolni a részvízgyűjtőket. A munkafolyamat lépései egymásra épülők. Elsőként feltöltésre kerültek a mélyedések, ezt követően meghatároztuk a lejtők irányát. Következő lépésként a cellákhoz tartozó felvízi cellák számát definiáltuk. Ez alapján megállapítható volt, hogy melyik cellák számítanak medernek és hol vannak magasságbeli különbségek. Majd lehatároltuk a vízgyűjtőt és osztályoztuk a vízgyűjtőn található mellékvízfolyásokat. A folyamat utolsó lépéseiben már vektoros állománnyal dolgoztunk, ahol lehetőségünk volt meghatározni a vízfolyások torkolatánál az összefolyásokat. Végezetül pedig létrejött egy vektoros állomány a lehatárolt részvízgyűjtőkkel.

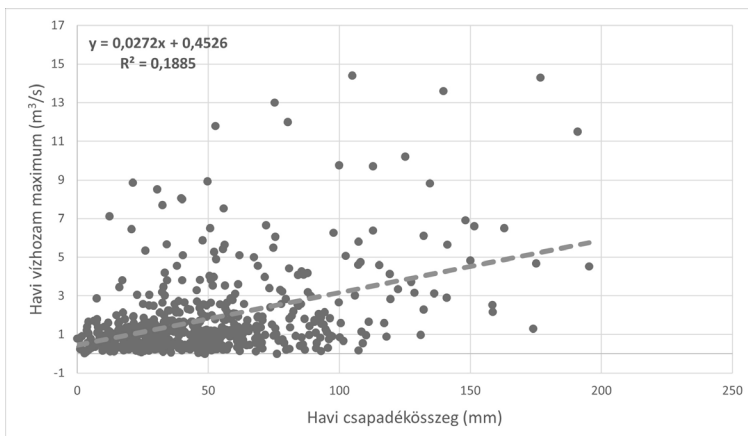
Ageneráltrészvízgyűjtőkre területarányosan súlyozva számítottuk ki az értékeket a gridrácsok csapadékösszegei alapján. A folyamat során először megvizsgáltuk, hogy egy-egy gridrács mekkora részt foglal el egy adott részvízgyűjtő területéből, majd az így számított arányokat használtuk fel az egyes csapadékmennyiségek súlyozásához. A számítások automatizálása Python 3 programozási nyelven történt. Bizonyos részfeladatokat a QGIS Python környezetében hajtottunk végre a PyQGIS könyvtár felhasználásával.

Eredmények

Az éves vízhozam maximumot vizsgálva megállapítottuk, hogy eltérő a vízhozam mértéke a két település esetében. Néhány évtől eltekintve (pl. 1974, 1996, 2008), Galgamácsán magasabb értékek mérhetők. Az éves vízhozam átlagot



4. ábra A havi csapadékösszegek és a vízhozam átlagának korrelációja Hévízgyörk esetében

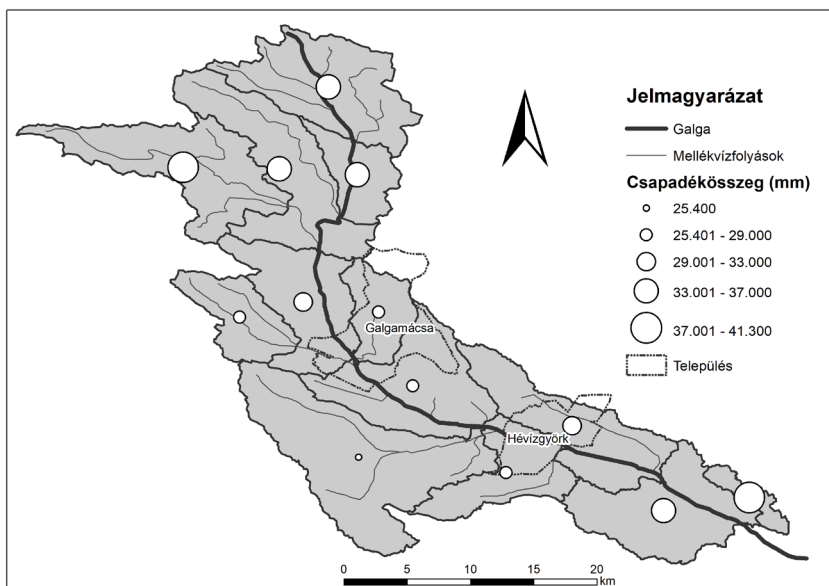


5. ábra A havi csapadékösszegek és a vízhozam maximumának korrelációja Hévízgyörk esetében

vizsgálva ez a tendencia megfordul és az értékek Hévízgyörk esetében lesznek magasabbak. Ebből arra lehet következtetni, hogy az északabban fekvő, Galgamácsa településen lévő vízmércét szélsőségesebb értékek jellemzik, ami már nem lokális szintű, hanem egyéb a vízgyűjtőt érő hatásoknak tudható be. Ezt alátámasztja, hogy az éves csapadékot vizsgálva közel azonos értékek lelhetők fel a két településen. Magyarázatot adhat továbbá az is, hogy Hévízgyörk a vízfolyás mentén lejjebb, annak alsó harmadában fekszik, ezért a vízhozam ott kiegyensúlyozottabb.

A lokális szintű vízhozam és csapadékösszegek korrelációja kimutatta, hogy van kapcsolat az értékek között, hiszen a regressziós egyenes balról jobbra emelkedik minden esetben és a regressziós együtthatók előjele pozitív (4. és 5. ábra). Hévízgyörk esetében a havi vízhozam átlag és a csapadékösszeg összehasonlításánál a korrelációs együttható 0,35, míg a havi vízhozam maximum és a csapadékösszeg összehasonlításánál 0,43. Ugyanezek az együtthatók Galgamácsa esetében 0,38 és 0,39-es értékeket generáltak. A kapcsolat a hévízgyörki havi vízhozam maximum és a csapadékösszeg közepes mértéke mellett a másik három esetben gyenge a csapadékösszegek és a vízhozamok között az Evans-féle csoportosítás alapján (EVANS 1996). Ez alapján a lokális csapadék kis hatást gyakorol az ezeken a településeken mérhető vízhozamokra. Mivel ez az együttható Hévízgyörk esetében magasabb volt (tehát lokálisan nagyobb befolyással bír a csapadék), ez alátámaszthatja az éves adatoknál felmerült következtetést, miszerint Galgamácsa vízhozamát nagyobb mértékű külső hatás éri (pl. a vízgyűjtő északi részéről lefolyó víz).

Az árhullámok vizsgálata viszont éppen azt igazolta, hogy a helyi vízmércék vízhozama és a lokálisan lehulló csapadék kapcsolatban áll egymással. Jól



6. ábra A Galga-patak részvízgyűjtőinek csapadékösszegei egy árhullám (2010.05.05-05.12.) idején

kirajzolódik, hogy a kimagasló csapadékmennyiség 1–2 napon belül egy hasonlóan kiugró vízhozam értéket eredményez, ami egy gyorsan létrejövő árhullámot generál (2. és 3. ábra). A kutatás részletesebbé tétele érdekében elkészítettük az egyes részvízgyűjtők csapadékösszegeit ábrázoló térképet az első vizsgált árhullám (2. ábra) előtti 8 napról, hogy vizsgáljuk a vízgyűjtőn lehulló csapadék és az árhullámok kapcsolatát.

Ahogy a térképen is láthatjuk a vizsgálat és az árhullám által is érintett településektől északra nagyobb mennyiségű csapadék hullott a 2010. május 5–12. közötti időszakban. A települések fő súlypontjában elhelyezkedő részvízgyűjtők csapadéka ugyanazon időszakban jellemzően elmaradt az előbbiekhöz képest. Az északi területek nagyobb mennyiségű csapadékát jellemzően a forrásvidék magasabb tengerszint feletti magassága okozhatta. Az eredmények alapján javasoljuk egy olyan rendszer felállítását, amely riasztást adhat le a vízgyűjtő északi részén tapasztalható nagyobb csapadékesemények idején a délebbre található, a vízfolyás völgyére támaszkodó települések védelme érdekében.

Egyetlen vizsgált árhullám után nem vonhatunk le végleges következtetéseket, ezért a jövőben kutatásaink során további árhullámok és csapadék események kapcsolatát szeretnénk vizsgálni a részvízgyűjtők tekintetében.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Debreceni Egyetem Tehetséggondozó Program (DETEP) támogatásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

- EVANS J. (1996): Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences. Brooks/Coole Publishing, Pacific Grove
- KISS T. (2015): Fluviális folyamatok antropogén hatásra megváltozó dinamikája: egyensúly és érzékenység vizsgálata folyóvízi környezetben. MTA Doktori értekezés.
- KOVÁCS J. (2005): Kisvízfolyások rehabilitációja és fenntartható használata – kutató, információs program a Galga vízgyűjtőjére. EMLA Alapítvány, Budapest, pp. 51.
- LÁNG S. (1952): A Cserhát morfológiája I. rész. Földrajztudományi Kutatócsoport, Budapest, pp. 775–779.
- MIKE K. (1991): Magyarország ösvízrajza és felszíni vizeinek története. Aqua Kiadó, Budapest.

Internetes források

INTERNET1 – ELTE Regionális Földrajzi Tanszék. http://geogr.elte.hu/REF/REF_Kiadvanyok/REF_RTT_11/RTT-11-04-korregr.pdf Letöltés ideje: 2021 szeptember.

Fotogrammetriai módszerekkel feldolgozott adatok használata épületek szolárenergia-potenciáljának számítása során

Varga Ákos¹ – Szatmári József – Tobak Zalán – Boudewijn van Leeuwen – Mucsi László

¹ PhD hallgató, Szegedi Tudományegyetem, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem utca 2-6., vga.akos@gmail.com

Absztrakt: Az előadás fő témája a fotogrammetriai úton feldolgozott adatokon alapuló szolárenergia-potenciál számítások elvégzése, amely során fotogrammetriai módszerrel feldolgozott légi felvételekből kinyert adatokat használtunk fel 3D-s épületmodellek létrehozására, és ezeken alapuló szolárenergiapotenciál-számításokat végeztünk két szegedi mintaterületen. A felvételek fotogrammetriai feldolgozását követően az objektumalapú képelemzés segítségével a tetők fölé érő vegetációt különítettük el, majd RANSAC-algoritmuson alapuló síkdetektálást alkalmaztunk az egyes tetősíkok pontfelhőből történő kinyerésére. Ezen lépések kimeneteit felhasználva kiszámítottuk a rájuk eső szolárenergia-értékeket. Procedurális modellezési eljárásokkal vizualizáltuk a végső modelleket. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a mintaterületek épületeinek döntő többsége alkalmas napelemek telepítésére és a bennük rejlő napenergia-potenciál mindenképpen említésre méltó mindkét vizsgált területen.

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben az emberiségnek egyre komolyabb kihívásokkal és változásokkal kell szembenéznie, többek között olyan, egymásra kölcsönösen ható folyamatokkal, mint a klímaváltozás, a demográfiai változások, az urbanizáció, a globalizáció és a fogyasztás-orientált gazdaságok átalakulása energiahatékony és fenntartható gazdaságok felé. A városok 3D-s modellezése egyre nagyobb szerepet kap, egyre több területen válik kívánatosná, szükségessé a sokszínű felhasználási lehetőségeinek, az egyre növekvő információ-mennyiségnek és az ezzel járó folyamatos technológiai fejlődésnek köszönhetően. Napjaink egyik népszerű településfejlesztési irányzata az okosváros-koncepció mind a tudományos, mind a döntéshozói közegekben és a köztudatban is egyre népszerűbb (SZATMÁRI ET AL. 2019). Mivel az emberiség számára egyre inkább nyilvánvalóvá válik, hogy a jövő kulcsa a fenntartható fejlődésben rejlik (HENITS ET AL. 2017), világszerte számos ország és város ösztönzi a napenergia használatát az egyéb energiatechnológiák mellett.

A napenergia aktív és passzív felhasználása hatékonyabbá teheti az energiagazdálkodást a városi, kereskedelmi és ipari terekben egyaránt. Aktív működése során a rendszerbe visszatermelt villamos energia egyaránt tehermentesítheti a szolgáltatókat és fogyasztókat, hatékonyabbá téve az elosztást

a jogi és infrastrukturális környezet lehetőségein és korlátjain belül (GÁL – MUCSI 2015). Passzív alkalmazása során az épületek tetőire, homlokzatára rögzített panelek segíthetik az energia-háztartás optimalizálását a tervezéstől kezdve a hosszú távú fenntartásig.

Az közelmúlt rohamos tempójú technológiai fejlődésének köszönhetően jelentős előrelépés történt a besugárzási modellek terén is analitikai, numerikus-szimulációs, statisztikai módszerek bevezetésével és fejlesztésével (KODYSH ET AL. 2013). Ezen módszerek közös jellemzője volt azonban, hogy nagy mennyiségű, többnyire empirikus úton beszerezhető adatot igényeltek, melyek gyakran (pl. a nehezen elérhető térszíneken) korlátozták a lehetőségeiket. A GIS megjelenése (HOFIERKA – ŠÚRI 2002; HAMMER ET AL. 2003; ŠÚRI – HOFIERKA 2004), hardveres és szoftveres fejlődése a területen nagy előrelépést jelentett, többek között a felszínmodellek könnyebb elérhetősége, egyre jobb minősége egyaránt lehetővé tette a korábbi akadályok áthidalását és új módszerek kidolgozását. Különös figyelmet érdemelnek a mesterséges intelligenciát, gépi tanulást alkalmazó módszerek (MOHANDÉS ET AL. 1998; TYMVIOS ET AL. 2005; MUBIRU – BANDA 2008), hiszen ezek révén gyorsabbá és hatékonyabbá válik a napelemek telepítésével kapcsolatos térbeli problémák megoldása. Ugyan hazánkban is számos tanulmány született a témában, (GÁL – UNGER 2011; FRANK – MUCSI 2014; GÁL – MUCSI 2015; SZABÓ ET AL. 2016), a terület nem tartozik a gyakran kutatottak közé.

A munka célja egy olyan módszer fejlesztése, bemutatása volt, amely a rendelkezésre álló adatokban rejlő lehetőségeket és korlátokat figyelembe véve lehetővé teszi a valósághű tetősíkokat tartalmazó 3D-s épületmodellek létrehozását, majd ezen eredmények további felhasználását az épületek, illetve az egyes tetőszegmensek napenergia-potenciáljának kiszámítása során.

Az előadás során az alábbi kérdésekre kerestük a választ:

- Az alkalmazott módszerek alkalmasak-e a feldolgozás és a vizsgálatok hatékony elvégzésére?
- A mintaterület épületei alkalmasak-e napelemek telepítésére?
- Az eredmények alapján az egyes tetők mekkora napenergia-potenciállal rendelkeznek?

Adat és módszer

A felhasznált légi felvételek és feldolgozásuk

A feldolgozás során használt felvételek a Szegedi Tudományegyetem Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszékének, illetve a légi felvételezés platformjául szolgáló Cessna kisrepülőgépet üzemeltető külső partner munkatársainak együttműködésével készültek. A felvételezés két mintaterületen, a szegedi Alsóvárosban, illetve az Újrókus–Makkosháza–Északi-város városrészek által határolt Vértó környékén történt, kb. 600 méter felszín feletti magasságból, így elérve a kívánt 5 cm-es terepi felbontást. A tanulmányban ismertetett pontfelhő

az itt adott pontsűrűséggel légi lézeres eljárással is előállítható, amelynek gazdaságosságát nem vizsgáltuk. A rendelkezésre álló eszközeink az alapadatok fotogrammetriai úton történő előállítását tették lehetővé

A légi felvételeket az AgiSoft Metashape Professional fotogrammetriai szoftverrel dolgoztuk fel. Elsődleges bemeneti adatok a légi fotók, a hozzájuk tartozó metaadat, illetve a georeferálás során használt, a tanszék munkatársai által korábban felmért földi illesztőpontok voltak. A további másodlagos inputadatok (ortofotó, felszínmodell, pontfelhő, épületpoligonok) mind a különböző munkafolyamatok eredményeként jöttek létre a feldolgozás során.



1. ábra A felmérés során használt kamera és tartószerkezete a gimballal

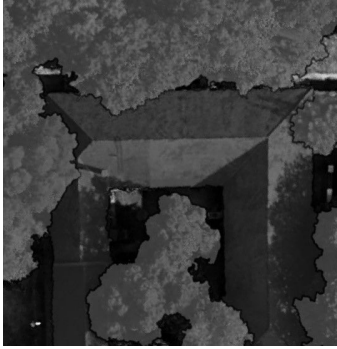
Az adatgyűjtés során használt eszközök paraméterei (1. ábra):

- Repülőgép típusa: Cessna-172
- Gimbal típusa: DJI Ronin MX
- Kamera típusa: PhaseOne iXU150 középformátumú RGB 50 MP, 8280 × 6208 felbontás
- Objektív: Schneider Kreuznach, 55 mm f/2,8
- Pixelméret: 5,3 μm

A végső eredmények előállításához számos lépést, illetve módszert alkalmaztunk, amelynek sarkalatos pontja a nyers légi fotók fotogrammetriai úton történő feldolgozása volt. Ez a munkafolyamat, illetve a megfelelően kiválasztott beállítások kulcsfontosságúak voltak a feldolgozás további részeit illetően, mivel nagyban meghatározták az ortofotó, a pontfelhő és a felszínmodell, ezáltal minden ezekre épülő lépés kimenetének a minőségét is. A feldolgozás célja nagy térbeli felbontású és pontosságú termék előállítása volt. Az alsóvárosi mintaterületet 102 db, a Vértó mintaterületet pedig 246 db kép fedte le. Előbbinél a georeferáláshoz 14 db, míg utóbbi esetében 6 db RTK GNSS-műszerrel mért felszíni illesztőpontot (GCP-t) használtunk fel, így a légiháromszögelés eredményeként a tömbökre kb. 4 cm-es RMS-hibát kaptunk.

Vegetáció eltávolítása objektumalapú képelemzéssel

A számítások pontosságának és a valósághű modellek létrehozásának érdekében szükséges volt a tetők fölé belógó vegetáció kiszűrése, elkülönítése és a pontfelhő tisztítása, melyekhez az objektumalapú képelemzés módszerét (OBIA – Object Based Image Analysis) alkalmaztuk (HOSSAIN – CHEN 2019). A hagyományos, pixelalapú képvizsgálati módszerekkel összevetve, amelyek leginkább a spektrális tulajdonságokon és textúrán alapulnak, ennek legfőbb jellemzője, hogy az objektumok térbeli viszonyai, jellemzői (alak, méret, objektumon belüli pixelértékek, szomszédság stb.) kerülnek előtérbe (HAY – CASTILLA 2008). Egyik



2. ábra Az OBIA után kapott vegetációs maszk részlete

kritikus lépése a szegmentáció, melynek célja a keletkező képjelöltek és a leképezett földfelszíni objektumok közötti kapcsolat megteremtése, illetve annak definiálása (BLASCHKE ET AL. 2008). Másik fontos lépése az objektumokon alapuló tulajdonságok kinyerése, illetve az osztályozás. A feldolgozás ezen részét Trimble eCognition szoftverrel végeztük el.

A folyamat során bemeneti adatként a légi felvételek feldolgozásából származó digitális felszínmodell, illetve az ortofotó szolgáltak. Az először elméleti, majd később empirikus úton létrejött szabálykészlet (ruleset) meghatározó elemei az objektumokat eredményező szegmentálás (chessboard, multiresolution), a különböző szomszédsági (relative to) és az egyes objektumok pixelértékein (brightness, greenness stb.) alapuló eljárások, végül az osztályozás (assign class) voltak. A módszert csak az alsóvárosi mintaterületen alkalmaztuk, annak családi házas, „zöldebb” jellege miatt, míg a Vértó mintaterületen található panel- és társasházak magasságából fakadóan nem volt zavaró a vegetáció jelenléte. Ezen lépés eredménye egy shape-állomány lett, amely a továbbiakban lehetővé tette a vegetáció többi tereptárgytól történő elkülönítését (2. ábra).

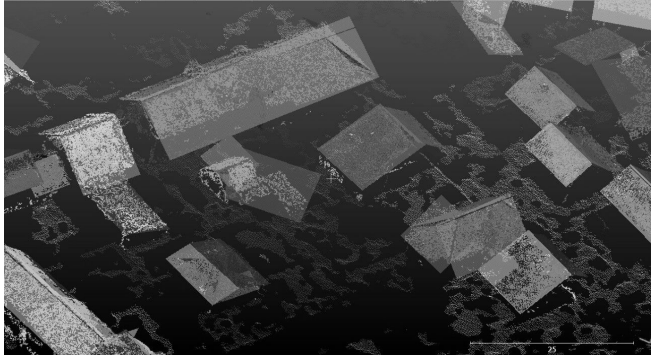
Digitalizálás és szűrés

A munkafolyamat során az eddig elkészült adatok szűrése és tisztítása mellett az épületek poligonjainak létrehozására is szükség volt, mely az ArcGIS Pro szoftver segítségével történt meg. A pontfelhőből a LAStools eszköztár eszközeinek segítségével a vegetáció kivágásra került az előzőekben létrehozott maszk alapján. További automatikus osztályozás és a nem szükséges pontok (kémények, tetők alatti részek stb.) eliminálása után az épületpoligonok alapján a tetőkön kívüli részeket is kivágtuk.

Síkdetektálás és modellalkotás

A feldolgozás egyik meghatározó lépése a 3D pontfelhőből az egyes tetősíkok kinyerése volt, ehhez a CloudCompare nyílt forráskódú, pontfelhők megjelenítésére és feldolgozására alkalmas szoftver, ezen belül pedig a különböző síkok detektálására alkalmas RANSAC-algoritmus, illetve a hozzá kapcsolódó, parancssorból futtatható „Ransac shape detection” nevű plugin (SCHNABEL ET AL. 2007) volt segítségünkre (VARGA 2020).

A RANSAC (FISCHLER – BOLLES 1981) egy iteratív módszer, mely egy matematikai modell paramétereinek becslését végzi olyan adathalmazból, amely nagyszámú, kilógó, oda nem illő pontot (outlier) tartalmaz. Működésének alapelve, hogy az algoritmus véletlenszerű módon (RANDOM) egy részhalmazt (SAMPLE)



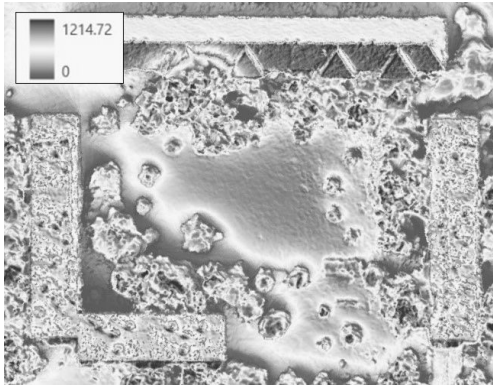
3. ábra A RANSAC síkdetektálás eredményeinek egy részlete

választ ki az adathalmazból, majd arra illeszt egy modellt. Ezután az algoritmus a többi pontra meghatározza, hogy azok mennyire illeszkednek az előzőleg kapott, becsült modellhez, amelynek feltétele, hogy a megadott küszöbértéknek (hibahatárnak) megfeleljenek (BARATH – MATAS 2018; DERPANIS 2010). Az iteráció során a legtöbb illeszkedő ponttal (inlier) rendelkező modellt finomítja azok alapján (pl. legkisebb négyzetes illesztés), a halmaz pontjait az adott modellhez tartozónak feltételezi (Consensus) és tárolja a finomított verzió paramétereit. Az iterációk száma a feldolgozás idejére és az eredmények pontosságára is egyaránt erős befolyással van.

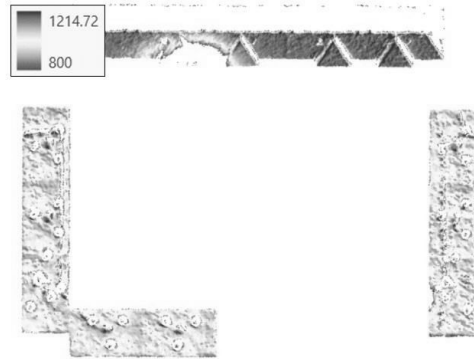
Az algoritmus futtatása előtt a szoftverben megtalálható eszközökkel a földi pontok elkülönítésre kerültek (CSF filter), illetve egy zajszűrő (noise filter) algoritmust is lefuttattunk a lehető legjobb eredmény érdekében. Az így kapott adat már alkalmas volt a RANSAC síkdetektáló és illesztő algoritmus alkalmazásával az egyes tetősíkok kinyerésére. Az eredményeket exportáltuk, majd ESRI (3D) Shapeformátumba konvertáltuk (3. ábra). Ahol a kapott objektumok nem illeszkedtek megfelelően, vagy átfedésben voltak, ott manuális módon a javításuk, egymáshoz illesztésük is megtörtént. Az digitalizált épületpoligonok és a tetősíkok 3D-ben történő kiterjesztése, majd az egymást térben átfedő részek kinyerése után létrejöttek a detektált síkokhoz és a digitalizált poligonokhoz egyaránt illeszkedő 3D-s épületmodellek.

Napenergiapotenciál számítása

Az ArcGIS Pro „Area Solar Radiation” eszközét alkalmaztuk a globális besugárzás értékeinek meghatározására, adott időpontokban, mely figyelembe veszi a felszínmodell magassági értékeit – ami a különféle kitakarások, árnyékok (pl. vegetáció, épületek stb.) szempontjából rendkívül hasznos –, továbbá a kitétségi és lejtőszögértékeket is. A számítás során számos, a Napra, a légkörre és az időpontra vonatkozó változó definiálása szükséges, melyek aztán az eredményre és a feldolgozás hosszára is jelentős hatással vannak. Mindkét mintaterületen a 2019-es év minden napján, óránkénti intervallumban történt meg a beeső sugárzás értékének kiszámítása (4. ábra). Az eszköz egyetlen bemeneti állománya az előzőekben létrehozott



4. ábra A teljes globális besugárzási raszter egy részlete (kWh/m²/év)



5. ábra A tisztított globális besugárzási raszter egy részlete (kWh/m²/év)

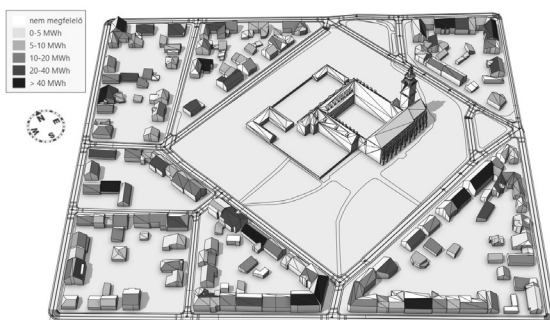
felszínmodell volt, a kalkulációhoz szükséges minden információt (magasság, lejtőszög és kitettség) ebből, illetve az adott pontok földrajzi helyzetéből (napsugarak beesési szöge, sugárzási idő, tulajdonképpen a Nap égbolti helyzete) nyertük ki a futtatás során.

Különböző feltételek megfogalmazásával a 800 kWh/m²/év-nél kisebb globális besugárzási értékkel rendelkező, az északi kitettségű és a 45 foknál meredekebb lejtőszögű területek kivágásra kerültek (5. ábra). Az egyes épületepoligonok területére eső pixelértékek statisztikai értékeit is kiszámítottuk, illetve hozzárendeltük (min, max, átlag, összeg). A kis területű tetőszegeket kizártuk a további számításokból, így a megmaradt tetőfelületek elméletben megfelelőek a panelek telepítésére.

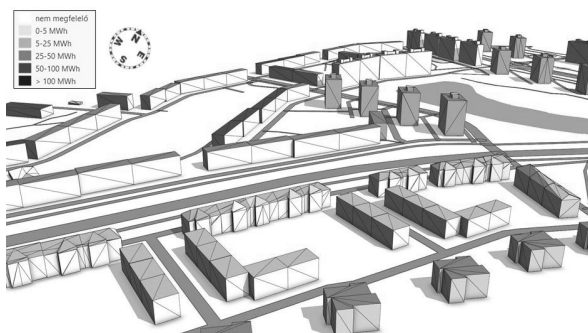
Az adattáblába két új mező is került, egy az adott szegmens területére eső teljes besugárzási értéket, egy pedig az ebből származtatott ténylegesen felhasználható energia-potenciál értékét tartalmazza. Előbbit az adott szegmens átlagos besugárzási értékének MWh/m²/év-be történő átváltása és a szegmens területével való szorzása után kapjuk meg. A tényleges kapacitás számításánál figyelembe kell venni a napelemek hatásfokát is, azaz azt, hogy a napelemet ért napsugárzás hány százalékát tudja hasznosítani az adott panel. Ez az érték átlagosan 15% körül mozog. A másik fontos tényező a rendszer működése során fellépő veszteség, amely alapvetően a rendszer felépítéséből adódik. Ez az érték is 15% körülire tehető (United States Environmental Protection Agency 2020). Így tehát, ha a tetőre érkező össz sugárzást megszorozzuk 0,15-tel, megkapjuk a hatékonyan feldolgozott energiamennyiséget, melynek a 85%-át véve megkapjuk a végső, veszteség utáni értékeinket, azaz azt, hogy egy tetőszege potenciálisan mennyi energiát tud termelni (MWh-ban) az adott évben. Nyilvánvaló, hogy a valóságban ez kevesebb valamennyivel, hiszen a számítás során a sík teljes területére kapunk értéket, de nem mindig lehet a teljes tetősíkot napelemekkel lefedni, többek között a tetőkön található különféle objektumok, ablakok, kémények, szellőzők jelenléte miatt. Ezek elkülönítése a homogén tetőfelületektől további, jövőbeli munka célját képezi majd.



6. ábra Rekonstruált tetőszerkezetek textúrákkal és vegetációval megjelenítve



7. ábra Az egyes tetősíkok éves napenergia-potenciálja, az Alsóváros-mintaterületen



8. ábra Az egyes tetősíkok éves napenergia-potenciálja, a Vértó-mintaterületen (részlet)

A modellek vizualizációja

Az eredményül kapott 3D-s modellek bemutatása az ESRI CityEngine, procedurális modellezési eljárásokon alapuló szoftverének használatával történt (6. és 7. ábra). A módszer alkalmazása során a számítógép egy, a felhasználó által megfogalmazott, több parancsból álló kódalapú „eljárást”, végrehajtási módot kap. A felhasználó nem közvetlen módon szerkeszti a modellt, hanem az elvégzendő feladatot attól elvonatkoztatva, szabályokkal, egy rule-fájlban fogalmazza meg. A program a szabályokat a CGA (Computer Generated Architecture) shape grammar, azaz egy alakzatokra vonatkozó programozási nyelv alkalmazásával értelmezi és hajtja végre, melyet 3D-s építészeti objektumok létrehozására terveztek.

1. táblázat A mintaterületek épületeire vonatkozó eredmények

	Vértó-mintaterület	Alsóváros-mintaterület
összes épület (db.)	159	232
összes szegmens (db.)	395	380
alkalmas szegmens (db.)	322	248
átlag (MWh/év)	33,34 (26,17)	8,23
terület összpotenciál (MWh/év)	10736,63 (8402,31)	2041,04

2. táblázat Az elméleti fedettségi értékeknek megfelelő szegmensek

	2.16 MWh/év teljesítményt elérő szegmensek (db)	
elméleti fedettség (%)	Vértó-mintaterület	Alsóváros-mintaterület
100	310 (96,27%)	183 (93,79%)
75	288 (89,44%)	177 (71,37%)
50	237 (73,62%)	169 (68,14%)
25	177 (54,97%)	112 (45,16%)

3. táblázat A mintaterületekre eső potenciál-értékek

	Vértó-mintaterület	Alsóváros-mintaterület	Mértékegység
az összes alkalmas terület	86609,35	15744,23	m ²
az alkalmas területekre jutó összes energia	84208,8516	15513,6782	MWh/év
1 m ² -re jutó évi energia	0,97228	0,98536	MWh/év
1 m ² -re jutó napi energia	0,00266	0,00270	MWh/nap
1 m ² -re jutó napi energia	9,58965	9,71859	MJ/nap

Eredmények

A számításokból kiderült, hogy az alsóvárosi területen található tetőszegmensek átlagos szolárenergia-potenciálja 8,23 MWh/év, míg a vértói mintaterületen ez az érték 33,34 MWh/év volt. Az 1. táblázatban látható eredmények jól mutatják a két mintaterület jellege közötti különbséget. Alsóvároson sokkal inkább a családi, társas- és sorházak dominálnak, kisebb és alacsonyabban található tetőfelületekkel, melyeken a vegetáció hatása is sokkal jobban érvényesül. A vértói mintaterületen alapvetően panelek, nagyobb méretű társasházak és üzletek (kiugróan nagy területe miatt zárójelben a Tesco áruház értékei nélkül mért eredmények) a jellemzőek, nagy területű, lapos, takarásmentes tetőfelületekkel. A 2. táblázat értékei megmutatják, hogy egy elméleti, napelemekkel történő befedés esetén hány szegmens éri el az egy háztartási fogyasztóra jutó évi villamosenergia-fogyasztást, mely Magyarországon 2018-ban kb. 2,16 MWh volt (Központi Statisztikai Hivatal 2019). A 3. táblázatban a kapott eredmények 1 négyzetméterre vonatkoztatott értékei találhatóak. Fontos

megemlíteni, hogy a vizsgálat egy erősen idealizált helyzetet feltételez, a panelek teljesítménye rendkívül sok tényezőtől függ. Ilyen például elsősorban a földrajzi helyzet, az időjárás és a légkör jellemzői, a panelek típusa, minősége stb. Amennyiben az lehetséges, a tényleges rendszerek tervezése és kivitelezése során számolnunk kell ezekkel a változókkal a megfelelő eredmény érdekében.

Összefoglalás

A munka során a fő cél a fotogrammetriai módszerekkel feldolgozott légi felvételekből kinyert adatok felhasználása volt 3D-s épületmodellek létrehozása, illetve az azokon alapuló szolárenergia-potenciál számításának elvégzése érdekében. A különböző lépések során számos módszert alkalmaztunk. Az objektumalapú képelemzés – amellyel a vegetációt különítettük el – megfelelő eredményt szolgáltatott, ám ehhez az egyes beállítások és küszöbértékek gondos megválasztása elengedhetetlen volt. A RANSAC algoritmuson alapuló síkdetektálás is alkalmasnak bizonyult a kívánt eredmények tekintetében, azonban a módszer korlátjaira is fény derült: az algoritmus számára nem ismert, hogy a pontfelhő, amiben a síkokat detektálja, mit „ábrázol”, azaz pl. az egymáshoz kapcsolódó, lapos tetőkkel rendelkező épületeket egy síkként kezelte. További problémát jelentett, hogy az eredményül kapott tetősíkok sok esetben nem illeszkedtek egymáshoz megfelelően, vagy túllógtak a tető valós kiterjedésén. Ennek oka, hogy az algoritmus komplex alakzatok detektálására nem alkalmas, így a hibák javítása manuális módon történt meg, ezzel jelentősen megnövelve a folyamat idő- és munkaidényét. A jövőben ezt a lépést célszerű továbbfejleszteni, vagy egyéb alakzatfelismerő és -illesztő eljárásokkal bővíteni. A számítások során felhasznált geometriákon található egyedibb, összetettebb objektumokat (ablakok, kémények, antennák stb.) nem vettük figyelembe. Ezek detektálása és modellezése a továbbiakban a feldolgozás hasznos lépése lehet. Az alkalmazott módszerek összességében tehát alkalmasak az ilyen jellegű vizsgálatok elvégzésére, a fentebb említett korlátok és esetleges fejlesztések, finomítások figyelembevételével.

A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a mintaterületek épületeinek döntő része alkalmas napelemek telepítésére, és a bennük rejlő potenciál mindenképpen említésre méltó mindkét vizsgált területen. Fontos megjegyezni, hogy számos változó befolyásolhatja az eredményeket, megválasztásuk mindig az adott vizsgálat körülményeitől függ. A számítások során ideális, napos időt, tiszta égboltot feltételeztünk, melynél a valóság nyilvánvalóan árnyaltabb. Ahogyan azt GÁL – UNGER (2011) kutatása is jól mutatja, az épületek árnyékoló, kitakaró hatása számottevően befolyásolja a tetők potenciális szolárisenergia-bevételét, az évszakok és az időjárás változásainak függvényében. Munkájuk során az év négy kitüntetett napján (nap-éj egyenlőségek, napfordulók) vizsgálták Szeged belvárosában található tetők energiapotenciálját. Míg nyáron, júniusban az értékek 25 MJ/m² körül mozogtak, ugyanezen területen decemberben már csak 5 MJ/m²

körüli értékeket kaptak, átlagosan 14,84 MJ/m²/nap volt a potenciál. Az általunk kapott értékek egy napra átlagosan az Alsóváros mintaterületen 9,72 MJ/m², a Vértó mintaterületen pedig 9,59 MJ/m² voltak. A nagyságrendileg egyező eredmények megerősítést adnak a számítások helyességéről, a különbségek pedig alátámasztják a befolyásoló tényezők (pl. időjárás, időbeli felbontás) és körülmények (pl. a terület adottságai, épületmagasságok) fontosságát a hasonló vizsgálatok során. Az Alsóváros mintaterületen az épületek magasságának változatossága és a vegetáció jelenléte erősen befolyásolja a potenciált. A vértói mintaterületen az épületek nem takarták ki egymást, a növényzet jelenléte sem jellemző. Az alacsonyabb értékeket magyarázhatja, hogy a belvárossal ellentétben itt szinte csak lapos tetők találhatóak, ennek megfelelően a számítások során használt lejtőszög- és kitétségi értékek is ezeken alapultak. A napelemeket viszont az ilyen felületekre is döntve, az adott viszonyoknak megfelelően szokás telepíteni.

Az elméleti eredmények mellett érdemes figyelembe venni az aktuálisan adott jogi, technológiai, illetve infrastrukturális körülményeket is, melyek gyakran inkább korlátozói, mint elősegítói a napelemes rendszerek telepítésnek. Kedvező fekvésének köszönhetően Szegeden a geotermikus energia mellett számottevő lehetőség rejlik a Naptól származó sugárzás megújuló, zöld energiaforrásként való hasznosításában is, melynek jelenlegi, alacsony részesedése a többi energiaforráshoz képest a jövőben orvosolandó feladatunk lesz.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium TKP2020 Tématerületi Kiválósági Program (NKFIH-1279-2/2020. azonosító szám) és a NKFI-6 K124648 sz. projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- BARATH, D. – MATAS, J. (2018): Graph-cut ransac. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 6733-6741. DOI: 10.1109/CVPR.2018.00704
- BLASCHKE, T. (2010): Object based image analysis for remote sensing. In ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 65(1), pp. 2-16. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004
- DERPANIS, K. G. (2010): Overview of the RANSAC Algorithm. In Image Rochester NY, 4(1), pp. 2–3.
- FISCHLER, M. A. – BOLLES, R. C. (1981): Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. In Communications of the ACM, 24(6), pp. 381-395. DOI: 10.1145/358669.358692
- FRANK M. – MUCSI L. (2014): Automatikus felületmodell-előállítás és szoláris energia-

- bevétel számítása egy szegedi mintaterületen. *Geodézia és Kartográfia*, 2014/1-2, 66, pp. 16–22.
- GÁL T. – UNGER J. (2011): Tetők potenciális szoláris energia-bevételének kiszámítása egy belvárosi területen. In *Magyar Épületgépészet*, 60(10), pp. 7–10.
- GÁL T. – MUCSI L. (2015): Naperőmű termelésbecslése rövidtávú időjárás előrejelző modell segítségével. In: *Tovább egy zöldebb úton: A Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport részvétele a ZENFE programban (2013-2015)*, pp. 27–31.
- HAY, G. J. – CASTILLA, G. (2008): Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA): A new name for a new discipline. In Blaschke, T., Lang, S., Hay, G. (Eds.): *Object Based Image Analysis*. Springer, Heidelberg, Berlin, New York, pp. 75–89. DOI: 10.1007/978-3-540-77058-9_4
- HAMMER, A. – HEINEMANN, D. – HOYER, C. – KUHLEMANN, R. – LORENZ, E. – MÜLLER, R. – BEYER, H. G. (2003): Solar energy assessment using remote sensing technologies. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), pp. 423-432. DOI: 10.1016/S0034-4257(03)00083-X
- HENITS L. – MUCSI L. – LISKA Cs. M. (2017): Monitoring the changes in impervious surface ratio and urban heat island intensity between 1987 and 2011 in Szeged, Hungary. *Environmental Monitoring And Assessment*, 189(2) Paper(86), 13 p. DOI: 10.1007/s10661-017-5779-8
- HOFIERKA, J. – SURI, M. (2002): The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications. In *Proceedings of the Open source GIS-GRASS users conference*, Vol. 2002, pp. 51–70.
- HOSSAIN, M. D. – CHEN, D. (2019): Segmentation for object-based image analysis (obia): A review of algorithms and challenges from remote sensing perspective. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 150, pp. 115–134. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2019.02.009
- KODYSH, J. B. – OMITAOMU, O. A. – BHADURI, B. L. – NEISH, B. S. (2013): Methodology for estimating solar potential on multiple building rooftops for photovoltaic systems. *Sustainable Cities and Society*, 8, pp. 31-41. DOI: 10.1016/j.scs.2013.01.002
- MOHANDÉS, M. – REHMAN, S. – HALAWANI, T. O. (1998): Estimation of global solar radiation using artificial neural networks. *Renewable energy*, 14(1–4), pp. 179–184. DOI: 10.1016/S0960-1481(98)00065-2
- MUBIRU, J. – BANDA, E. J. K. B. (2008): Estimation of monthly average daily global solar irradiation using artificial neural networks. *Solar Energy*, 82(2), pp. 181–187. DOI: 10.1016/j.solener.2007.06.003
- SCHNABEL, R. – WAHL, R. – KLEIN, R. (2007): Efficient RANSAC for point-cloud shape detection. In *Computer graphics forum* (Vol. 26, No. 2) Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, pp. 214–226. DOI: 10.1111/j.1467-8659.2007.01016.x
- SZATMÁRI J. – TOBAK Z. – VARGA Á. (2019): Okos város – 3D GIS fejlesztés Szeged városi mintaterületekre. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, Debrecen, 2019. máj. 23–24. pp. 412–413.
- SZABÓ SZ. – ENYEDI P. – HORVÁTH M. – KOVÁCS Z. – BURAI P. – CSOKNYAI, T. – SZABÓ, G. (2016): Automated registration of potential locations for solar energy production with Light Detection And Ranging (LiDAR) and small format photogrammetry.

Journal of Cleaner Production, Volume 112, Part 5, pp. 3820–3829. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.07.117

ŠŮRI, M. – HOFIERKA, J. (2004): A new GIS-based solar radiation model and its application to photovoltaic assessments. Transactions in GIS, 8(2), pp. 175–190. DOI: 10.1111/j.1467-9671.2004.00174.x

TYMVIOS, F. S. – JACOVIDES, C. P. – MICHAELIDES, S. C. – SCOUTELI, C. (2005): Comparative study of Ångström's and artificial neural networks' methodologies in estimating global solar radiation. Solar energy, 78(6), pp. 752–762. DOI: 10.1016/j.solener.2004.09.007

VARGA Á. (2020): 3D városmodellezés fotogrammetriai módszerekkel előállított adatok felhasználásával. Diplomadolgozat, Szegedi Tudományegyetem, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, témavezető: Szatmári József.

Internetes hivatkozások

1. Green Power Equivalency Calculator – Calculations and References. <https://www.epa.gov/greenpower/green-power-equivalency-calculator-calculations-and-references>
2. KSH – Idősoros éves adatok – Lakás, kommunális ellátás / Villamosenergia-ellátás. https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_zrk004.html

Vízfelületek és vizes élőhelyek változásának vizsgálata Landsat idősoros adatok alapján

Varga Orsolya Gyöngyi¹ – Kupásné Szalóki Annamária² – Kovács Zoltán³ –
Hunyadi Gergely⁴

¹ vezető kutatómérnök, EnviroSense Hungary Kft., orsolya.varga@envirosense.hu

² tudományos segédmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ,
szaloki.annamaria@unideb.hu

³ IT fejlesztőmérnök, EnviroSense Hungary Kft., zoltan.kovacs@envirosense.hu

⁴ pályázati és projekt ágazatvezető, EnviroSense Hungary Kft., gergely.hunyadi@envirosense.hu

Abstract: Kutatásunk során a vízfelületek és a vizes élőhelyek változásait vizsgáltuk 1990 és 2020 között Debrecen környéki mintaterületen. Olyan módszertant alkalmaztunk, amely egyesítette a vizuális interpretáció és a Landsat közepes felbontásának előnyeit. Kimutattuk, hogy a célterületen a vizes élőhelyek területe mennyiségi és nagyságrendi értelemben nem csökkent, azonban helyzetük átrendeződött, amely tendencia egybevág a Corine Land Cover elemzése alapján nyert adatokkal is. Ugyanakkor vizsgálatunk az eltérő minimális térképezési egység miatt részletesebb képet ad a vizsgált kategóriák alakulásáról. A kutatás során kitértünk továbbá a meteorológiai tényezőknek a célterületek változásával kapcsolatos potenciális hatásaira.

Bevezetés

A vizes élőhelyek védelme már az 1971-ben aláírt Ramsari Egyezményben hangsúlyt kapott, melyet hazánkban módosításaival együtt egységes szerkezetben az 1993. évi XLII. törvény keretében hirdettek ki (INTERNET1). Az egyezmény tartalma meglehetősen tág teret engedett a vizes élőhelyek meghatározásának. Ezen területek nemcsak értékes és a maguk nemében egyedi élőhelyek, de számos védett fajnak is élőhelyet biztosítanak (ÁCS ET AL. 2012). Kutatásunk során a Debrecen környéki vízfelületek és vizes élőhelyek hosszú idősoron át történő követését tűztük ki célul. A Ramsari Egyezmény tágabb értelmezési kerete alapján számos területtípus értékelhető vizes élőhelyként (INTERNET1), ám tekintettel a hosszú követési időre, és az erre a célra alkalmazott szenzor lehetőségeire, a vizsgálni kívánt élőhelyeket robosztus meghatározás mentén jelöltük ki. A vízfelületeket az állandóan vízzel borított területekként, míg a vizes élőhelyeket az időszakos vízborítású területekként határoztuk meg, és ennek megfelelően követtük alakulásukat.

Hajdú-Bihar megye kevésbé gazdag a biztonsággal hasznosítható természetes felszíni vízkészletekben. Debrecen vízgazdálkodási szempontból releváns felszíni vízkészletének eredete szinte kizárólag a Tisza folyó, mely a Keleti-főcsatornán, a Nyugati-főcsatornán, illetve ezek vízrendszerén keresztül érkezik a megye és a város térségébe. Debrecen térségében több tározó és jóléti tó is található, ám ezek létesített vizes élőhelyek lévén nem természetes állapotúak (DEBRECEN KÖRNYEZETI ATLASZA 2017).

Célunk a Debrecen környéki mintaterületen található vízfelületek és vizes élőhelyek követése volt 1990 és 2020 között multispektrális műholdfelvételek alapján. A vízfelületek és vizes élőhelyek azonosítása, valamint a meteorológiai adatok vizsgálata mentén felvázoltuk a 30 év alatt történt változások tendenciáit, illetve párhuzamba állítottuk a változásokat a vizsgált meteorológiai mutatókkal.

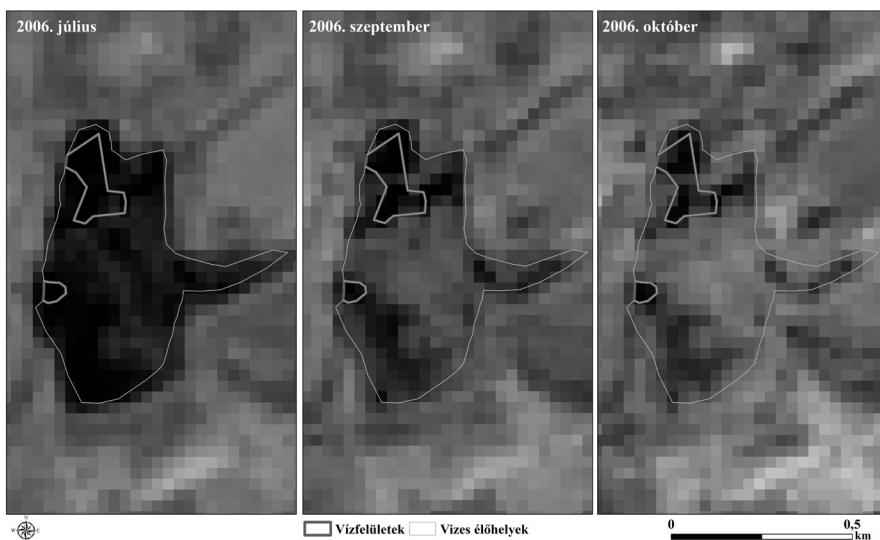
Anyag és módszer

A vízfelületek és vizes élőhelyek követését a Landsat műholdcsalád felvételei alapján végeztük el. A Landsat műholdcsalád egészen az 1970-es évek óta szolgálatban áll. Éppen ezért kitűnően alkalmas hosszú idősoros vizsgálatok lefolytatására, hiszen közepes térbeli felbontása (30 m), illetve multispektrális felvételező rendszere lehetővé teszi a felszínborítás hosszú távú és részletes vizsgálatát. Több korábbi kutatás irányult a vizes élőhelyek Landsat felvételek alapján történő vizsgálatára (FRAZIER – PAGE 2000; JONES 2015). A vizsgálat időbeli kritériumai miatt a Landsat-5 TM és a Landsat-8 OLI műhold felvételeit használtuk, melyek felvételei lefedik az 1990 és 2000 közti célidőszakot. A felvételeket felhőmentesség szempontjából leválogattuk, és kifejezetten a felhőmentes időpontokban készült felvételeket alkalmaztuk. A felvételekből olyan kompozitokat képeztünk, melyek kihangsúlyozták a vízfelületeket (Landsat-5 esetében RGB742, Landsat-8 esetében RGB753 kompozit), illetve MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index, XU 2006) mutatót és annak éven belüli változékonyságát tartalmazó réteget készítettünk. Az MNDWI mutatót széles körben alkalmazzák a vízfelületek hatékony kimutatására (SZABÓ ET AL. 2016; BALÁZS ET AL. 2018). Az éven belüli változékonyságot tartalmazó réteget az elérhető felhőmentes felvételeken számított MNDWI mutatók segítségével alakítottuk ki, így valószínűsíthetővé vált, hogy melyek azok a területek, ahol a vízborítás csak időszakosan jelenik meg.

Az állandó vízborítás alatt álló területeket vízfelületekként azonosítottuk, míg az időszakosan vízborítás alatt álló területeket (tehát ahol az év bármely rendelkezésre álló időpontjában vízborítás vagy jelentős nedvesség jelent meg) vizes élőhelyként azonosítottuk (*1. ábra*). A vizuális interpretáció bevonása lehetőséget teremtett arra, hogy a szántóföldeken megjelenő belvíz okozta foltokat a leírt módszer logikája ellenére ne azonosítsuk tévesen vizes élőhelyként.

A vizes élőhelyek vizsgálatakor érdemes vizsgálni a hőmérséklet, a csapadék, a párolgás, illetve a talajvíz tulajdonságait is, mint potenciális befolyásoló tényezők. A csapadék tekintetében a nyári és a téli félév csapadékmennyiségét, illetve ezek 30 éves átlagtól (1990–2000) való eltérését vizsgáltuk, melyek közül a téli csapadékmennyiség korábbi kutatási eredmények alapján kapcsolatban állhat a talajvízszint változásával (MARTON – SZANYI 2000), amely közvetve hatással lehet a vízfelületek és a vizes élőhelyek visszaszorulására is.

A hőmérséklet tekintetében a meleg és extrém meleg napok számát elemeztük, azonban a párolgásra és a talajvíz elemzésére vonatkozóan nem állt rendelkezésre



1. ábra A vízfelületek és időszakos vízborítás alatt álló területek azonosítása 2006. évi Landsat-5 TM felvételek alapján

megfelelő adat. A csapadék és hőmérséklet adatokat az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) adatbázisából töltöttük le, majd évenként aggregáltan elemeztük azokat.

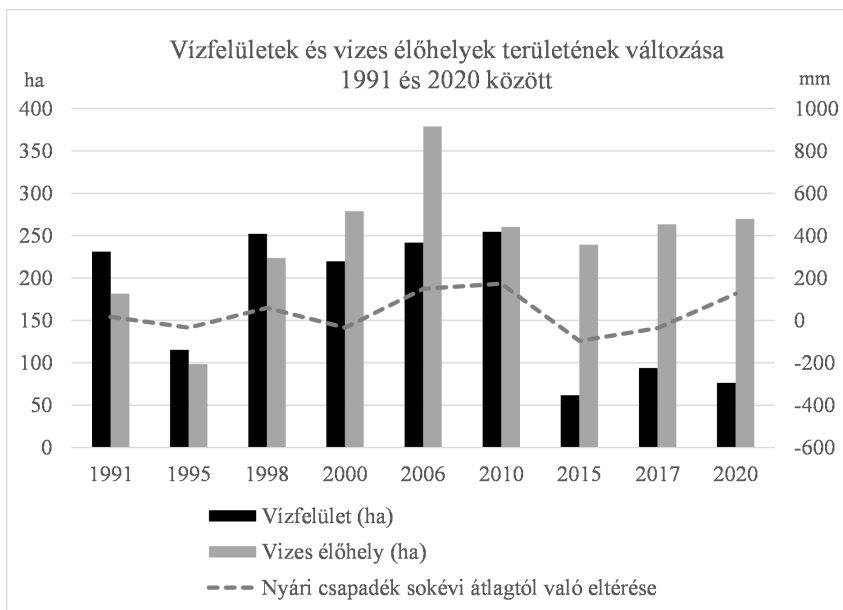
Eredmények és konklúzió

A vizuális interpretáció és vektorizálás eredményeképp meghatároztuk a vízfelületek, illetve a vizes élőhelyek körvonalait, és a vektorizált poligonok segítségével meghatároztuk a vizsgált években a célterületek nagyságát. A 2. ábrán a vízfelületek és vizes élőhelyek elhelyezkedése látható kvázi tíz évenként, míg a 3. ábrán a vízfelületek és vizes élőhelyek nagysága látható az összes vizsgált időszakon. Mindkét kategória területe 1998 és 2010 között volt a legnagyobb, és főként a jóléti tavak visszaszorulása mutatja a legnagyobb kontrasztot. Az 1991. évben tapasztalható 231 hektárról a vízfelületek területe 76 hektárra zsugorodott. A vizes élőhelyek változásait nagyban befolyásolta, hogy sok esetben a néhai vízfelületek területei a vizuális interpretáció során kategóriát váltottak, és időszakos vízborítás vagy számottevő nedvesség miatt a vizes élőhely kategóriába kerültek.

Az időjárási adatok vizsgálata során a nyári és téli csapadék alakulását, illetve a meleg napok (30°C felett), illetve az extrém meleg napok (35°C felett) számát vizsgáltuk. A nyári és téli csapadék alakulása tekintetében megfigyelhető volt, hogy a 2000–2010 közötti időszakban a csapadékmennyiség pozitív értelemben eltért a sokévi átlagtól, majd 2010 után az eltérés negatív irányba fordult. A 2010, 2016 és 2020 évek csapadékmennyisége kimagaslóan meghaladta a sokévi átlagot. A vizsgált adatok közül az extrém meleg napok száma mutatott gyenge statisztikai összefüggést



2. ábra A vízfületek és vizes élőhelyek által elfoglalt terület 1990 és 2020 között, négy kiemelt év adatai alapján (1991, 2000, 2010, 2020)



3. ábra A vízfületek és vizes élőhelyek által elfoglalt terület 1990 és 2020 között, az összes vizsgált évben. A szaggatott vonal a nyári félév csapadék adatainak sokévi átlagtól való eltéréseit jelöli

a vízfelületek területével ($R = -0.49$), melyek előfordulása az elmúlt 15 évben vált gyakoribbá és potenciálisan aszály kialakulását és a vizes élőhelyek zsugorodását idézheti elő. Ugyanakkor a 3. ábrán a nyári csapadék sokévi átlagtól való eltérése és a vizsgált kategóriák alakulása hasonló tendenciát mutat.

Eredményeinket összevetettük a Corine Land Cover (CLC) idősoros adataival is, amely az 1990 és 2018 közötti időszakot fedi le. A CLC sajátos tulajdonsága ugyanakkor, hogy a minimális térképezési egysége 25 hektár, így lényegesen eltérő lépték mentén sorolja a vízfelületeket és a vizes élőhelyeket az adott kategóriába. Azonban az alkalmazott módszertan részben a CLC szerinti szárazföldi vizenyős területek (CLC 4.1. kategória) azonosítási módszertanának feleltethető meg (BÜTTNER – KOSZTRA 2017). Jellemzően a vízfelületek csökkenése volt tapasztalható a CLC alapján is. Emellett a CLC alapján vizes élőhelyek tekintetében nem történt drasztikus változás a kategória elfoglalt területét illetően, ám az élőhelyek elhelyezkedését tekintve átrendeződés történt. A Landsat és a kialakított módszertan előnye a CLC módszertanával szemben, hogy a Landsat felbontása miatt megenged nagyobb léptékű vizsgálatot is, mivel a 30 méteres térbeli felbontás 0,9 hektár területű pixeleket eredményez, amely részletesebb vizsgálatot tesz lehetővé.

Összefoglalás

Kutatásunk célja a Debrecen környéki vízfelületek és vizes élőhelyek vizsgálata, illetve a meteorológiai adatok összefüggéseinek vizsgálata volt. A vizsgált célkategóriák azonosításához egy olyan módszertant alakítottunk ki, amely kiaknázza a Landsat műholdcsalád felbontása nyújtotta lehetőségeket, ugyanakkor igénybe veszi a vizuális interpretáció előnyeit is. A vizsgálat eredményeképp bemutattuk a vízfelületek és felszíni vizek változását a célterületen 1990 és 2020 között, nemcsak területnagyság, hanem elhelyezkedés szempontjából is, illetve részletesen bemutattuk, hogy az extrém meleg napok száma és a nyári csapadékmennyiség sokévi átlagtól való eltérése hogyan viszonyul a célkategóriák területének változásához.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az INTERREG EUROPE 2014–2020 program „PROmoting Sustainable development and regional attractiveness through PERi-urban Areas (PROSPERA)” című, PGI05897 azonosító számú projekt keretében valósult meg.

Felhasznált irodalom

ÁCS A. – KOVÁCS K. – KOVÁTS N. – STENGER-KOVÁCS Cs. (2012): Természetes vizek védelme. Pannon Egyetem, Digitális Tankönyvtár, https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0012_termeszetes_vizek_vedelme/ch03.html#id577130 (letöltés dátuma: 2021. szeptember)

- BALÁZS, B. – BÍRÓ, T. – DYKE, G. – SINGH, S. – SZABÓ, S. (2018): Extracting water-related features using reflectance data and principal component analysis of Landsat images. *Hydrol. Sci. J.*, 63(2), pp. 269–284
- BURAI P. – LÉNÁRT CS. – VALKÓ O. – BEKŐ L. – SZABÓ Zs. – DEÁK B. (2016): Fátlan vegetációtípusok azonosítása légi hiperspektrális távérzékelési módszerrel. *Tájökológiai Lapok*, 14(1), pp. 1–12.
- BÜTTNER, G. – KOSZTRA, B. (2017): CLC2018 Technical Guidelines. 25 October 2017, Service Contract No 3436/R0-Copernicus/EEA.56665
- FRAZIER, P.S. – PAGE, K.S. (2000): Water Body Detection and Delineation with Landsat TM Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 66(12), pp. 1461–1467.
- GEOSAFE Környezetgazdálkodási és Mérnöki Iroda: Debrecen Megyei Jogú Város Környezeti Atlasza 2017, elérhetőség: <https://www.debrecen.hu/assets/media/file/hu/19767/kornyezeti-atlasz-2017.pdf> (letöltés dátuma: 2021. szeptember)
- JONES, J.W. (2015): Efficient Wetland Surface Water Detection and Monitoring via Landsat: Comparison with in situ Data from the Everglades Depth Estimation Network. *Remote Sensing*, 7, pp. 12503–12538. <https://doi.org/10.3390/rs70912503>
- MARTON L. – SZANYI J. (2000): A talajvíztükör helyzete és a rétegvíz termelés kapcsolata Debrecen térségében. *Hidrológiai Közlöny*, 80(1), pp. 3–13.
- SZABÓ S. – GÁCSI Z. – BALÁZS B. (2016): Specific features of NDVI, NDWI and MNDWI as reflected in land cover categories. *Landscape & Environment*, 10 (3–4), pp. 194–202.
- XU, H. (2006): Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), pp. 3025–3033.
- INTERNET1 – A Ramsari Egyezmény magyar nyelvű honlapja – <http://www.ramsar.hu/egyezmény.htm> (letöltés dátuma: 2021. szeptember)

Minőségi és mennyiségi indikátorok szerepe városi zöldfelületek felmérése során

Varga Zsolt¹ – Czédli Herta² – Fülöp Ferenc Krisztián³

¹ egyetemi docens PhD, Építőmérnöki Tanszék, Debreceni Egyetem, v.zs.ferenc@gmail.com

² egyetemi docens PhD, Építőmérnöki Tanszék, Debreceni Egyetem, herta.czedli@eng.unideb.hu

³ Környezetmérnök MSc hallgató, Környezetmérnöki Tanszék, Debreceni Egyetem, fulop.k.ferenc@gmail.com

A városi zöldfelületek funkciója és jelentősége egyre jobban felértékelődik a beépítettség növekedésével. A WHO (2017) szerint az urbanizációt kísérő környezeti és egészségügyi ártalmak és problémák csökkentéséhez, valamint a városok, mint élőhelyek minőségének emeléséhez, illetve a fenntartható városi életforma támogatásához a városi zöldfelületek kialakítása nyújt innovatív megoldást (CZÉDLI ET AL. 2021).

A település természetföldrajzi adottságai és a város szerkezete befolyásolja minden esetben a zöldfelületi rendszer kialakításának lehetőségét. Nagyvárosainkban az egy főre jutó zöldfelület aránya nem minden esetben optimális, sőt a zöldfelületek városon belüli eloszlása is markáns eltéréseket mutat.

A városi zöldfelületek hatásainak értékelése során több szempont szerint végezhetjük az értékeléseket: ingatlanvagyon felértékelődése, hőszigetelés és energiafogyasztás, egészségügyi hatások, faérték növekedése, károsanyag-kibocsátás mérséklése, szociokulturális kapcsolatok, életminőségre gyakorolt hatás, új térhasználati lehetőségek, zöldfelületi hálózat fejlődése, biológiai aktivitás értékének növekedése, turisztikai hatás, zaj- és levegőszennyezés (SZIGETI 2018). Adott városok - városrészek fejlesztési tervének létrehozásakor/módosításakor figyelembe kell venni a zöldfelületeket, magát a zöldfelületi rendszert, hiszen ez a megújulás alapja. Tekintettel arra, hogy városaink zöldfelület-deficittel küzdenek, a fejlesztési koncepciók megfogalmazása előtt célszerű a zöldfelületek felmérése minőségi és mennyiségi indikátorok alkalmazása révén.

Debrecen esetében a belvárosban és a beépített belvárosi lakóterületeken a zöldfelületek relatíve alacsony arányban vannak jelen, a lakótelepeken pedig a felújításra és folyamatos karbantartásra-gondozásra szoruló kiterjedt zöldfelületek problémája okoz gondot és megoldandó feladatot. A zöldfelületi rendszer elemei közül munkánk során az ún. korlátlan használatú zöldfelületek közül választottunk ki mintaterületeket (lakótelepi közparkok, lakótelepi zöldfelületek), melyek kondicionáló és rekreációs hatása minden odalátogató számára elérhető. Városi mintaterületek vonatkozásában akkor tudjuk eredményesen összevetni a parkok ökológiai szerepét

(KARANCSI ET AL.; GÁBOR 2011), ha megfelelő indikátorokat választunk. A mennyiségi állapotjellemzők közül ökológiai és humán állapotjellemzőket feltétlenül vizsgálni kell: ökológiai állapotjellemző az adott mintaterület nagysága, a biológiailag aktív és inaktív felületek aránya; a humán állapotjellemző pedig a zöldfelületi ellátottság a vizsgált terület esetében. A zöldfelületi rendszer minőségi állapotjellemzői közül a zöldfelületek környezetjavító hatásait alkalmaztuk jelen kutatásunk során. A vizsgált indikátorok, melyeket figyelembe vettünk a következők voltak: abszolút alapterület, alapterületi mutatók, zöldfelületi ellátottság, köztér ellátottság, biomassza mutató és levélfelületi index, CO² megkötés, rekreációs használati formák (MREKVICKÁNÉ ET AL. 2006). A zöldfelületi ellátottság elemzése során elvégeztük a teljes zöldfelületi index (IZFt) számítását a teljes zöldfelület illetve a teljes terület figyelembevételével. A kiválasztott mintaterületek összehasonlító elemzése során elemeztük a következő paramétereket: terület, összes zöldfelület, fás zöldfelület, gyepterület, beépített terület, zöldfelület %, beépítettség %.

Kutatásunk során vizsgált aspektus volt az egy főre jutó zöldfelületek mennyisége (RADÓ 2001; PÁL 2006; FÜLÖP 2018). Ez szintén mennyiségi összehasonlítás, humánökológiai jellemzésre a leginkább használható mérőszám. A zöldfelület ellátottság ideális értéke egy város esetében 14–20 m²/fő. Az egy főre jutó zöldfelület mennyisége egész Debrecenre vetítve 18 m²/fő. A lakóterületeken ideálisnak tekintett 14–20 m²/fő értéket Debrecenben csak az Újkerti lakótelep éri el 22.33 m²/fő értékkel, a Vénkert lakótelepen 12.62 m² az egy lakosra jutó zöldfelület nagysága (FÜLÖP 2018; CZÉDLI ET AL. 2021). Az Újkert és Vénkert összehasonlító elemzését a zöldfelület nagysága [m²], a zöldfelületi ellátottság [m²/fő], a zöldfelületi index [%], a biológiai hasznosság, a CO² megkötés [kg/év] alapján végeztük el (FÜLÖP 2018; CZÉDLI ET AL. 2021). A vizsgálatunk során kapott eredményeinket az 1. ábra mutatja be.

	Újkert	Vénkert	Wesselényi	Dobozi	Libakert	Tócsókert	Belváros
Összes terület (m²)	810700	308200	145600	374000	261700	885600	1733600
Zöldfelület (m²)	388500	102700	38900	165600	127400	528600	321700
Beépített terület (m²)	422200	205500	106700	208400	134300	357000	1411900
Zöldterület borítottság (%)	47,92	33,33	26,72	44,28	48,68	59,69	18,56
Beépítettség mértéke (%)	52,08	66,67	73,28	55,72	51,32	40,31	81,44
Zöldfelület ellátottság egy lakosra vetítve (m²/fő)	26,85	13,817	20,82	27,45	28,88	30,80	-
Zöldfelület index (-)	0,4792	0,3333	0,2672	0,4428	0,4868	0,5969	0,1856

1. ábra Debrecen városi mintaterületek elemzése (CZÉDLI ET AL. 2021)

Tekintettel arra, hogy a korlátlan használatú zöldfelületek közül a lakótelepi közpark kiterjedésű zöldterületek valamint a lakótelepi zöldfelületek jelentős szerepet töltenek be a zöldfelületi rendszerben továbbá kondicionáló és rekreációs funkcióval rendelkeznek, ezek minőségének állapota a városi lakosság egészségére és életvitelére is komoly hatást gyakorol.

Eredményeinket összegezve megállapíthatjuk, hogy a városi vegetációt, a nagyobb zöldterületek városklímát befolyásoló hatását vizsgálni szükséges, rendszeres monitoring vizsgálatok eredményei adnak valós képet az urbanizált környezet állapotáról, segítve ezzel a további korszerű és innovatív tervezési folyamatokat. A zöldfelületi rendszer mennyiségi és minőségi állapotjellemzői segítségével összehasonlító interdiszciplináris elemzések elvégzésére van mód, melyek révén szakmailag megalapozott fejlesztési javaslatok, koncepciók fogalmazhatók meg.

Köszönetnyilvánítás

Méréseink, vizsgálataink az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 „Debrecen VentureCatapult program” című projekt keretében valósultak meg.

Felhasznált irodalom

- CZÉDLI H. – VARGA ZS. – FÜLÖP F. (2021): Városi Parkok Ökológiai Hatáselemzése, Műszaki Tudomány Az Észak-Kelet Magyarországi Régióban 2021. Környezet- És Földtudományok, Műszaki Hidrológia Szekció. Online Konferencia, 2021.06.24.
- FÜLÖP, F.K. (2018): Lakótelepi Városi Zöldfelületek Ökológiai Szerepének Vizsgálata Debrecenben. Bsc Szakdolgozat. Debreceni Egyetem Műszaki Kar.
- GÁBOR B. (2021): Városi Parkok, Zöldterületek Az Élhető Jövő Zálogai. Naturahirek.Hu, 2021.
- KARANCSI, Z. – SZALMA, E. – OLÁH, F. – HORVÁTH, G.: A Városi Parkok És Szerepük Az Idegenforgalomban Szeged Példáján, pp. 1–15. [Http://www.jgypk.hu/Tanszek/Foldrajz/Files/V_Rosi_Parkok.Pdf](http://www.jgypk.hu/Tanszek/Foldrajz/Files/V_Rosi_Parkok.Pdf)
- MREKVICSKÁNÉ NÉMETH A. – ONGJERTH R. – RADNÓCZI P. – BARDÓCZI S. – BERCELÉDINÉ SHALABY K. – GÁBOR P. – IVÁNYI GY. – KOVÁCSNÉ PAPP K. – M. SZILÁGYI K. – NAGY K. – PATAKI K. – SOMOGYI R. (2006): Budapest Zöldfelületi-Rendszerének Fejlesztési Koncepciója És Programja, pp. 55.
- PÁL, J. (2006): A Városi Terjeszkedés Valódi Költségei. Budapest. Levegő Munkacsoport..
- RADÓ, D. (2001): A Növényzet Szerepe A Környezetvédelemben. Budapest. Zöld Érdek Alapítvány-Levegő Munkacsoport.
- SZIGETI, C. (2018): Városi Zöldfelületekkel Kapcsolatos Társadalmi Igények. Éghajlatvédelmi Szövetség És A Reflex Egyesület Szakmai Fóruma. 2018.05.30. Letöltés Ideje: 2021.05.18. [Www.Eghajlatvedelmiszovetseg.Hu](http://www.eghajlatvedelmiszovetseg.hu)

Árvízi jelenségek térképezésének támogatása elméleti lefolyásmodellekkel

Dobai András¹ – Dobos Endre²

¹ hallgató, Miskolci Egyetem, ecodobai@uni-miskolc.hu

² egyetemi docens, tanszékvezető, Miskolci Egyetem ecodobos@uni-miskolc.hu

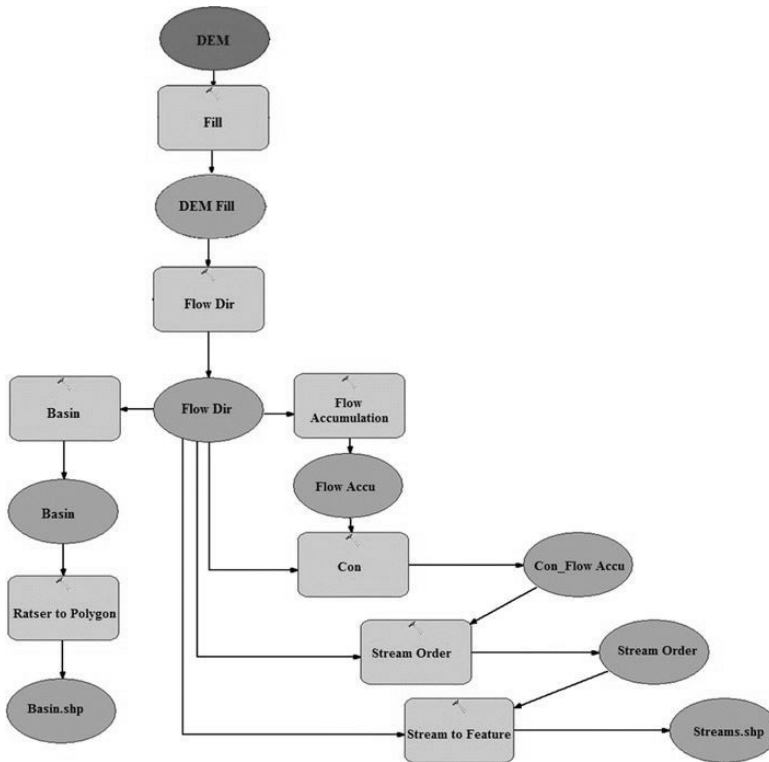
Abstract: Flooding in rivers requires major attention and serious technical preparations. That is why during a flood event, it is essential to know every phenomena which may appear in the defended area. This phenomena could be of risk to supply routes or affect the population's well-being, which could distract the overall defence management. Thus, the present study will present, analyze, and quantify one of the flood events of October 2020 and understand its formation using ArcGIS 10.7.1. This methodology will be help to understand and prepare for any effect of phenomena which may appear later during a flood defences.

Bevezetés

A Sajó folyón levonuló, III. fokú árvízvédelmi készültséget meghaladó árhullám esetén tapasztalható, hogy a 67+000 folyami kilométer (továbbiakban: fkm) bal parti szakaszán a Kis-Sajó vízfolyás és Boldva település külterület irányából időszakos vízfolyások érik el a Szirmabesenyő-Sajóvamos közötti közutat és annak áteresztét. Az összegyűlt víz áthalad, a környező települések közti mezőgazdasági művelés alatt álló területeken, végül eléri az Arnót település külterületén megépített árvízlevezető vágát. Ez közel 7,5-8 km hosszú lefolyást jelent, nagyrészt külterületen. A jelenség a gátóri állomány és a védekezést irányítók számára nem ismeretlen, ám a terepviszonyok miatt a kialakulásának helye nehezen meghatározható, szakmailag vitatott. A 2020 évi októberi árhullám alkalmával az időszakos vízfolyás kb. 4 napos „élettartammal” ismét megjelent, így volt esélyünk nyomon követni annak vonulását. Habár több felmérés adatbázisa is rendelkezésre áll a jelenségről, egybehangzó álláspont azonban nincs a kialakulásának pontos helyéről, így több térképi állomány alkalmazása mellett, az Arcmap 10.7.1 térinformatikai program hidrológiai eszköztárának segítségével létrehoztam egy elméleti lefolyásmodell, amely segíthet feltárni a vízfolyás esetleges élővízfolyással való kapcsolatát.

Anyag és módszer

A területről az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság tulajdonában lévő 5 méteres felbontású domborzatmodell állománya állt rendelkezésre, amelyen



1. ábra Az elméleti lefolyásmodell folyamatábrája, forrás: pro.arcgis.com

elsőként, az esetleges terepi egyenetlenségek kitöltéséhez szükséges „fill” (kitöltés) parancsot alkalmaztuk, ezzel kialakítva a további modulok futtatásához és későbbi elemzésekhez szükséges felületet (1. ábra). Ezt követően a „flow direction” (lefolyási irány) és a „flow accumulation” (lefolyás összegyülekezés) eszközök segítségével meghatároztuk a domborzatmodell celláihoz tartozó magasság értékek alapján a lefolyás irányát és az összefolyások helyeit, teljes képet kapva a terület elméleti lefolyáshálózatáról (BALATONYI 2015). Végezetül a korábbi szakmai feltételezések tisztázására, az eszköztár további lehetőségeit használtuk fel. Az összegyülekezési állomány további műveleteivel (Stream order/Stream to feature) a teljes hálózatot vektoros állományként exportáltuk, valamint a „basin” (medence) és „watershed” (vízvásztó) paranccsal meghatároztuk az egyes területekhez tartozó vízgyűjtő és vízvásztó területét (HIEP-THUAN ET AL. 2011). A kapott állományon további osztályozásokat hajtottunk végre, melynek végeredményeként elméleti lefolyás csoportokat (I. II. III. rendű) alakítottunk ki a mintaterületre vonatkozóan (INTERNET 1). Erre azért volt szükség, mert az alkalmazott modell I. rendű elméleti lefolyás csoportjai (jelen esetben a II. rendűek bizonyos szakaszai is) megegyezhetnek a valós természeti vízfolyásokkal (pl.: Sajó-folyó, Kis-Sajó), viszont a jelen vizsgálat szempontjából a II. és III. rendű osztályok tartalmazhatnak használható információkat.



2. ábra A mintaterület elhelyezkedése

A mintaterület bemutatása

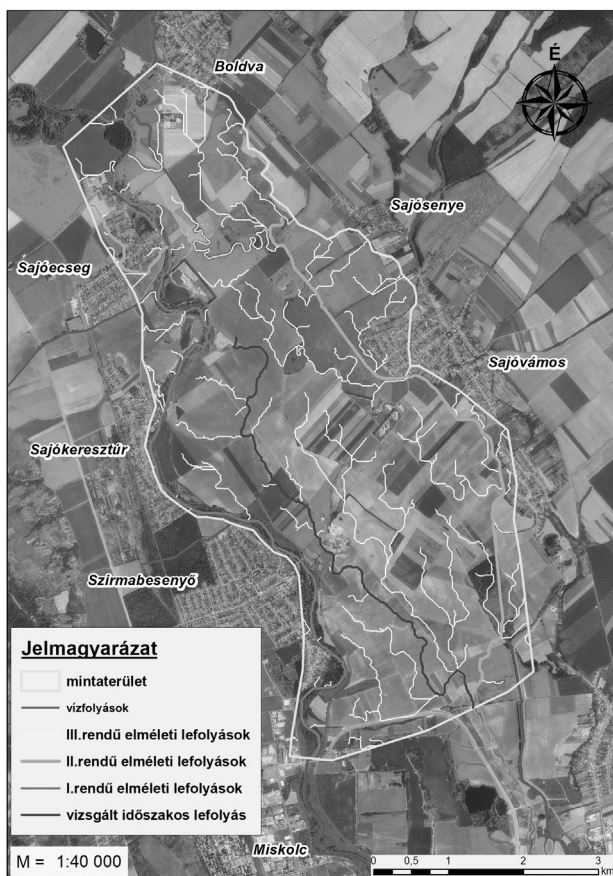
A terület a Sajó-Hernád sík elnevezésű kistáj, északi részén található (2. ábra). A területet homogén új holocén folyóvízi üledékek fedik, így talajai is alluviális üledéken képződött réti, öntés talajok (nagyreszt vályog fizikai féleséggel), amelyek közepes víznyelésű és víztartású, általánosságban jó víztartó képességgel jellemezhetők (STEFANOVICS ET AL. 1999). A terület hullámos felszínű, kis relief energiával jellemezhető, felszínét a Sajó és a Kis-Sajó vízfolyások alakították ki és befolyásolják napjainkban is (ÉMVIZIG I. 2020).

A táj jellemző növényzetét a Sajó folyó ezen szakaszának árterein fűz-nyár ligetek, a magasabb térszíneken tölgy-kóris-szil ligetek jelentik. Ma a táj túlnyomó része mezőgazdasági terület, nagytáblás szántóföldi kultúrákkal. A puhafás fűz-nyár ártéri erdők gyakorlatilag csak a vízfolyások keskeny sávján maradtak meg (fehér fűz – *Salix alba*, csöregefűz – *S. fragilis*, elvélve fekete nyár – *Populus nigra* – idős példányai), állományukat sokféle nemesnyárasokkal váltották fel, tömegesek az özönfajok. A táj jellegzetességei a nagy kiterjedésű kavicsbányatavak, a bolygatás intenzitásától és a felhagyás időtartamától függő másodlagos növényzettel (DÖVÉNYI 2010).

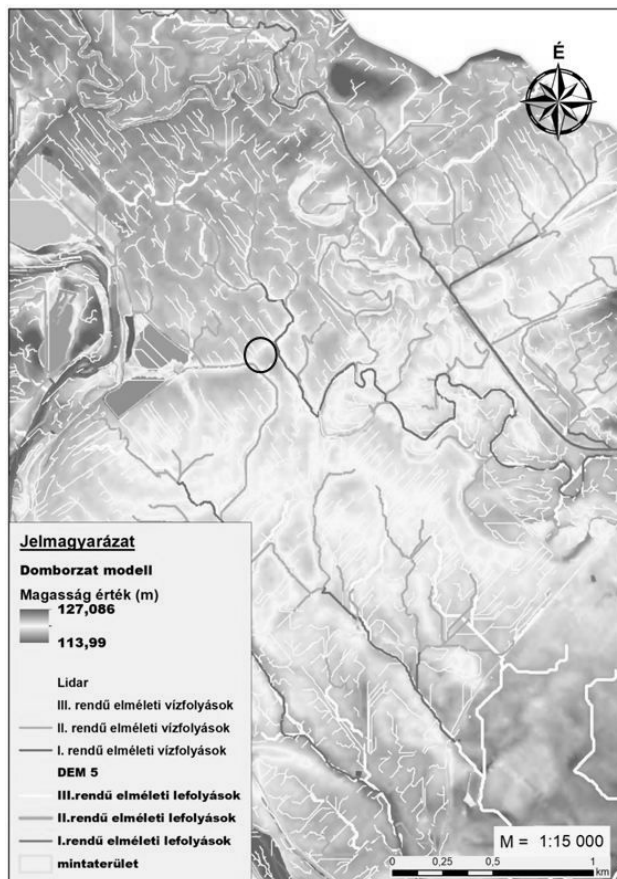
Eredmények

Az előzetes feltételezéseink szerint az időszakos vízfolyást árvíz esetén a környező kavicsbányákból származó megemelkedett talajvizek táplálják, ám ezek a bányák védődepóniával rendelkeznek, valamint a Sajó bal partjának ezen szakasza magaspart, így az élővíz kapcsolat az északabbra található 67+000 fkm-nél lévő korábbi holtágnál, öblözetnél lehetséges, illetve a Kis-Sajó vízfolyás felől. Ezekről a kapcsolatról azonban bizonyítékunk (pl.: digitális állomány, vízrajzi térkép) nem volt. Az első eredményként kapott elméleti lefolyás modell állomány szerint a vizsgált időszakos vízfolyás hossza közel 7,5 km (3. ábra). A lefolyás és domborzatmodell összevetése alapján megállapítható, hogy nem rendelkezik közvetlen kapcsolattal sem a Sajó, sem a Kis-Sajó vízfolyásokkal, azonban a lefolyáshálózaton belül egyes ágak nagyon közel futnak egymáshoz.

A további részletes lefolyáshálózat vizsgálatához a 2020 évi Sajó nagyvízi medrének lézerszenkeres geodéziai felmérés (lidar) anyagát használtuk fel, azonos



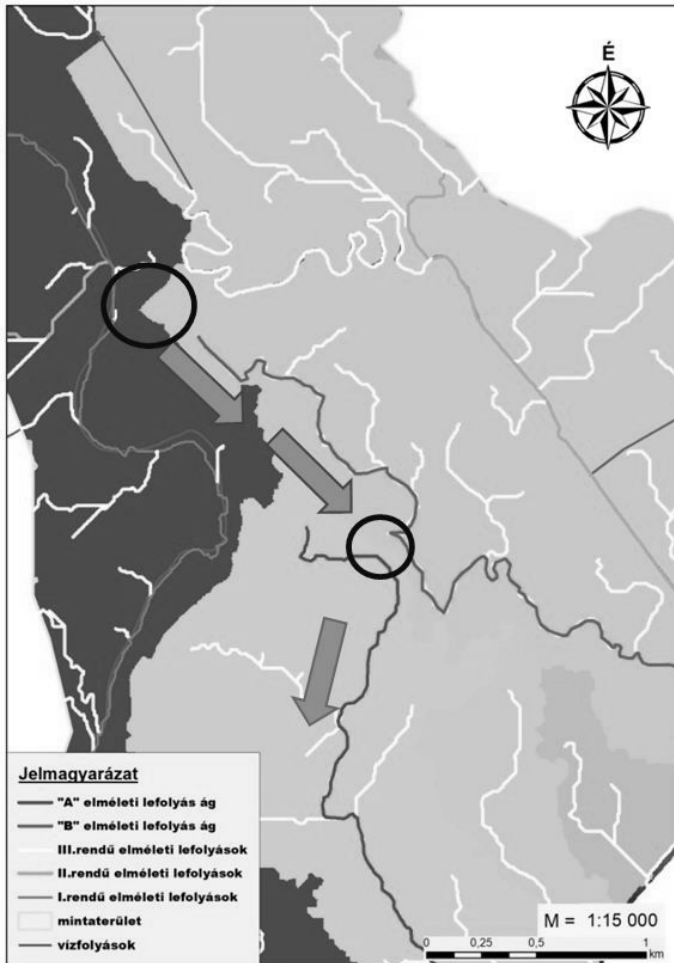
3. ábra A Boldva külterület és Felsőzsolca árvízlevezető vápa közötti területen megjelenő időszakos vízfolyások térképe



4. ábra A két domborzatmodell segítségével létrehozott lefolyásmodell fedvényeinek térképe

módszertannal (ÉMVIKIG II. 2020). A 4. ábrán látható, hogy a lidar domborzatmodell alapján létrehozott lefolyásmodell fedti a korábbi modellt, így többlet információval (pl.: más jelentősebb lefolyási útvonalat) nem járult hozzá a kérdés megválaszolásához. Azonban az új domborzatmodell nagyobb részletessége (0,5 m) okán azt tapasztaltuk, hogy a fekete körrel jelölt területen belül két nagyobb lefolyási ág távolsága jelentősen, a korábbi 137 méterről (5 m DEM) 35 méter (0,5 m DEM) alá csökkent.

Ezt az álláspontot megerősítette az ArcMap/ ArcToolbox/ Hydrology/ Basin parancssor segítségével kialakított állomány is, amely a vízvázalstók lehatárolásához alkalmazható. A modul meghatározza, hogy egy adott pixel a lefolyási iránya (flow direction), még azonos vagy már egy másik vízgyűjtőhöz tartozik-e. Ezeket az adatokat a domborzatmodell magasság valamint lejtőszög értékei segítségével választja el (ASIF KHAN ET AL. 2013). A vízgyűjtő állomány (5. ábra) segítségével feltételezhetjük, hogy az árhullám vízhozamának függvényében, a körökkel jelölt területeken potenciális összefolyási területek alakulnak ki, majd a lefolyás nyilak irányában haladhat tovább.



5. ábra A mintaterületen található részvízgyűjtők térképe

Következtetések

A rendelkezésre álló adatok (domborzatmodellek, geológiai térkép, talajtani adottságokat leíró állományok) és a jelenség óta történt árvízvédekezési tapasztalatok alapján arra következtethetünk, hogy az előzőekben tárgyalt elméleti lefolyási megvalósulhat a területen. Eszerint nagyobb árhullám esetén, a Sajó-folyó 67+000 - 67+200 fkm-hez (lila) és a Kis-Sajóhoz (rózsaszín) tartozó kisvízgyűjtők előntésre kerülnek, majd a domborzat által kirajzolt mélyebben fekvő területeken déli irányban haladva meghágja a szomszédos, déli lefolyási ághoz tartozó csekély magasság különbségekkel rendelkező területeket és belefolyik annak vízgyűjtőjébe (sárga). Így a két ág összekapcsolódása napokig szolgáltathatja a fennmaradó időszakos vízfolyáshoz szükséges víz mennyiséget és annak vízhozamát.

Összefoglalás

A kutatás előtt a mintaterület sík mivolta miatt arra számítottunk, hogy a domborzatmodell kitöltés (fill) parancsa után kapott felületen darabossá válnak a lefolyási ágak és nem áll össze az elméleti lefolyáshálózat egésze. Ám a módszertan alkalmazásának és a domborzatmodellek felbontásának köszönhetően egy részletes és hasznos térképet kaptunk eredményül a vízügyben dolgozók számára. Mivel a csapadékos időjárás okán a talajfelszín maximális víztelítettségi állapotáról beszélhettünk, így az alkalmazott „beton felszínű” lefolyás modellezés alkalmazása tűnt a leghatékonyabb módszernek (BALATONYI 2015). Az eljárás során kapott eredmények nagy segítséget nyújtottak a jelenség értelmezésében és kialakulásának megértésében. A későbbiekben az ÉMVIZIG működési területén a korábban tárgyalt időszakos vízfolyást, az elkészített modelleket szem előtt tartva figyelemmel fogjuk kísérni.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni a szervezőknek lehetőséget, hogy a XII. Térinformatikai Konferencia keretein belül megjelenhet eme cikkem, valamint konzulensemnek, hogy szakmai tanácsaival látott el és türelemmel állt a munkámhoz.

Irodalomjegyzék

- ASIF KHAN – KEITH, S. – RICHARDS GEOFFREY – T. PARKER – ALLAN McROBIE – BISWAJIT MUKHOPADHYAY (2013): How large is the Upper Indus Basin? The pitfalls of auto-delineation using DEMs, *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.11.028>, pp. 442–453.
- BALATONYI L. (2015): Árvízhozam előrejelzés optimalizálása középhegységi és dombvidéki vízgyűjtőkre, PhD értekezés, Pécs, pp. 40–44.
- DÖVÉNYI Z. (2010): Magyarország kistájainak katasztere, II. kiadás, 876p.
- ÉMVIZIG I.: Tájékoztató BAZ megye ár- és belvízvédelmi helyzetéről II. félév, 2020, 15p.
- ÉMVIZIG II.: GPS és Térinformatikai Csoport műszaki dokumentáció (2020): Sajó nagyvízi meder légi geodéziai felmérés és feldolgozás – VIZITERV Eurosense – 2020 ápr.
- HIEP-THUAN D. – SÉBASTIEN L. – EMMANUEL M. (2011): Parallel computing flow accumulation in large digital elevation models, *International Conference on Computational Science, ICCS*, 10p.
- HOROSZNÉ G. M. (2012): Térinformatikai módszerek alkalmazása a vízgazdálkodás területén, PhD értekezés, 88-91pp.
- STEFANOVICS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY. (1999): Talajtan, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 470p.
- INTERNET 1. – <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/basin.html>

POSZTEREK

Vadkempingezés területi felmérése a Tisza-tónál

Czicze Gábor

Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Geográfus MSc, II. évfolyam

Miért csináltam a felmérést?

A Tisza-tó területén nem elhanyagolandó probléma a vadkempingezés. Egy korábbi kutatás foglalkozott is a probléma feltárásával a Tisza-tónál, Mokánszki Anita és Hij Zoltán - A turizmus megjelenése és hatásai a Tisza-tónál című közös diplomamunkájuk során 2000-ben végeztek vadkemping felmérést a Tisza-tónál. A helyi problémák feltárásához jó alapot biztosított ez a munka, hiszen ezt a felmérést 2019 nyarán megismételtem és mivel a szerzőktől adatbázist nem tudtam szerezni, egy térkép segített abban, hogy 2000-ben hol voltak a vadkempingezés helyszínei. A felmérésemet a szakmai gyakorlatom során a Tisza-tavi Sporthorgász halórei és munkatársai segítségével sikerült véghez vinnem. A Tiszavalki-medence kivételével az összes medencében sikerült feltérképeznem a vadkempingezés nyomait. Ezen kutatás fontossága, a változás bemutatásán alapult.

Felhasznált módszerek

Terepbejárás során egy okostelefon segítségével vettem fel a vadkemping pontokat a Google Maps applikációt használva. Felmértem a horgászállások koordinátáit, elneveztem azokat, megbecsültem a területüket, megnéztem, hogy milyen volt a mellékhelység, a felépítmények jellege, vagy csak mobil sátor volt-e jelen, kinti bútor jellegét, szemétygyűjtési alkalmasságok meglétét, szétszórt szemét mennyiségét, környezet esztétikusságát. Megmértem később a közúttól (gátkoronától) való távolságot méterben, a legközelebbi településtől való távolságot szintén méterben, ezekhez a Google Earth alkalmazását használtam. Mind e mellett fotókat is készítettem a fotódokumentáció érdekében. Az így kapott adatokat egy adatlapra vezettem fel, amit később a Microsoft Excel program segítségével adatbázissá alakítottam. Az adatokat attribútumtáblába vittem fel és térképeket szerkesztettem. A térképek elkészítéséhez pedig a QGIS 3.4 szoftvert használtam.

Eredmények

A vadkempingezés a felmérésem alapján a Nemzeti Park területén visszaesőben van, de nem tűnt el teljes mértékben. Az ide tartozó Poroszlói-medencében

ugyanis csak 1 vadkempingezéssel érintett pontot találtam. A terepbejárás során összesen 44 helyen találtam vadkempingezésre utaló jeleket. Ezen helyszínek megoszlása: Abádszalóki-medence 50%, Sarudi-medence 48%, Poroszlói-medence 2%. Összevetve a 2000 folyamán végzett felmérés eredményeivel (Mokánszky, Hij, 2001), határozott csökkenés tapasztalható, ami a Hortobágyi Nemzeti Park részét jelentő Poroszlói-medencében a legnagyobb mértékű. A csökkenés emellett összefüggésbe hozható az infrastruktúra változásával is, ugyanis néhány, korábban vadkempingezéssel érintett területen ma már kikötő található (Abádszalóki-öböl). A vadkempingre utaló nyomok, vagy nyilvánvaló jelek esetén megfigyelhető, hogy nem a települések közvetlen közelében táboroznak le, de többségben nem is mennek 4 km-nél messzebbre. A felépítmények jellegét is viszonyítottam a településektől mért távolság alapján. Mobil sátor a településektől minden távolságban előfordul, fix sátor és fa vagy lemez ház csak a 2000-4000 méter távolságban található, ennek az oka, hogy ezen felépítmények egy területre koncentrálódnak. A terület Kisköre közelében a Tisza-folyó partján található, mintha egy kis horgászfaluban járna az ember.

Konklúzió

A vadkempingezés a megismételt felmérés alapján összességében visszaesőben van a Tisza-tavon. A változás kimutatható a helyek csökkenésében. Az egyre masszívabb felépítmények megjelenése viszont érzékelhető. Az említett Kisköréhez közel eső részen elképesztő mennyiségű fólia-, fa- és lemezházak találhatóak. Az ilyen felépítményeket is vissza kellene szorítani, sőt igazság szerint nullára redukálni. Elmondható, hogy a vadkempingezők szívesebben táboroznak le a településektől messzebb, az önellátás romantikája miatt. A térképek ezen problémákat bemutatják, érthetőbbé teszik. A jelenben és a jövőben tovább folytatom ezen felmérés kiegészítését.



Modelling water balance with mike she using modis land cover type as model input data in Dong-ér catchment, Hungary

Tran Quang Hop^{1,2}

¹ PhD Student, University of Szeged, Department of Geoinformatics, Physical and Environmental Geography, Szeged, Hungary, hoptran@geo.u-szeged.hu, Tel: +36 30 179 9296

² Hanoi University of Natural Resources and Environment, Faculty of Water Resources, Hanoi, Vietnam

In a hydrological system with no external inflows from the external catchments and territories, precipitation is the main source of water system. A proportion of the precipitation is going to be intercepted by the vegetation, the rest will reach the soil surface. From the surface the water can either be infiltrated into the soil or directly runoff on the terrain. Furthermore, a fraction of the precipitation evaporates and transpires from the different surfaces, the remaining water will be stored in the water system. For the future assessment of the vegetation change impacts on hydrological and water balance, it is essential to explore the integrated relationship of evapotranspiration, runoff, infiltration, surface and subsurface waters, and vegetation features, which can fundamentally describe the water management conditions regionally.

In this research, Terra and Aqua combined Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Land Cover Type (MCD12Q1) products were used to examine the variation of vegetation types over the years at Dong-ér catchment, Hungary. Within the frame of the present study, hydrological processes and water balance components were assessed with the MIKE SHE model considering the MODIS derived vegetation data of 2011, 2014 and 2018 year. Using data from 2018 as reference, the sensitivity of the changes in leaf area index has been assessed to estimate the effects of the vegetation change on hydrological parameters and water balance components. The one-at-a-time (OAT) method enables to analyse how the different vegetation data effects on hydrological parameters and water balance components. The results indicate that in all three years, the amount of water lost through evapotranspiration was more than precipitation. On days with heavy rainfall, with a large LAI in the middle of the growing season, some of precipitation will evaporate; the rest will reach the ground and storage in the topsoil. If the rain is light, no or minimal precipitation can reach the ground. The broad-leaved forest has a great influence on evapotranspiration processes, however, keep the water content at both the root zone and the unsaturated zone at a stable level. This is due to the continuous replenishment of water stored in the topsoil. The results indicate that vegetation change does not change the baseflow and subsurface boundary outflow much. The change of vegetation from 2014 to 2018 caused water shortage in the Dong-ér

catchment. The most intensive precipitation conditions, can solve the water shortage of the catchment, meanwhile the ongoing climate change trends and unfavourable landuse change make the situation even worse.

I am grateful to DHI Hungary Ltd. for the MIKE SHE student license. Thanks to the director of ATIVIZIG, Dr. Péter Kozák and his colleagues for their professional advices and supports. I am grateful to Professor emeritus János Rakonczai for his encouraging supports.



MELLÉKLETEK



GDi Magyarország Kft.

1134 Budapest, Váci út 33/9.

+361 428 80 40
www.gdi.hu
sales@gdiesri.hu



envirosense
the remote sensing professional



SZOLGÁLTATÁSAINK:

- Légi LiDAR felmérés
- Légi mérőkamerás felmérés
- Légi hiperspektrális felmérés
- Drón/UAV felmérés
- Műholdas adatfeldolgozás
- Földi geodéziai mérések
- GIS HPC adatfeldolgozás
- GIS termékfejlesztés
- GIS Kutatás és Fejlesztés

www.envirosense.hu

info@envirosense.hu

Tel.: +36/30-266-2984



Úrfelvételek forgalmazása: Planet, EU Space Imaging, Maxar,
(korábbi nevén DigitalGlobe), Capella Space

Képfeldolgozó szoftverek: ENVI szoftvercsalád, SARscape

Fotogrammetria: Trimble INPHO, UASMaster termékek

Képszegmentálás: Trimble eCognition szoftverek

Digitális térképek: HERE Platform és térképek

www.geoiq.hu

+36 26 346 019

+36 30 931 0626

2098 Pilisszentkereszt, Kakashegy utca 56.

Szolid árak, transzparencia, s az iparág vezető szoftverei





GeoEdu Magyarország Kft.

Szenvedélyünk a Support



| Gyártófüggetlen műszeroktatás | Terméktámogatás | Szaktanácsadás |
| Speciális geoinformatikai feladatok végrehajtása | 3D-modellkészítés |

www.geoedu.hu



HM Zrínyi Nkft. Térképészeti Ágazat

A Térképészeti Ágazat egyedülállóan az országban a teljes védelmi térképészeti vertikumot felöleli, repülőgépes, drónos adatfelvételezéstől kezdve a geodéziai, topográfiai feladatokon át a térinformatikai, kartográfiai tevékenységekig. A létrehozott térinformatikai adatbázisok és azokból generált térképi állományok a Magyar Honvédség és a teljes védelmi szféra feladatait segítik.

Látogasson el megújult honlapunkra:
<https://hmzrinyi.hu/terkepzeset/>
Karrierlehetőségeink:
<https://hmzrinyi.hu/karrier/>



E-mail: terkepzeset@hmzrinyi.hu
Cím: 1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7-9.



#HMZ4EVER

SZPONZOROK ÉS KIÁLLÍTÓK



LECHNER
TUDÁSKÖZPONT



RUDAS KARIG

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM
SINCE 1989

Leica
Geosystems



