

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

**XV.**

**THEORY MEETS PRACTICE IN GIS**



Szerkesztette:  
Dr. Abriha-Molnár Vanda Éva

Lektorálta:  
Dr. Négyesi Gábor

ISBN 978-963-490-619-3

A kötet a 2024. május 23–24. 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  
2024

## Tartalomjegyzék

### Előadások

Abriha Dávid – Enyedi Péter – Papp Melitta – Kovács Lilla – Szabó Szilárd: Mély konvolúciós neurális hálózat alkalmazása épület detektálásra kisszámú tanító adat felhasználásával	7
Ács Norbert – Czimber Kornél: Műholdas idősor alapú fafajterképezés optimalizálása a Soproni-hegység területén	15
Phoebe Gabriel Adekemi – Djamila Talbi – Zoltán Gál: Actual Trajectory and High Speed Internet Service Aspects of a Low Earth Orbit Satellite Constellation	21
Nurlan Aliyev – Barsi Árpád: Artificial Intelligence in Indoor Layout Design	31
Adeeba Arshad Ansari – Loránd Szabó: Analysis of Urbanization in Delhi, India from 1990 to 2023 using Landsat images	39
Behnam Ata – Kanat Makhanov – Ramzi Benhizia: Exploring Climate Change Awareness and Renewable Energy Adoption in Germany: A Google Trends Analysis	43
Bacsó Anna – Telbisz Tamás: Vízhalózat-sűrűség és litológia, felszínborítás, domborzat, csapadék kapcsolatának térinformatikai elemzése Szlovénia példáján	49
Balaton Regina Hanna – László Gergely Tibor – Tóth Zoltán: Pontfelhő előállítása Ricoh Theta Z1 360°-os kamerával	57
Dániel Balla – Emőke Kiss – Marianna Zichar – Ayoub Barkat – Tamás Mester: Cloud-based geovisualization of the DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability in a Hungarian settlement, Báránd	65
Balogh Árpád – Juhász Attila: Kora újkori vesztőhelyek vizsgálata prediktív modellezéssel	67
Csordás László: A Debrecenben élő alföldi üdülőtulajdonosok fogadótelepüléseinek jellemzői	75
Csordás László: Az üdülők helyszínének kiválasztására ható tényezők	83
Abazar M. A. Daoud – Ali Ahmed Mohieldain – Abdelmajeed A. Elrasheed – Peter Rozsa: Landsat 8 and Sentinel 2 for Detecting Hydrothermal Barite Deposits in Red Sea Hills, Sudan	91
Abdelmajeed A. Elrasheed – Mohammadreza Ojani – Zeynab Kougir Chegini – Abazar M. A. Daoud – Musa. M. M. Mina – Szabó Szilárd: Spectra Analysis of PRISMA for Detecting Iron Alteration Zones Associated with Gold Mineralization in Red Sea Hills N-E Sudan	99
Farkas-Németh Zoltán – Pusztai Gábor – Török Zsolt Győző: Sebességkorlátozó táblák dinamikus hozzárendelése tengelyhálózatokhoz	107
Mohamed Fawzy – Arpad Barsi: Urban Land Cover Classification Using Deep Neural NetworksBased on VHR Satellite Images	115

Gudmann András – Henits László – Sipőcz Jázmin – Szerletics Ákos – Kuczy Csaba: A Területi Monitoring Rendszer 2024-es évi új jogcímeinek ellenőrzései	123
Horváth Viktor Győző – Barsi Árpád: A Google VPS rendszerének használata okostelefonok nagyobb pontosságú helyzetmeghatározásához	129
Juhász Attila – Balogh Árpád: A Déli Védelmi Rendszer egy szegmensének komplex 3D térinformatikai rekonstrukciója	137
Kabral Mogos Asghede – Vágó János: Integrated approach for lineament extraction in assessing groundwater potential: a case study in the highlands of Eritrea	145
Kiss Bence – Szutor Péter: Számítás csökkentési módszerek összehasonlítása különböző outlier filter algoritmusokon nagy méretű lézerszkenneres pontfelhők szűréséhez	147
Koch Dániel – Majer Fruzsina Kata – Abonyi Balázs – Keve Gábor – Bíró Tibor: Távérzékelés alkalmazása a vízgyűjtőfeltárásban	155
Kovács Lilla – Szabó Szilárd – Molnár Tamás – Abriha-Molnár Vanda Éva – Szabó Loránd – Abriha Dávid: Erdőterületek fafaj alapú osztályozása hiperspektrális műholdfelvétel felhasználásával	161
Likó Szilárd Balázs – Burai Péter – Szabó Károly: Erdős területek osztályozási- és utófeldolgozási lehetőségei hiperspektrális légifelvételek alapján	167
Ahmed Magraby – Dávid Abriha – Loránd Szabó: Hyperspectral applications in Egypt	175
Máté Klaudia: Sentinel-2 űrfelvételek gyakorlati alkalmazása a természetvédelemben	179
Khelali Meriem – Halim Rebah – András Jung: Remote sensing and GIS to Exploring Fire Risk Assessment Maps in Tizi Ouzou, Northern Algeria	187
Misányi Júlia: Fakataszterek összefésülése – Külső adatok beillesztése meglévő térinformatikai rendszerbe	189
Németh Gergő – Gyenizse Péter – Lóczy Dénes: A Szaporcai Ó-Dráva meder környezetének tájmetriai elemzése	195
Mohammadreza Ojani – Eisa Ebrahimi – Zeynab Kougir Chegini – Abdelmajeed A. Elraheed – Azin Rooien – Szabo Szilard: Investigating total dissolved solid of the rivers entering the Anzali Wetland, Iran	203
Vivien Pacskó – Edina Birinyi – Ottó Petrik – Zoltán Barcza: Estimating onset of vegetation growth for croplands and grasslands using Copernicus HR-VPP phenology data	209
Papp Melitta – Abriha Dávid: Tetőfedő anyagok változásvizsgálata és osztályozása Python környezetben	219

Pataki Angelika – Bertalan László – Pásztor László – Nagy Loránd Attila – Abriha Dávid – Szabó Szilárd: Globális talajnedvességadatok összehasonlító vizsgálata	225
Pataki Angelika – Szabó Szilárd – Négyesi Gábor – Nagy Loránd Attila – Riczu Péter – Bertalan László: Mezőgazdasági célú talajnedvesség becslés különböző típusú UAV felvételek felhasználásával	231
Pirkhoffer Ervin – Gyenizse Péter – Halmai Ákos – Alpek Levente – Hámorné Vidó Mária: A településfejlesztést befolyásoló földtani erőforrások és korlátozó tényezők nyilvántartása geoinformatikai rendszerben	233
Pődör Andrea – Kertész Kristóf – Ivánác Dániel: Az egészségügyi adatok elemzése térinformatikai módszerekkel Székesfehérváron	243
Rekecki Dóra – Ács Norbert – Kiss János – Holik Attila – Czímber Kornél: Webes Erdészeti Rendszer (WER) fejlesztése	249
Ali Shebl – Árpád Csámer: Identification of hydrothermal alteration zones and rare metal-bearing granites utilizing remote sensing data: A case study from the Um Salim-Mueilha area, Egypt	255
Sipőcz Jázmin – Gudmann András – Henits László – Kuczy Csaba – Szerletics Ákos: Fejlesztések a Terület Monitoring Rendszer alapellenőrzéseiben a 2023-as tapasztalatok tükrében	259
Szabó Gergely – Nagy Loránd Attila – Damak Ferenc – Bertalan László: UAV-alapú, többkamerás rendszerrel készített felvételekből generált SfM modellek pontosságvizsgálata városi környezetben	267
Szabó Loránd – Bertalan László – Szabó Gergely – Grigorszky István – Somlyai Imre – Dévai György – Nagy Sándor Alex – Holb Imre János – Szabó Szilárd: Vegetációs fenofázisok osztályozhatósága multispektrális UAS felmérés alapján	269
Takáts Tünde – Balog Kitti – Takács Katalin – Mészáros János – Pásztor László – Árvai Mátyás: Talajtani adatok applikáció alapú gyűjtése és valós idejű integrálása GIS környezetbe	275
Tamás Telbisz – Márton Krasznai – Emil Gachev – Alexander Gikov – Zsófia Ruszkiczay-Rüdiger: Cirkuszvölgyek digitális terepmodell (DTM) alapú elemzése a Rila-hegység (Bulgária) példáján	283
Utasi Zoltán: Az ingatlan-kataszter nemzetközi adatharmonizációjának lehetőségei	291
Vízhányó József: GDi Ensemble FutureGIS térinformatikai-szimulációs modellkörnyezet és szolgáltatáscsomag kialakítása	299
Vörös Fanni – Vas Tímea – Dudás Zoltán – Gajdos Máté – Kovács Béla – Varga Zsófia: Reptéri futópálya állapotának többszenzoros drónos felmérése – első tapasztalatok	301

## **Poszterek**

Birinyi Edina – Hollós Roland – Kristóf Dániel – Barcza Zoltán – Kern Anikó: A szélsőséges vízháztartású szántóföldi területek térképezési lehetőségei műholdas és hatósági adatforrások alapján	309
Daniel Szatmári – Ján Feranec: Detection of potential illegal activities in Slovakia based on remote sensing data	311
Tsegay Bereket Menghis – Endre Dobos: Soil Erosion and Severity class analysis based on RUSLE model: A case study of Mai Nefhi watershed, Eritrea	313

<b>Mellékletek</b>	315
<b>Szponzorok és kiállítók</b>	320

# Mély konvolúciós neurális hálózat alkalmazása épület detektálásra kisszámú tanító adat felhasználásával

Abriha Dávid<sup>1</sup> – Enyedi Péter<sup>2</sup> – Papp Melitta<sup>3</sup> – Kovács Lilla<sup>4</sup> – Szabó Szilárd<sup>5</sup>

<sup>1</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, abriha.david@science.unideb.hu

<sup>2</sup> kutató mérnök, EnviroSense Hungary Kft., peter.enyedi@envirosense.hu

<sup>3</sup> MSc hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, pmeli999@gmail.com

<sup>4</sup> MSc hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, k.lilla36@outlook.hu

<sup>5</sup> egyetemi tanár, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szilard.szabo@science.unideb.hu

**Abstract:** We investigated the effectiveness of the U-Net architecture for building extraction from remote sensing data using varying numbers of training images. The results showed promising performance with a few training images (94–97% validation accuracy). However, combining different data sources initially yielded poor results, but the inclusion of a small number of target image training samples significantly improved the accuracy (F1 score increased from 0.184 to 0.693).

## Bevezetés

A városi távérzékelés egyik leggyakoribb alkalmazási területét a különböző objektumok detektálása jelenti, melynek célja az adatok minőségétől függően az egyes közlekedési eszközök azonosításától egészen a teljes, átfogó városi térképezésig (vegetáció, úthálózat, épületek stb.) terjedhet. Az egyes épületek automatikus kinyerését számos tényező nehezíti: a települések szempontjából említhető a sűrű beépítettség vagy a magas heterogenitás, míg a távérzékelte felvételek esetében azok minősége jelent sokszor problémát (PEPPA ET AL. 2018).

Az elmúlt években a különböző mély tanulási eljárások az élet számos területén egyre nagyobb népszerűsége tettek szert, így ezek a módszerek a távérzékelésben is széles körben elterjedtek, melyek közül az elsők a konvolúciós neurális hálózatokhoz (Convolutional Neural Network, CNN) kapcsolódtak, melyeket sikeresen alkalmaztak többek között objektumdetektálásban, képosztályozásban vagy épp képjavításban. A kezdeti sikereket követően a különböző, CNN architektúrára épülő eljárások rohamos mértékben terjedni kezdtek. A KRIZHEVSKY ET AL. (2012) által fejlesztett AlexNet-tel általánossá vált a grafikus feldolgozó egységek (GPU) használata a képfeldolgozás során. Egy másik igen jelentős mérföldkőnek tekinthető a LONG ET AL. (2015) által kidolgozott ún. teljesen konvolúciós hálózatok (Fully Convolutional Network, FCN) elterjedése, melyekkel lehetővé vált a pixelek térbeli információinak megőrzése, ami a szemantikus szegmentációs eljárások esetében alapvető fontosságú.

Jelen kutatásunk során a RONNEBERGER ET AL. (2015) által fejlesztett, az FCN-re épülő U-Net architektúrát alkalmaztuk, mellyel az egyes módosítások következtében (pl. skip connection) már a kisebb részletek is jobban azonosíthatóak, és kevesebb tanító adat mellett is viszonylag jó eredményeket lehet elérni. A munkánk célja, hogy megvizsgáljuk a U-Net hatékonyságát épületek detektálására kisszámú és különböző távérzékelte felvételekből származó tanító adat felhasználásával.

## Anyag és módszer

Mintaterületünk Debrecen keleti részén található, egy nagyjából 5 km<sup>2</sup>-es területen (1. ábra).

A vizsgálatokhoz három felvételt használtunk fel: egy WorldView-2 (WV2) és egy WorldView-3 (WV3) űrfelvételet, valamint egy légi ortofotót (1. táblázat).



1. ábra A mintaterület elhelyezkedése

1. táblázat A felhasznált távérzékelte felvételek

Felvétel	Spektrális csatornák száma	Térbeli felbontás (cm)	Felvételezés időpontja
WorldView-2	8	50	2016.07.24
WorldView-3	8	30	2019.09.16
Ortofotó	4	40	2011



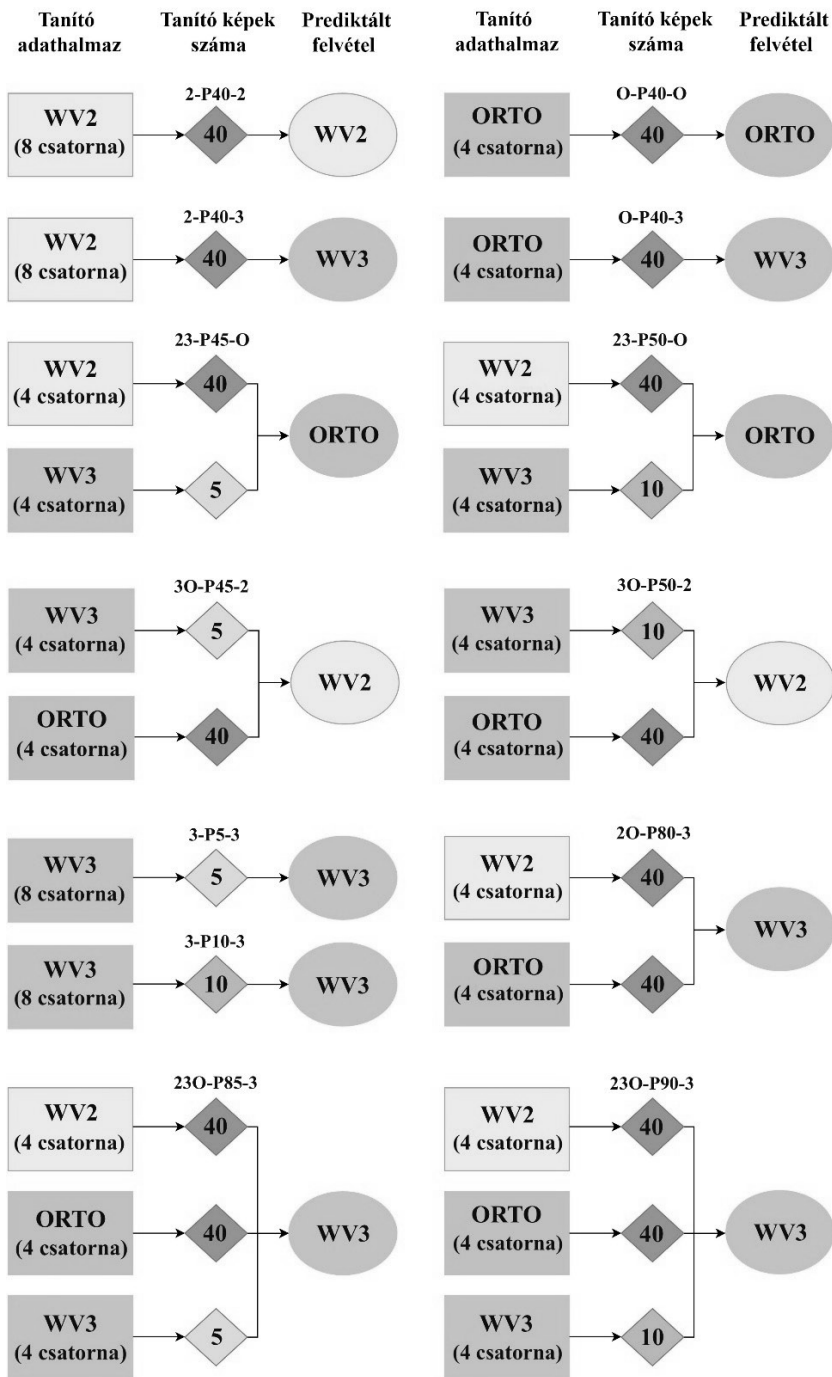
A U-Net esetében a tanító adat kétféle kell, hogy legyen: egyrészt szükség van az eredeti raszterre, valamint az ahhoz tartozó maszkra. Mivel a célunk az egyes épületek detektálása volt, ezért első lépésként egy, az épület objektumokat tartalmazó bináris maszkot hoztunk létre. Ehhez a WV2 és az ortofotó esetében egy nagyjából 2 km<sup>2</sup>-es, míg a WV3-nál 0,3 km<sup>2</sup>-es területen vektorizáltuk be az épületeket, a 3 felvételen összesen nagyjából 3000 darabot. A jobb tematikus pontosság elérése érdekében adatbővítést (augmentációt) végeztünk el a tradicionálisnak tekinthető módszerekkel (forgatások, tükrözések), ily módon az eredeti felvételek mellé további 5 képet hoztunk létre. A műholdfelvételek és az ortofotó eltérő csatornaszámából adódó problémák kiküszöbölése végett a WV felvételek 8 sávjából kiválasztottuk azt a négyet, amelyek legközelebb esnek az ortofotó csatornáinak hullámhossz tartományához.

A modelleket legfeljebb 50 iteráción (epoch) keresztül tanítottuk. Ezen felül egy ún. korai leállító mechanizmust is implementáltunk, mely megszakította a tanítást abban az esetben, ha a pontosságok 15 epoch-on keresztül nem javultak. Az Adam-módszert használtuk optimalizációs algoritmusként, 20-as batch-mérettel. A tanításhoz használt kivágatok mérete 512 x 512 pixel volt, ebből 40–40 „eredeti”, azaz augmentáció előtti képpel dolgoztunk a WV2 és az ortofotó esetében, míg 5, valamint 10 képpel a WV3 esetében. A referenciaadatok 80–20%-os arányban kerültek felosztásra tanító, illetve validáló adatokra (2. táblázat). Ezen kívül a WV3 felvételtől egy további területről nagyjából 600 házat vektorizáltunk, melyet tesztadatként használtunk fel: amikor a prediktált felvétel a WV3 (2. ábra) volt, akkor ezen tesztadatok alapján, hibamátrix segítségével is értékeltük a modelleket.

A modellezés Python-ban történt a *TensorFlow* csomag segítségével, Nvidia RTX 3090 videokártya használatával.

2. táblázat A tanító és validáló képek száma az egyes modellek esetében. Első és utolsó tag: 2 = *WorldView-2*; 3 = *WorldView-3*; O = ortofotó. Második tag = a predikcióhoz használt tanító képek száma (augmentáció előtt)

Modell	Tanító képek száma	Validáló képek száma
3-P5-3	24	6
3-P10-3	48	12
2-P40-2	192	48
O-P40-O	192	48
2O-P80-3	384	96
23O-P85-3	408	102
23O-P90-3	432	108
23-P45-O	216	54
23-P50-O	240	60
3O-P45-2	216	54
3O-P50-2	240	60



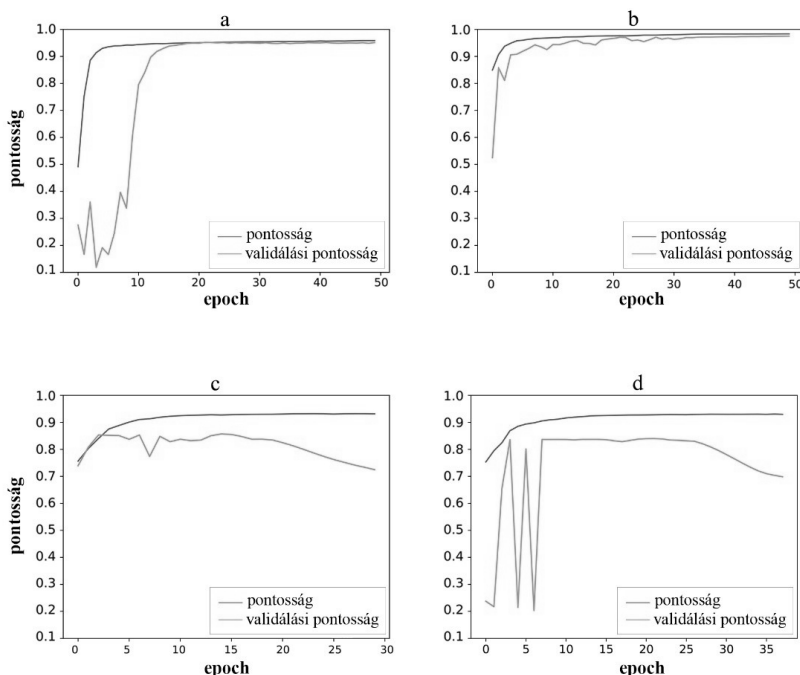
2. ábra A modellezési munkafolyamat a modellek rövidített neveivel. Első és utolsó tag: 2 = WorldView-2; 3 = WorldView-3; O = ortofotó. Második tag = a predikcióhoz használt tanító képek száma (augmentáció előtt)

## Eredmények

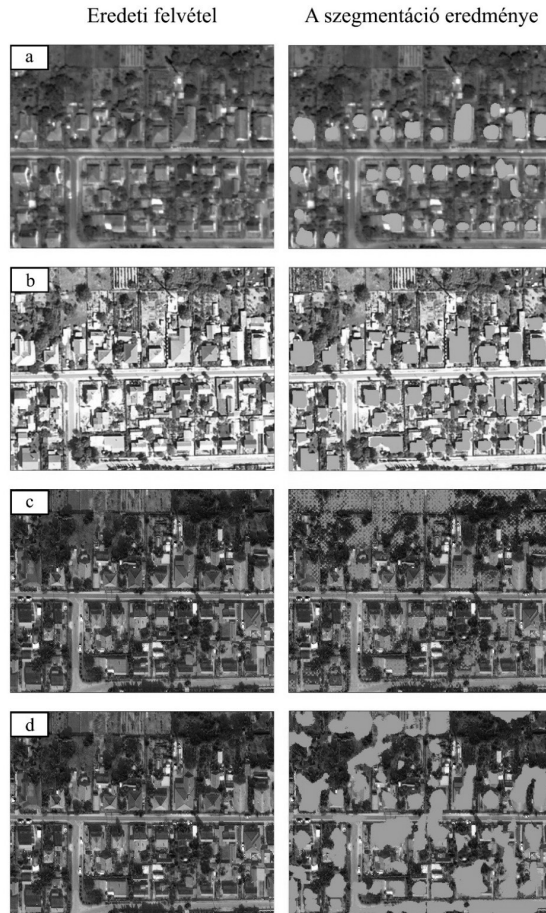
Az eredmények értékelését három megközelítés alapján végeztük el:

- a tanításhoz és a szegmentáláshoz ugyanazt a felvételt használtuk fel,
- a szegmentált felvételtől nem vontunk be adatot a tanításhoz,
- az előző pont kiegészítése oly módon, hogy a szegmentálni kívánt felvételtől is használtunk adatokat a modellezéshez.

Amennyiben az adatforrás – a szenzor – a tanítás és a szegmentálás során megegyezett, úgy már kis mennyiségű tanító adat bevonása esetén is 94% körüli validálási pontosságokat kaptunk (2-P40-2, O-P40-O; *3a-b. ábra*). A WV3 esetében a tanító adatokat további csökkentése túlilleszkedést eredményezett (3-P5-3, 3-P10-3; *3c-d. ábra*). Előbbi esetekben, tehát amikor a validálási pontosságok magasak voltak, a szegmentáció is sikeres volt (*4a-b. ábra*), és csak néhány helyen jelentek meg félreosztályozott pixelek, a fals negatív eredmények szinte kizárólag kisebb melléképületek voltak. A WV3 esetében a gyenge pontosságok a szegmentáció eredményén is meglátszódtak: a 24 darab tanító képpel történő modellezés során hiányoztak az összefüggő foltok (*4c. ábra*), míg a 48 képpel végzett elemzés esetében az utak és a csupasz talajfelszín nagyrésze fals pozitívként jelennek meg (*4d. ábra*).



3. ábra Tanulási görbék abban az esetben, amikor a tanító adatok a szegmentált felvételtől származtak; a) 2-P40-2; b) O-P40-O; c) 3-P5-3; d) 3-P10-3. Az első és utolsó tag: 2 = WorldView-2; 3 = WorldView-3; O = ortofotó. Második tag = a predikcióhoz használt tanító képek száma (augmentáció előtt)



4. ábra A szegmentáció eredménye abban az esetben, amikor a tanító adatok a szegmentált felvételből származtak; a) 2-P40-2; b) O-P40-O; c) 3-P5-3; d) 3-P10-3. Az első és utolsó tag: 2 = WorldView-2; 3 = WorldView-3; O = ortofotó. Második tag = a predikcióhoz használt tanító képek száma (augmentáció előtt)

A második megközelítés során a modellezéseket úgy végeztük el, hogy a szegmentálni kívánt felvételtől nem használtunk adatot a betanításhoz. A WV3 szegmentálása abban az esetben is gyenge eredményeket adott, ha az ortofotóról és a WV2-ről az összes kivágatot felhasználtuk (2O-P80-3): bár a tanításhoz használt adatmennyiség jelentősen nőtt, a hibamátrix alapján számolt F1-érték mindössze 0,184 volt. Amennyiben az előző modellt kiegészítettük mindössze 24, a WV3-ről – tehát a szegmentálni kívánt felvételtől – gyűjtött kivágattal (23O-P85-3), a pontosság jelentős megnőtt (F1-érték: 0,661), és a szegmentáció eredménye vizuálisan sokat javult. Bár a maradék adat bevonása (23O-P90-3) tovább emelte a pontosságokat (3. táblázat), ez a javulás az előzőhöz képest jóval kisebb mértékű volt. Itt már az épületek túlnyomó részét megtalálta a modell, és a félre kategorizálások száma is jelentősen csökkent (5. ábra).

3. táblázat A modellek pontossága a WV3-on végzett szegmentáció esetében a WV2, az ortofotó és a WV3 tanító adatainak a felhasználásával. Az első és utolsó tag: 2 = WorldView-2; 3 = WorldView-3; O = ortofotó. Második tag = a predikcióhoz használt tanító képek száma (augmentáció előtt)

Modell	Precizitás	Szenzitivitás	F1-érték
3-P5-3	0,22	0,20	0,213
3-P10-3	0,25	0,72	0,369
23O-P85-3	0,69	0,64	0,661
23O-P90-3	0,68	0,71	0,693



5. ábra A WV3-on végzett szegmentáció eredménye az összes rendelkezésre álló tanító adat felhasználásával (23O-P90-3); a) eredeti felvétel; b) a szegmentálás eredménye. Az első és utolsó tag: 2 = WorldView-2; 3 = WorldView-3; O = ortofotó. Második tag = a predikcióhoz használt tanító képek száma (augmentáció előtt)

## Konklúzió

Bár mára számos, az épületkinyerést célzó módszer létezik, a képfeldolgozás során a különböző forrásokból származó, gyakran eltérő felbontású és minőségű adatok együttes használata mindmáig jelentős kihívásokat rejt magában. Kutatásunk során arra kerestük a választ, hogy ezen említett nehézségek, valamint kisszámú tanító adat felhasználása mellett milyen hatékonysággal alkalmazható a U-Net mély konvolúciós architektúra épület detektálásra. Az eredmények alapján elmondható, hogy:

- Amennyiben a tanításhoz és a szegmentáláshoz ugyanazon felvétel – eltérő területei – kerül felhasználásra, úgy már csekély adatmennyiség mellett is nagy pontosságok érhetőek el, azonban a túl kevés adat könnyen túlilleszkedéshez vezethet.
- A tanításhoz használt nagyobb adatmennyiség nem feltétlenül eredményez magasabb pontosságokat: amennyiben a WV3-at szegmentáltuk a WV2 és az ortofotó adatai alapján (2O-P80-3), úgy bár a tanító képek száma jelentősen megnőtt, a pontosság alacsony maradt (F1-érték: 0,184).

- A szegmentálni kívánt felvételtől már kisszámú adat modellezéskor történő felhasználása jelentősen növelheti a pontosságokat: az előző modellhez képest 0,693-as F1-értéket értünk el mindössze 10 (augmentáció előtti) WV3-ről származó kivágat bevonásával (23O-P90-3).

## **Köszönetnyilvánítás**

A kutatást az NKFIH K138079 projekt támogatta.

## **Felhasznált irodalom**

- KRIZHEVSKY, A. – SUTSKEVER, I. – HINTON, G. E. (2017): ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Communications of the Acm* 60(6): 84–90. doi:10.1145/3065386.
- LONG, J. – SHELHAMER, E. – DARRELL, T. (2015): Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation. In Presented at the 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).
- PEPPA, M. V. – BELL, D. – KOMAR, T. – XIAO, W. (2018): Urban Traffic Flow Analysis Based on Deep Learning Car Detection from Cctv Image Series. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-4*: 499–506. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-4-499-2018.
- RONNEBERGER, O. – FISCHER, P. – BROX, T. (2015): U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, Pt Iii* 9351: 234–241. doi:10.1007/978-3-319-24574-4\_28.

# Műholdas idősor alapú fafajterképezés optimalizálása a Soproni-hegység területén

Ács Norbert<sup>1</sup> – Czimber Kornél<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, Soproni Egyetem, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet; geoinformatikus, webfejlesztő, TopoLynx Kft., acs.norbert@topolynx.hu

<sup>2</sup> egyetemi docens, Soproni Egyetem, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet; ügyvezető igazgató, TopoLynx Kft., czimber.kornel@topolynx.hu

**Absztrakt:** Műholdas idősoron alapuló fafajterképezést végeztünk a felső lombkoronaszintben a Soproni-hegység területén. Az osztályozáshoz eltérő időpontú, de azonos vegetációs időszakból származó Sentinel-2 műholdfelvételeket használtunk fel, kihasználva, hogy az osztályozni kívánt fafajok fenofázisai időben eltérhetnek. Megvizsgáltuk, hogy mely sávok felhasználásával érhető el a legmagasabb általános pontosság, valamint a sávokon főkomponens analízist is végeztünk. Kerestük még a Random Forest osztályozó algoritmus paramétereinek optimumát.

## Bevezetés

A modern és hatékony erdőgazdálkodáshoz, erdőleltározáshoz és természetvédelemhez elengedhetetlen a fafajok pontos azonosítása és térbeli helyzetük feltérképezése. Az erdészeti ágazatot érintő munkaerőhiány az újabb, és kevésbé élőmunka igényes technológiák felé tereli az érintetteket. A Sentinel-2 műholdrendszer megjelenése nagy előrelépést jelentett a fafajterképezésben és az erdők állapotának monitorozásában.

Jelen kutatásunkban a Random Forest osztályozó algoritmusra koncentráltunk, mivel több szerző is ezen algoritmus használatával tudott elérni magasabb pontosságot Sentinel-2 felvételek osztályozásánál. (PERSSON ET AL. 2018; PLAKMAN ET AL. 2020; BREIDENBACH ET AL. 2021, LECHNER ET AL. 2022). Egy korábbi vizsgálatunk is ezt erősítette meg, amikor a legnagyobb valószínűségek módszerével és Support Vector Machine osztályozókkal hasonlítottuk össze.

A vizsgált területünk a Soproni-hegység erdőrészelei voltak. A fő uralkodó fafajok a lucfenyő (*Picea abies*), a bükk (*Fagus sylvatica*), a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és az erdeifenyő (*Pinus sylvestris*), de elegyesen előfordul még a közönséges jegenyefenyő (*Abies alba*), a vörösfenyő (*Larix decidua*), a nyír (*Betula pendula*), a gyertyán (*Carpinus betulus*) és a mézgas éger (*Alnus glutinosa*). Mi az első négy fafajra és a vágás területekre végeztük el az osztályozást.

## Anyag és módszer

Az osztályozáshoz öt darab Sentinel-2 műholdfelvétel használtunk. A képek 2022 április és augusztus között készültek és minden hónapból egy képet választottunk

ki. A felvételeket T33TXN képcsempékről Level-2A feldolgozási szinteken töltöttük le, tehát a felszíni reflektanciát mutatják. A Sentinel-2 műhold szenzorok spektrális felbontása 13 sáv, de mi csak a 4 db 10 m-es és a 6 db 20 m-es térbeli felbontású sávot használtuk fel. A radiometria felbontásuk 12 bit.

A feldolgozás során csak ingyenes és nyílt forráskódú szoftvereket használtunk, mint Quantum GIS 3.34.5 és a Semi-Automatic Classification Plugin 8.2.2.

Az osztályozott terület 42 km<sup>2</sup> volt és 85 db mintaterületünk esett rá. A mintaterületeket kétfelé osztottuk, 43 db tanító- és 42 db teszt területre (1. táblázat). Összesen 4 fafajt osztályoztunk: kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), bükk (*Fagus sylvatica*), erdei fenyő (*Pinus sylvestris*), lucfenyő (*Picea abies*). Az ötödik osztályunk az üres vágásterületek voltak. A mintaterületek felosztásakor törekedtünk arra, hogy közel ugyanannyi tanító- és teszt területünk legyen, valamint az egyes osztályok területeinek arányai közelítsenek a hegyvidék fafajainak eloszlásához. A mintaterületeken elegendően erdőállományok találhatóak.

A vizsgálatunk során a Random Forest osztályozó algoritmus paraméter beállításait próbáltuk optimalizálni. Mind az 5 műholdfelvételt együtt osztályoztuk. Az osztályozásba csak a 10 m-es felbontású sávokat vontuk be. A SCP programban a fák számát (Number of trees) 10 és 1280 közé, az elágazáshoz szükséges minimális elemszámot (Minimum number to split) pedig 2 és 40 közé állítottuk (2. táblázat). A fák számának növelésével pontosíthatjuk az osztályozást, de ezzel a számítási kapacitásokat is növeljük. Az elágazáshoz szükséges elemszámok növekedésével pedig robosztusabb modellt kaphatunk, de ez alulilleszkedést is okozhat (INTERNET1).

Vizsgáltuk még, hogy a Sentinel-2 felvételek különböző sávjainak használata hogyan befolyásolja az osztályozás általános pontosságát. A sávok különböző kombinációit kipróbáltuk külön-külön és egyben az összes felvételen is. Először a 10 m-es felbontású sávok (B02, B03, B04, B08) osztályozását végeztük el, majd ezeket kombináltuk külön a vörös él sávokkal (B05, B06, B07, B08A) és külön a rövid hullámhosszú infravörös sávokkal (B11, B12), végül pedig mindkettővel (3. táblázat). Az osztályozáshoz a Random Forest algoritmust használtuk az induló paraméter beállításokkal.

1. táblázat Mintaterületek megoszlása

Osztályok		KTT	B	EF	LF	ÜV	Σ
Tanító	db	13	12	1	13	4	43
	ha	9,82	4,11	0,31	2,39	1,72	18,35
Teszt	db	12	13	1	13	3	42
	ha	11,84	3,94	0,40	1,86	0,72	18,75
Σ	db	25	25	2	26	7	85
	ha	21,66	8,05	0,71	4,25	2,44	37,10



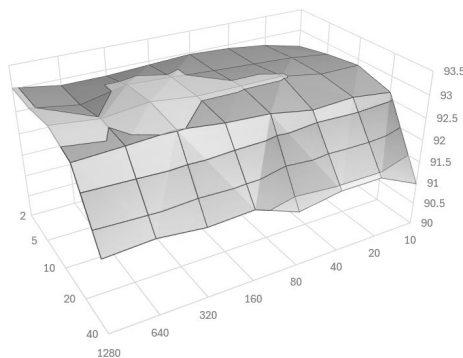
Mivel az előző vizsgálat során sor került az összes felvétel összes sávjának egy idejű osztályozására, mely összesen 50 db sáv volt, felmerült bennünk valamilyen adatredukciós eljárásnak a tesztelése. A SCP programban a főkomponens analízisre volt lehetőségünk. A főkomponens analízishez mind az 50 sávot felhasználtuk, a komponensek számát pedig 2 és 20 között határoztuk meg. Végül a származtatott képeket Random Forest algoritmussal osztályoztuk (4. táblázat).

## Eredmények

Már a Random Forest algoritmus alapbeállításával történő osztályozás általános pontossága is magas volt, így a különböző beállításokhoz tartozó általános pontosságok között nem voltak jelentős eltérések. Az elágazáshoz szükséges elemszámok optimuma 10 volt, ez érték fölött általában csökkent a pontosság. A fák számának növelése általában növelte a pontosságot, viszont a legnagyobb általános pontosságot egy alacsonyabb értékkel is el tudtuk érni (2. táblázat, 1. ábra).

2. táblázat Random Forest paraméterek és a hozzájuk tartozó általános pontosságok (%)

Fák száma	Elágazáshoz szükséges minimális elemszám				
	2	5	10	20	40
10	92,59	92,75	92,86	92,64	90,98
20	92,80	92,86	92,86	92,75	91,41
40	92,91	92,91	93,02	92,70	91,41
80	92,96	92,96	93,02	92,86	91,25
160	92,91	93,02	93,02	92,91	91,62
320	92,86	93,07	<b>93,13</b>	93,02	91,57
640	92,86	92,86	93,02	92,96	91,68
1280	93,02	93,02	<b>93,13</b>	92,91	91,62



1. ábra Random Forest paraméterek és a hozzájuk tartozó általános pontosságok (%)

A vörös él sávok (EDGE) bevonása az áprilisi felvétel kivételével növelték, a rövid hullámhosszú infravörös sávok (SWIR) pedig minden esetben növelték az osztályozás pontosságát. A SWIR sávok nagyobb mértékben növelték a pontosságot, mint a vörös él sávok, sőt a legtöbb felvétel esetében nagyobb pontosságot értünk el SWIR és 10 m-es felbontású sávok (RGBI), mint az összes sáv kombinálásával (3. táblázat).

A főkomponens analízis során az 5 db komponens használata bizonyult a legeredményesebbnek. Valószínűleg a további komponensek már zajokat is tartalmaztak. A vizsgálataink során itt értük el a legmagasabb osztályozási pontosságot, közel 97 %-ot (4. táblázat).

### Konklúzió

A legmagasabb általános pontosságot májusi felvétel összes sávjának osztályozásával és a főkomponens analízis segítségével értük el. A pontosságok igen magasak, de kevés fajtát osztályoztunk. A vizsgálatokat mindenképpen szeretnék bővíteni további fajtákkal, mint a csertölgly, fekete fenyő, nyír, mézgás éger.

3. táblázat A sáv kombinációk és a hozzájuk tartozó általános pontosságok (%)

Felvétel/Sávok	RGBI	RGBI+EDGE	RGBI+SWIR	Mind
április	89,63	87,11	<b>91,08</b>	87,06
május	90,60	92,48	96,35	<b>96,89</b>
június	90,82	91,46	<b>95,86</b>	95,76
július	92,11	92,64	95,27	<b>95,33</b>
augusztus	91,25	94,31	<b>95,11</b>	94,95
Mind	92,59	93,93	<b>95,92</b>	95,60

4. táblázat Főkomponensek száma és a hozzájuk tartozó általános pontosságok (%) és kumulált variancia (%)

Komponensek	Általános pontosság	Kumulált variancia
<b>2</b>	83,24	88,80
<b>5</b>	<b>96,94</b>	94,40
<b>10</b>	95,49	98,01
<b>15</b>	94,41	98,94
<b>20</b>	93,13	99,36

Ezek bevonásával csökkenni fognak a pontosságok, de talán jobban megjelennek az egyes modellek közötti különbségek is. A további terepi felvételezések végeztével pedig szeretnénk elegyes állományokra is megvizsgálni a modellek osztályozási pontosságát.

## **Köszönetnyilvánítás**

Szeretnénk köszönetet nyilvánítani az Envirosense Hungary Kft-nek a mintaterületek rendelkezésre bocsátásáért.

## **Felhasznált irodalom**

- BREIDENBACH, J. – WASER, L. T. – DEBELLA-GILO, M. – SCHUMACHER, J. – RAHLF, J. – HAUGLIN, M. – PULITI, S. – ASTRUP, R. (2021): National mapping and estimation of forest area by dominant tree species using Sentinel-2 data. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(3).
- PERSSON, M. – LINDBERG, E. – REESE, H. (2018): Tree Species Classification with Multi-Temporal Sentinel-2 Data. *Remote Sensing*, 10(11).
- LECHNER, M. – DOSTÁLOVÁ, A. – HOLLAUS, M. – ATZBERGER, C. – IMMITZER, M. (2022): Combination of Sentinel-1 and Sentinel-2 Data for Tree Species Classification in a Central European Biosphere Reserve. *Remote Sensing*, 14(11).
- PLAKMAN, V. – JANSSEN, T. – BROUWER, N. – VERAVERBEKE, S. (2020): Mapping Species at an Individual-Tree Scale in a Temperate Forest, Using Sentinel-2 Images, Airborne Laser Scanning Data, and Random Forest Classification. *Remote Sensing*, 12.
- INTERNET1 – <https://www.linkedin.com/pulse/hyperparameters-random-forests-madhavan-vivekanandan>, Letöltés ideje: 2024.04.20.



# Actual Trajectory and High Speed Internet Service Aspects of a Low Earth Orbit Satellite Constellation

Phoebe Gabriel Adekemi<sup>1</sup> – Djamila Talbi<sup>2</sup> – Zoltán Gál<sup>3</sup>

<sup>1</sup> University of Debrecen (Bachelor Student of Informatics), gabrielphoebe@mailbox.unideb.hu

<sup>2</sup> University of Debrecen (Doctoral School of Informatics), talbi.djamila@inf.unideb.hu

<sup>3</sup> University of Debrecen (Faculty of Informatics), gal.zoltan@inf.unideb.hu

**Abstract:** This study aims to investigate the quality of service of the low Earth orbit Starlink high speed communication system that provides internet worldwide. We Examined its performance by studying some different aspects related to the connection effectiveness. What made our study unique is that we set up seven ground stations in seven different latitudes on the Earth's surface. From what we get we uncovered some important findings including the Hurst parameter, Latency and Doppler effect reveals that the Starlink maintain robust offering numerous connections with low latency and a long-range dependency, we found that the connection quality of signal changes depends on your position on Earth. The findings help in understanding the aims of Starlink's operational capabilities and its potential.

*Keywords: Data science, Geo-localization, Low Earth Orbit, Satellites, High speed communication, GIS*

## 1. Introduction

There is an increasing demand for connectivity, fast and affordable internet, to remote areas that are not easily accessible through terrestrial communication systems. Low Earth Orbit (LEO) satellite constellations have emerged as a revolutionary solution, promising to bridge this gap and deliver broadband internet anywhere on Earth.

Companies like SpaceX have launched over 5,504 Starlink satellites in their network, aiming to provide faster internet speeds and lower costs to users worldwide, creating new opportunities for businesses and communities. Additionally, geostationary satellites are evolving with advanced technology, with approximately 600 satellites orbiting Earth, including the Intelsat satellite network with over 50 satellites, providing faster roaming and international broadcast services. Both Low Earth orbit and geostationary satellites are utilized for communication purposes. Low earth orbit offers advantages such as lower delay timing, global coverage and lower launch costs whereas geostationary satellites provide constant and larger coverage.

The highlight of this paper are as follows:

- The high-speed communication LEO Starlink constellation characteristics and aspects are analyzed and studied considering some components and elements that belong to the communication quality of service.

- The seven chosen installed ground stations on the Earth's surface in seven latitudes with its information are highlighted in the following sections.
- Investigating the impact of the ground stations' positions on the internet connection service and on the quality of service.
- Latest state of the Starlink LEO satellite constellation visualization having over five thousand including active satellites and satellite trains above the Earth throughout two different resources.
- Analyzing some of Starlink satellite's properties and understanding more its potentials throughout different exponents including the long-range dependency, latency, Doppler effect and Doppler rate.

The second section highlights some scientific researches that inspired us and are related to our work. Section number three gives insights about the Starlink fundamentals and analyzes some of its properties. The fourth section investigates more exponents relating to the communication quality of service. Concluding the overall topic including the results and the main findings in the fifth section.

## 2. Related work

The specifications of a LEO-enhanced Global Navigation Satellite System, including the number of orbital planes, the number of satellites in those orbits, and the inclinations of the LEO constellations was highlighted in [1], a solution to address the issue of co-linear interference caused by LEO satellites while passing through the GEO beam coverage area, enabling LEO satellites to provide high-speed and low-latency network services without dead zones to multiple ground users. The proposed solution is a flexible spectrum sharing and cooperative service method in [2]. Similarly [3] focuses on the resource allocation problem that arises when LEO satellites share the spectrum of a high GEO throughput satellite in a beam-hopping manner. The GEO satellite system serves as the primary system, while the LEO satellite constellation system acts as the secondary system and is subject to strict limitations on frequency bands and transmitting power.

The utilization of massive multiple-input multiple-output (mMIMO) technology is proposed in [4] to improve the communication capacity and global high-speed interconnection of LEO satellite communication systems. LEO satellites are represented by a binomial point process (BPP) on a spherical surface, and the user coverage probability is analyzed with respect to the deployment of satellite gateways on the ground. These gateways act as relays between the users and the LEO satellites, ensuring reliable network connectivity done in [5]. The authors in [6] examine the topology and routing design of mega-constellation networks (MCNs) by analyzing inter-satellite paths. Due to the increased number of satellites in MCNs, there is a rise in routing complexity and the number of hops required for inter-satellite paths. In [7] researchers propose an integrated ultra-dense satellite-terrestrial network, comprising LEO-based satellites and terrestrial infrastructure, to enhance network access.

The terrestrial operator can offload its subscribed users to the LEO satellite network of the satellite operator, which provides satellite backhaul services. A comprehensive overview of the necessary architectural and technological components, as well as the physical and logical links required for the seamless integration of LEO constellations into 5G and B5G systems, was done in [8]. A hybrid cloud and edge computing network for LEO satellites, featuring a three-tier computation architecture. This system can offer flexible and diverse computation resources to ground users worldwide, enabling them to access computation services easily in [9]. The aim of [10] is to improve access efficiency in high-dynamic LEO scenarios through a dependable design and detection mechanism for random access. Authors of [11] present a solution to overcome collinear interference that arises when LEO satellites pass through the coverage area of the GEO beam.

The proposed solution is a flexible spectrum sharing and cooperative service method. The authors of [12] offer an updated comparison of the estimated throughput of four of the most extensive LEO mega-constellations: Starlink, Telesat, OneWeb, SpaceX, and Amazon. The study in [13] proposes a system architecture for edge computing in LEO networks. To verify this architecture, researchers designed and developed a LEO edge computing prototype system that can be used to test different algorithms and strategies related to service migration and satellite selection. Authors [14] explore the use of Doppler positioning methods, a widely used localization algorithm, for Extended Kalman Filter (EKF)-based positioning. To improve the accuracy of tracking, a precise receiver design has been developed that can track Doppler shifts effectively. This receiver's performance has been evaluated by acquiring and tracking Doppler shifts from two different types of LEO constellations.

### **3. Physical characteristics of the massive LEO satellites constellation**

Starlink satellites constitute a part of SpaceX's plan to build a worldwide satellite internet constellation. Developed by Elon Musk's SpaceX, Starlink aims to provide extremely fast and low-latency internet connections to even the most remote regions of the earth. The satellites work in LEO, being nearer to Earth's surface than to classic communication satellites. It promises to bring connectivity and provide broadband services in underserved areas.

Being in the LEO orbit and closer to the Earth surface reduces the signal latency resulting in shorter travel distances for data signals. Additionally, it allows for more extensive and interconnected network service. Also, the high number of satellites around the earth (*Fig. 1*) creates a dense constellation which covers a wide portion of the Earth's surface and helps in providing reliable internet connectivity. Moreover, the large number of satellites serve flexibility in order to adjust coverage and capacity based on demand and changing user patterns, which SpaceX can scale up the satellites constellation by launching more satellites to meet the needs of increasing bandwidth.

For testing the connectivity of the Starlink constellation, we selected seven locations on the Earth to install the Ground Stations (GSs).

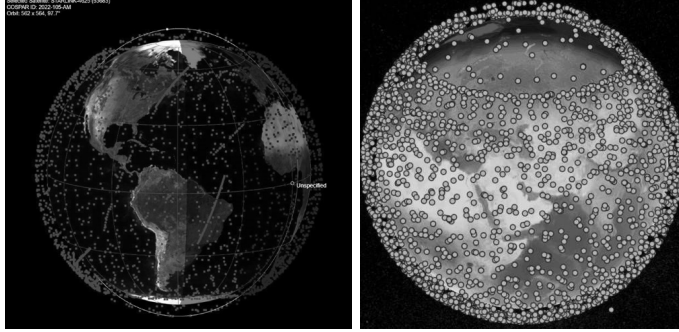


Fig. 1. LEO satellites constellation around the earth (February 22nd, 2024)

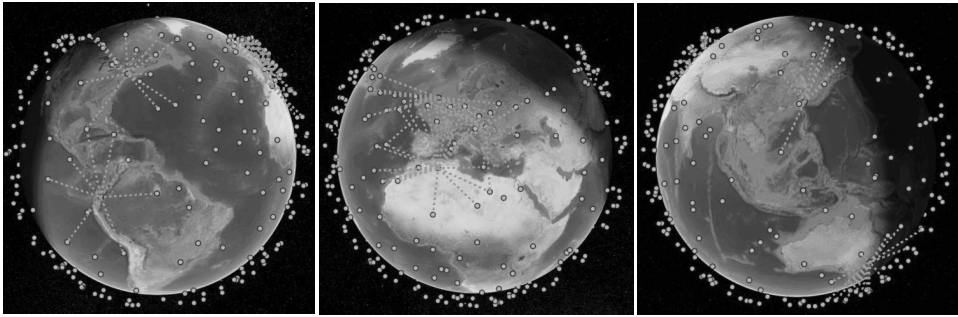


Fig. 2. LEO satellites constellation with links around the earth (February 2nd, 2024)

Table 1. Location of the ground stations

	Position of the Ground Stations (GS)		
	Location	Latitude [°]	Longitude [°]
1	Glasgow (GB)	55.8916086595515	-4.2466995718516
2	Debrecen (HU)	47.5424107927400	21.6398409323165
3	New York (US)	40.9085433395957	-73.1203924643823
4	Laghouat (DZ)	33.7961930449019	2.8495187868346
5	Taipei (TW)	25.1741909357048	121.4472758793911
6	Quito (EC)	-0.1684983099482	78.4668878984846
7	Sydney (AU)	-33.8555989754453	151.2149450384233

These GSs are distributed over both hemispheres and the equator. We use the designation GS1, ..., GS7 for homogeneity, arranged in decreasing order of latitude (Table 1). We installed 7 different GSs in 7 different latitudes and connected it to Starlink satellites for 24 hours (Fig. 2). We measure the duration of connection for each connection also have investigated the number of connections per second.

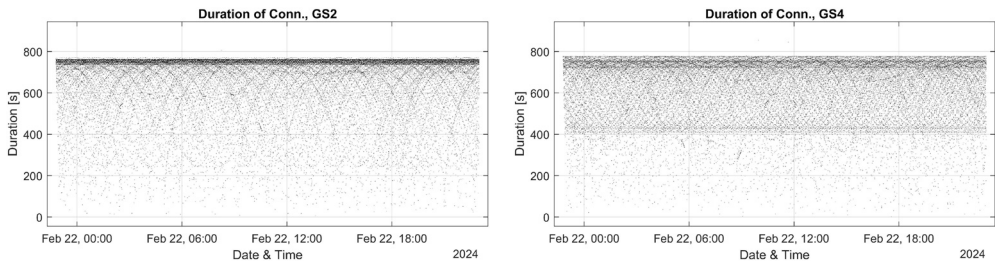
During 24 hours, most of the connection's durations lasts between 300 and 800 seconds no matter where the GS is located. GS 2 and GS4 shown in Fig. 3 and illustrate what has been discussed. This observation proves the reliability of the LEO



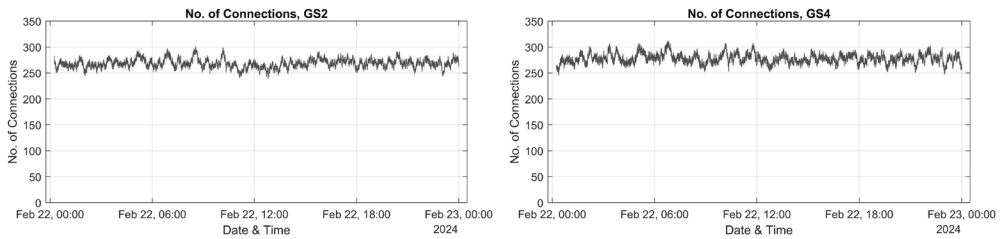
satellites service. The high coverage of Starlink constellation and the fact that the belongs to the closest orbit to the Earth’s surface provides seamless connection and minimizes the service interruptions.

Additionally, Number of connections of the GS2 and GS4 during one day in shown in *Fig 4*. The average the satellites visibility for all the GSs is around 250 simultaneous connections. Where the largest mean was found in GS3 demonstrating the strong coverage and visibility of the Starlink satellite constellations in Europe compared to other continents, it might be also because of the high demand for subscription to the satellite internet service from the European users.

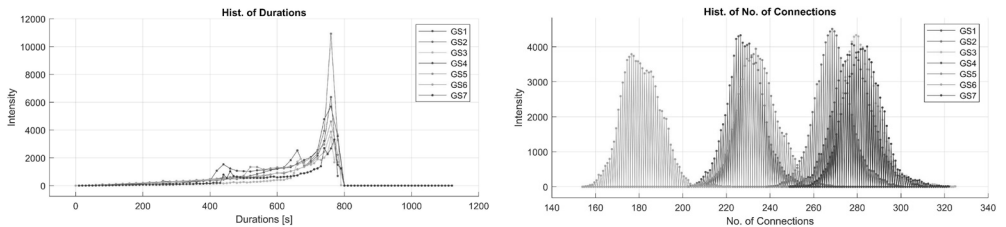
The histogram of connection duration of all the GSs illustrate more information, the maximum duration that could be connected to a single Starlink satellite was found approximately 1120 seconds, however most of the connection lasted for 750 seconds around 12 minutes. Additionally, each ground station has a specific interval of number of connection due to the periodicity of the satellite’s mobility for one day, and as being said earlier, regardless of the ground station position the connectivity of the Starlink service is always remains available (*Fig. 5*).



*Fig. 3. Connection duration of ground stations*



*Fig. 4. Connection number of ground stations*



*Fig. 5. Histogram of connection duration with 5 ground stations*

The quality of service that Starlinks constellation provides including the high number of connections, intensive visibility and long connection duration focusing on delivering reliable, high speed internet connectivity with low latency and a continuous coverage from different GS latitudes and longitudes proves the efficient orbital management strategies.

#### 4. Behavior of the massive LEO satellite network service

For optimizing the Starlink internet performance, it is important to study more from its behaviors like the Doppler and the latency in order to analyze the signal delay and insure the reliable communication between the satellite constellations and the ground stations on the Earth. These factors play a crucial role in providing a high-quality service to the subscribers, especially the ones who are located in the underserved areas where the traditional terrestrial services may be limited. We have studied the latency rate of the satellites for the seven GSs and visualize only the last hundred satellites for better description.

In most of the cases the Latency rate ranges symmetrically between  $-20 \mu\text{s/s}$  and  $20 \mu\text{s/s}$  with different intense, that proves the variability in signal delay over the time which takes for data to be transmitted between the two ends (Fig. 6).

The Doppler shift describes the change in the frequency of the signal that is caused by the relative movement between the satellite and the GS, where the failure to account for the Doppler shift may cause degradations and errors in the transferred signal. The Doppler shift ranges symmetrically between  $-300 \text{ kHz}$  and  $300 \text{ kHz}$  shows the symmetric variation in the frequency of the transmitted signal between the 2 ends (Fig. 7).

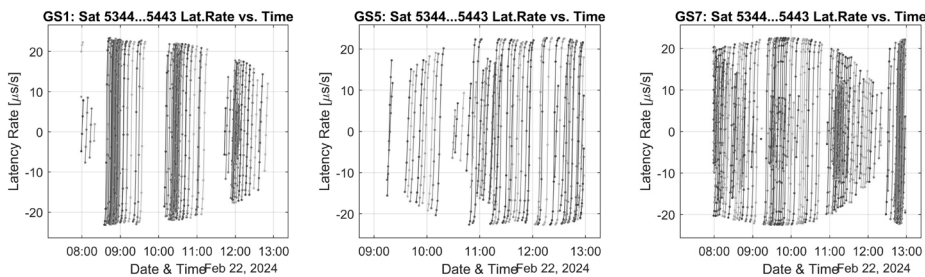


Fig. 6. Latency rate of the last 100 satellites

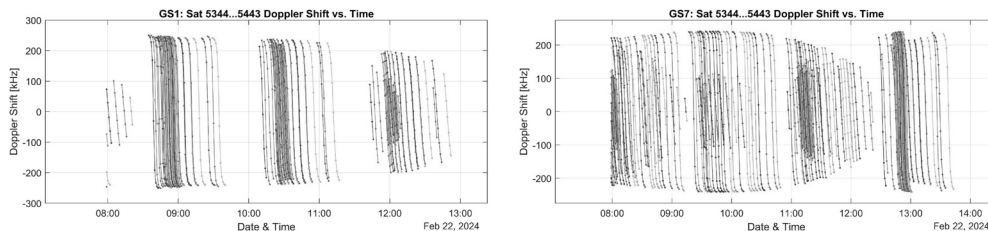


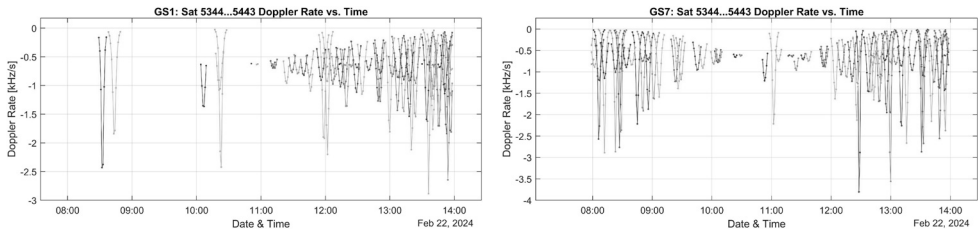
Fig. 7. Doppler shift of the last 100 satellites

The changing rate of the Doppler shift over the time is called Doppler rate, analyzing this factor shows the dynamic changes in the signal frequency during satellite communication. Doppler rate being negative (*Fig. 8*) indicates that the rate of change of the doppler shift is decreasing over the time and that what it was discussed previously, also illustrates that the satellite is either approaching a point where its velocity is decreasing or is moving away from the GS. However, Doppler rate being 0 kHz indicates that there are 0 changes in the doppler shift over the time, the reason could be the constant velocity of the satellite during its movement.

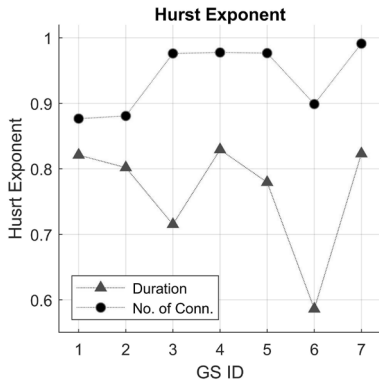
Calculating the Hurst parameters for a system helps to understand more about its characteristics, where the Hurst is used in fractal analysis to quantify the long-term memory of a time series or also called Long-Range Dependence (LRD).

Hurst parameter above 0.5 indicates the positive long-range memory persistence of the system and that's what it is shown in *Fig. 9* and *Fig. 10* where hurst parameter differs between GS to other, however all of them gives Hurst exponent greater than 0.5 no matter where the GS is located, this proves that the present behavior has impact on the future one of the 2 analyzed exponent of the Starlink system.

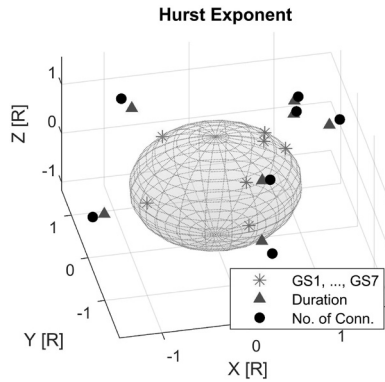
Both measured components; connection duration and number of connections, tend to exhibit trends and patterns that persist over the time benefiting in various predictive modeling of the communication service.



*Fig. 8. Doppler rate of the last 100 satellites*



*Fig. 9. Dependence of the Hurst exponent of connection duration and number of connections on latitude*



*Fig. 10. Dependence of Hurst exponent of connection duration and number of connections in 3D*

## 5. Conclusions

In this paper, we investigated various aspects of the LEO Starlink constellation's internet service quality, enlightening several findings. Starlink system maintains consistent connectivity with over 200 connections, proving the reliability of the system. The latency stays low and consistent suitable for real-time applications, also the service exhibits a long-range memory indicating predictive maintenance. These insights help in understanding the LEO constellation potential for internet access. While future research could focus on optimizing service and exploring geographical influences on the doppler effect.

## Acknowledgement

This work has been supported by the QoS-HPC-IoT Laboratory and project TKP2021-NKTA of the University of Debrecen, Hungary. Project no. TKP2021-NKTA-34 has been implemented with the support provided from the National Research, Development and Innovation Fund of Hungary, financed under the TKP2021-NKTA funding scheme.

## References

- [1] GE, H., LI, B., NIE, L., GE, M., & SCHUH, H. (2020). LEO constellation optimization for LEO enhanced global navigation satellite system (LeGNSS). *Advances in Space Research*, 66(3), 520-532.
- [2] GU, P., LI, R., HUA, C., & TAFAZOLLI, R. (2021). Dynamic cooperative spectrum sharing in a multi-beam LEO-GEO co-existing satellite system. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 21(2), 1170-1182.
- [3] TANG, J., BIAN, D., LI, G., HU, J., & CHENG, J. (2021). Resource allocation for LEO beam-hopping satellites in a spectrum sharing scenario. *IEEE Access*, 9, 56468-56478.
- [4] ZHANG, Y., WU, Y., LIU, A., XIA, X., PAN, T., & LIU, X. (2021). Deep learning-based channel prediction for LEO satellite massive MIMO communication system. *IEEE Wireless Communications Letters*, 10(8), 1835-1839.
- [5] TALGAT, A., KISHK, M. A., & ALOUINI, M. S. (2020). Stochastic geometry-based analysis of LEO satellite communication systems. *IEEE Communications Letters*, 25(8), 2458-2462.
- [6] CHEN, Q., GIAMBENE, G., YANG, L., FAN, C., & CHEN, X. (2021). Analysis of inter-satellite link paths for LEO mega-constellation networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 70(3), 2743-2755.
- [7] DENG, R., DI, B., CHEN, S., SUN, S., & SONG, L. (2020). Ultra-dense LEO satellite offloading for terrestrial networks: How much to pay the satellite operator?. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 19(10), 6240-6254.
- [8] LEYVA-MAYORGA, I., SORET, B., RÖPER, M., WÜBBEN, D., MATTHIESEN, B., DEKORSY, A., & POPOVSKI, P. (2020). LEO small-satellite constellations for 5G and beyond-5G

- communications. *Ieee Access*, 8, 184955-184964.
- [9] TANG, Q., FEI, Z., LI, B., & HAN, Z. (2021). Computation offloading in LEO satellite networks with hybrid cloud and edge computing. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(11), 9164-9176.
- [10] ZHEN, L., BASHIR, A. K., YU, K., AL-OTAIBI, Y. D., FOH, C. H., & XIAO, P. (2020). Energy-efficient random access for LEO satellite-assisted 6G internet of remote things. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(7), 5114-5128.
- [11] GU, P., LI, R., HUA, C., & TAFAZOLLI, R. (2020). Cooperative spectrum sharing in a coexisting LEO-GEO satellite system. In *GLOBECOM 2020-2020 IEEE Global Communications Conference* (pp. 1-6). IEEE.
- [12] PACHLER, N., DEL PORTILLO, I., CRAWLEY, E. F., & CAMERON, B. G. (2021). An updated comparison of four low earth orbit satellite constellation systems to provide global broadband. In *2021 IEEE international conference on communications workshops (ICC workshops)* (pp. 1-7). IEEE.
- [13] LI, C., ZHANG, Y., XIE, R., HAO, X., & HUANG, T. (2021). Integrating edge computing into low earth orbit satellite networks: Architecture and prototype. *Ieee Access*, 9, 39126-39137.
- [14] FARHANGIAN, F., & LANDRY JR, R. (2020). Multi-constellation software-defined receiver for Doppler positioning with LEO satellites. *Sensors*, 20(20), 5866.



# Artificial Intelligence in Indoor Layout Design

Nurlan Aliyev\*<sup>1</sup> – Barsi Árpád<sup>2</sup>

<sup>1</sup>\* Ph.D. Researcher, Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Faculty of Civil Engineering, Budapest University of Technology and Economics, 3 Műegyetem rkp., K Building First Floor 31., H-1111, Budapest, Hungary, nurlan.aliyev@edu.bme.hu

<sup>2</sup> Professor, BME, Photogrammetry and Geoinformatics Dept., 3 Műegyetem rkp., K Building First Floor 31., H-1111, Budapest, Hungary, barsi.arpad@emk.bme.hu

**Abstract:** With the rapid advancement of Generative Artificial Intelligence (Gen-AI) techniques, particularly in the field of deep learning, there has been a surge in their application across various domains. One such domain witnessing a significant transformation is indoor layout design. This study explores the recent utilization of Generative AI in the process of indoor layout design, enabling architects and designers to generate innovative and optimized layouts efficiently. In particular, this study analyzes the Deep Layout Model proposed by WU ET AL. (2019).

*Keywords: Generative AI, indoor layout design, NLP, artificial intelligence*

## Introduction

Generative AI, characterized by its capacity to autonomously create new content, represents a significant departure from traditional AI systems, which are primarily focused on pattern recognition and classification. These generative AI models, such as generative pre-trained transformers like ChatGPT, have been trained on massive datasets, enabling them to capture intricate patterns and nuances inherent in the data (OH ET AL. 2019). This transformative paradigm has found applications in various industries, including the construction industry, where it is used to facilitate indoor layout design and create solutions that may seem impossible to be created by humans (SCHIA ET AL. 2019).

The use of AI in generative design has the potential to revolutionize the construction industry by improving project efficiency, accuracy, and performance CHIKEZIE (2023). Furthermore, the integration of AI in the construction industry has the potential to reduce the time spent on repetitive tasks by using big data analytics and improving work processes. However, the fragmented nature of the construction industry presents challenges in the adoption of AI, particularly in terms of data acquisition and retention (REGONA ET AL. 2022). A literature survey was conducted using four main databases, Web of Science, Google Scholar, Scopus, and CumInCAD, to retrieve research articles for review.

The authors identified 49 different methods for automated floor plan generation, categorized into three types: bottom-up, top-down, and referential. The

authors excluded methods that did not result in a floor plan layout, such as those studying adjacency graphs or building massings. Referential methods, which involve learning from precedents and using architectural catalogs and previously generated designs, have been of interest in both professional and educational settings. Machine learning (ML) algorithms with deep neural networks, such as generative adversarial networks (GANs) (Fig. 1) and mathematical programming methods, have been used in referential designs (WEBER ET AL. 2022).

**Deep Layout Model (DLM)**

A novel data-driven technique for automatically and efficiently generating floor plans for residential buildings with given boundaries has been proposed (WU ET AL. 2019). The authors created a two-stage approach (Fig. 2) that imitates the human design process, which involves locating the rooms first and then the walls while adapting to the input building boundary.

**Generative Adversarial Networks**

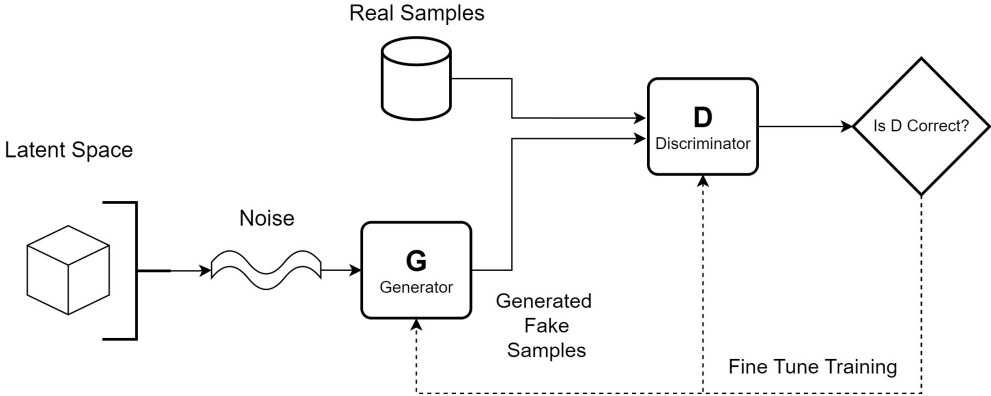


Fig. 1. Generative Adversarial Networks (INTERNET1)

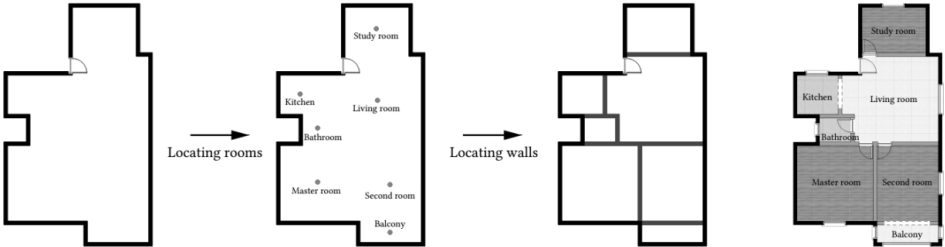


Fig.2. Two stage approach



The proposed network first places living rooms and then iteratively adds other rooms; subsequently, walls are added. To train this model, they constructed RPLAN, a large-scale dataset containing more than 80,000 floor plans from real residential buildings.

However, the current success of this proposed model still requires expert-level computer knowledge to harness its power. In addition, the model requires manual input of the room boundary to populate it with rooms. One of the downsides of this is complexity, it is nearly impossible for an ordinary person, without the required skills, to operate such a sophisticated piece of technology.

It's also worth mentioning, that the training of this complex model requires 4 to 5 days, and the computer hardware is needed to be high-end, as the main hard work falls onto GPU. Nevertheless, we believe that this model is highly applicable and can be used in a much more complex system that does not require too much time and knowledge to harness its power.

## **Testing DLM locally**

### ***Test Environment***

To test this, we obtained the codebase and dataset from the authors. The proposed configuration environment to obtain the running model was outdated a long time ago. Nonetheless, we tried to follow the authors' recommended configurations (Python 3.6, Qt 5.5.1, PyTorch 0.4.0, and Visual Studio 2013) but faced many dependency depreciation errors.

Thus, everything was tried from scratch by creating a Python 3.11 environment in Anaconda, using the latest version of PyTorch and CUDA as well as Qt 5.6 for Visual Studio 2022.

### ***Test Variables***

The first training of the model was with 10 floor plan files from the given dataset to test whether the code was working fine. After being sure, the size of the training dataset has been changed to 160, and validation to 40. There were no errors during the training of the models and in the following stages proposed by the authors, although the training data were too small for the model to be accurate. The final test was with 7686 floor plans as training data and 170 floor plans for validation to obtain results with higher accuracies. Nevertheless, according to the authors, this model must be trained with more than 75,000 floor plans given in the dataset to be more precise.

### ***Training Phase***

The training consisted of four stages: "Living", "Continue", "Location, and "Wall". The first stage involved training the model to locate living rooms inside the

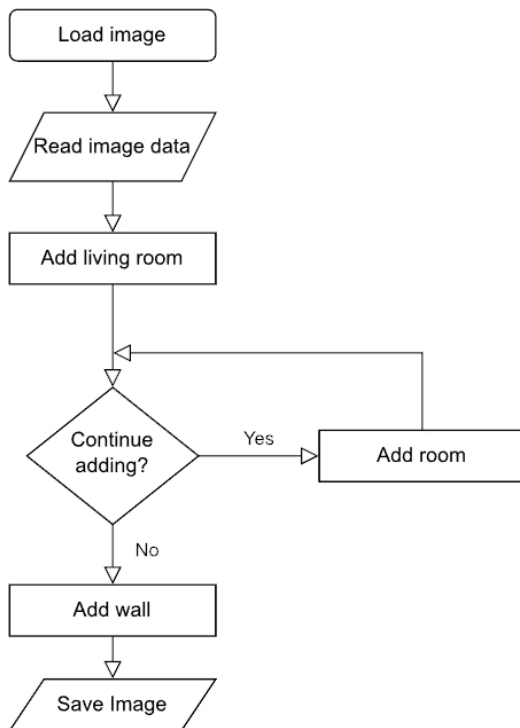
given room boundaries. The next phase trains the model to determine whether there is a need to add more rooms. The last two phases train the model to place the walls and locations based on the prediction.

Overall, the training of these four models took approximately 28 hours. Although there was progress in percentages, the output was not 100% true or expected. This is because less than 10% (7686) of the RPLAN dataset (80,000+) was used, as only a test run was planned without having many computer resources. Nevertheless, the output shows the viability of using AI as a generative source for floor plan design under particular circumstances.

### Test Results

After training finished, we ran the synthesizer (*Fig. 3*), which takes a PNG as input, reads image data, adds living room, and adds other rooms in a loop as long as there is a need for continuation, lastly, walls were added and images were saved.

The input files that are fed to the synthesizer are shown in *Fig. 4*; from the first look, it looks like a black rectangle drawing, but inside it carries the necessary information for AI models to generate and add information on these canvasses. It can be observed that none of these floor plans are repetitive; they are all unique.



*Fig. 3. Synthesizer logic*



*Fig. 4. Input files for the Synthesizer*



*Fig. 5. Output files from the Synthesizer*

The output files are shown in *Fig. 5*, the gray “lines” represent walls which are predicted by the "Wall" model. During a closer inspection some inconsistencies can be observed, in some cases the walls are discrete instead of being fully connected; these "hallucinations" are marked with ovals. These spots create problems because the boundaries between rooms cannot be differentiated accurately during the rendering phase.

After this process, vectorization was executed to turn these walls into straight walls that were much closer to real-world scenarios. Output files are shown in *Fig. 6*, where most of the walls have been vectorized successfully, but also with a couple of mistakes.



Fig. 6. Vectorization results

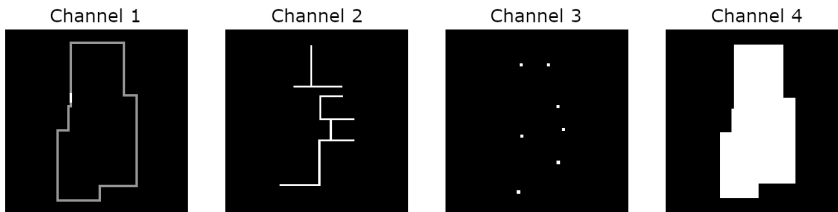
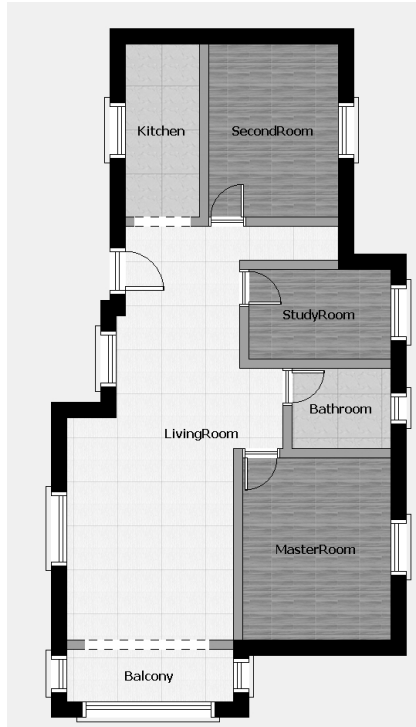


Fig. 7. Channel analysis of output PNG file

To understand more about what happens under the hood, we analyzed four channels of the same PNG files before and after vectorization. As can be seen, the PNG file has four channels (Fig. 7): the first channel carries information about the room boundary and entry point (i.e., a door); the second and third channels are carrying data generated by DLM: the second channel holds information about the placed walls, which is prediction-based, and the third channel holds information about room locations; and the last channel shows the boundary mask.

The software renders the walls, doors, and rooms according to preset textures (Fig. 8).

How did we obtain the labels, textures, doors, and windows? The labels were coded with integer values from 0 to 17, each representing a different room, entrance, etc. These values are stored in pixels. Thus, when generating outputs, the model saves this information for further use. During rendering, these integer values are read from the image pixels and transformed into more readable labels, and the transformed labels are used to determine which texture to use during the rendering phase. The authors created four different textures: Bedroom, FunctionArea, PublicArea, and StudyRoom.



*Fig. 8. Render result*

Doors and windows' connectivity were determined based on the key observation that most doors are connected to the living room. This information was used to add passageways between the living room and other rooms. In addition, a passageway between any other connected rooms was added.

## **Conclusion**

The technology is really attractive, though it lacks behind, as it requires deeper knowledge to build, run, and obtain an output. It takes a lot of time to train the models, and users still do not have full control over generations because there is no real-time visualization. Nevertheless, this could be used as a remote tool (preferably available from a website) to provide users with design ideas based on boundaries, although limitations could be demoralizing for mass use.

According to the results gathered from running DLM, progress still requires a more sophisticated version and further developments to use AI in generative design for construction (mainly floor plans) in a more accurate, fast, and reliable way. Running AI as an image generator to replace DLM can result in a faster but less practical outcome. However, it still bears the possibility of being fine-tuned for specific industry demands and used as a tool that can aid designers while iteratively suggesting feasible designs.

## References

- CHIKEZIE VICTOR, N. O. (2023): The Application of Artificial Intelligence for Construction Project Planning. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2801695/v1>
- OH, S. – JUNG, Y. – KIM, S. – LEE, I. – KANG, N. (2019): Deep Generative Design: Integration of Topology Optimization and Generative Models. *Journal of Mechanical Design*. <https://doi.org/10.1115/1.4044229>
- REGONA, M. – YIGITCANLAR, T. – XIA, B. – LI, R. Y. M. (2022): Opportunities and Adoption Challenges of AI in the Construction Industry: A PRISMA Review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1), 45. <https://doi.org/10.3390/JOITMC8010045>
- SCHIA, M. H. – TROLLSÅS, B. C. – FYHN, H. – LÆDRE, O. (2019): The Introduction of AI in the Construction Industry and Its Impact on Human Behavior. <https://doi.org/10.24928/2019/0191>
- WEBER, R. E. – MUELLER, C. – REINHART, C. (2022): Automated floorplan generation in architectural design: A review of methods and applications. *Automation in Construction*, 140, 104385. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2022.104385>
- WU, W. – FU, X.-M. – TANG, R. – WANG, Y. – QI, Y.-H. – LIU, L. (2019): Data-driven interior plan generation for residential buildings. *ACM Trans. Graph.*, 38(6). <https://doi.org/10.1145/3355089.3356556>

## Internet references

- INTERNET1 – Al Gharakhanian (2016, December 19). Generative Adversarial Networks – Hot Topic in Machine Learning. GANs: One of the Hottest Topics in Machine Learning. <https://www.linkedin.com/pulse/gans-one-hottest-topics-machine-learning-al-gharakhanian/>

# **Analysis of Urbanization in Delhi, India from 1990 to 2023 using Landsat images**

Adeeba Arshad Ansari<sup>1\*</sup> – Loránd Szabó<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Physical Geography and Geoinformation Systems, University of Debrecen, H-4032  
Egyetem tér 1. Debrecen, Hungary

\* adeebaarshad999@gmail.com

**Abstract:** Urbanization is a global phenomenon reshaping landscapes and societies, particularly impactful in rapidly growing metropolises like Delhi, India. Utilizing Landsat satellite imagery from 1990 to 2023, this study investigates the patterns and dynamics of urbanization in Delhi. Normalized Difference Vegetation Indices (NDVI), Normalized Difference Built-up Indices (NDBI), and their difference BU were calculated to assess urbanization and vegetation cover, revealing changing trends over time. Results indicate fluctuations in NDVI and BU values, with certain years showing increased urbanization and decreased green space. Afforestation initiatives and urban development projects influence these trends, highlighting the complex interplay between urbanization and vegetation dynamics. The findings offer valuable insights for urban management and future research endeavours.

## **Introduction**

Urbanization is a global phenomenon that has been rapidly transforming landscapes and societies over the past few decades. By 2008, over half of the world's population was urban, and by 2030, 81% of people will be urban dwellers (UN). By 2050, the United Nations projects India will add 400 million urban dwellers, which would be the largest urban migration in the world for the thirty-two year period. In the context of Delhi, the capital city of India, this process has been particularly dynamic and impactful. As one of the world's most populous and fastest-growing metropolises, Delhi has undergone significant urban development and expansion since 1990.

India's population shift is transforming its cities at a rate never seen before in the twenty-first century (SANKHE ET AL. 2010). Our understanding of land transition has been greatly enhanced by the flood of diverse remote sensing-based satellite imagery. Using spectral information and sometimes other data, the pixels in the satellite images are categorized to create maps of land use and land cover (LULC) (WENTZ ET AL. 2018). By comparing these multi-temporal LULC maps throughout time, urban expansion is mapped and quantified. Therefore, regular monitoring of urban shape, development, and processes requires high temporal frequency of pictures (REBA – SETO 2020). The result which comes from multi-temporal LULC studies suggest that land change is unidirectional. So, it can be said that in most of

the cases the last stage of land transition is urbanization (CHAUDHURI ET AL. 2022). The limitations of any multi-temporal LULC data derived from satellite images include those related to geographical resolution, temporal coverage frequency, urban area categorization schemes, and product accuracy levels (WENTZ ET AL. 2018). To close the knowledge gap, it may be useful to combine an automated change detection method with temporally rich indices obtained from satellite data (CHAUDHURI ET AL. 2022). This research proposal aims to investigate and analyse the patterns and dynamics of urbanization in Delhi over the period from 1990 to 2023, utilizing Landsat satellite imagery.

## Materials and methods

### *Study area*

Delhi (Fig. 1), which is in the middle of the National Capital Region (NCR), has seen significant population increase. From just 1.7 million in 1951 to over 16 million in 2011, Delhi has become one of the world's most widely dispersed suburbs. With a total size of 55,038 square kilometres and a population of 46,069,000, Delhi makes up around 1.67 percent of all of India (Census of India, 2011).

### *Methodology*

11 Landsat images covered the time series from 1990 to 2023. Normalized Difference Vegetation Indices (NDVI), Normalized Difference Built-up Indices (NDBI) and their difference BU were calculated for all years to assess urbanization and vegetation cover and their relation. The zone of Delhi area and districts of Delhi were the basis of zonal statistics in case of the indices for all years. This method allows a thorough comprehension of the built-up area and vegetation change in the examined region, providing insightful information about patterns of urbanization.

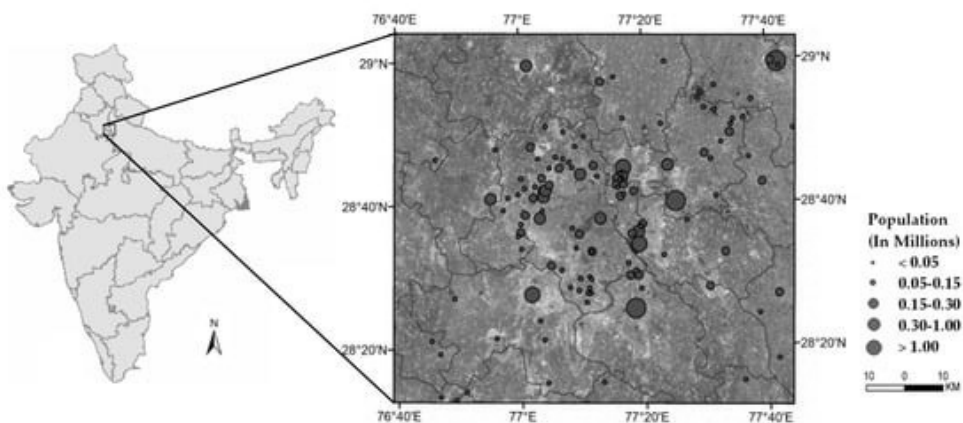


Figure 1. Study area National Capital Region of India



## Results

The results (*Fig. 2*) show that there is higher NDVI in 1995, 2003 and 2020 around the northern ridge, central ridge, south-central and southern ridge and the lowest NDVI is found in built-up dominating the residential area in the best part of Delhi. In 2010, Delhi's numerous development initiatives have resulted in a decrease of greenery and a rise in built-up density. According to the study, in 2003 the NDVI median value is high in the northwest Delhi district and low in the New Delhi district (*Fig. 2*). In 2003, the BU value (*Fig. 3*) is high in New Delhi district and low in northwest Delhi district; nevertheless, in 2010, the New Delhi district had the largest amount of vegetation. The government of the National Capital Territory of Delhi initiated several afforestation programs, which are mostly to blame for this alteration in the vegetation. The Delhi Forest department launched initiatives such as the Green Delhi Action Plan in 1997. 8,422 hectares of land were set aside for parks and green spaces in the Delhi Development Master Plan of 2001.

## Conclusion

The work has effectively shown how to estimate the BU and NDVI from the Landsat satellite data series to comprehend the state of the urban environment and to identify the linkages between built-up and green cover over urban Delhi. The data suggest that a variety of factors, such as migration, deforestation, and improved living

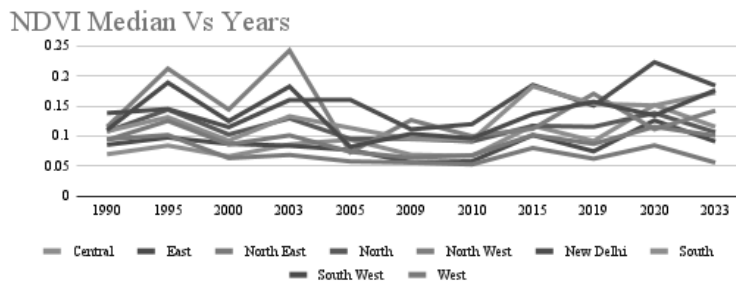


Figure 2. NDVI median values for all the districts in Delhi from 1990 to 2023

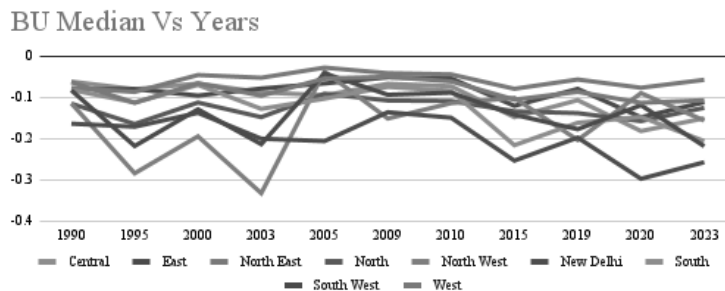


Figure 3. BU median values for all the districts in Delhi from 1990 to 2023

conditions, may have influenced the BU and NDVI's trend of change. Nevertheless, further investigation and analysis would be required to pinpoint the precise reasons for these variations. The information gathered for this study offers insightful information on urbanization that can guide future investigations and city-related management initiatives.

It is evident from the study that using a variety of indices between 1990 and 2023, there are some years where the rate of urbanization rises while the amount of green space decreases. 2003 had the lowest reported urbanization and 2005 had the highest rate which gives the inverse effect to the vegetation in these two years.

For many districts in Delhi, the NDVI and BU values were analysed as part of the project to monitor changes in the built-up area and vegetation cover from 1990 to 2023. The NDVI research revealed that the city's vegetation did not remain constant during the study, instead it showed a decreasing and growing tendency. As the first period indicated the decreasing NDVI trend along with increasing BU, urbanization was observed, but the second period show increasing NDVI and decreasing BU trends, which can be the effect of tree plantation programmes over the city, while urbanization processes were still proceeding. This suggests that some elements within the city are likely to have an impact on the vegetation. and after that, the BU values are displayed, which further illustrates the trend's changes over time. Considering the findings, we draw the conclusion that these two have an inverse relationship.

## **Acknowledgment**

The research presented in this article was carried out within the framework of the K138079 NKFI project.

## **References**

- Census of India (2011): District Census handbook. <http://censusindia.gov.in/2011census/dchb/DCHB.html>
- CHAUDHURI, G. – MAINALI, K. P. – MISHRA, N. B. (2022): Analyzing the dynamics of urbanization in Delhi National Capital Region in India using satellite image time-series analysis. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 49(1), 368-384
- REBA, M. – SETO, K. C. (2020): A systematic review and assessment of algorithms to detect, characterize, and monitor urban land change. *Remote sensing of environment*, 242, 111739
- SANKHE, S. – VITTAL, I. – DOBBS, R. ET AL. (2010): India's urban awakening: Building inclusive cities, sustaining economic growth (p. 234). Mumbai: McKinsey Global Institute
- WENTZ, E. A. – YORK, A. M. – ALBERTI, M. ET AL. (2018): Six fundamental aspects for conceptualizing multidimensional urban form: A spatial mapping perspective. *Landscape and Urban Planning*, 179, 55-62

# Exploring Climate Change Awareness and Renewable Energy Adoption in Germany: A Google Trends Analysis

Behnam Ata<sup>1</sup> – Kanat Makhanov<sup>1</sup> – Ramzi Benhizia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Social Geography and Regional Development Planning, University of Debrecen, Debrecen H-4023, Hungary; Behnam.ata@science.unideb.hu, username1006@gmail.com.

<sup>2</sup> Department of Landscape Protection and Environmental Geography, University of Debrecen

**Abstract:** In light of increasing concerns over climate change and its impact on extreme weather events and global warming, this research aims to investigate the level of climate change awareness among people, using Google Trends data. The study focuses on three key dimensions: climate change itself, the prominence of Green parties, and the adoption of solar panels in Germany. Analysis of the data reveals a correlation between the occurrence of extreme weather events and searches related to climate change among the German populace. Additionally, spikes in searches for the Green party coincide with national elections from 2004 to 2024. Since 2004, there has been a noticeable trend towards increased interest in climate change and the Green Party, reflecting a growing societal emphasis on sustainable environmental practices. Notably, a significant surge in climate change searches occurred in 2022, following the Green Party's notable success and coinciding with extreme heatwaves and droughts experienced that year.

*Keywords:* Climate change, google trends, green parties, solar panels, Germany

## Introduction

Attempts to use data science and to study climate change has become line of research recently mostly because of very recent and dramatic development of data sciences and spurred availability of digital data and in particular climate-related big data (CHEN – CHIANG 2012; MANOGARAN – LOPEZ 2018). In more simplistic application the use of big-data analysis in climate studies in majority of the cases is basically drawing inferences and conclusion from provided big data sets, finding out certain patterns and testing and formulating new climate models. Big data in climate can also e used in more sophisticated interdisciplinary ways such as of instance the System of System which is a framework used to address complex problems where individual systems that can function independently are integrated to form a larger, more complex system that offers more functionality and performance than simply the sum of the constituent systems (CRAGLIA ET AL. 2017; SEBESTYÉN ET AL. 2021).

Germany can be considered as one of the flagships in and important stakeholders in the global climate change agenda due to multiple reasons. Being the largest energy consumer and the biggest European economy, the country has been one of the key leaders in promoting the green energy agenda. Unlike other major

EU economies such as France, which has continued its reliance on nuclear energy, Germany has taken decisive steps to move away from it. Germany is also among the leading countries in the EU as well as in the world when it comes to public awareness about climate change (Pew Research 2021).

Shifts in public perception and awareness of climate change lead to changes in people's behavior (YUANA ET AL. 2020). Advancements in climate studies and the widespread availability of information about the threats of climate change, along with people's experiences of extreme weather events over recent years, have significantly altered the prioritization of threats in the public's perception. For instance, it has been found that the perceived danger from environmental pollution surpassed the threat of terrorism in 2015 among German Youth, becoming the number one threat that people identify as the most relevant (Shell Jugendstudie 2019). In studies on public awareness and attitudes towards climate change in Germany, researchers have identified a significant attitude-behavior gap. Although there is a robust positive attitude towards climate protection and an increasingly high awareness of climate change issues, these perceptions do not readily translate into significant behavioral changes. However, public attitudes do have clear political dimensions, which are expressed through strong pressures on the political process, primarily via shifts in voter behavior (VENGHAUS ET AL. 2022). Another study based on large data based on surveys and climatological data has found that public awareness and concerns has very clear effects in electoral results. It revealed that regions experiencing high temperature anomalies and dry weather saw a noticeable increase in votes for green parties. This effect was more pronounced in regions with cool and temperate climate in Europe, such as e.g. France and Germany. In particular, the study highlights that personal experiences of climate change through extreme weather events generally results in greater public support for climate-related initiatives (DOUNTON 2022).

Green parties are indeed experiencing a general increase in votes and influence in European legislatures, although the scale of their success varies widely across different countries. However, no Green party currently holds a majority of seats in any national parliament in Europe. They generally do so as part of broader coalitions and have not yet achieved majority status in any national legislature. In the last German federal election, held in 2021, the Social Democratic Party (SPD) won the most seats. They secured 206 seats in the Bundestag, which was an increase from their previous count in the 2017 election. Following the SPD, the Christian Democratic Union (CDU) and Christian Social Union (CSU) together held the second-highest number of seats, totalling 196. The Greens also saw significant gains, acquiring 118 seats, which marked a substantial increase compared to their previous performance. Yes, in the 2021 German federal election, the Green Party achieved their best-ever result in a national election, securing almost 15% of the vote (The Federal Returning Officer 2021).

## Methodology

The research utilized Google Trends data to explore the relationship between climate change, the adoption of renewable energies (such as solar panels), and the prominence of Green parties in Germany spanning from 2004 to 2024. Initially, the study gathered data on severe weather events across Germany during this period. Subsequently, it analyzed Google Trends data alongside the occurrence of severe weather in Germany. This approach underscores the significance of Google Trends data as a valuable tool for understanding public awareness and attitudes toward climate change, as well as the uptake of solar energy solutions as a response.

Moreover, in the realm of politics, various parties vie for positions within government bodies, with the Green Party emerging as a significant player. Their agenda is distinctly oriented toward sustainable development and the reduction of CO<sub>2</sub> emissions, aligning closely with efforts to mitigate the impacts of climate change on our planet. Thus, the inclusion of the Green Party's activities and agendas adds a political dimension to the analysis, shedding light on how political actors engage with and respond to environmental challenges.

## Results and discussion

The rise of Green parties in European politics began in the early 1980s. The first significant breakthrough for these parties occurred in Germany, where the Greens (die Grünen) entered the national parliament in 1983 after securing a notable portion of the vote in the 1980 national elections. Initially, the green movements were quite distant from the global climate agenda that characterizes them today. Green parties gradually emerged from various social movements advocating for environmental, peace, and women's rights issues in the late 1970s and early 1980s. The green agenda started to dominate these parties' political platforms only more recently. Utilizing Google search data as a key indicator of public concern and awareness, it becomes evident that the connection between climate change and the Green parties' political agenda has been forming gradually. One of the primary drivers of this process has been the real and direct experiences of climate adversities by ordinary people.

In *Figure 1*, we analyze the search frequencies for "Die Grünen" (the most common term for the Green Party in Germany) and "Klimawandel" (climate change) on Google since 2004. As anticipated, searches for "the Greens" generally peak around the national election dates every four years in Germany. Similarly, searches for "Klimawandel" frequently align with various weather anomalies within the country. For example, during an unusually warm period in March 2007 that lasted into the summer months, there was a significant increase in searches for "climate change", indicating a strong connection between public experience and awareness of climate issues. Notably, in March 2011, amid another spell of unusually warm weather, there was a surge in the online popularity of the German Green Party, even as interest in climate change appeared to wane.

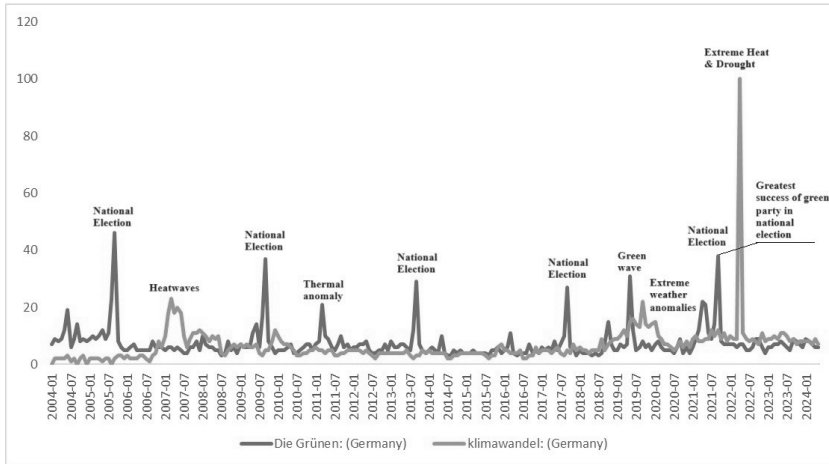


Figure 1. Amount of search topics in google web from 2000 to 2024 in Germany.  
Source: Google Trends search data

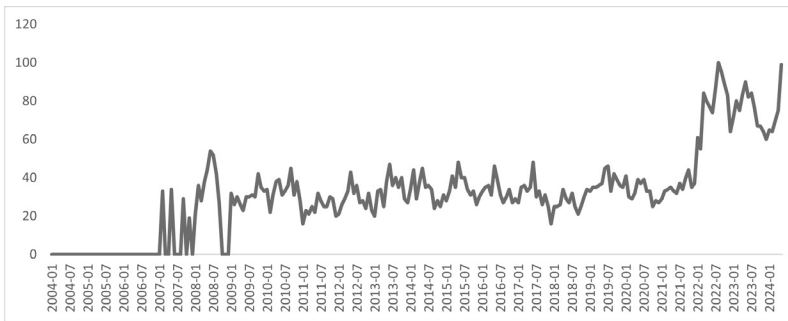


Figure 2. Amount of search solar panels in google web from 2000 to 2024 in Germany.  
Source: Google Trends search data

In May 2019, public interest in Germany's Green Party surged following their significant success during the European elections. This surge coincided with the weather anomalies of Fall 2019, which included severe storm damage across Germany. Earlier in the year, the country also faced extreme heat and drought, highlighting the growing severity and frequency of such events attributed to climate change. These events had a strong impact, causing substantial economic and human losses. Consequently, 'climate change' became a frequently searched term on the internet, as people associated these anomalies with global climate issues. The spikes in frequency of search of climate change in the internet have also occurred during other extreme climate events since over the last 10–15 years in Germany.

Similarly, other terms related to climate issues often show correlated trends in internet searches. For example, the term “solar panel” – a popular option for generating green energy – typically sees spikes in search frequency on the internet a few months after major weather anomalies and elections. This pattern was notably evident in the first half of 2008, several months following the 2007 heat wave.

Similarly, a significant increase in searches for “solar panel” in 2022 followed the onset of weather anomalies in Germany, characterized by extreme dryness and high temperatures, marking one of the hottest Aprils on record.

## Concluding remarks

Based on an analysis of Google trends data, it is evident that there have been dramatic shifts in the public perception of climate change over the past few decades. Notably, the climate change agenda has become a central focus for green political parties, which have nicely handled this topic, making it increasingly relevant to voters. At the same time, there has been a significant transformation in how climate change is perceived, likely driven by the population's direct experiences with the adverse effects of climate phenomena. The connection between extreme weather events and public concern is clearly demonstrated by the surge in related online inquiries. While it carries a certain degree of speculation, it can be said that the growing frequency and intensity of extreme weather events are stimulating people to take additional actions, extending beyond mere political demands to include more personal actions.

## References

- CHEN, HSINCHUN – CHIANG, ROGER H. – VEDA C. STOREY (2012): Business intelligence and analytics: from big data to big impact. *MIS Quart.* 36: 1165–1188. doi: 10.2307/41703503
- CRAGLIA, MAX – JIRI HRADEC, STEFANO NATIVI – MATTIA SANTORO (2017): Exploring the depths of the global earth observation system of systems. *Big Earth Data* 1: 21–46. doi: 10.1080/20964471.2017.1401284
- DOUNTON, NICHOLA (2022): Voters are more likely to go green if they have direct experience of climate change, but only in wealthier regions. Retrieved from <https://www.euronews.com/green/2022/02/09/extreme-weather-leads-to-more-votes-for-green-parties-study-suggests>
- HASSANI, H. – HUANG, X. – SILVA, E. (2019): Big data and climate change. *Big Data Cogn. Comput.* 3, 1–17. doi: 10.3390/bdcc3010012
- MANOGARAN, G. – LOPEZ, D. (2018): Spatial cumulative sum algorithm with big data analytics for climate change detection. *Comput. Electr. Eng.* 65: 207–221. doi: 10.1016/j.compeleceng.2017.04.006
- Pew Research (2021): In Response to Climate Change, Citizens in Advanced Economies Are Willing To Alter How They Live and Work. Retrieved from <https://www.pewresearch.org/global/2021/09/14/in-response-to-climate-change-citizens-in-advanced-economies-are-willing-to-alter-how-they-live-and-work/#:~:text=Three%2Dquarters%20or%20more%20of,about%20climate%20change%20harming%20them>
- SEBESTYÉN, VIKTOR – TÍMEA CZVETKÓ – JÁNOS ABONYI (2021): The Applicability of Big Data in Climate Change Research: The Importance of System of Systems Thinking. *Interdisciplinary Climate Studies* Vol. 9. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.619092>

- Shell Jugendstudie (2019): Jugend 2019 Eine Generation Meldet Sich Zu Wort. Retrieved from [https://www.shell.de/about-us/initiatives/shell-youth-study/\\_jcr\\_content/root/main/containersection-0/simple/simple/call\\_to\\_action/links/item2.stream/1642665734978/9ff5b72cc4a915b9a6e7a7a7b6fdc653cebd4576/shell-youth-study-2019-flyer-de.pdf](https://www.shell.de/about-us/initiatives/shell-youth-study/_jcr_content/root/main/containersection-0/simple/simple/call_to_action/links/item2.stream/1642665734978/9ff5b72cc4a915b9a6e7a7a7b6fdc653cebd4576/shell-youth-study-2019-flyer-de.pdf)
- The Federal Returning Officer (2021): 2021 Bundestag Election: Final Result. Retrieved from [https://bundeswahlleiterin.de/en/info/presse/mitteilungen/bundestagswahl-2021/52\\_21\\_endgueltiges-ergebnis.html](https://bundeswahlleiterin.de/en/info/presse/mitteilungen/bundestagswahl-2021/52_21_endgueltiges-ergebnis.html)
- VENGHAUS, SANDRA – MEIKE HENSELEIT – MARIA BELKA (2022): The impact of climate change awareness on behavioral changes in Germany: changing minds or changing behavior? *Energy, Sustainability and Society* 8.
- YUANA, SUCI LESTARI – FRANS SENEGERS, WOUTER BOON – MAARTEN A. HAJER – ROB RAVEN (2020): A dramaturgy of critical moments in transition: understanding the dynamics of conflict in socio-political change. *Env Innov Soc Transit* 37: 156–170.
- Google Trends search data. Retrieved from <https://trends.google.com/trends/>



# Vízhálózat-sűrűség és litológia, felszínborítás, domborzat, csapadék kapcsolatának térinformatikai elemzése Szlovénia példáján

Bacsó Anna<sup>1</sup> – Telbisz Tamás<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD-hallgató, ELTE Természetföldrajzi Tanszék, bacsoann@gmail.com

<sup>2</sup> egyetemi docens, ELTE Természetföldrajzi Tanszék, tamas.telbisz@ttk.elte.hu

**Absztrakt:** Jelen kutatásunkban a vízhálózat-sűrűség kapcsolatát vizsgáljuk különböző befolyásoló tényezőkkel, mint az alapkőzet, a felszínborítás, a domborzati adottságok, valamint a csapadék évi mennyisége és időbeli eloszlása. Mintaterületnek Szlovéniát választottuk, melyet az alapadatok minősége és hozzáférhetősége indokolt. Fő kérdésünk, hogy az egyes paraméterek hogyan hatnak a vízhálózat-sűrűsége, amelynek megválaszolásához a teljes országot lefedő 1 km<sup>2</sup>-es rácsháló alapul véve kerestük a statisztikai összefüggéseket. Azt találtuk, hogy a litológia döntő hatással bír a vízhálózat-sűrűsége, így közzétípusonként elkülönítve vizsgáltuk a további tényezők befolyását. Az eredményeink alapján sem a felszínborítás, sem a csapadék nem tűnik erőteljes meghatározó tényezőnek, szemben a domborzati viszonyokkal, amelyek jelentősen befolyásolják a kőzetek hatására kialakuló vízhálózati képet.

## Bevezetés

A vízhálózat-sűrűség definíció szerint egy adott területen a vízfolyások összhossza osztva a vizsgált területtel. A vízhálózat-sűrűség kérdése már a GIS előtti időszakban is jelentős hangsúlyt kapott a geomorfológiában (ld. GÁBRIS – MARI 1995 és a benne lévő hivatkozások), ám az elmúlt évtizedekben a rohamosan bővülő adatok és elemzési lehetőségek új lendületet adtak a vízhálózat-sűrűség kutatásának (ld. BARBEDO ET AL. 2022 és az ebben szereplő hivatkozások). Egy vízhálózati térképen szabad szemmel is elég jól elkülöníthetők a sűrű és ritka vízhálózatu területek, és óhatatlanul felmerülnek a kérdések a különbségek okaival kapcsolatban. Elméleti megfontolások alapján logikusnak tűnik, hogy a vízhálózatot befolyásolja a domborzat jellege, az alapkőzet, a rajta lévő talaj és a felszínborítás, továbbá az éghajlat egyes jellemzői, elsősorban a csapadék térbeli és időbeli eloszlása, valamint az antropogén hatások. A tényleges kvantitatív vizsgálatok során azonban hamar kiderült, hogy már a vízhálózat hosszának gyakorlati meghatározása sem egyszerű feladat, aminek a háttérben a vízfolyás kezdőpontjának (*channel head*) definiálási nehézsége áll. Másrészt a vízhálózat-sűrűség és az egyes tényezők kapcsolata is kellően komplex ahhoz, hogy az összefüggések ne legyenek egyszerű egyenletek formájában leírhatók. Napjainkban léteznek globális vizsgálatok ebben a témakörben (SCHNEIDER ET AL. 2017, LIN ET AL. 2021), ám ezeknél a vízhálózat (és a többi tényező) homogén minősége erősen megkérdőjelezhető. Vannak kísérletek azzal

kapcsolatban is, hogy digitális terepmodellek (DTM) alapján hogyan határozhatók meg a vízfolyások kezdőpontját kijelölő küszöbértékek, ám ezek az eredmények egyelőre azt jelzik, hogy ezek a küszöbértékek számos esetben eleve csak nagy bizonytalansággal adhatók meg, továbbá az eredményt a DTM minősége és felbontása is erősen befolyásolja (BACSÓ – TELBISZ 2023).

Jelen kutatás keretében azt a célt tűztük ki, hogy egy olyan regionális keretben vizsgáljuk a vízhálózat-sűrűség kérdését, ami már a befolyásoló tényezők változatosságát képes felmutatni, de elérhető hozzá homogén, megbízható adatok. Így esett a választás Szlovéniára, ami kis területe ellenére egy domborzatilag és geológiailag változatos terület, továbbá ingyenesen elérhető, jó minőségű adatok állnak rendelkezésre az országról.

Fő elemzési kérdéseink: a választott mintaterületen belül hogyan befolyásolja a vízhálózat-sűrűséget az alapkőzet, a csapadék évi összege és időbeli eloszlása, a domborzat, valamint a felszínborítás.

## Adat és módszer

A vizsgálat léptékéhez az SRTM 1” felbontása és minősége bőven elegendő, ezért *domborzati* adatbázisként ezt választottuk. A *felszínborításhoz* a Corine CLC2018 adatokat használtuk. Értelemszerűen ez csak egy „pillanatképet” nyújt a vízhálózat kialakulásához képest, de az alacsony, megművelt alföldi területeket kivéve ez az adatbázis egy elfogadható közelítésnek tekinthető hosszú időtávon is. A *geológiai* adatokat a Szlovén Geológiai Szolgálat oldaláról (<https://www.geo-zs.si/index.php/en/>) töltöttük le. Ez az adatbázis az 1:250 000 méretarányú geológiai térképek alapján készült és vektoros formában, ingyen letölthető (*SVN\_GeoZS\_1M\_SGA\_INSPPolygon.shp*). Nagy előnye, hogy tartalmaz egy kategorizált litológia attribútumot, ami fontos adat a vízhálózat-sűrűség vizsgálatához. A *csapadék* adatokat a CRU-TS 4.05 adatbázisból vettük (HARRIS ET AL. 2020). Ez az adatbázis az 1961-1990-es időszak alapján számított havi átlagértékeket tartalmazza csapadéokra és hőmérsékletre, egész Európára vonatkozóan, 1 km terepi felbontással. Ebből vágtuk ki a Szlovéniára vonatkozó csapadékadatokat. Természetesen az éghajlat is változott a vízhálózat-fejlődés időtartama során, de ettől függetlenül ez az adat is egy elfogadható közelítést nyújt. Végül, de nem utolsósorban, a jó minőségű *hidrográfiai* adatok megléte egy nagyon fontos érv volt Szlovénia mellett. A szlovén vízkataszter szintén ingyenesen letölthető shp formátumban a szlovén Természeti Erőforrásokért Felelős és Területügyi Minisztérium oldaláról (<http://www.evode.gov.si/index.php>). Ez az adatbázis 1:5000 és 1:10000 topográfiai térképek, valamint terepi felmérések és LiDAR-mérések alapján készült, rendszeresen karbantartott adatbázis.

Az elemzéshez megfelelő felbontást kellett választani, amit egyrészt a bemenő adatok felbontása határozott meg, másrészt az ország mérete, harmadrészt, hogy a túl kisméretű egységek esetén az egyedi véletlen jellemzők túlságosan is felerősödnének. Mindezek alapján a vizsgálatok alapegységének 1 km<sup>2</sup> beosztású

négyzetrácsot választottunk. Első lépésként tehát ezt a rácshálót készítettük el vektoros formában Szlovénia területére vonatkozóan. Második lépésként kiszámítottuk a rácsnégyzetekben a vízfolyások összhosszát, illetve sűrűségét. Ezt követően meghatároztuk a rácsnégyzetekre vonatkozóan a domináns közettípust, illetve a domináns felszínborítást, valamint azt is, hogy a domináns elem az adott négyzeten belül hány százalékot képvisel. A csapadékértékeket hozzárendeltük a rácsnégyzetekhez (ez eleve ugyanekkora felbontású volt, ezért itt aggregálásra nem volt szükség). Kiszámítottuk a csapadék éves össz mennyiségét, továbbá azt is, hogy a maximális csapadékú hónapban az éves csapadékösszeg hányadrésze hullik le. Ez utóbbi a csapadék-változékonyság. A DTM alapján kiszámítottuk a rácsnégyzetek zóna-statisztikáit a tszf. magasság és a lejtőszög vonatkozásában. A továbbiakban a zóna-statisztikák közül az átlagot használtuk fel. Végül az így nyert adatokat térképeken ábrázoltuk, illetve statisztikai összefüggéseket kerestünk a vízhálózat-sűrűség és a befolyásoló tényezők között.

## Eredmények

### *Befolyásoló tényezők statisztikai jellemzése*

Először röviden az egyes tényezők statisztikai jellemzőit ismertetjük. A geológiai adatbázis 14 kategóriára bontja Szlovénia felszíni kőzeteit, ebből 4 kategória az, amelyik meghaladja az 5%-ot, ezek a következők: törmelékes üledékes (*törm\_üled*): 28%; mészkő: 27%; dolomit: 18%; nem tiszta karbonátok (*karb\_kevert*): 8% (ez utóbbi nagyon vegyes kőzeteket foglal magába, és alapvetően – neve ellenére – nincs köze a karsztosodáshoz).

A felszínborítás CLC kategóriái közül 7 foglal el 5%-nál nagyobb helyet az ország területéből, ezek az alábbiak: CLC313 (vegyes erdő): 22%; CLC311 (lombhullató erdő): 22%; CLC242 (komplex művelés): 13%; CLC312 (tűlevelű erdő): 12%; CLC243 (főleg mezőgazdaság+természetes vegetáció): 9%; CLC211 (nem öntözött szántó): 5%; CLC231 (legelő): 5%.

A tengerszint feletti magasság a tengerszinttől 2463 méterig terjed (SRTM 1 km<sup>2</sup> átlag szerint), az eloszlás módusza 200 m és 300 m közé esik. A lejtőszög 0° és 53° közé esik (az adott felbontással), két módussal (1° és 2° között, illetve 8° és 9° között).

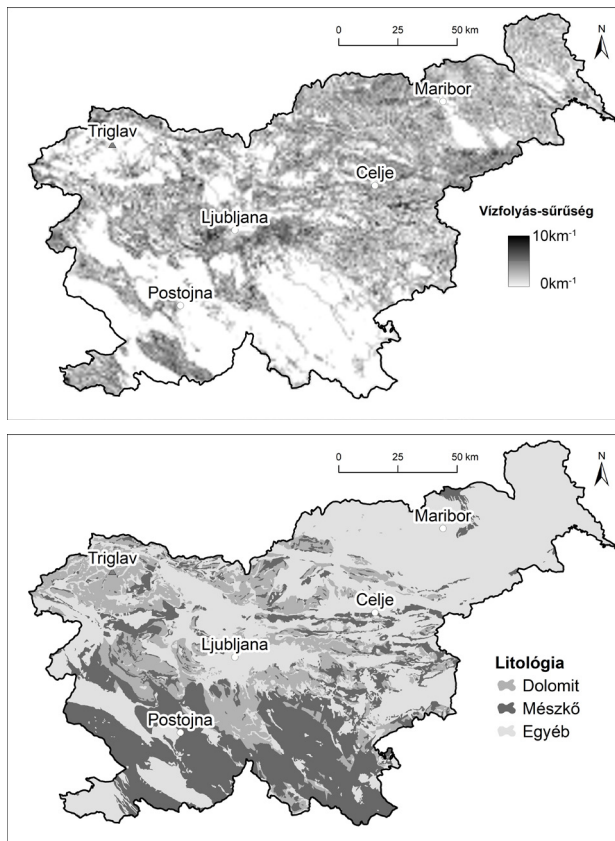
Az évi csapadékösszeg 756 mm-től 3007 mm-ig nő, 1100 mm és 1200 mm közötti módussal. A legcsapadékosabb hónap a június (az országterület 71%-a), a második legcsapadékosabb a november (13%), jelezvén a mediterrán hatást. A maximális havi és az évi csapadék hányadosa 0,096-tól 0,152-ig változik, ami viszonylag kiegyenlített évi csapadékjárásra utal.

Mielőtt a vízhálózat-sűrűség elemzésére rátérnénk, fontos megjegyezni, hogy a magyarázó tényezők között vannak belső korrelációk. Konkrétan: a lejtőszög és a tszf. magasság között  $R=0.66$  a lineáris korrelációs együttható értéke, míg az évi csapadékösszeg és a tszf. magasság között  $R=0.63$  a lineáris korreláció. Ezen kívül a

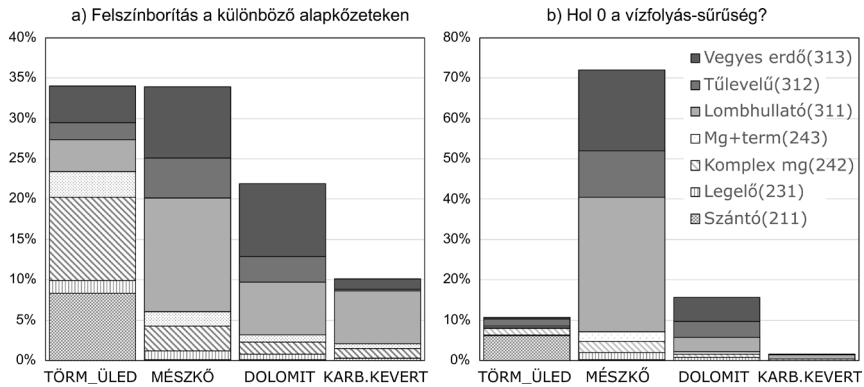
felszínborítást is befolyásolja a tszf. magasság, ahogy az logikusan várható: a kopár, a gyér vegetációjú és a füves területek a nagyobb magasságokra jellemzők (1000 m fölött), illetve a túlevelű erdők is az átlagnál kicsit magasabban helyezkednek el (4-800 m között legtipikusabban). A többi kategória az alacsonyabb térszínekre jellemző.

### Vízhálózat-sűrűség statisztikai elemzése

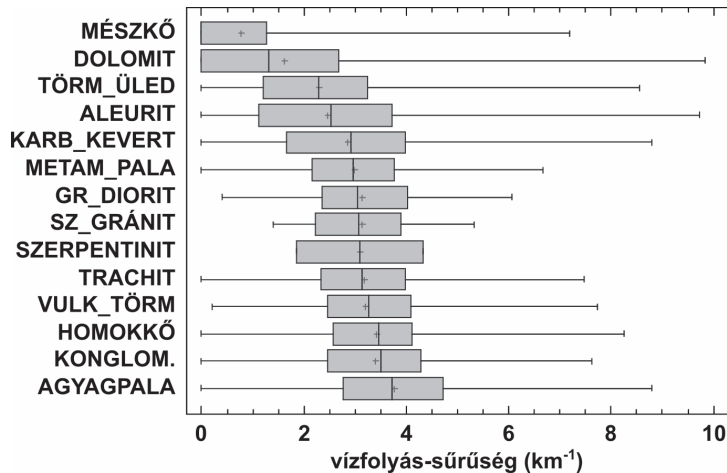
Mindezek után következhet a vízhálózat-sűrűség tárgyalása (1. ábra). Első fontos észrevétel, hogy nagyon magas (24%) a 0 sűrűségű cellák aránya, vagyis amelyekben nincs vízfolyás. Ha megvizsgáljuk ezeknek a litológia szerinti eloszlását (2. ábra), akkor nem meglepő módon azt kapjuk, hogy 0 sűrűségű cellák túlnyomó része karsztos területeken található, vagyis mészkövön (összes vízfolyás-mentes területe 72%-a), illetve dolomiton (16%). Az a tény viszont meglepő, hogy törmelékes üledékes kőzeteken sem elhanyagolható ezen cellák száma (11%). A mészkő és dolomit területeken zömmel erdővel borítottak a vízfolyás nélküli cellák, míg a törmelékes üledékes kőzetek esetében naggyobbreszt szántónak jelölt területekről van szó, ez tehát mindenképp antropogén hatást tükröz. A kőzetek hatásáról sokat elárul,



1. ábra Vízhálózat-sűrűség (fent) és egyszerűsített litológia (lent)



2. ábra Litológia és felszínborítás kapcsolata (a teljes országra), illetve a 0 vízhálózat-sűrűségű területek megoszlása litológia és felszínborítás szerint



3. ábra Vízfolyás-sűrűség eloszlása a litológia függvényében. A doboz az interkvartilis tartományt jelöli, a vízszintes vonal a teljes tartományt, a függőleges vonás a mediánt, a kereszt az átlagot

hogy a mészkőterületek 60%-a, a dolomit-területek 25%-a esik a vízfolyás-mentes kategóriába, ezzel szemben a törmelékes üledékes kőzeteknek csak 9%-a (de ez még így is magas!), a nem tiszta karbonátos kőzeteknek pedig 5%-a.

Ha a 0 sűrűségű celláktól eltekintünk, akkor azt tapasztaljuk, hogy a vízfolyás-sűrűség értékei leginkább egy csonkolt normál-eloszlással jellemezhetők. Az eloszlás mediánja 1,85 km<sup>-1</sup>, átlaga 1,96 km<sup>-1</sup>, a maximális érték 9,85 km<sup>-1</sup>.

A továbbiakban azt vizsgáljuk, hogy az egyes tényezők hogyan befolyásolják a vízfolyás-sűrűséget. A litológiának a vízhálózat-sűrűsége gyakorolt hatását box-whisker diagramon ábrázoltuk (3. ábra). A fenti megfigyeléseket igazolja ez a diagram is. Mészkővön az átlagsűrűség 0,76 km<sup>-1</sup>, dolomiton 1,61 km<sup>-1</sup>, törmelékes üledéken 2,3 km<sup>-1</sup>, aleuriton 2,47 km<sup>-1</sup>. A többi kőzettípus között viszonylag kicsik a különbségek és 3 km<sup>-1</sup> körül mozognak az átlagértékek. A legsűrűbben felszabdalt

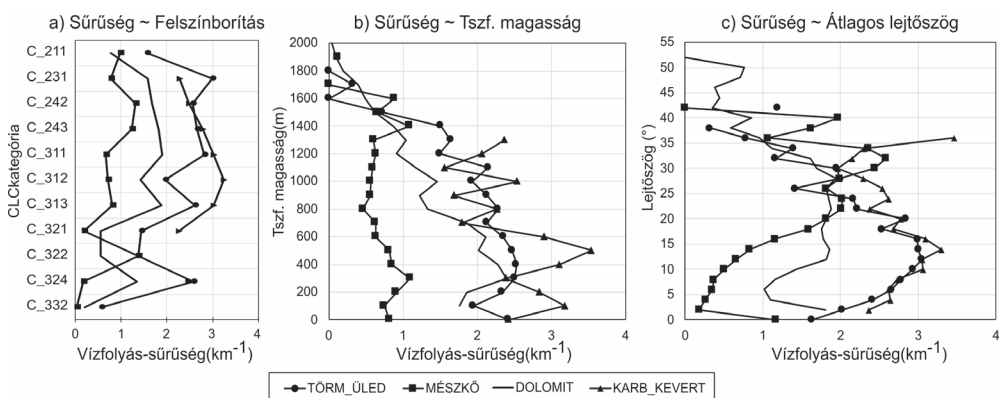
területek az agyagpalák (3,76 km<sup>-1</sup>), a homokkő (3,42 km<sup>-1</sup>) és konglomerátum (3,40 km<sup>-1</sup>) területek.

Mivel a fentiekből látszik, hogy a közettípus döntő hatást gyakorol a vízfolyás-sűrűsége, ezért a további elemzésekben mindig közettípusonként elkülönítve vizsgáltuk az egyes tényezők hatását. A jobb áttekinthetőség kedvéért csak a négy legfontosabb közettípust emeljük ki mindegyik esetben.

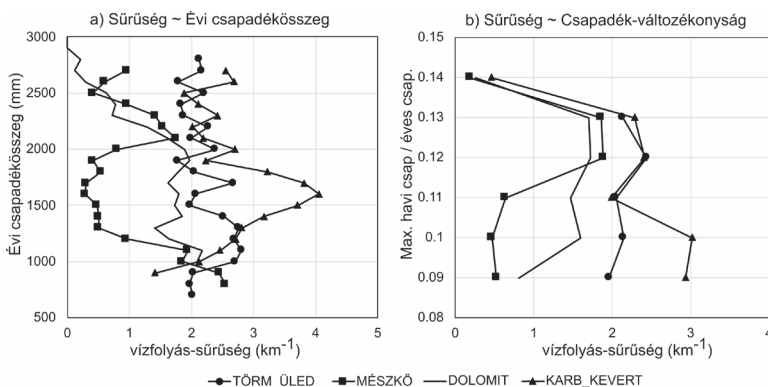
A felszínborítás esetében (4a. ábra) igazán markáns különbségeket nehéz felfedezni a vízfolyás-sűrűségben. A kőzetek közötti különbségek szinte minden esetben ugyanazt a sorrendet követik. A jelölt felszínborítások mindegyikénél a kopár területekre (CLC332) jellemző a legalacsonyabb sűrűség. Ez egyébként csak kis területeket jelent. A törmelékes üledékes kőzeteknél a legelők (CLC231), a nem tiszta karbonátoknál a túlevelű erdők (CLC312), a dolomitnál a vegyes erdők (CLC313), a mészkőnél a lápok és hangák (CLC322) a legsűrűbben felszabdalt felszínborítás-típusok, de egyik maximum se markáns.

A tszf. magasság esetében (4b. ábra) a dombvidékeknél találjuk a maximumot minden görbe esetén, 300 m és 500 m között. Ettől felfelé, kicsit ingadozva ugyan, de csökken az érték (kivéve a mészkőt, ahol nagy magasságokban is találunk a maximumhoz közeli felszabdaltságot).

A lejtőszög mindenképpen egy „oda-vissza ható tényező”, abban az értelemben, hogy a nagyobb meredekség segíti a víz felszíni lefolyását, másrészt a bevágódott völgyek miatt a lejtőszögek jó eséllyel nagyobbak lesznek azokon a területeken, ahol sok a vízfolyás. Lássuk, mit mutat az 4c. ábra: a törmelékes üledékes, illetve a nem tiszta karbonátos kőzetek esetében 10–16° átlagos lejtőszögnél jellemző a legnagyobb vízfolyás-sűrűség, míg a dolomit esetében 12°-tól 28°-ig majdnem ugyanannyi a sűrűség, a mészkő esetében pedig 30° környékén találjuk a vízfolyások révén legtagoltabb területeket. Ez mindenképp megfelel annak a tapasztalatnak, hogy a sík vagy kis lejtésű mészkő térszíneken a beszivárgás uralkodik, és csak a nagy meredekségű lejtőknél jelennek meg a felszínen lefolyó vizek.



4. ábra Vízfolyás-sűrűség a felszínborítás (a), a tszf. magasság (b), illetve a lejtőszög (c) függvényében, közettípusok szerint



5. ábra Vizfolyás-sűrűség az évi csapadékösszeg (a), illetve a csapadék-változékonyság (b) függvényében, kőzettípusok szerint

Az évi csapadékösszeggel való összefüggés meglehetősen kaotikus. A törmelékes üledékes kőzetek esetében a sűrűség teljesen független az évi csapadékösszegtől. A dolomit térszíneknél is 2000 mm éves csapadékig majdnem ugyanannyi a sűrűség, míg a fölött csökkenés figyelhető meg. Tekintve, hogy az évi csapadékösszeg a tszf. magassággal függ össze, ezért itt (és a mészkőnél is) a csapadékösszeg növekedésével párhuzamos sűrűség-csökkenést az okozhatja, hogy a magasabb térszínnek felé ritkul a vízhálózat. A mészkőnél 1200-2000 mm között nagyon alacsony értékeket látunk – ez tipikusan a magas, csapadéokban viszonylag gazdag, ám vízfolyásokban szegény karsztfennsík miatt van így. A nem tiszta karbonátok esetében pedig 1500 mm évi csapadék környékén figyelhetünk meg egy maximumot – ez a 400 m tszf. magasságú dombvidékekre jellemző, tehát inkább a domborzati hatás eredménye lehet ez a maximum, nem annyira a csapadéké. Végül a csapadék-változékonyságot tekintve (5. ábra) érdemi összefüggés nem olvasható ki, ami összhangban áll azzal, hogy ebben a paraméterben meglehetősen kicsik a különbségek az egyes területek között, és hogy még a magas csapadékarány értékek is elég kiegyenlített csapadékjárásra utalnak.

## Következtetések

A fenti elemzésekből röviden kiemelhető következtetés, hogy Szlovénia területén a vízhálózat-sűrűséget legeggyértelműbben a litológia befolyásolja, a karsztos (mészköves és dolomitos) területeken találkozunk a várakozásoknak megfelelően kis sűrűségű (vagy teljesen hiányzó) vízhálózattal. A felszínborítás hatása nem tűnik meghatározónak. A domborzat viszont jelentősen befolyásolja a kőzetek hatására kialakuló képet: a közepes lejtőszögű (10–20°) és 300–500 m magasságú dombvidékeken legnagyobb a vízfolyás-sűrűség, innét fölfelé és lefelé is csökken. Kivéve a mészkőterületeket, mert ott a magasabb és meredekebb térszínnek kedveznek inkább a vízfolyások kialakulásának. A csapadéknak sem az évi mennyisége, sem a havi változékonysága nem tűnik közvetlenül ható paraméternek. Összességében

megállapíthatjuk, hogy a Szlovénia esetében rendelkezésre álló jó minőségű adatokat felhasználva, GIS és statisztikai eszközökkel a vízhálózat-sűrűség jól vizsgálható. A további kutatásokban újabb paraméterek (pl. talaj), illetve más területek bevonása javasolt, hogy a vízhálózat-sűrűség komplex kérdésében további eredményeket érjünk el.

## Felhasznált irodalom

- BACSO, A. – TELBISZ, T. (2023): Digitális terepmodellből levezetett vízhálózat-sűrűség függése az alapadattól és a lokális vízgyűjtőterületi küszöbértéktől. In: Abriha-Molnár, V. É. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában XIV. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, Debrecen Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 356–358.
- BARBEDO, R. – SIQUEIRA, V. – COLLISCHONN, W. (2022): Topographic Position-based Stream definition (TPS): A simple method to address spatial variability of drainage density in stream networks. *Hydrological Sciences Journal*, 67(6), pp. 858–869.
- GÁBRIS, GY. – MARI, L. (1995): Vízhálózat-sűrűség és éghajlat. *Földrajzi Értesítő*, 44(1–2), pp. 110–115.
- HARRIS, I. – OSBORN, T. J. – JONES, P. – LISTER, D. (2020): Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific Data*, 7, 109.
- LIN, P. – PAN, M. – WOOD, E. F. – YAMAZAKI, D. – ALLEN, G. H. (2021): A new vector-based global river network dataset accounting for variable drainage density. *Scientific data*, 8(1), 28.
- SCHNEIDER, A. – JOST, A. – COULON, C. – SILVESTRE, M. – THÉRY, S. – DUCHARNE, A. (2017): Global-scale river network extraction based on high-resolution topography and constrained by lithology, climate, slope, and observed drainage density. *Geophysical Research Letters*, 44 (6), pp. 2773–2781.



# Pontfelhő előállítás a Ricoh Theta Z1 360°-os kamerával

Balaton Regina Hanna<sup>1</sup> – László Gergely Tibor<sup>2</sup> – Tóth Zoltán<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Msc hallgató, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet,  
reginahannabalaton@gmail.com

<sup>2</sup> egyetemi tanársegéd, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet,  
laszlo.gergely@amk.uni-obuda.hu

<sup>3</sup> egyetemi docens, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet,  
toth.zoltan@amk.uni-obuda.hu

**Absztrakt:** A 3D modellek létrehozása hagyományos fényképek felhasználásával a fotogrammetria területén régóta ismert és széles körben alkalmazott eljárás. Ebben a cikkben a 360°-os panorámaképek alapján történő modellalkotás folyamatát ismertettük, kiemelve az eljárás kihívásait, előnyeit és hátrányait. A képek készítéséhez Ricoh Theta Z1 kamerát használtunk, míg a képek feldolgozásához az Agisoft Metashape szoftvert.

## Bevezetés

Az Agisoft Metashape egy sokoldalú fotogrammetriai szoftver, amely széles körben alkalmazható. Nem csak digitális képek fotogrammetriai feldolgozására használható, hanem térbeli adatok létrehozására is. A pontfelhők és ortofotók előállítására egyszerűen megvalósítható vele. A programmal készített termékek megbízhatóságának elemzése is lehetséges, továbbá a mérhető adatok különböző formátumokban is exportálhatóak. A kezelőfelülete és eszköztárai logikusak, könnyen megérthetőek és elsajátíthatóak (INTERNET1).

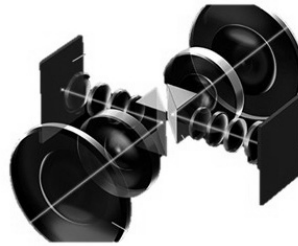
A fényképek elkészítéséhez az *1. ábrán* látható Ricoh Theta Z1 kamerát alkalmaztuk. Az önmagában kb. 200 grammos kamera 6720 x 3360-as állókép felbontással képes képeket rögzíteni, mindemellett videófelbontása 2K-ra és 4K-ra egyaránt alkalmas. A kamera lencserendszere a *2. ábrán* kerül bemutatásra.

Az elkészíthető képek fájlformátuma is választható a RAW+ vagy JPEG. Objektumtávolsága kb. 40 centiméteres. Zársebességei az alábbi opciók közül választhatóak:

- **Állókép:** (automatikus) 1/25000 – 1/8 másodperc,
- (zár-prioritásos mód) 1/25000 – 15 másodperc \*1
- (kézi mód) 1/25000 – 60 másodperc \*1
- **Videó:** (automatikus) 1/25000 – 1/30 másodperc
- (Zár priorítás, kézi) 1/25000 – 1/30 másodperc \*3
- Élő közvetítés: (Automatikus) 1/25000 – 1/30 másodperc



1. ábra Ricoh Theta Z1 360°-os kamera



2. ábra A kamera lencserendszere

A kamera a THETA fényképezőgépcsalád egyik legjobb modellje, mely 23 megapixeles felbontású 360°-os állófényképes fotózást támogat. A fényképek elkészítéséhez a kameratarozékként beszerezhető saját kameraállványa került felhasználásra (INTERNET2).

## Anyag és módszer

### *Földi fotogrammetria*

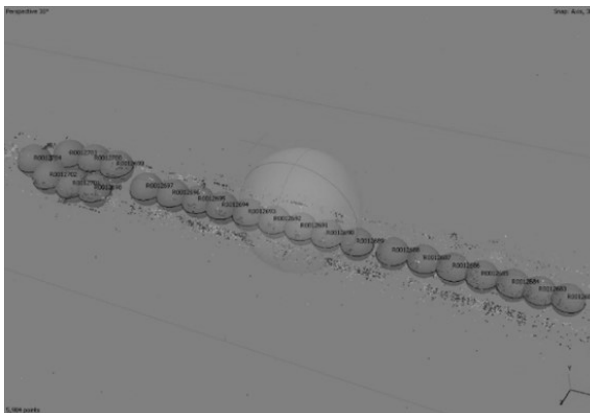
A földi fotogrammetria egy olyan tudományág, amely a mérési célú képek és fényképek előkészítésével és feldolgozásával foglalkozik földi pozícióból. Ott alkalmazható, ahol a mérni kívánt terület, tárgy vagy felület akadálytalan kilátása biztosított. Manapság a 3D adatbázisok elterjedésével ismét előtérbe kerül a kartográfiai alkalmazása, korábban csak azokon a szakmai területeken használták, ahol nem csak a metrikus adatok feldolgozása fontos, hanem a fénykép által nyújtott további információk is.

### *A felmérés bemutatása*

A felmérést Ricoh Theta Z1 360°-os kamerával végeztük, amelyet a Pozsonyi Szlovák Műszaki Egyetemtől kölcsönöztünk. A vizsgált terület az Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar Pirosalma utcai épületének földszinti folyosója volt. A tesztterület a 3. ábrán kerül szemléltetésre.



3. ábra A tesztterületként alkalmazott folyosó

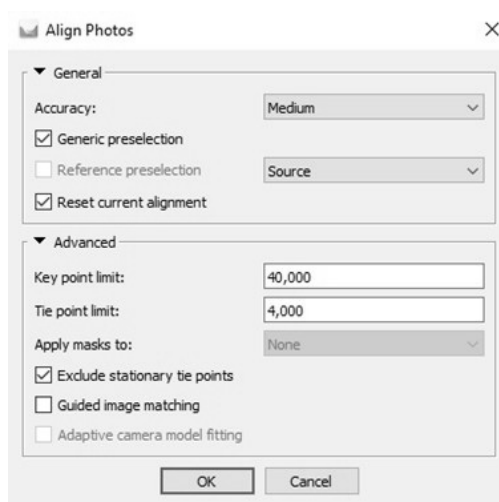


4. ábra A felvételezési pontok elhelyezkedése

Ebben a kutatásban nem a Matterport saját szolgáltatását vettük igénybe, hanem az Agisoft fotogrammetriai feldolgozóprogramját használtuk, hogy összehasonlításra alkalmas fotópontfelhőt tudjunk készíteni. Összesen 23 panorámakép készült megfelelő átfedéssel a 4. ábrán látható elrendezésben.

### ***Feldolgozás***

A feldolgozást az Agisoft programmal végeztük. Először a mentett JPEG formátumú képeket importáltuk egy új projektbe, majd a kamera tulajdonságait beállítottuk a gömbi kameramodell használatára a feldolgozáshoz. A feldolgozás első lépése a fotók relatív tájékozása volt, mely lépéssel egyidőben a kamerakalibráció is megtörtént. Ez úgy történik, hogy a program azonos pontokat keres minden képpár esetében, így ritka pontfelhőt hoz létre. Ennek általunk alkalmazott beállításait mutatja az 5. ábra.

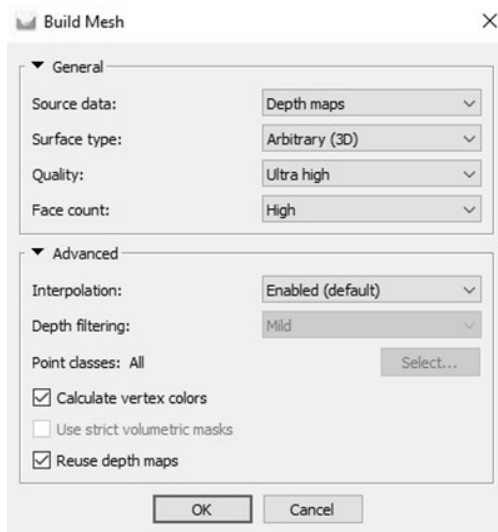


5. ábra A képek összekapcsolására vonatkozó beállítások

A második lépés a korábban leírtak szerint a mélységélesség térképek előállítására, ezzel visszaállítva a felmért adatok 3D jellegét. Ezzel együtt a hálós modell létrehozása is egyetlen funkcióban történik, mint az első 3D-s vizualizált termék. Ennek beállításait mutatja be a 6. ábra, eredményét pedig a 7. ábra.

A harmadik, opcionális lépés során cempézett modell készíthető el a hálós modellből, amelyet olyan formátumokba exportálhatunk, amelyek támogatják a 3D modelleket az egyéb külső szoftverekkel történő további feldolgozáshoz. Ennek beállításait mutatja be a 8. ábra, eredményét pedig a 9. ábra.

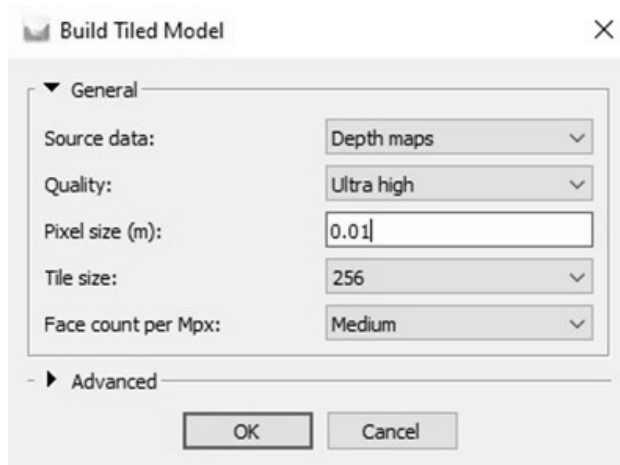
Az utolsó lépésben a 3D pontfelhőt hozzuk létre, az első két fázisban létrehozott eredmények felhasználásával. Az 10. ábra mutatja a beállításokat, a végső terméket pedig a 11. ábra.



6. ábra Mesh model beállításai



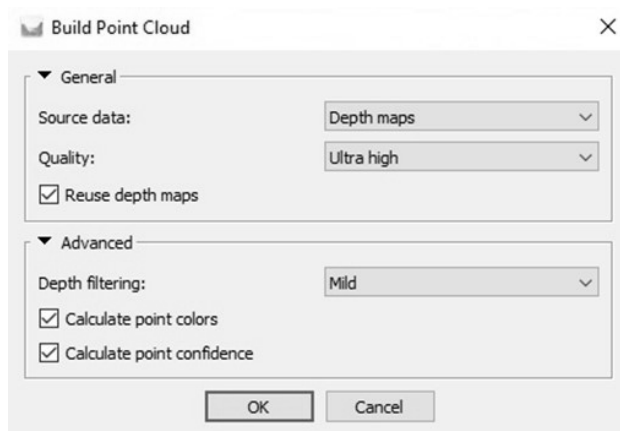
7. ábra Mesh model



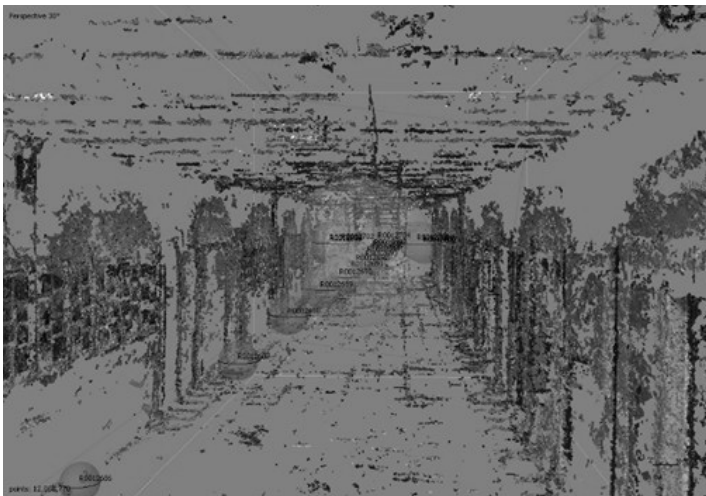
8. ábra Tiled Model beállításai



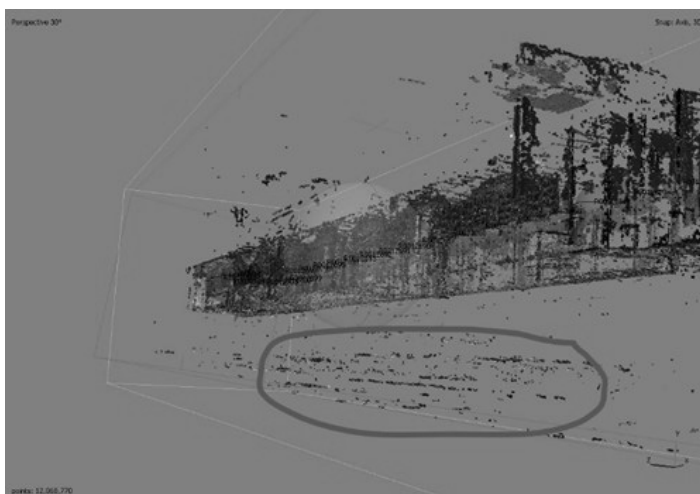
9. ábra Tiled model



10. ábra Pontfelhő generálás beállításai



11. ábra Az eredmény pontfelhő



12. ábra A padlószint alatt leképződő zaj

## Eredmények

Az eredmények képei azt mutatják, hogy a módszerek vannak gyengeségei. Először is, nem lesz térbeli információ a vizuálisan homogén felületekről, mint a padló, a fal és a mennyezet, mivel a szoftver és az általa használt eljárás nem tud térbeli metszéspontokat kiszámítani. Így ezeken a részeken csak akkor alakulhat ki pont, ha síkot interpoláltunk azokra a helyekre, ami negatívan befolyásolná a pontosságot. Egy másik szembevetendő probléma, hogy pontok olyan helyeken is keletkeznek, ahol nyilvánvalóan nem kellene. Ezeket tükröződések vagy kameratorzítások okozhatják, a 12. ábra ezt mutatja be. Javításukat kézi tisztítással vagy kalibrálással lehetne megoldani.

## Konklúzió

Inhomogén felületeken készült képek esetén a teljes területre megfelelő sűrűségű pontfelhőt lehet létrehozni, de átlagos körülmények között számolni kell a hiányzó adatokkal rendelkező részekkel. A kamera kalibrálási problémájának megoldásával a kamera szélein kialakított pontok pontossága javulna. Mindenesetre geometriai validálásra lenne szükség más mérési módszerekkel összehasonlítva.

## Köszönetnyilvánítás

A vizsgálatot az Új Nemzeti Kiválóság Program 2023 (ÚNKP 2023) támogatta. Szeretnék külön köszönetet mondani a Pozsonyi Szlovák Műszaki Egyetemnek a felmérés során elengedhetetlen RICOH THETA Z1 360°-os kamera kölcsönzéséért. Külön szeretném megköszönni Erdélyi Jánosnak és Honti Richárdnak a segítséget és a szakmai ismeretek gyors elsajátítását.



## Felhasznált irodalom

INTERNET1 – <https://www.agisoft.com/>

INTERNET2 – <https://ricohtheta.eu/products/ricoh-theta-z1>





# Cloud-based geovisualization of the DRASTIC model for assessing groundwater vulnerability in a Hungarian settlement, Báránd

Dániel Balla<sup>1</sup> – Emőke Kiss<sup>2</sup> – Marianna Zichar<sup>3</sup> – Ayoub Barkat<sup>4</sup> – Tamás Mester<sup>5</sup>

<sup>1</sup> University of Debrecen, Department of Data Science and Visualization, Faculty of Informatics, H-4028 Debrecen, Hungary

<sup>2</sup> University of Debrecen, Department of Landscape Protection and Environmental Geography, H-4032 Debrecen, Hungary

<sup>3</sup> University of Debrecen, Department of Data Science and Visualization, Faculty of Informatics, H-4028 Debrecen, Hungary

<sup>4</sup> University of Debrecen, Department of Landscape Protection and Environmental Geography, H-4032 Debrecen, Hungary

<sup>5</sup> University of Debrecen, Department of Landscape Protection and Environmental Geography, H-4032 Debrecen, Hungary

**Abstract:** Aquifer vulnerability assessment is essential for resource planning, monitoring, and environmental protection in earth sciences. Since the introduction of the DRASTIC model, we have been able to describe vulnerability using seven parameters: D – Depth to groundwater, R – Recharge rate, A – Aquifer, S – Soil, T – Topography, I – Impact of the vadose zone, and C – Hydraulic conductivity. Although this large amount of data can make assessment and comparison difficult, this approach, combined with modern GIS methods used in groundwater vulnerability estimation, has become widespread due to its capabilities and ease of use. In the present study, the effects of the construction of a sewage network on groundwater vulnerability were evaluated using the DRASTIC model in a Hungarian settlement. Water samples were collected from 40 groundwater wells in the summer of 2023. The vulnerability was assessed by using the DRASTIC model and open-source webGIS methods. By determining the spatial distribution of the aquifer vulnerability, it was found that the northern and south-eastern areas of the settlement were the most vulnerable zones in the Báránd. In addition, other essential results of the assessment include the publication of the cloud-based vulnerability web map with groundwater data, which aids in the visual interpretation of the vulnerability and purification processes for the general public.

*Supported by the ÚNKP-23-4-II-DE-1 New National Excellence Program of the Ministry for Culture and Innovation from the source of the National Research, Development and Innovation Fund.*



# Kora újkori vesztőhelyek vizsgálata prediktív modellezéssel

Balogh Árpád<sup>1</sup> – Juhász Attila<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD-hallgató, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, múzeumi térinformatikus, MNM Nemzeti Régészeti Intézet, balogh.arpad@emk.bme.hu

<sup>2</sup> Juhász Attila egyetemi docens, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, juhasz.attila@emk.bme.hu

**Absztrakt:** A régészeti célú prediktív modellezésben egyre elterjedtebbek a gépi tanuláson alapuló megoldások. Hazai alkalmazásukat nehezíti az országos kiterjedésű, nagy felbontású adatok hiánya, a hasonló jellegű kutatásokhoz felhasználható adatok csak korlátozott mennyiségben és minőségben állnak rendelkezésre. Tanulmányunkban az első katonai felmérésen azonosítható kora újkori vesztőhelyek és a hozzájuk köthető térbeli jellemzők alapján, maximum entrópia (Maximum Entropy – MaxEnt) és véletlen erdő (Random Forest – RF) módszerek segítségével tettünk kísérletet egy kiválasztott mintaterületen a vesztőhelyekre vonatkozó prediktív modellek előállítására és összehasonlítására.

## Bevezetés

A térinformatika régészeti alkalmazásának egyik legjelentősebb területe a prediktív modellezés, amelynek legfőbb célja a régészeti érintettség valószínűségének megállapítása. A módszer alapvetése, hogy az emberi tevékenység, és következésképp múltbeli lenyomatainak, a régészeti jelenségeknek a térbeli eloszlása nem véletlenszerű, hanem körülhatárolható, helyhez kötött jellemzőktől függ. Alapvetően két nagy modellezési stratégia különíthető el, az induktív (adatvezérelt) és a deduktív (elmélet vezérelt) megközelítés. A gyakorlati modellezés során jellemzően e kettő stratégia keveredik, és annak mértéke különböző, hogy az egyes kutatások mennyire támaszkodnak a nyers adathalmazokra vagy a már meglévő tudományos-szakmai ismeretekre (VERHAGEN 2007; STIBRÁNYI ET AL. 2012). Az adott kérdésfeltevéstől függően világszerte változatos régészeti vonatkozású entitások előfordulási valószínűségét fókuszba állító modellezési példákkal találkozhatunk: beruházások előkészítését támogató predikciók esetén maga a régészeti lelőhely (HUDAK ET AL. 2001; DEEBEN ET AL. 2002), kimondottan tudományos elemzéseknél az emberi megtelepedés különböző korszakokra vonatkozó helyszínei (MESTERHÁZY 2021; WALKER ET AL. 2023), de akár egyedi régészeti objektumok (CODY – ANDERSON 2021; MAGNINI – BETTINESCHI 2021) is állhatnak a vizsgálatok középpontjában.

Utóbbi csoportba sorolhatók a jelen tanulmányunk tárgyát képező vesztőhelyek. Régészeti kutatásuk önálló irányzatnak tekinthető, amely az 1990-es években bontakozott ki a svájci emmenbrückei és a németországi ellwangeri vesztőhelyeken végzett feltárások hatására (MANSER 1992; PIECH 2009). Az irányzat Magyarországon is jelentőséggel bír (KOVÁTS 2017).

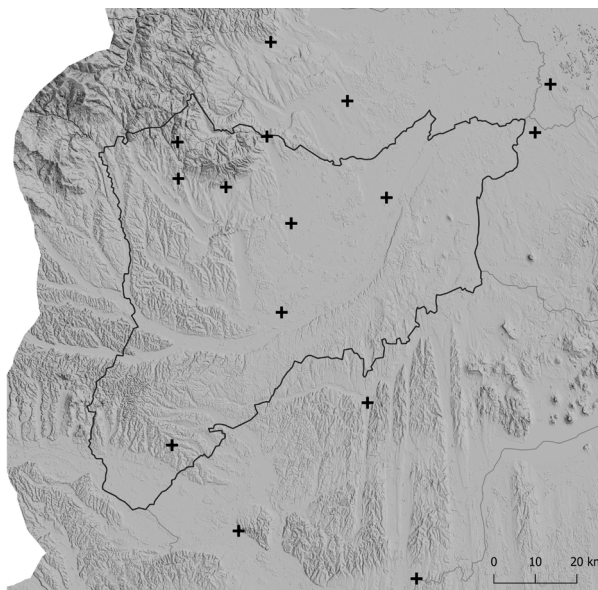
A 16. századtól a 18–19. század fordulójáig terjedő időszak a vesztőhelyeknek egy jól körülhatárolható korszaka, a kivégzések ekkor meghatározott rend szerint, nagy nyilvánosság mellett, többnyire a települések határában, távolból is jól látható helyen zajlottak (DÜLMEN 1990). A történettudomány által igazolt, helyhez kötött adatokra vonatkozó megállapítások megágyaznak a további, térinformatikai szemléletű, gépi tanuláson alapuló prediktív modellezési eljárásokkal történő vizsgálatoknak.

## Anyag és módszer

A vesztőhelyek lokalizálását az első katonai felmérésen található, akasztófákat ábrázoló jelek segítségével végeztük. Vizsgálati területként a kora újkori Vas vármegyét, illetve praktikus okokból a terület 30 km-es övezetének befoglaló téglalapját választottuk. Ezen területen összesen 15 térképi jellel ábrázolt vesztőhely azonosítható (1. ábra).

Ezután következhetett a vesztőhelyek elhelyezkedését befolyásoló, a modellezésben prediktív faktorként szereplő tényezők körének meghatározása és létrehozása raszteres térinformatikai rétegeként. Az alábbi rétegek létrehozására került sor:

- digitális magassági modell
- lejtőszög
- kitettség
- topográfiai pozíció index (TPI)
- láthatósági index
- távolság a legközelebbi településtől

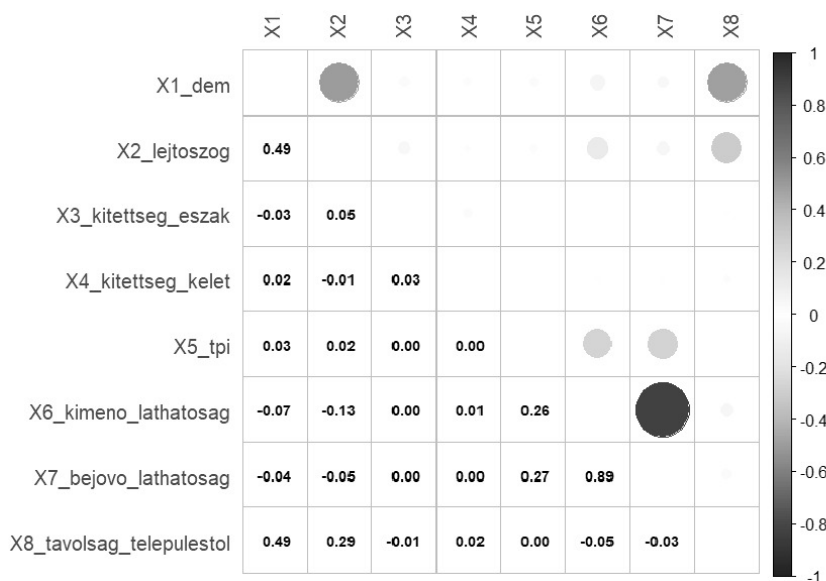


1. ábra A vizsgált területen azonosítható vesztőhelyek

Digitális magassági modellként a TanDEM-X projekt 30x30 méteres pixelekben elérhető, Pseudo-Mercator (EPSG:3857) vetületben letölthető állományát használtuk fel (INTERNET1). A magassági modell alapján számítottuk a lejtőszög, a kitétség, a topográfiai pozíció és a láthatósági index értékeket. Előbbi három rasztert a GDAL programkönyvtár megfelelő algoritmusaival, utóbbit Zoran Čučković által fejlesztett QGIS modul segítségével, kétféle változatban állítottuk elő (ČUČKOVIĆ 2016). A kimenő láthatósági index megmutatja, hogy hány másik pont látható az adott pontból, a bejövő láthatósági index pedig megmutatja, hogy az adott pont hány másik pontból látható. A nem folytonos változóként felfogható kitétség értékeket északi és keleti összetevőkre bontottuk (YAWORSKY ET AL. 2020). A távolság a legközelebbi településtől rasztereket a települések OSM adatokból létrehozott középpontjaitól számított euklideszi távolságok alapján határoztuk meg. Élnünk kellett ezzel a kényszerű közelítéssel, mivel a GISa Hungarorum történeti térinformatikai keretrendszer adatai (INTERNET2) – amelyekből akár a korabeli úthálózat is modellezhető lenne – nem mutattak megfelelő összhangot az első katonai felmérés georeferált változatával (INTERNET3). Összesen tehát 8 darab bizonyító fedvényt hoztunk létre.

A túlságosan korreláló prediktív faktorok túltanuláshoz vezethetnek, függetlenségük vizsgálatát, a korrelációs mátrix előállítását az R statisztikai adatelemző program beépített Pearson-módszerével végeztük (2. ábra).

Az eredmények egyértelműen igazolták, hogy az ugyanazon algoritmusra épülő kétfajta láthatósági index statisztikailag azonos. Ezért a további vizsgálatokhoz csak a kimenő láthatósági indexet használtuk fel. A digitális magassági modell, a lejtőszög, valamint a távolság a legközelebbi településtől index között mutatkozó



2. ábra Prediktív faktorok korrelációs mátrixa

korrelációk miatt csak a digitális magassági modellt tartottuk meg a további vizsgálatokhoz. Megfelelő történeti adatokkal vagy nagyobb felbontású magassági modellen elvégezett legkisebb költségű úthálózat elemzéssel esetleg csökkenthető lenne a korreláció, de ezen kérdés vizsgálatától jelen tanulmányban eltekinttünk.

A megtartott, egységes felbontású (30x30 m) és vetületi rendszerű (Pseudo-Mercator) 5 raszterréteget az R statisztikai programba importáltuk maximum entrópia (Maximum Entropy – MaxEnt) modellen és véletlen erdő (Random Forest – RF) módszeren alapuló további feldolgozásra.

A MaxEnt modellek prediktív célú alkalmazásának számos régészeti példája ismert (WACHTEL ET AL. 2018; WANG ET AL. 2023). A módszer az entrópiamaximum elvén alapul, amely kimondja, hogy az összes lehetséges valószínűségi eloszlás közül az a legjobb, amelynek az entrópiája maximális. Azaz azt az eloszlást kell választanunk, amelyik a legkevésbé rendezett a tanulóhalmazon tett megfigyelések alapján felállított megszorításokat teljesítő eloszlások közül (LI 2023).

Az osztályozási és regressziós problémák hatékony megoldására kifejlesztett véletlen erdő módszert szintén alkalmazták régészeti célú vizsgálatokhoz a közelmúltban (YAWORSKY ET AL. 2020, CASTIELLO – TONINI 2021). Lényege, hogy több különböző döntési fát hozunk létre a tanulóhalmaz értékei alapján, és a végeredményt a függetlenül dolgozó fák többségi szavazata alapján kapjuk meg. A döntési tér ily módon történő extenzív vizsgálata általában pontosabb előrejelzést tesz lehetővé (GENUER – POGGI 2020).

A tanulóhalmaz előállításához pozitív pontként – a vesztőhelyek első katonai felmérés alapján történő lokalizálásában meglévő pontatlanság és a raszterek korlátozott felbontása miatt – a térképen azonosítható jelölés 100 m sugarú övezetében vettünk fel véletlenszerűen 10–12 pontot, így összesen 172 pontot állítottunk elő. Negatív pontoknak az övezeteken kívül eső területen véletlenszerűen generált 200 pontot tekintettük. Korábbi tapasztalatok azt mutatják, hogy a MaxEnt modellek körülbelül 10 000 negatív tanulóponttal működhetnek a leghatékonyabban (PHILLIPS – DUDIK 2008), de a vesztőhelyek – és általában a régészeti adatok esetében – a bizonyosan nem érintett területek lehatárolásáról jelenleg nem áll rendelkezésre felhasználható adat, ezért a pozitív és negatív pontok közel azonos számban történő kiválasztása mellett döntöttünk. Minden egyes ponthoz hozzárendeltük a raszterrétegek értékeit, az így kapott adatokat háromszoros keresztvalidációhoz készítettük elő a modellek teljesítményének számszerű vizsgálatához (NYITRAI 2021). A megfelelő R szkript kialakításához felhasználtuk (YAWORSKY ET AL. 2020) eredményeit.

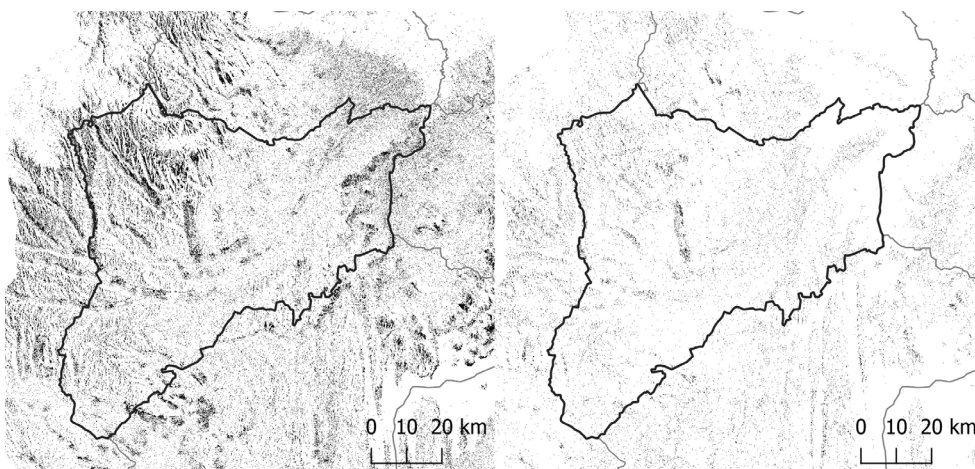
## Eredmények

A keresztvalidációból származó AUC értékeket az *1. táblázat* tartalmazza.

Összehasonlítva hasonló, régészeti célú vizsgálatokkal (WACHTEL ET AL. 2018; YAWORSKY ET AL. 2020; WANG ET AL. 2023) a modelljeink gyengébben teljesítettek. Ez magyarázható a bementi adatok csekély számával és korlátozott pontosságával.

1. táblázat AUC értékek

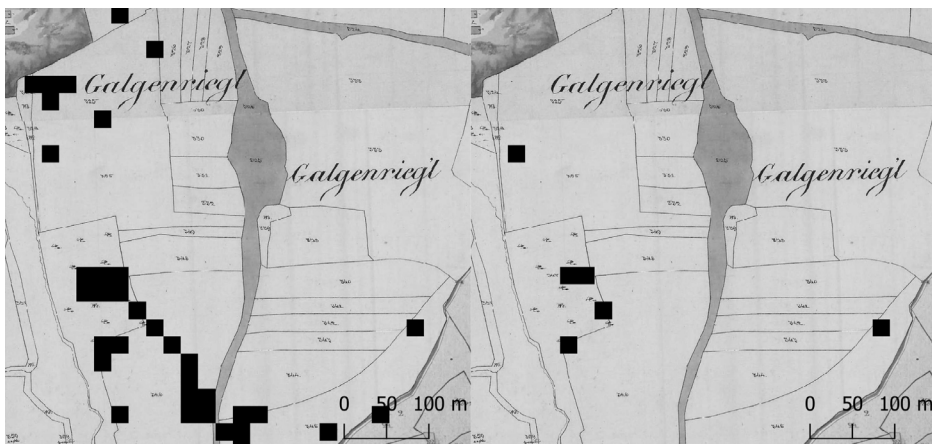
	MaxEnt	RF
1.	0.6510811	0.7723881
2.	0.6713753	0.7819829
3.	0.6658830	0.7706374



3. ábra Veszthelyek Maxent (bal) és RF (jobb) alapú prediktív modelljein legalább 70%-os előfordulási valószínűséget elérő területek

A három-három modell átlagából számított egy-egy predikció vizuális ábrázolása lehetséges lenne valószínűségi kategóriák szerint osztályozva, a szemléletesebb kontraszt érdekében itt most csak bináris ábrát közlünk, azokat a területeket kiemelve, ahol a veszthelyek előfordulási valószínűsége modelljeink szerint legalább 80% (3. ábra). Mindkét modell összefüggő területeket összeségében településektől távol eső, jól látható helyszíneken azonosított. A MaxEnt modell több magasabb valószínűségű helyszínt azonosított. Feltűnő, hogy a magasabb valószínűségek előfordulása a magasabban fekvő területeken nő. Ezt okozhatja az alacsony felbontású digitális magassági modell.

Ideális az eredmények terepi validációja lenne, egyfajta ellenőrzésre azonban lehetőséget adnak az olyan beszédes földrajzi nevek, amelyek veszthelyre utalhatnak, de az első katonai felmérésen területükön nem található jelölés. Szentgotthárd esetében mutatunk erre példát. A város déli határában helyezkedik el a 19. századi kataszteri térkép és Vas megye földrajzi neveinek gyűjteménye (BALOGH ET AL. 1982) alapján egykoron Galgenriegl-nek vagy Akasztó-partnak nevezett terület, amelyet ma is Akasztó-hegynek hívnak. A közhiedelem szerint az elnevezés annak a korszaknak az emléket őrzi, amikor a város bírósága halálos ítéleteket is hozhatott. A kérdéses helyszínen mindkét modell azonosított magas előfordulási valószínűségű területet (4. ábra).



4. ábra Legalább 70%-os előfordulási valószínűséget elérő területek Szentgotthárd–Akasztó-hegy körzetében

## Konklúzió

A vesztőhelyek példáján elvégzett kísérletünk is bizonyítja, hogy a különböző gépi tanulási módszerek eredményesen alkalmazhatók régészeti jelenségek előfordulási valószínűségének ábrázolására. A megbízhatóbb prediktív modellek felállításához azonban nagy felbontású, történeti adatok előállítására is szükség lenne. Emellett a tanulópontok mintavételezési stratégiájának fejlesztésétől várható előrelépés.

## Felhasznált irodalom

- BALOGH, L. – VÉGH, J. (eds.) (1982): Vas megye földrajzi nevei, Szombathely.
- CASTIELLO, M. E. – TONINI, M. (2021): An Explorative Application of Random Forest Algorithm for Archaeological Predictive Modeling. A Swiss Case Study. *Journal of Computer Applications in Archaeology*, 4(1), pp. 110–125.
- CODY, T. R. – ANDERSON, S. L. (2021): LiDAR predictive modeling of Pacific Northwest mound sites: A study of Willamette Valley Kalapuya Mounds, Oregon (USA). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 38, 103008, <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.103008>
- ČUČKOVIĆ, Z. (2016): Advanced viewshed analysis: a Quantum GIS plug-in for the analysis of visual landscapes. *Journal of Open Source Software*, 1(4), 32, <http://doi.org/10.21105/joss.00032>
- DEEBEN J. – HALLEWAS D. P. – MAARLEVELD T. (2002): Predictive Modelling in Archaeological Heritage Management of the Netherlands: the Indicative Map of Archaeological Values (2nd Generation). *Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek*, 45, pp. 9–56.
- DÜLMEN, R. V. (1990): A rettenet színháza. Ítélezési gyakorlat és büntetőrituálék a kora újkorban, Századvég Kiadó, Budapest.



- GENUER, R. – POGGI, J. M. (2020): *Random Forests with R*, Springer Nature, Cham.
- HUDAK, G. J – E. HOBBS, BROOKS, A. – SERSLAND, C. – PHILLIPS, C. (eds.) (2002): *A Predictive Model for Precontact Archaeological Site Location for the State of Minnesota: Final Report*. Minnesota Department of Transportation, St. Paul, Minnesota.
- KOVÁTS, I. (2017): Középkori és 16–18. századi vesztőhelyek régészete Európában és Magyarországon. *Archaeologiai Értesítő*, 142(1), pp. 167–191.
- LI, H. (2024): *Machine Learning Methods*, Springer Nature, Singapore.
- MAGNINI, L – BETTINESCHI, C. (2021): Object-Based Predictive Modeling (OBPM) for Archaeology: Finding Control Places in Mountainous Environments. *Remote Sensing*, 13(6), 1197, <https://doi.org/10.3390/rs13061197>
- MANSER, J. (1992): *Richtstätte und Wasenplatz in Emmenbrücke 16 - 19. Jahrhundert. Archäologische und historische Untersuchungen zur Geschichte von Strafrechtspflege und Tierhaltung in Luzern. Schweizer Beiträge zur Kulturgeschichte und Archäologie des Mittelalters*, Basel.
- MESTERHÁZY, G. (2021): Prediktív régészeti modellezés eredményeinek fejlesztése. *Communicationes Archaeologicae Hungariae*, 2019, pp. 5–30.
- NYITRAI, T. (2021): A gépi tanulás módszereinek alkalmazása R-ben. *Statisztikai Szemle*, 99(2), pp. 173–198.
- PHILLIPS, S. J. – DUDÍK, M. (2008): Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31, pp. 161–175.
- PIECH, J. (2009): "Mit dem Strang vom Leben zum Todt hingerichtet": Der Ellwanger Galgen und andere Galgenstandorte in Württemberg. *Fundberichte aus Baden-Württemberg*, 30, pp. 521–755.
- WALKER, R. S. – FERGUSON, J. R. – OLMEDA, A. – HAMILTON, M. J. – ELGHAMMER, J. – BUCHANAN, B. (2023): Predicting the geographic distribution of ancient Amazonian archaeological sites with machine learning. *PeerJ* 11:e15137. <http://doi.org/10.7717/peerj.15137>
- STIBRÁNYI, M. – MESTERHÁZY, G. – PADÁNYI-GULYÁS, G. (2012): Régészeti feltárás előtt – vagy helyett. Régészeti lelőhely-azonosítás, térinformatika, prediktív modellezés. MNM-NÖK Tudományos Népszerűsítő Füzetek, 5. Budapest.
- VERHAGEN, P. (2007): A condensed history of predictive modelling in archaeology. In: Verhagen, P. (ed.) *Case Studies in Archaeological Predictive Modelling*, Archaeological Studies Leiden University, 14, Leiden, pp. 13–25.
- WACHTEL, I. – ZIDON, R. – GARTI, S. – SHELACH-LAVI, GI. (2018): Predictive modeling for archaeological site locations: Comparing logistic regression and maximal entropy in north Israel and north-east China. *Journal of Archaeological Science*, 92, pp. 22–36.
- WANG, Y. – SHI, X – OGUCHI, T (2023): Archaeological Predictive Modeling Using Machine Learning and Statistical Methods for Japan and China. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(6), 238. <https://doi.org/10.3390/ijgi12060238>
- YAWORSKY, P.M. – VERNON, K.B. – SPANGLER, J.D. – BREWER, S.C. – CODDING B.F. (2020): Advancing predictive modeling in archaeology: An evaluation of regression and machine learning methods on the Grand Staircase-Escalante National Monument. *PLoS ONE*, 15(10): e0239424. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239424>

## **Internetes források**

INTERNET1 – <https://geoservice.dlr.de/web/dataguide/tdm30/>, Letöltés ideje: 2024. április.

INTERNET2 – <https://gistory.hu/g/hu/gistory/otka>, Letöltés ideje: 2024. április.

INTERNET3 – <https://maps.arcanum.com/hu/map/firstsurvey-hungary>, Letöltés ideje: 2024. április.

# A Debrecenben élő alföldi üdülőtulajdonosok fogadótelepüléseinek jellemzői

Csordás László

CSc, tudományos főmunkatárs, Nemzetközi Gazdaságtan Tanszék, Neumann János Egyetem  
Gazdaságtudományi Kar, Kecskemét, csordas.laszlo@nje.hu  
<https://orcid.org/0000-0002-2985-4494>

**Abstract:** Based on the data of TAKEH of 1989, I examined some characteristics of Debrecen holiday owners with holiday homes in 6 lowland counties and their holiday buildings, looking for a correlation between these characteristics and the areas of permanent residence of the owners. The 3,766 lowland holiday home owners living in Debrecen had holiday homes in 35 settlements of the region, and 97% of these holiday homes can be found in only 9 settlements.

Older owners living in the center of Debrecen built their weekend houses in the vicinity of the thermal baths of Hajdúszoboszló and in the previously established holiday resorts along the Tisza, while younger owners living primarily in housing estates built their weekend houses in the county seat or in the closed gardens of the settlements around Debrecen.

## Bevezetés, célkitűzés

A XX. század utolsó harmadában bekövetkezett (gazdasági, társadalmi, technológiai fejlődés eredményeként elindult) folyamatok jelentős változásokat eredményeztek a modern társadalmak életében, és ezek az élet szinte minden területét érintették. Ennek egyik sajátos, az urbanizációval összefüggő jegye, hogy az emberi létezés alapfolyamatai időben és térben tovább tagolódtak, mivel a lakó- és munkahelyek mellett egyre nagyobb jelentőségre tettek szert a szabadidő eltöltésének színterei. Ennek legfontosabb települési jegyei az üdülő-pihenő térségek térbeli növekedése, a szabadidő-lakások számának ugrásszerű emelkedése a második otthonként használt épületek között.

A második otthon vagy második lakás (angolul second homes, németül Zweitwohnsitz, franciául residences secondaires, lengyelül drugi dom, magyarul üdülő) pontos definícióját megadni igen nehéz, hiszen azon országoként és kutatóként mást-mást értenek (BARBIER 1965; DOWNING – DOWER 1973; RUPPERT 1973; COPPOCK 1977; MARTONNÉ ERDŐS 1990; KOWALCZYK 1994). Véleményem szerint a második lakás egy magántulajdonban, vagy tartós használatban lévő ingatlan, amely olyan személy (család) alkalmankénti szállásául szolgál, aki azt nem tekinti elsődleges otthonának (CSORDÁS 1993, 1995, 1999).

A második lakások közé tartozó szabadidő-lakásokat túlnyomóan szabadidőben és csak átmenetileg (hétköznapi munkaidő után, hétvégén vagy a

szabadság ideje alatt) elsősorban szabadidős célokra használják. Magyarországon – függetlenül attól, hogy azok üdülőtelepeken, zártkertekben, vagy üresen álló falusi házak megvásárlásával alakultak ki – ezek közé számíthatók a szabadidő eltöltését biztosító, 12 m<sup>2</sup>-nél nagyobb alapterületű épületek.

A városközeli területeken lévő szabadidő-lakásokat elsősorban a hétvégeken használják. Ezen épületek az életciklus folyamán, illetve a város térbeli növekedése miatt állandó lakássá is átalakulhatnak.

A nagyvárosokból és elsősorban a társadalom jómódú rétegeiből kiinduló folyamat lényegesen megváltoztathatja az érintett települések térbeli rendszerét, azok morfológiáját, funkcionális tagolódását, gazdasági szerkezetét, infrastruktúráját, környezeti állapotát, földhasznosítását, sőt a küldő- és fogadóterületek társadalmi, demográfiai viszonyait is.

### ***A vizsgálat célja, a vizsgált terület***

A tanulmányban a Debrecenben lakó és a hat alföldi megyében üdülőtulajdonnal rendelkezőket fogadó települések néhány jellegzetességét mutatom be.

Azért választottam ezt a nagyvárost, mert Debrecen az ország második és az Alföld legnagyobb népességszámú városa, és itt rendelkezik állandó lakással a legtöbb alföldi üdülőtulajdonos (3.766 fő), itt volt 1989-ben a legtöbb üdülőként nyilvántartott épület (2.112 db) a TAKEH (Tanácsi Költségvetési Elszámoló Hivatal) szerint.

Azt próbálok bemutatni, hogy Debrecenen – de gondolom, más városokon – belül (is) az üdülőtulajdonosok eloszlása nem egyenletes, jól kitapintható különbségek fedezhetők fel az egyes lakókörnyezet-típusok, a tulajdonos kora, az épületek nagysága, valamint az üdülőépületnek helyet adó fogadótelepülések között is.

### **Anyag és módszer**

A feldolgozás gerincét képező, üdülőtulajdonuk után adót fizetők bizonyos adataihoz (a tulajdonos kora, neme, lakóhelye; az üdülőépület helysége, címe, adózási alapterülete) a TAKEH 1989. évi számítógépes adatbázisának felhasználásával jutottam hozzá. Azért ezt az évet választottam, mivel az adatvédelmi törvény elfogadása óta olyan részletes és precíz adatbázishoz, amelyik a pontos lakcímet is tartalmazza, már nem lehet hozzájutni: a törzsadatok azóta sokszor hiányosak, településenként változik, hogy mi alapján adóztatják az üdülőket, így nehezen összevethetők egymással az adatbázisban szereplő mutatók.

A feldolgozás során törekedtem a különféle, a földrajzi vizsgálatok megoldását biztosító számítógépes programok együttes alkalmazására. Az általam összeállított adatbázisok többsége dBASE alapú, amit az SPSS, valamint a MapInfo is felismer. Az adatbázisok kezeléséhez az EXCEL-t használtam. A statisztikai elemzéseket

az SPSS programcsomag segítségével végeztem el. A térképek elkészítéséhez a MapInfo-t használtam fel.

Az Alföldön üdülővel rendelkező, Debrecenben lakó üdülőtulajdonosokat a TAKEH adatbázisának lakóhely címe alapján KOZMA GÁBOR (1994) sorolta be az egyes körzetekbe, illetve azon belüli lakókörnyezeti típusokba. A körzetek a történelmileg, demográfiailag, építészetiileg azonos jellegű városrészeket foglalják magukba.

## **Eredmények**

### ***Az alföldi üdülők és tulajdonosaik jellemzői***

Mielőtt részletesen vizsgálom a Debrecenben lakó üdülőtulajdonosokat fogadó településeket, az Alföld néhány, a magánüdüléssel kapcsolatos adatát mutatom be.

A TAKEH adatai szerint 1989-ben az Alföld 102 településén 19.654 fő fizetett üdülője után építményadót. Az alföldi megyék nyaralótulajdonosai – kettő kivételével – 699 magyarországi településről származtak. A régióban nyaralótulajdonosként megjelenők döntő részének az Alföldön volt az állandó lakása is. Mindegyik megyében az adott megyebeli lakosság közül került ki az üdülőtulajdonosok nagyobb része.

A TAKEH nyilvántartása szerint az alföldi megyékben lévő szabadidő-lakások közel egynegyede épült fel – Békéscsaba kivételével – az öt alföldi megyeszékhelyen. Ott élt a közel 20 ezer nyaraló tulajdonosának 46,5%-a, tehát a megyeszékhelyek a felmerülő magántelkes üdülési igényeknek alig több, mint a felét elégítették ki helyben.

### ***A Debrecenben lakó üdülőtulajdonosok legfontosabb alföldi fogadótelepülései***

Azon túl, hogy a város egyes körzeteiben mennyi és milyen korú üdülőtulajdonos lakik, illetve üdülőépületeik mekkorák, tervezési, közlekedési, környezetvédelmi szempontból elsősorban az a fontos, hogy az üdülőtulajdonosok mely településeken rendelkeznek üdülővel, hiszen a szolgáltatásokat ott, a fogadótelepülésen veszik igénybe.

Debrecen állandó lakói 35 alföldi faluban, illetve városban jelennek meg üdülőtulajdonosként, ám 58,7%-uk helyben birtokolja hétvégi házát. Néhány körzetben (Tócsó-patak völgye, Köntöskert, József Attila telep, Lenc telep) a helyben, azaz a Debrecenben üdülővel rendelkezők aránya meghaladja a 80%-ot. Az 1985 óta kialakított – a KOZMA G. által elitnegyednek nevezett – 22. körzet (Akadémia és Vezér utca környéke) nyaralótulajdonosainak viszont több mint 60%-a nem Debrecenben építette fel szabadidő-lakását. Az ott élők valószínűleg megfelelő anyagi háttérrel rendelkeztek, tehát ha üdülni akarnak, akkor azt nem lakóhelyükön, hanem egy másik településen teszik.

A Debrecenben lakó 3.766 alföldi üdültulajdonos közül a kb. 1%-nál nagyobb részesedéssel bíró települések száma a 35-ből mindössze 9, így 2064 Debrecenben, 566 Hajdúszoboszlón, 252 Hajdúsámsonban, 243 Hajdúhadházon, 222 Tiszalökön; 168 Nagyhegyesen, 58 Földesen, 44 Tiszacsegén és 37 Mikepércsen – tehát a két Tisza mellett fekvő települést kivéve elsősorban Debrecenben és annak szűkebb-tágabb városkörnyékén – alakította ki szabadidő-lakását. Ezen a 9 településen 3.654 Debrecenben élő épített vagy vásárolt nyaralót magának, akik az összes tulajdonos 97%-át adták. A 3%-nyi, 112 főt kitevő debreceni üdültulajdonos a fennmaradó 26 településen rendelkezett üdülővel.

A kor, a nők aránya, az üdülőépület nagysága tekintetében a fenti kilenc település között is megfigyelhetők bizonyos különbségek (1. táblázat). A nők aránya – "a reumások mekkája"-ként hirdetett – Hajdúszoboszlón 23,5 %-ra, Hajdúhadházon 24,3 %-ra emelkedik. Ebben biztosan szerepe lehet annak, hogy ez a két üdülőtelep már régóta létezik, sok idős tulajdonosa van. A férfiak elhalálása után a feleségek vagy öröklik az épületet, vagy holtig tartó haszonélvezetet szereznek arra. Hajdúszoboszló átlag feletti értékében a nőgyógyászati panaszokat is enyhítő gyógyvíz szintén közrejátszott.

A nők arányával párhuzamosan a 29,6%-os átlagot 6–9 %-ponttal meghaladja a 60 éven felüliek aránya Hajdúszoboszlón, valamint Hajdúhadházon; míg Nagyhegyesen és Hajdúsámsonban az átlag felét (16%), Tiszacsegén (13,6%) még azt sem éri el, Földesen pedig alig haladja meg az 1,7%-ot. Ez utóbbi fogadótelepüléseken minden negyedik, ötödik debreceni nyaralótulajdonos 40 év alatti, fiatal munkaképes

1. táblázat A legfontosabb (> 1%-ot elérő) fogadótelepülések debreceni tulajdonosainak és nyaralóépületeinek jellemzői, %

Fogadó- település/ mutatónév	a tulajdonos /a telek száma, fő/telek	a nők aránya, %	60 év feletti, %	40 év alatti, %	az üdülő adózási területe 30 m <sup>2</sup> alatt, %	az üdülő adózási területe 60 m <sup>2</sup> felett, %	átlagos adózási üdülő terület, m <sup>2</sup>
<b>az összes debreceni</b>	<b>3766</b>	<b>19,2</b>	<b>29,6</b>	<b>14,8</b>	<b>78,5</b>	<b>2,2</b>	<b>26,1</b>
<b>Debrecen</b>	2064	19,1	31,0	13,3	90,0	0,3	23,8
<b>Hajdúszoboszló</b>	566	23,5	39,5	12,5	46,1	9,0	33,9
<b>Hajdúsámson</b>	252	13,1	16,3	20,7	85,7	0,4	25,4
<b>Hajdúhadház</b>	243	24,3	35,8	10,3	65,4	1,6	29,0
<b>Tiszalök</b>	222	20,7	25,7	15,8	62,6	0,9	29,5
<b>Nagyhegyes</b>	168	14,9	16,7	29,2	94,6	0,6	16,0
<b>Földes</b>	58	17,2	1,7	24,2	100,0	0,0	18,2
<b>Tiszacsege</b>	44	15,9	13,6	15,9	25,0	15,9	42,0
<b>Mikepércs</b>	37	8,1	32,4	21,6	89,2	0,0	23,2

*Forrás: Sajtó szerkesztés a TAKEH 1989. évi üdülő-adatbázisának továbbszámított adatai alapján, 2024*

korú, vagy annál is fiatalabb. Megállapítható tehát, hogy az idősebbek vagy a gyógyvizes/termálvizes helyeken, vagy a korábban kialakult folyómenti és zártkerti területeken jelennek meg tulajdonosként, míg a fiatalabbak a napjainkban is gyorsan bővülő folyómenti területeken és az újabb kialakítású zártkertekben.

Az üdülők átlagos adózási alapterülete 26,1 m<sup>2</sup>. A zártkerti, csatornák menti területeken (Nagyhegyes, Földes) azonban még a 20 m<sup>2</sup>-t sem éri el, míg Hajdúszoboszlón (33,9%) és különösen Tiszacsegén (42%) az átlagot jóval meghaladja. A 30 m<sup>2</sup>-nél kisebb épületek aránya – amelyek az üdülők 78,5%-át teszik ki – Földesen 100 %-ra, Nagyhegyesen és Debrecenben 90% fölé nő, míg Hajdúszoboszlón 46,1 %-ra, Tiszacsegén 25 %-ra csökken. A 60 m<sup>2</sup>-t meghaladó nyaralók aránya átlagosan 2,2%, azonban Hajdúszoboszlón (9%) az átlagot négyszer, Tiszacsegén (15,9%) hétszer múlja felül. A települések többségén az 1 %-ot sem éri el a fenti nagyságot meghaladó épületek aránya, de Földesen és Mikepércsen egyetlen debreceni tulajdonoshoz köthető ilyen nagyságú nyaraló sem volt.

Az üdülőtulajdonosok lakókörnyezet-típusonkénti megoszlása azt mutatja, hogy a Debrecenben, Nagyhegyesen és Hajdúsámsonban hétvégi házzal rendelkező debreceni lakosok között az átlagosnál magasabb a lakótelepiek aránya (2. táblázat). Ezek a településeken elsősorban a zártkertekben alakították ki a hétvégi házakat. A belvárosiak aránya viszont a Hajdúszoboszlón, Tiszalökön és Hajdúhadházon, tehát túlnyomórészt az üdülőtelepeken nyaralót birtoklók között átlagon felüli.

2. táblázat A legfontosabb (> 1%) fogadótelepülések debreceni tulajdonosainak lakókörnyezet-típusonkénti megoszlása, %

Fogadó-település/ lakókörnyezet típusok	lakó- telepi, %	bel- városi, %	kert- ségi, %	kisvárosi földszintes, %	elit- negyed házas, %	vegyes (családi és társas- házas), %	körze- ten kívüli, %
<b>az összes debreceni</b>	<b>52,7</b>	<b>10,8</b>	<b>16,2</b>	<b>2,2</b>	<b>1,4</b>	<b>13,8</b>	<b>1,5</b>
<b>Debrecen</b>	56,5	10,2	16,0	2,4	0,8	10,9	1,6
<b>Hajdúszoboszló</b>	43,1	13,8	15,5	2,1	2,1	21,6	0,5
<b>Hajdúsámson</b>	56,3	6,0	20,2	2,0	2,0	12,3	0,4
<b>Hajdúhadház</b>	46,5	14,0	11,9	1,6	1,2	22,2	1,2
<b>Tiszalök</b>	45,0	15,3	14,4	0,9	4,5	16,2	3,6
<b>Nagyhegyes</b>	58,9	8,9	14,3	3,6	0,6	12,5	0,0
<b>Földes</b>	48,3	5,2	34,5	1,7	1,7	6,9	1,7
<b>Tiszacsege</b>	45,5	11,4	22,7	4,5	2,3	9,1	4,5
<b>Mikepércs</b>	51,4	10,8	29,7	0,0	0,0	5,4	0,0

Forrás: Saját szerkesztés a TAKEH 1989. évi üdülő-adatbázisának továbbszámított adatai alapján, 2024

A hagyományos kertségi, családi házas lakókörnyezeti típusba tartozó – egyben fiatalabb korú – tulajdonosok elsősorban Földesen, Mikepércsen, Tiszacsegén és Hajdúsámsonban építették fel második otthonaikat. Tiszacsegén a kisvárosi földszintes és a körzeten kívüli, külterületi lakosok, Tiszalökön az elitnegyedben felépített házak lakóinak aránya emelkedik 4,5%-ra, messze meghaladva a 2,2, illetve az 1,4–1,5%-os átlagos értéket. A vegyes (családi és társasház) lakókörnyezeti típusban élők részaránya Hajdúszoboszlón és Hajdúhadházon átlag fölötti. (Az elitlakónegyed és a hóstát övezeteket helyhiány miatt nem tartalmazza a táblázat, de egyedi részesedésük csak 0,5%, illetve 0,6%.)

A Debrecenben lakó, de a fenti településeken üdülőépülettel rendelkező tulajdonosok körzetenkénti megoszlásában is különbségek tapasztalhatók. A belvárosi és az északi városrészben lévő körzetek egyenként 5–15%-kal részesednek egy-egy fogadótelepülés összes debreceni tulajdonosából. A külső körzetekben – egy-két kivételtől eltekintve – az egyes fogadótelepülések összes debreceni tulajdonosának csak 0–1, illetve 1–5%-a található. A távolság csak a közvetlen szomszédos településeknél befolyásolja a tulajdonosok telekválasztását: a Sestakertben és a Sétakertben 10 % fölötti a Hajdúhadházon, az Újkertben a Hajdúsámsonban, a Vénkertben és az Újkertben a Nagyhegyesen, Kerekestelepen pedig a Mikepércsen üdülővel rendelkezők aránya. Szerepe lehet ebben persze annak is, hogy a fenti településekről költöztek be a tulajdonosok, így ott él még ma is rokonságuk. Ennek megállapításához azonban részletesebb felmérésre lenne szükség.

### ***A Debrecenben élő az alföldi 6 megyében nyaralóval rendelkező tulajdonosokat fogadó legfontosabb települések tipizálása***

A vizsgált mutatók (üdülőtulajdonos kora, lakóhelyének környezete és az üdülőépület nagysága) felhasználásával elvégzett clusteranalízis szerint a debrecenieket üdülőtulajdonosként "fogadó" települések a következőképpen csoportosíthatók:

1.) A magas női tulajdonosi aránnyal, idős korstruktúrával, átlagon felüli üdülőépület-nagysággal, viszonylag magas belvárosi és vegyes (családi és társasházi) lakóhelyi környezetben élő tulajdonosokkal jellemezhető települések (Hajdúszoboszló, Hajdúhadház).

2.) Az alacsony női tulajdonosi aránnyal, viszonylag fiatalosabb korstruktúrával, (erősen) átlag alatti üdülőépület-nagysággal, lakótelepi és kertségi lakóhelyi környezetben élő tulajdonosokkal jellemezhető települések (Földes, Nagyhegyes, Hajdúsámson).

3.) Az összes Debrecenben lakó, az Alföld hat megyéjében üdülővel rendelkező tulajdonos átlagához legjobban a Debrecenben üdülővel rendelkezők adatai hasonlítanak. A 60 éven felüliek aránya közöttük az átlagot kissé meghaladja csakúgy, mint a lakótelepen élőké, míg üdülőépületeik között jóval magasabb a 30 m<sup>2</sup>-es, vagy annál kisebb alapterületű.



4.) A fenti csoportokba nem sorolható be Mikepércs, Tiszalök és Tiszacsege. Ezek a településeken ugyanis nem figyelhető meg a változók között az az "együttjárás", mint az első és a második csoportnál.

## **Következtetések**

A Debrecenben lakó 3.766 alföldi nyaralótulajdonos a régió 35 településén rendelkezett üdülővel, közülük 9-ben található az üdülőépületek 97%-a.

A Debrecen belvárosában élő idősebb korú tulajdonosok a gyógyvizes fürdők környékén és a korábban kialakult Tisza-menti üdülőtelepeken, míg az elsősorban lakótelepeken élő fiatalabb korú tulajdonosok a megyeszékhelyen vagy a Debrecen környéki települések zártkertjeiben építették fel üdülőiket.

Az üdülőépületek átlagos alapterülete igen alacsony, 26,1 m<sup>2</sup>, közel 80%-uk 30 m<sup>2</sup> alatti, de az egyes fogadótelepülések között jelentős különbségek láthatók. A zártkertekben kialakított üdülőkkel rendelkező településeken, így Debrecenben is alacsonyabb az adózási alapterület, míg a gyógyfürdővel rendelkező Hajdúszoboszlón és Hajdúhadházon az átlagnál nagyobb méretű üdülőkkel bírnak a tulajdonosok.

A clusteranalízis során az elérhető adatok (a tulajdonosok neme, kora, az állandó lakásuk Debrecenen belüli lakókörnyezet-típusa, valamint a fogadótelepülésen lévő üdülőként használt épületeik adózási épületnagysága) alapján a legtöbb nyaralóval rendelkező 9 települést 3 markánsan elkülönülő csoportba lehet besorolni. Az elsőbe Hajdúszoboszló és Hajdúhadház tartozik, a másodikba Földes, Hajdúsámson és Nagyhegyes. Külön csoportot képez a Debrecenben élő és a város közigazgatási határain belül Debrecenben üdülővel is rendelkezők 2064 fős tábora. A települések egyharmada (Mikepércs, Tiszalök és Tiszacsege) ugyanakkor egyikbe sem tartozik, mert ezeken a településeken nem figyelhető meg a változók között az az "együttjárás", mint az első és a második csoportnál.

## **Felhasznált irodalom**

- BARBIER, B. (1965): Méthode d'étude des résidences secondaires, l'exemple des Basses-Alpes. Méditerranée, 1. pp. 89–111.
- COPPOCK, J. T. (Ed.) (1977): Second Homes: Curse or Blessing. Pergamon, Oxford. Geogr. Series
- CSORDÁS L. (1993): Szabadidő-lakások az Alföldön. Tér és Társadalom, 7. 3–4. pp. 75–103.
- CSORDÁS L. (1995): Szabadidő-lakások az Alföldön. Kandidátusi értekezés, kézirat. MTA RKK ATI. p. 154 + melléklet
- CSORDÁS L. (1999): Second homes in Hungary. In: Duró A. (ed.) Spatial Research in Support of the European Integration. MTA RKK, Pécs. (Discussion Papers, Special) pp. 145–160
- DOWNING, P. – DOWER, M. (1973): Second Homes in England and Wales. Countryside Commission

- KOWALCZYK, A. (1994): Geograficzno-społeczne problemy zjawiska "drugich domów". p. 178
- KOZMA G. (1994): Debrecen városszerkezetének változása az 1930-as évek vége és 1990 között. Egyetemi doktori értekezés, kézirat. KLTE Debrecen. p. 112
- MARTONNÉ ERDŐS K. (1990): Az egyéni rekreáció lehetőségei és megvalósulásai Miskolc környékén. Kandidátusi értekezés, kézirat. KLTE Debrecen. p. 158
- RUPPERT, K. (1973): Der Zweitwohnsitz – geographisches Faktum und landesplanerisches Problem. In: Geographische Aspekte der Freizeitwohnsitze. WGI-Berichte z. Regionalforschung, 11. pp. 1–54.

# Az üdülők helyszínének kiválasztására ható tényezők

Csordás László

CSc, tudományos főmunkatárs, Nemzetközi Gazdaságtan Tanszék, Neumann János Egyetem  
Gazdaságtudományi Kar, Kecskemét, csordas.laszlo@nje.hu  
<https://orcid.org/0000-0002-2985-4494>

**Abstract:** Regarding the geographical location of second homes for holiday purposes, we distinguish at least 3 types based on the method of use, its frequency, duration (length), and possible future change of function.

1. Resorts/closed garden buildings within the boundaries of the settlement.
2. The nearby houses (which are still worth visiting daily) that can be used on weekends.
3. Holiday houses located further away (suitable for longer vacations).

Different aspects may play a role in decision-making when choosing their location, the construction and use of the holiday buildings.

Among these, the attractive natural environment (natural and artificial waters, waterfronts, forests, mountains, etc.) and the distance (the costs of the visit) can be highlighted, and also the traffic openness, the acquisition (later maintenance) costs, prestige, administrative reasons (plots were divided there).

## Bevezetés, célkitűzés

A gazdasági, társadalmi, technológiai fejlődés következtében a XX. század utolsó harmadában jelentős változások következtek be a modern társadalmak életében. Ennek egyik sajátos jegye, hogy a lakó- és munkahelyek mellett egyre nagyobb jelentőségre tettek szert a szabadidő eltöltésének színterei. Ennek legfontosabb települési jegyei a második otthonok, ezen belül a szabadidő-lakások számának ugrásszerű emelkedése, az üdülő-pihenő térségek térbeli növekedése.

A második otthon, vagy második lakás (angolul second homes, németül Zweitwohnsitz, franciául residences secondaires, magyarul üdülő) véleményem szerint egy magántulajdonban, vagy tartós használatban lévő ingatlan, amely olyan személy (család) alkalmankénti szállásául szolgál, aki azt nem tekinti elsődleges otthonának (CSORDÁS 1993, 1995, 2021). A második lakások közé tartozó szabadidő-lakásokat túlnyomóan szabadidőben és csak átmenetileg (hétköznapokon munkaidő után, hétvégén vagy a szabadság ideje alatt) elsősorban szabadidős célokra használják. Magyarországon – függetlenül attól, hogy azok üdülőtelepeken, zártkertekben, vagy üresen álló falusi házak megvásárlásával alakultak ki – ezek közé számíthatók a szabadidő eltöltését biztosító, 12 m<sup>2</sup>-nél nagyobb alapterületű épületek (TIMÁR 1994; CSORDÁS 2021).

A városközeli területeken lévő szabadidő-lakásokat elsősorban a hétvégéken használják. Ezen épületek az életciklus folyamán, illetve a város térbeli növekedése miatt állandó lakássá is átalakulhatnak. A második lakások területi elterjedése része a városfejlődési folyamatnak, egyes jelenségei a szuburbanizációhoz köthetők. A szezonális (vagy más elnevezés szerint rekreációs) szuburbanizáció egyedi esetekben "valódi" szuburbanizációhoz vezethet, mivel a második lakások állandó lakássá válhatnak (TIMÁR 1994).

### ***A vizsgálat célja, a vizsgált terület***

A tanulmány célja, hogy a szakirodalom alapján bemutassa azokat a tényezőket, amelyek szerepet játszanak a szabadidő lakások helyszínének kiválasztásában, azaz azokat, amelyeket a döntéshozatal során figyelembe kell venni már a vásárláskor, vagy az üdülők építésekor, de később, a használat során is.

Mivel egy összetett folyamatról van szó, ezért több tényező mérlegelésére is szükség van. A külföldi szakirodalom alapján – amit korábban sok empirikus felmérés előzött meg – a szerzők elvi, elméleti következtetések levonására is sort kerítettek. Ennek részbeni bizonyítására a 2001. évi Népszámlálás Üdülő-összeírása alapján Magyarországot választottam mintának, hogy bemutassam a hazai üdülőállományt és az elhelyezkedés alapján a kialakulásukra ható tényezőket.

### **Anyag és módszer**

A szakirodalmi feldolgozás során angol, francia, német nyelvű szerzőknek az üdülők kiválasztására vonatkozó munkáit olvastam el. Az ezzel kapcsolatos külföldi, nemzetközi kutatásokat az üdülés tömeges elterjedésének időszakában, 1960 – 1990 között folytatták, amikor a turisták megjelenése, majd az üdülőépületek kialakítása, később azok használata a fogadótelepüléseken már problémát okozott, azaz ezzel a kérdéssel foglalkozni kellett, mert zsúfoltságához vezetett, valamint tervezési, területrendezési kérdéseket is felvetett.

A 2001. évi Népszámlálás üdülő-összeírásának adataihoz a KSH adatbázisából jutottam hozzá. A térkép készítéséhez a MapInfo szoftvert használtam. Módszertanilag fontos feladatnak tartottam, hogy a vizsgálat alapegységének tekintett településeken az egyes változók "térbeli képét" ábrázolni tudjam (CSORDÁS 2021).

### **Eredmények**

#### ***A szabadidő-lakások helyének kiválasztása: elméleti áttekintés a nemzetközi szakirodalom alapján***

Az állandó lakástól való távolság, a használat formája és intenzitása alapján Ruppert szerint nagyjából két helyet lehet elkülöníteni: a hétvégén használt hétfégi házakat és a szünidőben használt nyaralókat (RUPPERT 1973).

A nagyvárosok körül a második lakások gyűrűje alakul ki (RAGATZ 1970), amely annál kiterjedtebb, minél nagyobb a város (MURPHY 1976). A városhoz közeli helyek különösen keresettek a második lakás központ-periféria diffúziója alapján. Ezzel egyidejűleg azonban nő a konkurencia a város közelében a más irányú területhasználatra is. A telekárak általában a várostól való távolsággal csökkennek, illetve a helyminőség (vonzó tényezők, elérhetőség stb.) szerint differenciálódnak.

A szabadidő-lakás témakörével foglalkozó szakirodalmat áttekintve KEMPER a következő fontos helyfaktorokat nevezi meg a hely kiválasztásával kapcsolatban (KEMPER 1978):

- A távolság, illetve a város vonzásteréből való elérhetőség.
- A táji attraktivitás, táji sokféleség, vizek, külső és belső közlekedési feltártság: a terület megközelíthetősége (CLOUT 1971). A víz melletti fekvés jelentőségére mindenekelőtt a skandináv (LINKOAHO 1962; ALDSKOGIUS 1967) és az amerikai szerzők (TOMBAUGH 1968; RAGATZ 1970) mutattak rá.
- Az infrastrukturális feltártság (az elektromos, a víz- és csatornahálózatra való csatlakozás).
- A fennálló települési és társadalmi-gazdasági struktúra. A nagy népességveszteséggel jellemezhető területeken – mivel az épületek üresen állnak, illetve az építhető telkek olcsók – általában magas a második lakások aránya (CLOUT 1971; CRIBIER 1973; LICHTENBERGER 1980). Hasonlóképpen fontos hatást gyakorol a második lakások egy-egy területen való tömeges megjelenésére a fennálló tulajdoni szerkezet. A kisparaszti gazdaság kevésbé ellenálló a második lakások terjedésével szemben, mint az agrárgazdaságilag intenzíven használt területek nagyparaszti tulajdoni struktúrája, vagy az állami üzem (DIEKMANN 1963).
- A szociokulturális tényezők, illetve kapcsolatok a küldő és fogadó területek (a származási és a célterületek) között (CLOUT 1971).

Néhány szerző elméleti megfontolásokat alkalmazott a szabadidő-lakások helyzetére és megoszlására a használók származási területe szerint. A szabadidő-lakással rendelkezők társadalmi csoportok szerinti differenciálódásának "városon kívüli, külvárosi gyűrűmodellje" Robert-től származik (ROBERT 1974), aki ehhez gazdasági és tájhasználati elméleteket is felhasznált. Kiindulópontja egy nagyváros, amelynek környékén szabadidő-lakásokat alakítottak ki. A szabadidő-lakások helyének kiválasztása szerinte legalább három tényezőtől függ: a terület természeti vonzerejétől, az elérhetőségtől, valamint a megszerzés költségeitől (az üdülőtelek áráról, az építés költségeitől).

Kemper szerint a táj vonzerejét (attraktivitását) állandónak véve az érdeklődők között az elérhetőség és a felmerülő költségek tesznek különbséget (KEMPER 1978). Mivel a városhoz közeli helyek iránt különösen nagy a kereslet, illetve a másféle területhasznosítási mód lehetősége a város közelségével arányosan nő, ezért a megszerzés költségei a város központjától távolodva csökkennek.

Egy hely elérhetősége (megközelíthetősége) az utazási idővel mérhető, amely az emelkedő távolsággal nő. Minden egyes szabadidő-lakás iránt érdeklődő személy értékeli a különböző fekvésű zónákat – mint potenciális helyeket – a rendelkezésre álló eszközök, a megszerzés költségei és az utazás időigénye alapján. A tehetős, azaz pénzügyileg „erős” csoportok az "időtényezőt" magasra értékelik, ezért előnyben részesítik a városhoz közeli helyeket. Ebből adódik a különböző státuszú társadalmi csoportok szabadidő-lakásainak gyűrű formájú elrendeződése. A szabadidő-lakások tulajdonosainak társadalmi státusza általában a várostól való növekvő távolsággal csökken.

A természeti és infrastrukturális kínálat variációit, valamint a szabadidő-lakások típusait és kiépítettségét is figyelembe kell venni az elérhetőségben. A közlekedési utak kiépítése megváltoztatja az elérhetőségi viszonyokat, és ezzel a szabadidő-lakások zónáját tovább szélesíti. A ROBERT által már 1974-ben alkalmazott megfontolások ismertetése nélkül egyes kutatók a nagyvárosokra vonatkozóan igazolták és bizonyították ezt a folyamatot. A szabadidő-lakással rendelkezők társadalmi státuszának emelkedését a származási helytől való növekvő távolsággal ott is megállapították, ahol a vonzó régiók nagyobb távolságban fekszenek (DIEKMANN 1963; RUPPERT 1973). Ezek a társadalmi csoportok a nyugodt pihenést fontos szempontnak tartják, valamint a vonzó területek telekárait meg tudják fizetni.

Néhány elméleti, elvi jellegű általános megállapítást tehető:

1. Általában a két hely (a küldő- és a fogadóterület) közötti távolság a vidéki magatartás egyik legfontosabb befolyásoló tényezőjének tekinthető. A kölcsönhatások kiterjedése, nagysága a két hely között a csökkenő távolsággal nő, illetve a növekvő távolsággal csökken.
2. Fontos az idő-fáradtság-költség vonzat is. Egy hely elérése annál több időt, nagyobb fáradtságot és magasabb költségeket igényel, minél nagyobb a távolság a küldőterület és a potenciális fogadóterület között.
3. Nem lehet elhanyagolni az információs hatást sem. A lehetséges célterületről származó információ a növekvő távolsággal kisebb lesz, különösen az, amelyet saját megtekintéssel és a személyes kommunikációval lehet nyerni. Minél nagyobb a távolság, annál több idő telik el a felkeresési alkalmak között is.

A távolságot, illetve az elérhetőséget más tényezők részben kompenzálják. RUPPERT szerint, akit KEMPER is megemlíti (KEMPER 1978) kétségtelenül egy sor más tényező is befolyásolja a terület megválasztását (RUPPERT 1973). Ilyenek:

- a táji attraktivitás: minél vonzóbb egy hely, annak kiválasztásában annál kisebb szerepe van a távolságnak (gyógyfürdők, tavak, tengerpartok, hegyi területek stb.),
- az infrastrukturális feltártság: pl. a belső közlekedési feltártság, megközelíthetőség, a meglévő technikai infrastruktúra vonzóbbá tehet egy helyet,
- a telek (föld) ára: különösen az alacsony jövedelmű rétegek számára van döntő

jelentősége, ugyanakkor a második lakások centrum-periféria diffúziójának a legfontosabb motorja,

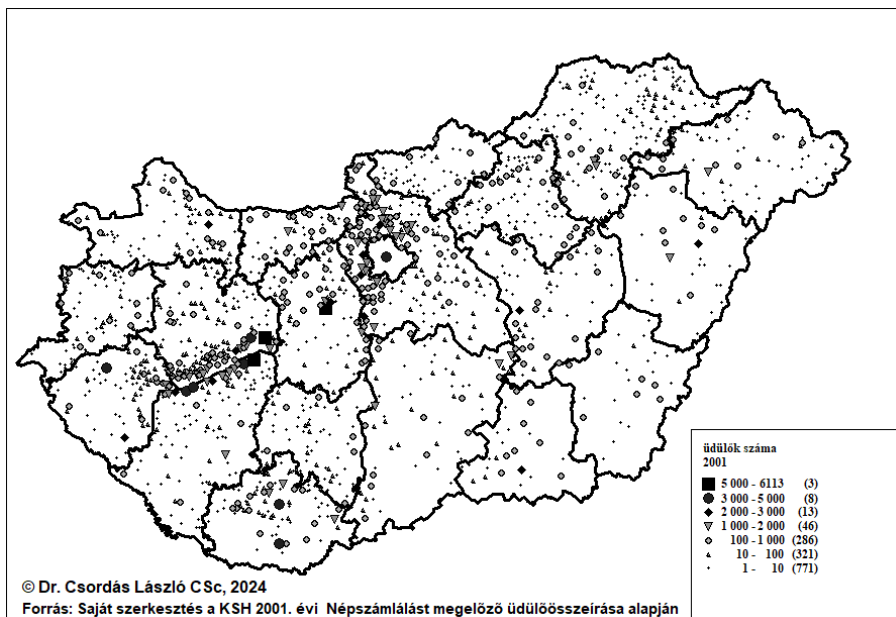
- a társadalmi-kulturális kapcsolatok, kötődések: a helyválasztás sok esetben előre meghatározott (szülőfalu, rokonok a választott helységben). A gyakran látogatott helyek mellett bizalmat ébresztenek, és ezzel vonzóvá válnak.

### *A hazai üdülőállomány térbeli diffúziója*

A helyválasztást befolyásoló tényezők elméleti, általános áttekintése után hazánk üdülőállományát mutatom be, hiszen a Magyarországon jelenleg létező üdülési zónák, üdülőtelepek a tényleges helyzetet tárják elénk arra vonatkozóan, hogy mely tényezők vezettek/vezethettek azok kialakulásához.

Mivel nem készült részletes felmérés 2011-ben az üdülőkről, sőt a 2022. évi népszámláláskor sem tervezték ezt, ezért az ország üdülőállományának településenkénti elhelyezkedését a 2001. évi Népszámlálás adatfelvétele alapján mutatom be. Tekintettel arra, hogy az üdülőépületek településekhez kötődnek, pozitív és negatív hatásait elsősorban ott érezhetik, ezért a településnél nagyobb területi szintek (kistérség, megye, régió) elemzésétől és ábrázolásától is eltekintenek (CSORDÁS 2021).

Az üdülőtelepekkel rendelkező településeket bemutató *1. ábrán* megfigyelhető, hogy 1451 helységben voltak nyaralók, és a 2001. évi üdülő-összeíráskor Siófokon számlálták össze a legtöbbet (6.113 db), amit Balatonkenese és Gárdony (5.250, 5.111 db), majd Balatonfenyves és Fonyód (4.243, 4.004) követ.



*1. ábra* Az összes üdülő településenkénti száma Magyarországon, 2001. Forrás: Saját szerkesztés a KSH 2001. évi népszámlálási adatai alapján, 2024

Hat településen haladta meg számuk a 3 ezret (Balatonalmádi, Budapest, Harkány, Zalaegerszeg, Pécs, Zamárdi), 13 helyen (Debrecen, Szolnok, Szeged, Szentendre, Budakeszi, Érd, Ráckeve, Velence, Balatonfüred, Balatonlelle, Balatonmárfürdő, Nagykanizsa, Győr) 2–3 ezer, 46 másikon (többnyire a főváros és a Balaton környékén) 1–2 ezer közötti volt az összes üdülőépületek száma.

A helyválasztást kiváltó vonzó természeti környezeti tényezők közül a nyaralóval rendelkező települések szépen kirajzolják az álló- és folyóvízes helyeket: a Balaton – az első 11 közül 6 itt fekszik –, a Velencei-tó, a Tisza-tó, valamint bizonyos szakaszokon a Duna és a Tisza futását. Kiemelkednek a legkedveltebb termál- és gyógyvízes fürdőkörül nevezetes helységek (Hajdúszoboszló, Hévíz, Harkány, Sárvár stb.), valamint a folyó- és termálvízes, kombinált adottsággal is rendelkezők (Tiszakécske, Szolnok, Lakitelek). A hegyekhez, erdőkhöz kapcsolódó üdülőtelepek elsősorban a Bükk és a Mátra területén találhatók.

A fővárosi és nagyvárosi agglomerációk esetében nemcsak a vonzó természeti környezet (Budapest, Szentendre, Ráckeve stb.), hanem a távolság is nagy szerepet játszott az üdülők, különösen a zártkerti hétvégi házas övezetek létrejöttében és bővülésében (Debrecen, sőt Szeged és Pécs környékén is).

## **Következtetések**

Az üdülők helyének kiválasztását több tényező befolyásolja. Abban egyetértenek a vizsgált külföldi szerzők, hogy a legfontosabb, azaz elsődleges szerepe van a táj attraktivitásának, vonzerejének. Ha nem vonzó, nem szép egy terület, akkor nem mennek oda, nem érzik jól magukat a leendő vásárlók.

Közülük kiemelkedően magas a vizekhez kötődő pihenési, üdülési célú telekvásárlás és nyaralóépítés elsősorban az állóvizek (óceán- és tengerpartok, tavak), a folyóvizek (folyók, csatornák), valamint a termál- és gyógyvizekre épült fürdők közelében. A fentieket a hazai példák is alátámasztották, hiszen a legtöbb üdülővel rendelkező településeink a Balaton, a Velencei-tó, a Tisza-tó, a nagyobb folyók (a Duna, a Tisza, a Kőrösök stb.), valamint a jelentősebb gyógyfürdőkkel rendelkező településeken alakultak ki.

A hegyek, erdők szerepe nálunk kisebb, de nem elhanyagolható, ám több országban (pl. az Egyesült Királyságban, Lengyelországban, Oroszországban stb.) valóságos üdülőkolóniák alakultak ki az erdőkben és a hegyekben.

A fizikai és időbeli távolság, valamint a megközelíthetőség szintén fontos tényező, ami ráadásul a közlekedési feltártság következtében még változik is, azaz egyre könnyebben és rövidebb idő alatt lehet eljutni az üdülőhelyre. A városok környékén kialakult zártkerti övezetek egy része akár napi, hétvégi kikapcsolódást is kínál. Ezekben az 1970-es évektől a szűkös keretek miatt néha az is előfordult, hogy külön-külön tanárok, rendőrök, katonatisztek, tanácsai alkalmazottak, egy-egy nagyüzem dolgozói stb. által bérelt és/vagy később megvásárolt zártkerti parcellákat alakítottak ki, így már bizonyos presztízs szempontok is megjelentek.



Különösen a falusi, korábban üresen álló házak megvásárlásával, üdülővé való átalakításával funkcióváltás zajlik és ebben sokszor a családi, rokoni szálak is szerepet játszanak, hiszen az életciklus változása során a korábban a városba elvándoroltak idővel lakás- illetve üdültulajdonosként visszatérhetnek gyermekkoruk színhelyére.

## Felhasznált irodalom

- ALDSKOGIUS, H. (1967): Vacation House Settlement in the Siljan Region. *Geografiska Annaler*, 49, pp. 69–95.
- CLOUT, H. D. (1971): Second Homes in the Auvergne. *Geographical Review*, 61. 4. pp. 530–553.
- CRIBIER, F. (1973): Les résidences secondaires des citadins dans les campagnes francaies. *Etudes Rurales*, 49–50, pp. 181–204.
- CSORDÁS L. (1993): Szabadidő-lakások az Alföldön. *Tér és Társadalom*, 7(3–4), pp. 77–103. <https://doi.org/10.17649/TET.7.3-4.284>
- CSORDÁS L. (1995): Szabadidő-lakások az Alföldön. Kandidátusi értekezés, kézirat. MTA RKK ATI. Kecskemét, p. 154 + melléklet
- CSORDÁS L. (2021): Magyarország üdülőállományának alakulása (1960–2019). *GRADUS*, 8(3), pp. 111–117. ISSN 2064-8014 DOI: 10.47833/2021.3.ECO.004
- DIEKMANN, S. (1963): Die Ferienhaussiedlungen Schleswig–Holsteins. Eine siedlungs- und sozialgeographische Studie. *Schr. Geogr. Inst. Univ. Kiel*. 21. 3.
- KEMPER, F. J. (1978): Probleme der Geographie der Freizeit. Ein Literaturbericht über raumorientierte Arbeiten aus den Bereichen Freizeit, Erholung und Fremdenverkehr. *Bonner geographische Abhandlungen*, 59.
- LICHTENBERGER, E. (1980): Die Stellung der Zweitwohnungen im städtischen System. Das Wiener Beispiel. *Berichte zur Raumforschung und Raumordnung*, 1, pp. 3–14.
- LINKOAHO, R. (1962): Sommerhaussiedlung und Sommeraufenthalt der Stadtbevölkerung von Tampere. *Fennia*, 87(4).
- MURPHY, P. A. (1976): Residential Resort Land in New South Wales. *Australian Geographical Studies*, 14, pp. 103–115.
- RAGATZ, R. L. (1970): Vacation homes in the Northeastern United States: Seasonality in population distribution. *Annals of the Association of American Geographers*, 60(3), pp. 447–455.
- ROBERT, A. (1974): Reflexions pour une étude théorique de la localisation des résidences secondaires. *Cahiers de Geogr. d. Besancon*, 23, pp. 165–194.
- RUPPERT, K. (1973): Der Zweitwohnsitz – geographisches Faktum und landesplanerisches Problem. In: *Geographische Aspekte der Freizeitwohnsitze*. In: *WGI-Berichte z. Regionalforschung*, 11, pp. 1–54.
- TIMÁR J. (1992): The main features of suburbanization in the Great Hungarian Plain. *Landscape and Urban Planning*, 22(2-4), pp. 177–187. DOI:10.1016/0169-2046(92)90021-Q
- TOMBAUGH, L. W. (1968): Factors influencing "vacation home locations". *Journal of Leisure Research*, 2, pp. 54–63.



# Landsat 8 and Sentinel 2 for Detecting Hydrothermal Barite Deposits in Red Sea Hills, Sudan

Abazar M. A. Daoud<sup>1,2\*</sup> – Ali Ahmed Mohieldain<sup>3</sup> –  
Abdelmajeed A. Elrasheed<sup>4,5</sup> – Peter Rozsa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Mineralogy and Geology, University of Debrecen, 4032 Egyetem Tér 1. Hungary

<sup>2</sup> Engineering Geology Department, Faculty of Earth Sciences, Red Sea University, Sudan  
\*amadfm2114@gmail.com

<sup>3</sup> Exploration Geosciences Institute, University of Miskolc, Hungary

<sup>4</sup> Department of Physical Geography and Geoinformatics, University of Debrecen, 4032 Egyetem Tér 1. Hungary

<sup>5</sup> Department of Geology, University of Khartoum, Sudan

**Abstract:** Barite rocks often occur as hydrothermal veins in association with gold, copper, lead, and silver mineralization within felsic rocks in Red Sea Hills. The present study used the integration of Landsat 8, Sentinel 2, and field observations for mapping hydrothermal massive barite deposits in the Ariab District, within the Red Sea Hills, Sudan.

Different techniques include false color composites, principal component analysis, and band ratios for visible near-infrared (VNIR), shortwave infrared (SWIR), and thermal infrared (TIR) used for the detection of iron sulfate minerals (2/1) – (5/4) in L8, silica-rich rocks (7/6), hydroxyl-bearing minerals (6/7), ferric (4/2) in L8 and (11/8A) in S2, and ferrous iron oxides (5/6), (B12/B8A) + (B3/B4) in L8 and S2 respectively.

This primary research contributes to the advancement of remote sensing methods for mineral exploration and underscores the significance of satellite-based techniques in mapping barite deposits.

For future research, we are supposed to use further integration of shortwave infrared of L8, S2, and thermal infrared ASTER with the PRISMA spectral analysis, airborne geophysical methods, and detailed field observations with detailed structural and mineralogical investigations for more accuracy.

*Keywords:* Barite, Landsat 8, Sentinel 2, iron sulfate minerals, silica-rich rocks, hydroxyl-bearing minerals, ferric, and ferrous iron oxides

## Introduction

Barite occurrences of various genetic types have been documented in Sudan, ranging from fissure filling and concretions in sediments (DAOUD ET AL. 2020) to hydrothermal veins in granitic rocks. Additionally, these occurrences have been reported as massive barite and in association with gold, copper, and silver mineralization in Red Sea Hills (ABU-FATIMA ET AL. 2021).

In the Ariab area, substantial deposits of barite are identified as one of the primary five associations with gold as interconnected massive barite and exhalative hematite-magnetite schists (Silica Barite Rocks) (ABU-FATIMA ET AL. 2021).

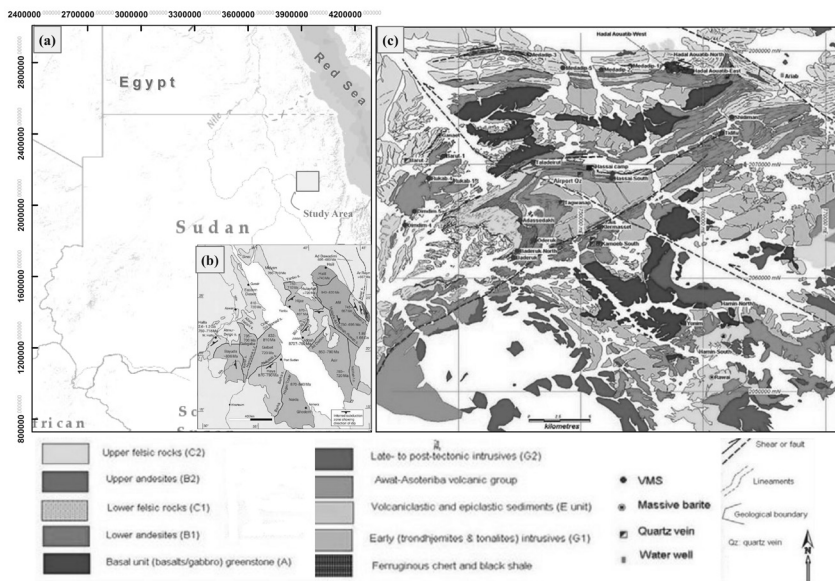
The significance of the high specific gravity of barite as a critical mineral can be well-suited for different industries, e.g., medical applications (EMIKONEL ET AL. 2024), radiation shielding applications as barite concrete, and barite aggregates mixed with concrete (ABDULLAH ET AL. 2022; BADARLOO ET AL. 2022; DAUNGWILAILUK ET AL. 2022).

Numerous researchers have employed multi-sensor remote sensing techniques for mineral exploration within the Arabian Nubian Shield, utilizing various techniques including false color composite bands (FCC), band ratios (BR), principal component analysis (PCA), employing machine learning and deep learning algorithms (ABDELKAREEM – AL-ARIFI 2021; MOHAMED EL-DESOKY ET AL. 2021; SHEBL ET AL. 2023).

The selection of the Ariab district for this study is motivated by its established position as a nucleus for large-scale gold mining (Ariab Mining Company) linked to VMS-type gold deposits, as well as the presence of SBR-type deposits characterized by significant quantities of massive barite within granitic rock units. Utilizing remote sensing methods to detect these deposits holds potential for future exploration applications, potentially uncovering similar occurrences in other areas within the Sudanese part of the Arabian Nubian Shield.

### Location & Geology

The Red Sea Hills, a Sudanese part of the Arabian Nubian Shield (ANS) of huge geological significance, have been subject to numerous previous studies that have contributed to our understanding of its geological setting. For the purposes of the present research, the Ariab area is located in the Red Sea Hills desert in north-eastern Sudan, ~200 km west of Port Sudan city and 500 km Northeast of Khartoum as shown in *Fig. 1a*.



*Fig. 1. (a) General view of the selected study area; (b) The Arabian Nubian Shield from (Hamimi et al. 2021); (c) Simplified geological map of the Ariab area showing the major rock units after (Tucker Barrie CTBA Geoconsultants 2009)*

Geologically, the Neoproterozoic crust of the Nubian Shield spanned an area from Nile Valley in the west to the Red Sea (*Fig. 1b*) and was characterized by different rock units comprising dismembered volcanic arcs, associated intrusive rocks, immature sediments, and ophiolites with arc and back-arc basin characteristics, primarily in the greenschist facies of metamorphism (ABDELSALAM – STERN 1996; ADAM ET AL. 2024; AVIGAD – GVIRTZMAN 2009; JOHNSON ET AL. 2013; STERN ET AL. 2004).

Five main types of lithological units within the study area include unit (A) as basal units consisting of basaltic rocks and gabbro; unit (B) Andesites; unit (C) granitic rocks; unit (E) volcano-sedimentary sequences; and unit (G) post and late intrusive as described by (ABU-FATIMA ET AL. 2021; TUCKER BARRIE CTBA GEOCONSULTANTS 2009) as shown in *Fig. 1c*.

## **Data & Methodology**

### ***Satellite images and processing***

L8 imagery was downloaded from the US geological survey site (<https://www.earthexplorer.usgs.gov>) with a spatial resolution of 30 meters and bands covering the visible, near-infrared, and shortwave infrared regions covering the study area.

Sentinel 2 with a higher spatial resolution and bands spanning the visible, NIR, and SWIR regions was obtained from (<https://dataspace.copernicus.eu>).

The false color composite, band ratio, principal component analysis (PCA), and supervised and unsupervised classification methods were all applied as shown in *Fig. 2*.

The gravity data obtained from Global Gravity Model plus (GGMplus) produced by the Western Australian Geodesy Group at Curtin University with 220 m grid spacing. Two different techniques were used for lineament extraction of the major structures including second vertical derivatives (SDV) and total horizontal gradient filters (THG).

### ***Field observations***

A few massive barite samples and photographs were collected from various lithological units to validate our findings from satellite images.

## **Results and Discussion**

False color composite bands (R7G5B3 and R12G8AB1) of L8 and S2 satellite imagery respectively enabled the differentiation of lithological characteristics from (A to G) within the studied region.

By employing data processing methods focusing on barite occurrences within

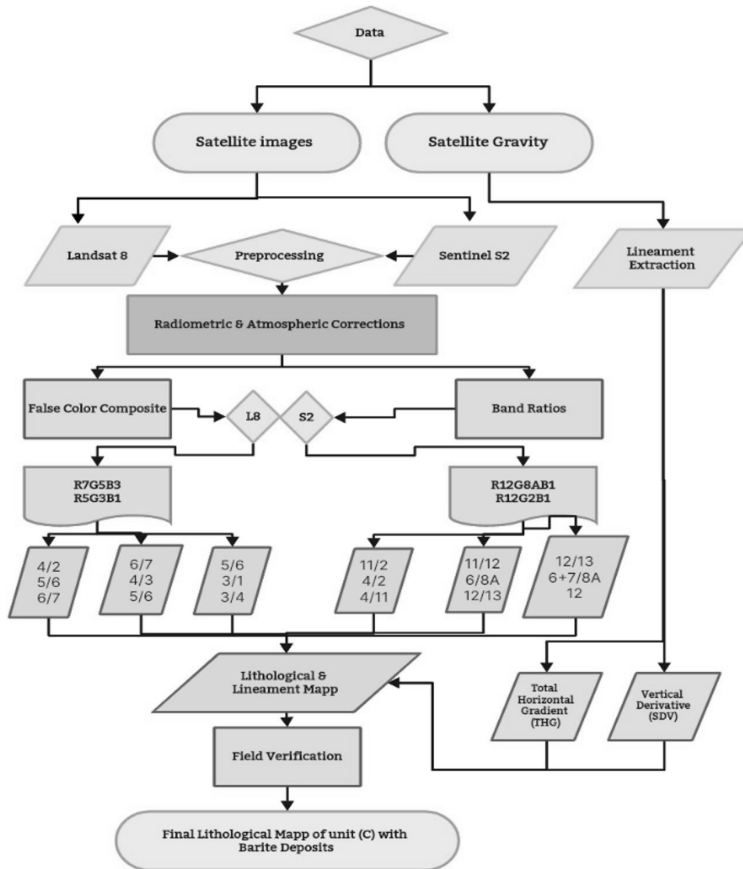


Fig. 2. Methods applied for the present study

distinct lithological units, a significant correlation emerged between the presence of felsic rocks and the deposition of barite. This correlation extends to areas exhibiting hydrothermal alteration zones.

Using L8, band ratios of (2/1) – (5/4) highlight iron sulfate minerals (ROCKWELL ET AL. 2021)(Fig. 3a), (4/2) display ferric oxides ( $Fe^{+3}$ ) (VAN DER WERFF – VAN DER MEER 2015)(Fig. 3b), whereas ferrous oxides ( $Fe^{+2}$ ) represented by (5/6) (Fig. 3c), and quartz-rich minerals are represented by (7/6).

Utilizing S2 bands, Band ratio (12/8A+3/4) highlights the ferrous oxides (Fig. 3d), (12/11) of Sentinel-2 allows for discrimination silica and (6+7/8A) (HEWSON ET AL. 2001)(Fig. 3e), and (12/8A) reveals the iron-bearing minerals (Fig. 3f).

False color composite bands from band ratios (R4/3G5/6B6/7) (ABRAMS ET AL. 1988), (R3/1G4/3B5/7) in L8, and (R411/12G4/2B4/11), (R12/13G6+7/8AB12) in S2 as RGB were generated (Fig. 4) barite appears as dark blue color (SWIR Bands).

Our findings were validated by field check of a few occurrences of barite deposits as illustrated in Fig. 5.

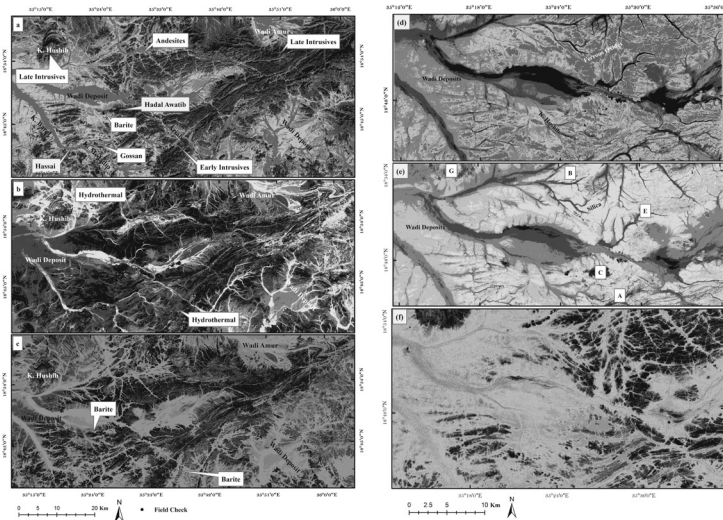


Fig. 3. L8 and S2 band ratio; (a) Iron sulfate minerals ((2/1) - (5/4)); (b) ferric oxides (4/2), (c) Ferrous oxides (5/6); (d) S2 ferrous oxides (12/8A+3/4); (e) Silica (12/11); and (f) Iron bearing minerals (6+7/8A)

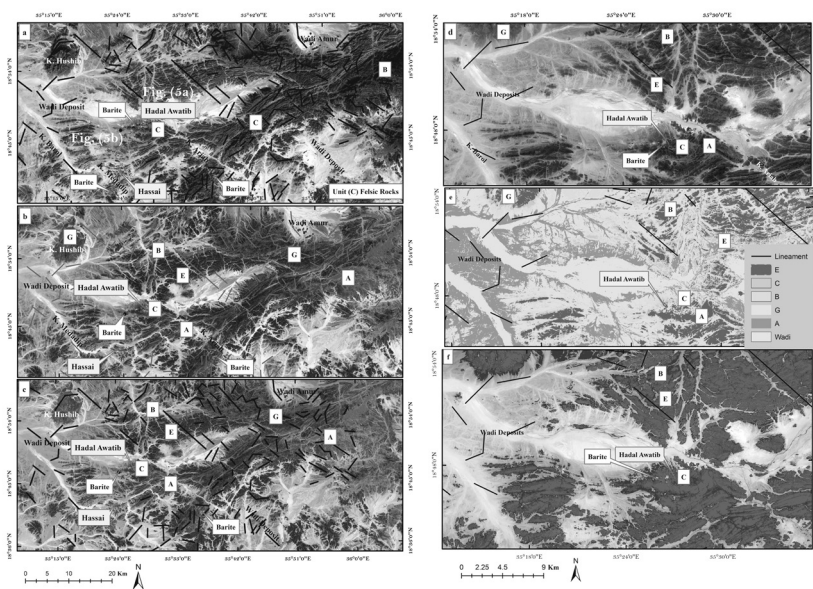
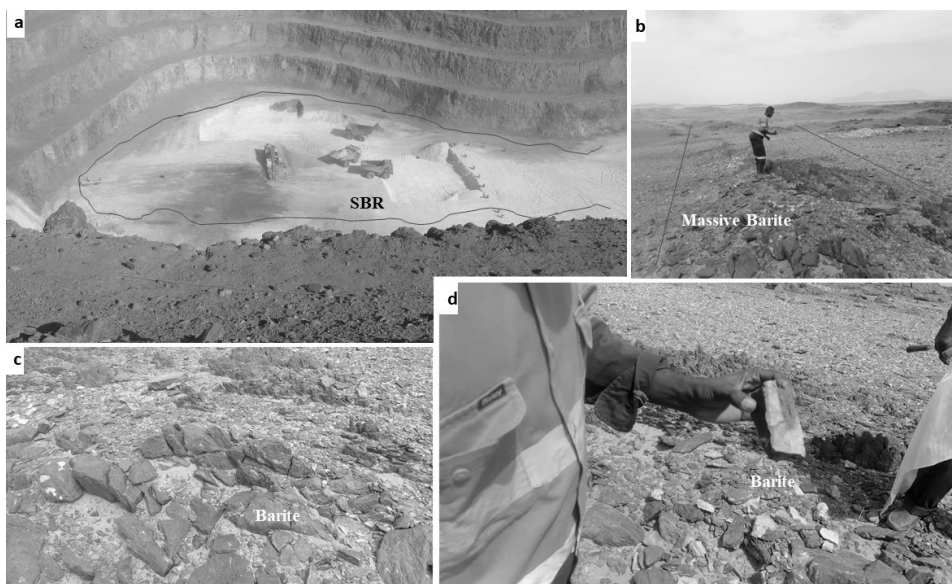


Fig. 4. (a) Bands (753) as RGB in L8 showing the major rock units; (b) L8 false color composite bands from band ratios (R4/3G5/6B6/7) the red color showing hydrothermal zones; (c) false color as RGB (R3/1G4/3B5/7) showing the barite occurs as blue color (black dot: field check) in L8; (d) S2 false color composite bands in RGB (128A1); (e) unsupervised classification in S2 discriminating the major rock units; and (f) supervised classification shown the main felsic rocks. The major lineament structures detected by satellite gravity



*Fig. 5. Field photographs showing (a) large open bit mine with silica barite rocks (Red); (b) massive barite deposits; (c) photographs of barite rocks; and (d) Barite samples*

## **Conclusion**

The research underscores the importance of the integration of remote sensing for mapping hydrothermal massive barite occurrences within the Red Sea Hills, Sudan.

Recommendations for future research are proposed to further integration of shortwave infrared and thermal infrared of L8, S2, and ASTER with the PRISMA spectral analysis, electro-magnetic geophysical methods, and detailed field observations to enhance our understanding of the geological distribution and economic potential of barite in the region.

## **Acknowledgements**

I am deeply indebted to Prof. Dr. Árpád Csámer for his support, continued help, and excellent advice and discussions during the revision.

Distinctive thanks to Eng. Abdelbagi Abdelrahman and Mohamed Fath for their assistance in collecting samples from the site. I also extend special thanks to the director of Ariab Mining Company (AMC) for facilitating our mission to obtain barite samples from Ariab Area.

Deep thanks to the USGS and Global Gravity Model plus (GGMplus) for providing satellite image data.



## References

- ABDELKAREEM, M. – AL-ARIFI, N. (2021): Synergy of remote sensing data for exploring hydrothermal mineral resources using GIS-based fuzzy logic approach. *Remote Sensing*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/rs13224492>
- ABDELSALAM, M. G. – STERN, R. J. (1996): Sutures and shear zones in the Arabian-Nubian Shield. *Journal of African Earth Sciences*, 23(3).
- ABDULLAH, M. A. H. – RASHID, R. S. M. – AMRAN, M. – HEJAZII, F. – AZREEN, N. M. – FEDIUK, R. – VOO, Y. L. – VATIN, N. I. – IDRIS, M. I. (2022): Recent Trends in Advanced Radiation Shielding Concrete for Construction of Facilities: Materials and Properties. *Polymers*, 14(14). MDPI. <https://doi.org/10.3390/polym14142830>
- ABRAMS, M. J. – BROWN, D. – SADOWSKI, R. (1988): Remote Sensing for Porphyry Copper Deposits in Southern Arizona. *Economic Geology*, 78.
- ABU-FATIMA, M. – MARIGNAC, C. – CATHELIN, M. – BOIRON, M. C. (2021): Metallogeny of a Pan-African oceanic arc: VHMS and gold deposits in the Ariab-Arbaat belt, Haya terrane, Red Sea Hills (Sudan). *Gondwana Research*, 98, 76–106. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.06.001>
- ADAM, M. S. M. – BABIKIR, K. A. – KIM, Y. J. – PARK, M. E. – F.H. ORELLANA, J. – KIM, Y. S. (2024): Geology and structural setting of the undiscovered Amgiffa volcanogenic massive sulfide (VMS) deposit in the southwestern part of the Haya Terrane, Arabian-Nubian Shield, Sudan. *Ore Geology Reviews*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2024.105969>
- AVIGAD, D. – GVIRTZMAN, Z. (2009): Late Neoproterozoic rise and fall of the northern Arabian-Nubian shield: The role of lithospheric mantle delamination and subsequent thermal subsidence. *Tectonophysics*, 477(3–4), 217–228. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2009.04.018>
- BADARLOO, B. – LEHNER, P. – DOOST, R. B. (2022): Mechanical Properties and Gamma Radiation Transmission Rate of Heavyweight Concrete Containing Barite Aggregates. *Materials*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/ma15062173>
- DAOUD, ABAZAR M. A. – RASHED M. A. – KADRY N. S. – ELAMEIN A. M. – ELSHARIEF A. M. (2020): Barite Concretions in Wadi Halfa Oolitic Ironstone Formation, North Sudan. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*, 51–64. <https://doi.org/10.9734/jgeesi/2020/v24i530227>
- DAUNGWILAILUK, T. – YENCHAI, C. – RUNGJAROENKITI, W. – PHEINSUSOM, P. – PANWISAWAS, C. – PANSUK, W. (2022): Use of barite concrete for radiation shielding against gamma-rays and neutrons. *Construction and Building Materials*, 326. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126838>
- EMIKONEL, S. – AKKURT, I. – SAYYED, M. I. (2024): The radiation attenuation coefficients (RAC) of barite coated fabric for <sup>137</sup>Cs and <sup>60</sup>Co sources. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 17(1), 100797. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2023.100797>
- HAMIMI, Z. – FOWLER, A.-R. – LIÉGEAIS, J.-P. – COLLINS, A. – ABDELSALAM, M. G. – ABD, M. – EDITORS, E.-W. (2021): Regional Geology Reviews the Geology of the Arabian-Nubian Shield. <http://www.springer.com/series/8643>
- HEWSON, R. D. – CUDAHY, T. J. – HUNTINGTON, J. F. (2001): Geologic and alteration mapping at Mt Fitton, South Australia, using ASTER satellite-borne data.

- JOHNSON, P. R. – HALVERSON, G. P. – KUSKY, T. M. – STERN, R. J. – PEASE, V. (2013): Volcanosedimentary basins in the arabian-nubian shield: Markers of repeated exhumation and denudation in a neoproterozoic accretionary Orogen. *Geosciences* (Switzerland), 3(3), pp. 389–445). <https://doi.org/10.3390/geosciences3030389>
- MOHAMED EL-DESOKEY, H. – SOLIMAN, N. – AHMED HEIKAL, M. – MOUSTAFA ABDEL-RAHMAN, A. (2021): Mapping hydrothermal alteration zones using ASTER images in the Arabian–Nubian Shield: A case study of the northwestern Allaqi District, South Eastern Desert, Egypt. *Journal of Asian Earth Sciences*: X, 5. <https://doi.org/10.1016/j.jaesx.2021.100060>
- ROCKWELL, B. W. – GNESDA, W. R. – HOFSTRA, A. H. (2021): Improved Automated Identification and Mapping of Iron Sulfate Minerals, Other Mineral Groups, and Vegetation using Landsat 8 Operational Land Imager Data, San Juan Mountains, Colorado, and Four Corners Region.
- SHEBL, A. – ABDELLATIF, M. – BADAWI, M. – DAWOUD, M. – FAHIL, A. S. – CSÁMER, Á. (2023): Towards better delineation of hydrothermal alterations via multi-sensor remote sensing and airborne geophysical data. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34531-y>
- STERN, R. J. – JOHNSON, P. R. – KRÖNER, A. – YIBAS, B. (2004): Neoproterozoic Ophiolites of the Arabian-Nubian Shield. *Developments in Precambrian Geology*, 13©, pp. 95–128). [https://doi.org/10.1016/S0166-2635\(04\)13003-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2635(04)13003-X)
- TUCKER BARRIE CTBA GEOCONSULTANTS, C. (2009): Hadal Awatib East Cu-Au VMS Deposit, Sudan Resource Estimates NI 43-101 Technical Report. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1977.4883>
- VAN DER WERFF, H. – VAN DER MEER, F. (2015): Sentinel-2 for mapping iron absorption feature parameters. *Remote Sensing*, 7(10), 12635–12653. <https://doi.org/10.3390/rs71012635>

# Spectra Analysis of PRISMA for Detecting Iron Alteration Zones Associated with Gold Mineralization in Red Sea Hills N-E Sudan

Abdelmajeed A. Elrasheed<sup>1,2</sup> – Mohammadreza Ojani<sup>1</sup> – Zeynab Kougir Chegini<sup>1</sup> – Abazar M. A. Daoud<sup>3,4</sup> – Musa. M. M. Mina<sup>5,6</sup> – Szabó Szilárd<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Physical Geography and Geoinformatics, University of Debrecen, H-4032 Egyetem ter 1. Debrecen, Hungary. ali.abdelmajeed.adam.elrasheed@science.unideb.hu

<sup>2</sup> Department of Geology, University of Khartoum, Khartoum 1115, Sudan. aaelrasheed@uofk.edu

<sup>3</sup> Department of Mineralogy and Geology, University of Debrecen, H-4032 Egyetem ter 1. Debrecen, Hungary

<sup>4</sup> Engineering Geology Department Faculty of Earth Sciences, Red Sea University, Sudan

<sup>5</sup> ELTE Eötvös Loránd University, Faculty of science, Institute of Geography and Earth Sciences, Department of Mineralogy

<sup>6</sup> University of Gezira, Faculty of Science, Department of Earth Sciences, Medani, Sudan

**Abstract:** This work presents a comprehensive study utilizing Precursore Iperspettrale della Missione Applicativa (PRISMA) hyperspectral imagery in detecting and mapping iron alteration zones associated with gold mineralization in the Red Sea Hills of North-eastern Sudan. The application of hyperspectral color composite and bands rationing techniques aids in enhancing spectral signatures indicative of mineral alterations, thereby facilitating accurate mapping of potential gold mineralization zones. Our study employs a systematic approaches (colour composite and band ratio) integrating field data collection and advanced spectral analysis techniques to characterize and map alteration zones. Band ratios band 30/ band 20 (0.637 – 0.551  $\mu\text{m}$ ) and band 20 / band 9 (0.551 – 0.468  $\mu\text{m}$ ) obtained best result. The results demonstrate the effectiveness of PRISMA hyperspectral data for delineating gold mineralization-related iron alteration zones, thus offering valuable insights for mineral exploration in the region.

*Key words: PRISMA, Iron alteration, Band ratio & Red Sea Hills*

## Introduction

The Red Sea Hills (RSHs) region represents the Sudanese part of the Arabian-Nubian Shield (ANS) has long been recognized for its significant gold mineralization potential (ABU-ALAM – STÜWE 2011; BARRIE ET AL. 2016; KHALID 2016; ABU-ALAM ET AL. 2019; MHANGARA ET AL. 2020; SHEBL ET AL. 2023). However, effective exploration strategies are essential to delineate prospective areas for further investigation. Traditional geological mapping techniques, which rely solely on field observations and limited sampling, often face challenges in detecting subtle alteration signatures associated with gold mineralization (ZHANG ET AL. 2022). These challenges include the complex geological setting, limited outcrop exposure, and the presence of extensive sedimentary cover. In recent years, remote sensing technologies have emerged as powerful tools for mineral exploration and geological studies, offering the ability to systematically survey large areas and detect mineralization-related features that may not be apparent through traditional methods alone (MELGANI – BRUZZONE

2004; ABU-ALAM ET AL. 2016; OTHMAN – GLOAGUEN 2017; ANIFADI ET AL. 2019; WANG ET AL. 2020; SHIRMARD ET AL. 2022). Among remote sensing techniques, hyperspectral imaging has garnered considerable attention due to their capability to capture detailed spectral information across the electromagnetic spectrum (BEDINI 2017; CHIRICO ET AL. 2023). Moreover, hyperspectral remote sensing provides spectral data with numerous narrow contiguous bands, allowing for the detection and characterization of subtle spectral variations associated with mineral alterations (VIGNESH – KIRAN 2020). This capability makes hyperspectral imaging particularly well suited for mapping hydrothermal alteration zones, which often exhibit distinct spectral signatures indicative of mineral assemblages formed during hydrothermal fluid interactions with host rocks. In this study, we focus on leveraging PRISMA (Precursore Iperspettrale della Missione Applicativa) hyperspectral data to identify and map iron alteration zones indicative of gold mineralization in the Red Sea Hills. PRISMA, with its high spectral resolution and moderate spatial capabilities, offers a unique opportunity to enhance the detection of subtle alteration signatures associated with gold mineralization, thereby aiding in the delineation of prospective exploration targets. By integrating advanced spectral analysis, techniques mainly colour composite, band rationing and field observations, we aim to demonstrate for the first time in the study area the effectiveness of PRISMA hyperspectral data in detecting and mapping iron alteration related to gold mineralization, particularly in regions with complex geological settings such as the Red Sea Hills. This study conclude that, the integration of remote sensing data with traditional geological mapping approaches holds significant promise for optimizing mineral exploration strategies, improving target selection, and reducing exploration costs. By combining the strengths of remote sensing technologies with ground-based geological investigations, we can enhance our understanding of mineralization processes and facilitate more informed decision-making in mineral exploration and resource management efforts.

### **Study area and geological setting**

The study area lies within the Red Sea Hills (RSHs) which constitutes the Sudanese part of the Arabian-Nubian Shield. KRÖNER ET AL. (1987) divided the RSHs into five geologically distinct crustal segments (terranes) namely: Tokar, Haya, Gebeit, Gabgaba, and Gerf separated from each other by ophiolite-decorated suture zones. The study area is a part of Gebeit terrane in the intersection between Nakasib and Oko shear zones. The geology of Gebeit Terrane has been described by several authors (KRÖNER ET AL. 1987; EL-NADI 1989; ABDELSALAM – STERN 1993; ELSHEIKH ET AL. 2015; BIERLEIN ET AL. 2016) as a segment of juvenile crust separated from geological distinct settings by ophiolite-decorated suture zones and dominated by arc-related low-grade volcano-sedimentary sequences and syn-tectonic igneous complexes. Based on our field observations and petrographic investigations, the area covered by metavolcanics, metasediments, Ophiolitic unit and intrusive rocks and superficial deposits.

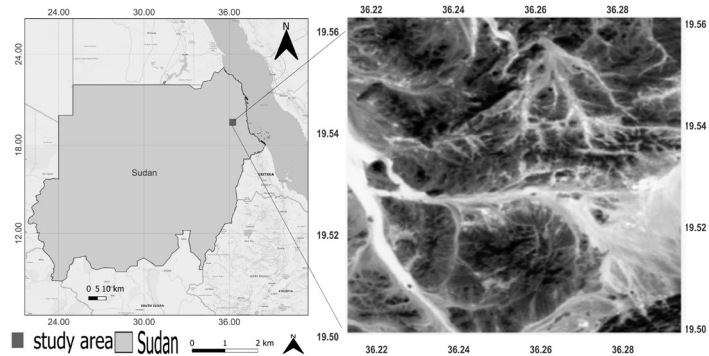


Figure 1. Location map of the study area

## Materials and Methods

### Dataset

PRISMA, is a sun-synchronous hyperspectral sensor, was launched by the Italian Space Agency in March 2019 to provide 250 spectral channels within a wavelength range of 0.4–2.5  $\mu\text{m}$  (SHEBL ET AL. 2023; MISHRA ET AL. 2024). In the current research, we obtained PRISMA data from <https://prisma.asi.it/> through registration as user, following a validation. PRISMA L2D, cloud-free, surface reflectance, atmospherically and geometrically corrected PRISMA Scene was utilized to analyse the spectral characteristics of iron alterations in the study area. In addition to PRISMA data, we used lithological map of the study area and field data enhance our geological interpretation of alteration exposed within the study area. A flow chart showing the adopted data and the whole methodology of the current research presented in Fig. 2.

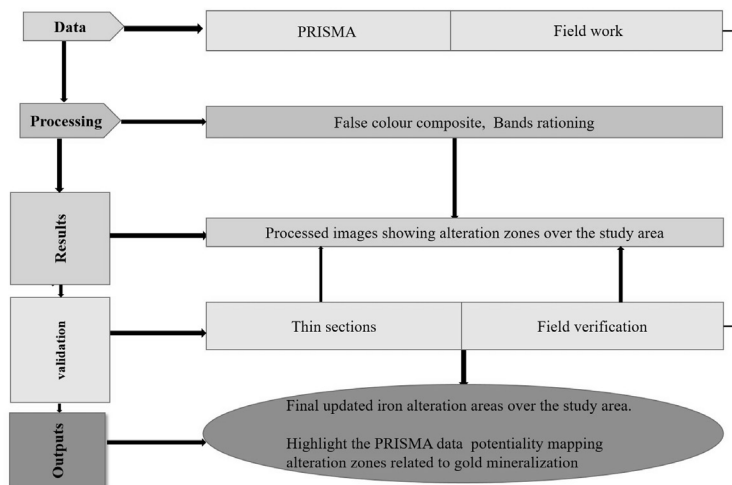


Figure 2. A flow chart showing the adopted data and the whole methodology of the current research

## Data processing

In this work, we applied color composite and band ratio are techniques to detect iron alteration zones. The idea of band ration is that divides a single band by another in order to emphasise characteristics that are not visible in raw bands. Several authors (MAHBOOB ET AL. 2019; POUR ET AL. 2019) studied the alteration zones using the band ratio technique applied Landsat data. The output of these processing methods are in *Fig. 3* and *4*.

## Results

Analysis of PRISMA hyperspectral data revealed distinctive spectral signatures associated with mineral alterations, mainly iron oxides and/ or hydroxides. Both techniques detected areas where iron alteration are occur, for instance colour composite 230/59/5 in RGB shows area with iron oxides in yellowish colour mainly in the East and South East part of the study area this coincided with 20/15/5 RGB and band ratio images (*Fig. 4* and *5*). The three band ratios B20/B9, B30/B20 & Fe-minerals Index (Fe-MI) B14/B50\*B30/B20 detected iron alteration zones across the study area brighter areas (*Fig. 5*). This results have been confirmed though field ground trothing.

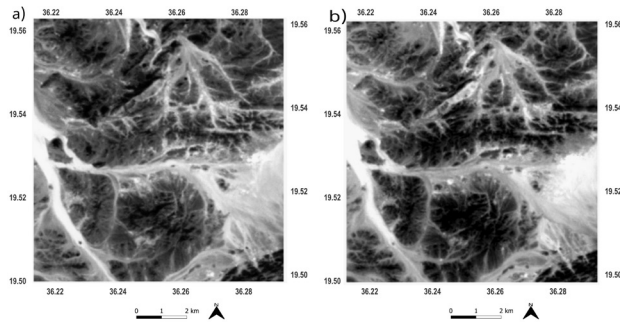


Figure 3. Colour composite images, a) band230, band59, band 5, b) band20, band15, band 5 in RGB respectively

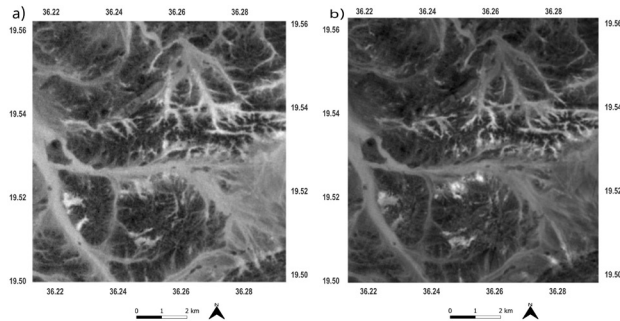
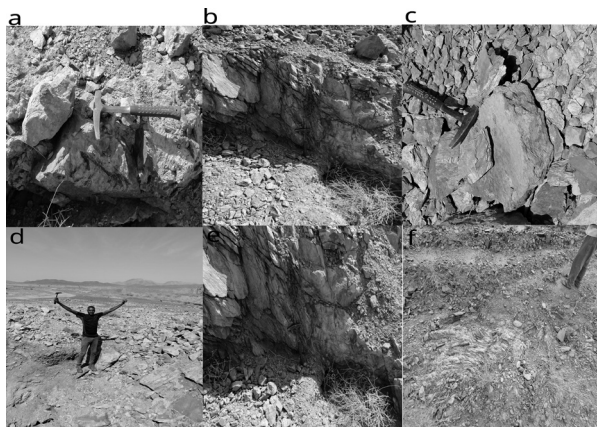


Figure 4. Band ratio images, a) B20/B9 & B30/B20 to detect iron-rich minerals



*Figure 5. Field photographs showing a), b) & c) reddish to brown and greenish in some case showing iron alteration rocks because of hydrothermal alteration in the study area, d) & e) highly sheared and hydrothermally altered quartz veins and f) sheared met-volcanic showing reddish spots as late iron-rich hydrothermal alteration*

### ***Field Verification***

We have executed a fieldwork to verify the spectral analysis results of PRISMA hyperspectral data. The results showed in *Fig. 5*.

### **Discussion**

In this work, we test the Effectiveness of PRISMA Hyperspectral data in detecting the gold mineralization related iron alterations. For this, we used two techniques: colour composite and band ratio. The application of color composite to detect alteration zones has been used since few decades ago. In our study, we tried different colour combination in RGB, but we focus on the wave length Red. Band Ratio (BR) is a method that divides a single band by another in order to emphasise characteristics that are not visible in raw bands. POUR ET AL. (2019) stated that, Iron oxide/hydroxide mineral groups exhibit strong absorption features in Landsat-8 band 2 (0.45–0.51  $\mu\text{m}$ ) and strong reflection in Landsat-8 band 4 (0.64–0.67  $\mu\text{m}$ ) (POUR ET AL. 2018a, b, c). This band numbering is different in PRISMA hyper spectral. For example the wave length range 0.45 – 0.51  $\mu\text{m}$  represented by nine bands in PRISMA from band7 to band 15 while the wave length range (0.64 – 0.67  $\mu\text{m}$ ) cover five bands band30- band 34. Thus, to find the best ratio we tried all the possible ratios and we found out that, the best result obtained by band ratio band 30/ band 20 (0.637 – 0.551  $\mu\text{m}$ ) and band 20 / band 9 (0.551 – 0.468  $\mu\text{m}$ ) (*Fig. 4*). In addition, we applied band ratio colour composite (band 140/band 50)\*(band30/band20) to find out the Fe-minerals Index (Fe-MI) result is more confusing than the band30/ band20 and band20/band9 results. Our interpretation of that, the first band ratios detected alteration mineral such as hematite, limonite, Jarosite and Goethite while

the Fe-MI the rationing include all the Fe-Mineral alteration minerals and silicates. The successful delineation of iron alteration zones using PRISMA hyperspectral data underscores the potential of remote sensing techniques for optimizing mineral exploration strategies in the Red Sea Hills and similar geological settings.

## Conclusion

In this study, we demonstrate the utility of PRISMA hyperspectral imagery for mapping iron alteration zones associated with gold mineralization in the Red Sea Hills of North-eastern Sudan. By leveraging advanced spectral analysis techniques mainly colour composite and band rationing, we successfully identified and delineated iron alteration zones indicative of gold mineralization, offering valuable insights for mineral exploration efforts in the region. Furthermore, we have executed fieldwork for ground trothing and the observation points coincided with the spectral analysis results. This study recommend PRISMA for future research in mapping iron alterations directions to include the integration of multi-sensor datasets and machine learning algorithms for further improving the accuracy and efficiency of mineral exploration using remote sensing technologies.

## Acknowledgement

Great thanks to ISA for providing the data. Abdelmajeed A. Elrasheed is funded by the Stipendium Hungaricum scholarship under the joint executive program between Hungary and Sudan.

## References

- ABDELSALAM, M.G. – STERN, R.J. (1993): Tectonic evolution of the Nakasib suture, Red Sea Hills, Sudan: evidence for a late Precambrian Wilson Cycle. *Journal of the Geological Society*, 150(2), pp. 393–404. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.150.2.0393>
- ABU-ALAM, T. – ABD, M. – MONSEF, E. (2016): Pan-African shear zone-hosted gold mineralization in the Arabian-Nubian shield Pan-African shear zone-hosted gold mineralization in the Arabian-Nubian shield. (July).
- ABU-ALAM, T. – EL MONSEF, M.A. – GROSCH, E. (2019): Shear-zone hosted gold mineralization of the arabian-nubian shield: Devolatilization processes across the greenschist-amphibolite-facies transition. *Geological Society Special Publication*, 478(1), pp. 287–313. <https://doi.org/10.1144/SP478.13>
- ABU-ALAM, T. – STÜWE, K. (2011): Polyphase strain caps. *Mineralogy and Petrology*, 101(1), pp. 1–19. <https://doi.org/10.1007/s00710-010-0141-7>
- ANIFADI, A. ET AL. (2019): Detection of chromite minerals using Spectral Linear Unmixing on Sentinel-2 imagery. Case study: Ingessana Hills, Blue Nile Province, Sudan, pp. 2002–2003.



- BARRIE, C.T. – ABDALLA, M.A.F. AND HAMER, R.D. (2016): Volcanogenic Massive Sulphide–Oxide Gold Deposits of the Nubian Shield in Northeast Africa. pp. 417–435. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-31733-5\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-31733-5_17)
- BEDINI, E. (2017): The use of hyperspectral remote sensing for mineral exploration: a review. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, 7(4), p. 189. <https://doi.org/10.29150/jhrs.v7.4.p189-211>
- BIERLEIN, F.P. ET AL. (2016): The Jebel Ohier deposit—a newly discovered porphyry copper–gold system in the Neoproterozoic Arabian–Nubian Shield, Red Sea Hills, NE Sudan. *Mineralium Deposita*, 51(6), pp. 713–724. <https://doi.org/10.1007/s00126-015-0630-z>
- CHIRICO, R. ET AL. (2023): Mapping hydrothermal and supergene alteration zones associated with carbonate-hosted Zn-Pb deposits by using PRISMA satellite imagery supported by field-based hyperspectral data, mineralogical and geochemical analysis. *Ore Geology Reviews*, 152, p. 105244. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2022.105244>
- EL-NADI, A.H. (1989): Late precambrian volcanism in NE Sudan and the evolution of the Nubian shield. *Journal of African Earth Sciences*, 9(3–4), pp. 467–480. [https://doi.org/10.1016/0899-5362\(89\)90031-6](https://doi.org/10.1016/0899-5362(89)90031-6)
- ELSHEIKH, A.E.M. ET AL. (2015): The Structural Evolution of the Hamisana Geodynamic Zone , Red Sea Region , NE Sudan. 2(3), pp. 52–60.
- KHALID (2016): Determination of Target Zones for Gold Mineralization Using Band Ratioing and feature-oriented PCA Techniques, East of Wadi Gabgaba, Red Sea Hills, NE Sudan. pp. 1–13.
- KRÖNER, A. ET AL. (1987): Pan-African crustal evolution in the Nubian segment of northeast Africa. in A. Kröner (ed.) *Geodynamics Series*. Washington, D. C.: American Geophysical Union, pp. 235–257. <https://doi.org/10.1029/GD017p0235>
- MAHBOOB, M.A. ET AL. (2019): Mapping hydrothermal minerals using remotely sensed reflectance spectroscopy data from Landsat. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 119(3). <https://doi.org/10.17159/2411-9717/2019/v119n3a7>
- MELGANI, F. – BRUZZONE, L. (2004): Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machines. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 42(8), pp. 1778–1790.
- MHANGARA, P. – TSOELEN, L.T. – MAPURISA, W. (2020): Monitoring the development of artisanal mines in South Africa. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 120(4), pp. 299–306. <https://doi.org/10.17159/2411-9717/938/2020>
- MISHRA, G. ET AL. (2024): Comparative evaluation of airborne AVIRIS-NG and spaceborne PRISMA hyperspectral data in identification and mapping of altered/weathered minerals in Jahazpur, Rajasthan. *Advances in Space Research*, 73(2), pp. 1459–1474. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2022.09.047>
- OTHMAN, A.A. – GLOAGUEN, R. (2017): Integration of spectral, spatial and morphometric data into lithological mapping: A comparison of different Machine Learning Algorithms in the Kurdistan Region, NE Iraq. *Journal of Asian Earth Sciences*, 146, pp. 90–102.
- POUR ET AL. (2019): Landsat-8, Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer, and WorldView-3 Multispectral Satellite Imagery for Prospecting Copper-Gold Mineralization in the Northeastern Inglefield Mobile Belt (IMB), Northwest Greenland. *Remote Sensing*, 11(20), p. 2430. <https://doi.org/10.3390/rs11202430>

- SHEBL, A. ET AL. (2023): PRISMA hyperspectral data for lithological mapping in the Egyptian Eastern Desert: Evaluating the support vector machine, random forest, and XG boost machine learning algorithms. *Ore Geology Reviews*, 161, p. 105652. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2023.105652>
- SHIRMARD, H. ET AL. (2022): A Comparative Study of Convolutional Neural Networks and Conventional Machine Learning Models for Lithological Mapping Using Remote Sensing Data. *Remote Sensing* 2022, Vol. 14, Page 819, 14(4), p. 819. <https://doi.org/10.3390/RS14040819>
- VIGNESH, K.M. – KIRAN, Y. (2020): Comparative analysis of mineral mapping for hyperspectral and multispectral imagery. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(4), p. 160. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-5148-8>
- WANG, Z. – ZUO, R. – DONG, Y. (2020): Mapping of himalaya leucogranites based on ASTER and sentinel-2A datasets using a hybrid method of metric learning and random forest. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, pp. 1925–1936. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.2989509>
- ZHANG, Q. ET AL. (2022): Three-Dimensional Mineral Prospectivity Mapping by XGBoost Modeling: A Case Study of the Lannigou Gold Deposit, China. *Natural Resources Research*, 31(3), pp. 1135–1156. <https://doi.org/10.1007/s11053-022-10054-7>

# Sebességkorlátozó táblák dinamikus hozzárendelése tengelyhálózatokhoz

Farkas-Németh Zoltán<sup>1</sup> – Pusztai Gábor<sup>2</sup> – Török Zsolt Győző<sup>3</sup>

<sup>1</sup> doktorandusz – térinformatikus, ELTE Földtudományi Doktori Iskola, Térképészet és Geoinformatika Program, Budapest Közút Zrt. Nyilvántartási osztály

<sup>2</sup> osztályvezető, Budapest Közút Zrt. Nyilvántartási osztály

<sup>3</sup> egyetemi docens, ELTE Informatikai Kar, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet

**Absztrakt:** Az útszakaszok sebességkorlátozása napjainkban kiemelkedő fontosságú, amelynek betartásában mára elengedhetetlen a fedélzeti navigációs rendszerek támogatása. Ezek a rendszerek nem csupán a járműves közlekedés hatékonyságát növelik, hanem segítenek optimalizálni az útvonaltervezést is. A sebességadatok pontos nyilvántartása és frissítése elengedhetetlen a digitális térképek aktualitása és a közlekedésbiztonság javításának érdekében.

Az *OpenStreetMap* platformja lehetőséget biztosít egy nagyobb közösségnek a térkép tartalmának szerkesztésére és frissítésére, bár ennek pontossága és megbízhatósága nem mindig megfelelő. A navigációs iparban vezető szereplők, mint például a TomTom vagy a Here, szerepe kiemelkedő a közlekedés hatékonyságának és biztonságának javítása érdekében, így az útszakaszok sebességadatainak gyűjtésében és felhasználásában.

## Bevezetés: útvonaltervezés sebességkorlátozással

Az egyes útszakaszokra vonatkozó sebességkorlátozások fontossága napjainkban jelentősen felértékelődött az útvonaltervezésben. A modern autós közlekedés elengedhetetlen kelléke valamilyen navigációs segédeszköz, általában egy modern készülék. Ezekre olyan esetben van szükség, amikor kognitív térképünk (az a belső, mentális térkép, amely a tapasztalataink vagy tanulásunk alapján jön létre, és amelyben képesek vagyunk térben elhelyezni dolgokat, illetve útvonaltervezéssel összekötni a helyeket) nem elégséges. Hosszú előtörténet után az első kézi készülékek 2004-ben jelentek meg. Nagy fejlődés volt ez a közlekedés számára, mert az új eszközök leváltották a papír- alapú, időnként elavult térképeket digitális, ill. virtuális megjelenésű, bizonyos időközönként frissülő térképre.

A navigációs rendszerek alapja az, hogy két földrajzi pont között megtalálják a legrövidebb – esetleg más szempontból a legérdekesebb stb. – utat. Ezt a rendszert úgy kell elképzelni, mint egy gráfot, ahol a gráfélek súlyértékének egyik eleme a megengedett legnagyobb sebesség. Az utazástervezés egy optimalizációs útkeresés, amelynek célja két pont között a legalacsonyabb súlyösszegű útvonal megtalálása a gráfon. Másik felhasználási területe a városszervezés és a forgalomirányítási feladatok területe, ahol szintén elengedhetetlenül ismerni kell az úthálózat paramétereit. A rendőrség számára is fontos tudni, hogy mely szakaszon milyen érték

felett lehet vagy kell büntetni... Az autóközlekedés jövője, hogy azon gépjárművek, amelyek autonóm közlekedésre képesek, a GPS pozíció alapján azt is tudják, milyen szakaszon járnak, illetve ahhoz a szakaszokhoz milyen sebességhatár társul. Ehhez szükséges, hogy minden egyes szakasz megengedett maximális sebességét pontosan ismerjük, és nyilvántartsuk.

A sebességadatok nyilvántartásának bevett módszere szerint manuálisan, szakasról szakaszra veszik fel az adatokat utcaképek és sebességtáblák alapján. Ez a megoldás nagyon erőforrásigényes, és mire egy területtel végeznek, a másik, korábban szerkesztett rész már elavulttá válik. A sebességadatok publikálásának következő lépcsőfoka az *OpenStreetMap* volt 2004. július 1-jén, amely létrehozta azt a lehetőséget, hogy a térképet használó közösség saját magának szerkeszthesse a pontvonal-felület alapú térképi elemeket, a világ bármely részén, a közösség ellenőrzése alatt. Ennek eredménye, hogy ez az adatbázis elsődleges forrásként használható, és ingyenesen hozzáférést nyújt mind az ipari, mind az egyéni felhasználók számára. Az adatok pontossága azonban sajnos a többszöri ellenőrzés ellenére sem tökéletes.

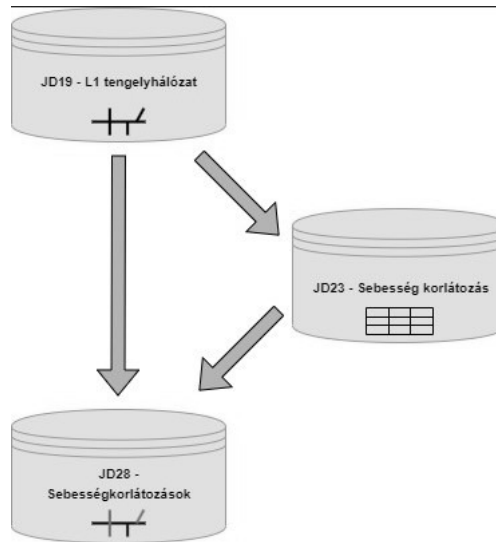
A *Budapest Közút Zrt.* (BPK), mint önkormányzati közútkezelő adatszolgáltatási kötelezettsége, hogy adatot szolgáltatasson a TN-ITS számára (GLASGOW 2016). Az ezen a platformon megjelenő adatokat használja pl. a TomTom, a Here, a Huawei, a GeoJunxion Trafikverket, és még jelentős számú további piaci szereplő (TOMTOM 2016). A Budapest Közút célul tűzte ki, hogy a sebességadatokat egy automatizálható folyamat segítségével tartsa karban, így csökkentve a feladat emberi erőforrásigényét és költségét, illetve a hibázási lehetőséget.

## **Kiinduló adatok**

A Budapest Közút a KARESZ (*Közüti Adatgyűjtő Rendszer*) segítségével 2013 óta folyamatosan méri Budapest közúthálózatát, és a felmérés alapján geodéziai pontosságú nyilvántartást vezet a forgalmi rendről. A felmérés eredményeként tehát rendelkezésre áll minden, sebességkorlátozást jelentő közlekedési tábla pontos helye és iránya. A Budapest Közút 2021-ben – a CROCODILE 3 HU EU-s projekt keretében – egy olyan, kétszintű tengelyhálózati rendszert hozott létre, amely alkalmas a navigációs rendszerek számára szükséges adatok tárolására, megjelenítésére és publikálására. Szintén ebben a projektben már elkészült a sebességadatok számításának első, kezdetleges változata.

## **A projekt elméleti alapjai**

A projekt elsődleges célja egy dinamikusan, napi szinten lefuttatható program megalkotása, amely képes minden egyes, forgalmi tábla alapján kialakult új forgalmi helyzetet lekezelni és publikálni a felhasználók számára. A fejlesztés FME (*Feature Manipulation Engine*) program felhasználásával valósult meg. Ez a program kanadai fejlesztésű, és eredetileg az erdőgazdaság területén használták. Napjainkban



1. ábra Sebesség értékek tengelyhez rendelésének összefoglaló ábrája

a modern térinformatika egyik alapköve, amely egyszerre képes szinte minden, a térinformatikához kapcsolódó adatformátumot írni és olvasni (LÁZÁR 2017).

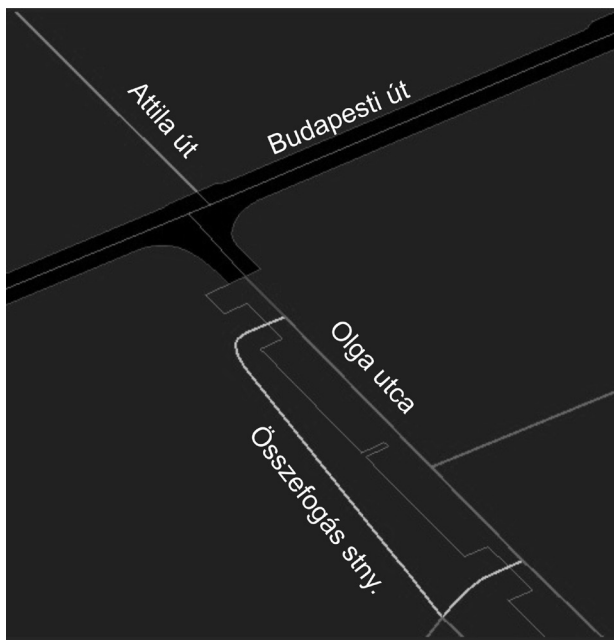
A projektet megelőzte egy, az adatbázis pontosságát célzó vizsgálat, amelynek során leellenőriztük, hogy a saját adatbázisunkban található egyes útszakaszok iránya megfelelően van-e beállítva, az egyirányú utcák irányultsága a mi adatbázisunkban is azonos kell legyen a valósággal. A programsor megalkotásának első lépéseként kiválogattuk minden rétegre az elemeket, amelyek szükségesek a folyamat megalkotásához: a tengelyhálózat, a sebességkorlátozó táblák és a sebességkorlátozó zónák. Nulladik lépésként leváltogattuk a tengelyhálózatból azokat a szakaszokat, amelyek nem vesznek részt a sebesség elemzésében. Ilyen szakaszok pl. a lépcsők, parki utak, földutak, magánutak.

## Sebességadatok integrálása térinformatikai rendszerbe

A sebességfolyamat előkészítő része négy nagyobb egységre bontható.

Első lépésben megnézzük, melyek azok a szakaszok, amelyek sebességkorlátozó zónákba (poligonba) esnek. Amennyiben egy szakasz legalább 50%-ban ilyen zónában helyezkedik el, automatikusan megkapja a zóna sebességkorlátozó értékét (30-as zóna, vagy 20-as lakó- és pihenőövezet). Amennyiben egy szakasz két különböző értékű zónában helyezkedik el, a kisebb értéket kapja meg.

Második lépés, hogy az összes tengelyt megvizsgáljuk. Erre azért van szükség, mert előfordulhat olyan eset, hogy egy sebességzónán belül kihelyeznek egy alacsonyabb sebességet megengedő táblát pl. iskolák, veszélyes kanyarok esetén, és ezen táblákat is vizsgálnunk kell. Első körben irányultság alapján elkülönítjük őket. Az elkülönítés három csoportra bontja őket: egyirányú szakasz, a megrajzolás



2. ábra Példa a különböző átfedési típusú tengelyszakaszokra: 16. kerület Budapesti út – Olga utca – Attila utca csomópont és környéke. (Teljes terjedelemmel egy övezetbe eső tengelyszakasz – sötétebb zöld színnel, teljes terjedelemmel több övezetbe eső tengelyszakasz – világoszöld színnel, övezet által legalább 50%-ban átfedett tengelyszakasz – kék színnel, övezet által 50%-nál kisebb mértékben átfedett tengelyszakasz – piros színnel.)

alapján pozitív irányú, illetve megrajzolás alapján negatív irányú szakaszokra. Erre a különbségtételre azért van szükség, hogy egyértelműen el tudjuk a későbbiekben dönteni, a jelzőtábla melyik oldalán található az úttengelynek. A válogatás a táblák esetén is szükséges – ezzel is csökkentve a felesleges elemek folyamatba kerülését. Itt fontos megjegyezni, hogy a korábban említett geodéziai pontosságon kívül ismerjük a táblák pontos irányát is, vagyis tudjuk, milyen irányba állnak (az irányban fokban értendő). A táblák esetén megnézzük azon táblákat, amelyek sebességkorlátozó zónába esnek és a sebességértékük azonos vagy magasabb, mint a zóna értéke: ezen táblákat figyelmen kívül hagyjuk. Ezen vizsgálat fontos, mert ha bármilyen hiba történik a táblák kihelyezése vagy dokumentálása során, a folyamat nem fog hibás eredményt publikálni.

Harmadik lépésként szakaszokat feldaraboljuk vertexek-ként (minden szakasz pontosan kettő vertexből áll), és minden egyes kis szakasz irányát kiszámítjuk. A számítás lényege az, hogy ismerjük minden szakasz kezdő- és végpontjának koordinátáját, így ebből kiszámolható a kezdő- és végpontot összekötő vonal iránya.

Irányszám számítása FME-ben:

$$\text{atan2}((y1 - y0), (x1 - x0)) * (180 / @\pi())$$

1. táblázat Irányszög negatív értékeinek kezelése

	<b>Feltétel</b>	<b>Érték</b>
<b>If</b>	irányszög < 0	irányszög + 360
<b>Else</b>		irányszög

2. táblázat Tengelyszakasz & jelzőtábla irányszög tartomány kritériumok

<b>Előzetes feltételek</b>		<b>Tartomány feltételek</b>	
<b>ta</b>	<b>te</b>	<b>ta + 30 &gt;=</b>	<b>ta - 30 &lt;=</b>
<b>0 &lt;= ta &lt; 30</b>	0 <= te <=90	ta + 30 >=	ta - 30 <=
	270 <= te <= 360	(ta + 30) + 360 >=	(ta - 30) + 360 <=
<b>30 &lt;= ta &lt;= 330</b>	-	ta + 30 >=	ta - 30 <=
<b>330 &lt; ta &lt; 360</b>	0 <= te <=90	(ta + 30) - 360 >=	(ta - 30) - 360 <=
	270 <= te <= 360	ta + 30 >=	ta - 30 <=

A negyedik lépés a táblákon szereplő sebességadatok átvétele. A vizsgálat azt nézi meg, mely táblák találhatóak a szakasztól pontosan 13 méter távolságon belül. Ezután megnézzük, hogy a szakasz és tábla irányszöge milyen módon viszonyul egymáshoz. A vizsgálat során kiejtjük azokat a táblákat, amelyek a szakasz jobb oldalán találhatóak. Ez a vizsgálat azt nézi meg, hogy az irányultság +- 90 fokos tartományában milyen táblák találhatóak, és csak azokat engedi tovább vizsgálni. A megmaradó táblák esetén ellenőrzi, melyeknek az irányultsága több/kevesebb 20 fokkal, mint a szakasz irányultsága. Amennyiben ezen feltételek teljesülnek, a szakasz sebességértéke a tábla értéke lesz, és ezen értéket egy „tábla felirat” attribútumban tárolunk.

## Sebesség-örökítés az útvonal-adatbázisban

A jelzőtábla-adatok szakaszokhoz rendelését követően meg kell vizsgálni, hogy a KRESZ szabályain belül hogyan tudjuk ezen sebesség korlátozó értékeket továbbörökíteni a következő csomópontig. A továbbörökítés elméleti menete alapján egy közúti tábláról származtatott, sebességértékkel ellátott szakasz értékét addig visszük szakaszcsontra, amíg egy olyan csomópontig érkezünk, ahol három út találkozik. Ehhez a művelethez szükséges egy szakasz kezdő és végpontjának ismerete. Abban az esetben, ha csak kettő szakasz találkozik, ezen elmélet megállja a helyét, és képes tovább örökíteni olyan módon, hogy a kezdő és végpont egyezik.

Abban az esetben, ha elfogyott azon szakaszok száma, amelyek képesek 2 csomóponttal örökíteni, meg kell nézni, melyek azok a szakaszok, amelyek kezdőpontja van 2 szakasz találkozásánál, végpontja pedig 3 vagy annál több szakasz találkozására. Ebben az esetben csak azon szakaszok kaphatnak értéket, amelyek ennek a feltételnek



3. ábra Sebesség adatok megjelenítése

megfelelnek. Az örökítés az adott szakaszon megszűnik, mivel a csomópont feloldja a sebességkorlátozást, és az út további részében az alapértelmezett 50-es értéket kapnak (a 1/1975. 26. § (1) a) rendelet alapján).

A projekt során mindig azt kellett figyelembe venni, hogy az adatbázis és a program, amely a munkát végzi kéz a kézben kell járjanak. A programkód, amely a szakaszokat vizsgálja, csak abban az esetben képes helyesen futni, ha az adatbázis is megfelelő módon van előkészítve. Itt fontos megemlíteni, hogy ha egy tábla forgatása nem esik bele a 20 fokos vizsgált részegységbe, akkor nem lesz képes a tengelyhez csatlakozni. Másik fontos dolog a szakasz irányultsága, a megrajzolás iránya. Minden olyan szakasz, amely egy utcához tartozik és kettő csomópont között helyezkedik el, de a szerkesztések következtében tagoltá válik, nélkülözhetetlen, hogy egységesen pozitív/negatív irányba álljon.

A folyamat végeztével minden egyes vonal kap egy egyedi azonosítót, amely alapján megvizsgáljuk, amikor legközelebb lefut, és ha eltérést érzékelünk pl. egy szakasz iránya és sebessége nem stimmel, akkor a korábban dokumentált adatot a program felülírja, és az új, frissült eredmény kerül az adatbázisba.

### Eredmények publikálása: dinamikus adatbázis

A vizsgálat eredményeinek publikálása párhuzamosan, a TN-ITS rendszerben történik minden nap frissítve (TN-ITS, 2024), illetve a saját, belső fejlesztésű KAPU felületen. A megjelenítés alapját az képezi, hogy a folyamat lefutását követően három lehetőség állhat fenn egy szakasz esetén. Első eset, hogy egyirányú a szakasz és egy értékkel rendelkezik, a második, hogy kétirányú szakasz, de mindkét irányban a sebesség értéke azonos, a harmadik lehetőség, hogy kétirányú a szakasz, de irányonként eltérő sebességértékekkel rendelkezik. Ebben az utóbbi esetben a szakaszokat egymástól eltolva jelenítjük meg, ezzel is jelezve, hogy azokon szakaszon más sebesség-értékek találhatóak.

### Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Török Zsolt Győző tanár úrnak, aki ezt a kutatási témát ajánlotta nekem, és szakértemével, értő figyelmével végig mellettem állt a projekt során. Köszönet a Budapest Közút csapatának, különösen Pusztai Gábornak, aki támogatott a munka során, ellátott tanácsaival és biztosította számomra a szükséges szoftvereket.



## **Felhasznált irodalom**

- GLASGOW, T. (2016): TN-ITS. Glasgow: 11th ITS European Congress. Forrás: omTom. (2016). PR04 - Progress in TN-ITS spatial data exchange. Glasgow: 11th ITS European Congress.
- LÁZÁR L. (2017): A Közúti Adatgyűjtő Rendszer és ami mögötte van: az FME - Geodézia és Kartográfia, 2017/6, 27-30 oldal.
- TN-ITS. (2024. 04 17): tn-its.budapestkozut.hu. Forrás: <https://tn-its.budapestkozut.hu/TNITSServer/download/queryDataSets>



# Urban Land Cover Classification Using Deep Neural NetworksBased on VHR Satellite Images

Mohamed Fawzy<sup>1\*</sup> – Arpad Barsi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Researcher, Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Faculty of Civil Engineering, Budapest University of Technology and Economics, Műegyetem rkp. 3, K Building First Floor 31., H-1111, Budapest, Hungary.

Civil Eng. Dept., Faculty of Engineering, South Valley University, Qena, Egypt.

\* Corresponding author: mohamed.fawzy@emk.bme.hu, mohamedfawzy@eng.svu.edu.eg

<sup>2</sup> Professor, Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Faculty of Civil Engineering, Budapest University of Technology and Economics, Műegyetem rkp. 3, K Building First Floor 31., H-1111 Budapest, Hungary, barsi.arpad@emk.bme.hu.

**Abstract:** The recent advances in remote sensing technologies offer a wide range of metropolitan applications for mapping urban growth, infrastructure assessment, water resources management, and natural land cover monitoring. Urban environment represents a challenging area of interest for traditional remote sensing techniques due to the significant spatial and spectral diversity of surface materials, the dynamic nature of urban change processes, and the need for comprehensive information to identify and monitor environmental concerns. Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) techniques, especially Convolutional Neural Networks (CNNs), have significantly enhanced the urban land cover analysis by addressing the drawbacks of traditional approaches. The current work presents a CNN-model through creating, training, validating, and testing a U-Net for VHR satellite image classification into five urban classes. The proposed model outcomes have compared to the maximum likelihood classification results, as one of the standard pixel-based classifiers, for validation and checking the model effectiveness. The CNN model has achieved an overall accuracy of 87.50% and KAPPA of 0.8389 outperforming the maximum likelihood overall accuracy of 83.50% and KAPPA of 0.7837.

*Keywords:* VHR satellite images, Convolution neural networks, Urban environments, Land cover classification

## Introduction

Urban environments face a variety of challenges for feature extraction and image classification using Very High-Resolution (VHR) satellite images, such as the heterogeneous imaging conditions, the spectral similarities of different classes, the shadows by buildings and trees, and the complexity of urban scenes (VASAVI ET AL. 2023). Artificial Intelligence (AI) analyse VHR satellite images using advanced techniques like convolutional neural networks to address the urban setting challenges (FAWZY ET AL. 2023; PATIL ET AL. 2023). Artificial intelligence improves the accuracy and efficiency of image processing, offering important insights for urban planning, infrastructure development, and environmental monitoring. Furthermore, AI uses different patterns and structures of the images to automate the feature extraction process to identify urban objects like buildings, roads, and different types of land cover more precisely (TIAN ET AL. 2018). Numerous studies have used CNNs, such

as U-Net, GoogLeNet, and ResNet, showing the adaptability and efficacy of deep learning models in urban image analysis (ARULANANTH ET AL. 2024; GONZALEZ ET AL. 2020; VASAVI ET AL. 2023). CNNs automatically improve segmentation accuracy and eliminate the need of manual feature extraction by identifying relevant characteristics from urban images. CNNs depends on the contextual information presented in urban imagery to assist in the segmentation of intricate urban elements like buildings, roads, and other features. As a result, CNN-based image segmentation enables applications in the fields of automatic building classification, urban planning, smart city projects, autonomous driving dataset creation, transportation management, and land cover features detection offering insightful information for decision-making. On the other hand, CNNs need sizable datasets for training which could be difficult and required resource-intensive when it comes to urban images (ALZUBAIDI ET AL. 2021; ARULANANTH ET AL. 2024). The main aim of the current study is to employ CNNs for satellite data analysis by presenting a U-Net model for classifying VHR satellite images into different urban classes.

## **Methodology**

- To achieve the research objective the following methodology has been applied and results are evaluated:
- Identify the target study area and select the convenient satellite image.
- perform preprocessing techniques to present the used image in a more appropriate form for the segmentation process.
- Apply a deep neural network model using U-Net to label the image, train the network, and segment the image into urban classes.
- Evaluate the outcomes of the model in comparison to the standard classification methods.

## **Experimental Works**

### ***Study Area***

Egypt is one of the major Middle Eastern nations featuring different levels of urban planning. Qena governorate is one of the oldest established provinces at Upper Egypt having various urban land cover classes. It is situated between latitude 25°42'24.45", 26°43'40.4" N and longitude 31°52'4.56", 33°36'0.64" E covering an approximate area of 11389 km<sup>2</sup>. The selected study area (*Fig. 1a*) shows five land covers: water, vegetation, bare soil, buildings, and roads (FAWZY 2020).

### ***Data Used***

The used WorldView-2 satellite image (*Fig. 1b*) comprises a panchromatic band with 0.5 m spatial resolution and 8 multi spectral bands with 2.00 m spatial

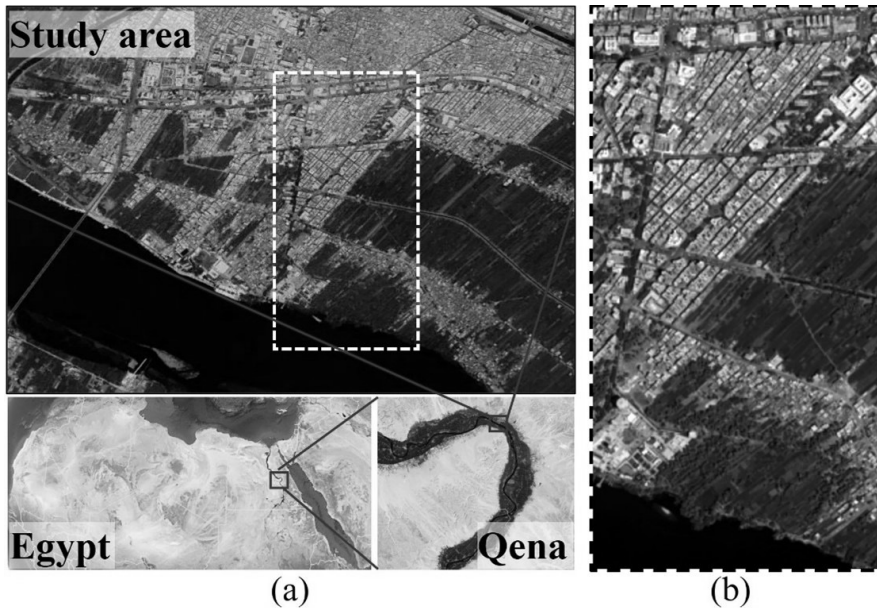


Fig. 1. (a) A satellite view shows the location of the study area in *Qena city-Egypt*, (b) *WorldView-2 image (RGB view)*

resolution. The datum is World Geodetic System (WGS84) and the map projection is Universal Transverse Mercator (UTM) zone 36.

### ***Image preprocessing***

Pre-processing procedures are needed to improve the satellite raw data for a more accurate image analysis and effective scene classification. Pre-processing techniques are applied through two main steps: data fusion (pan-sharpening) to integrate both high spatial and multi spectral resolution in one pan-sharpened image, and shadow correction to enhance the satellite image through detecting and compensating the shadow areas (FAWZY ET AL. 2020).

### ***Image classification***

#### ***Convolutional Neural Networks (CNNs)***

Classification strategies based on CNN and VHR satellite data focus on the identification and categorization of various urban land cover features like buildings, roads, bare soil, vegetation, and water. A VHR multi-spectral image classification model is suggested using a transferred learning CNN. The model workflow (Fig. 2) starts with (a) addressing the input image, (b) labeling the image to identify representative samples for each class with their corresponding labels, (c) creating, training, validating, and testing U-Net based on the labeled data, and (d) applying the trained network to segment the input image into the target classes.

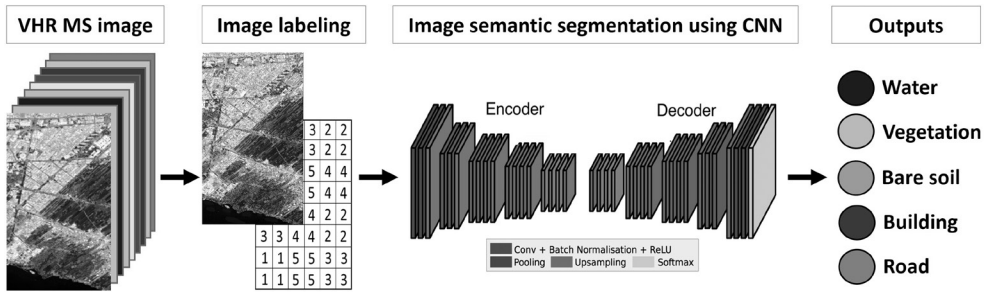


Fig. 2. VHR image classification model using convolution neural network

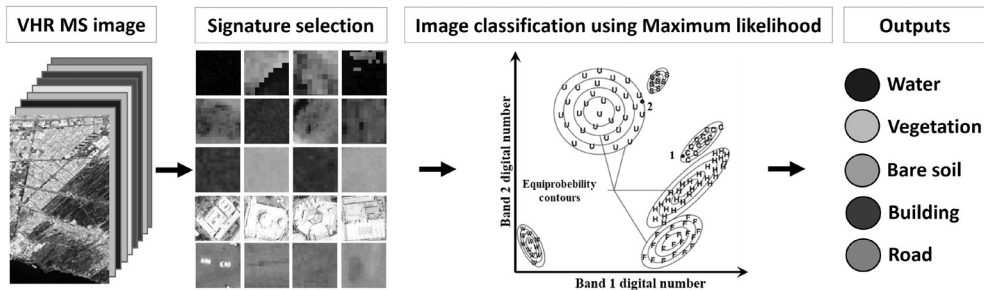


Fig. 3. VHR image classification model using maximum likelihood

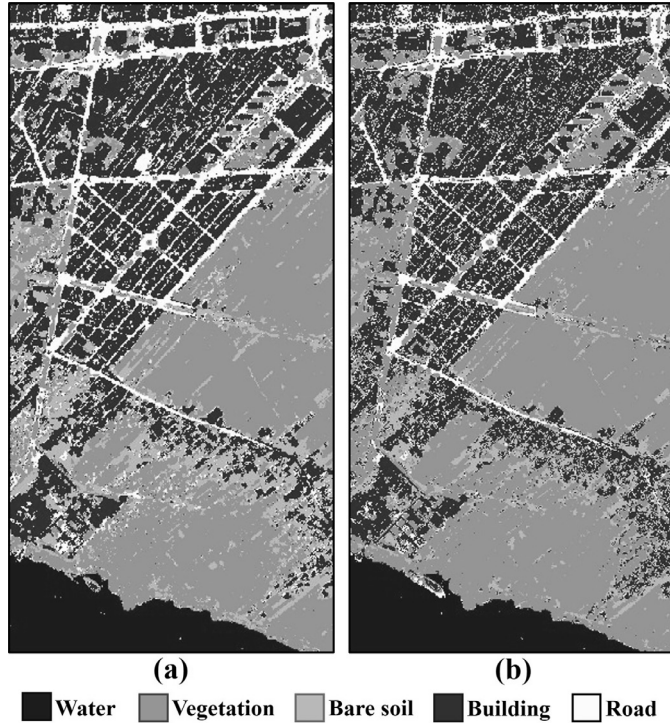
### Maximum likelihood pixel-based classification

The Maximum Likelihood Classifier (MLC) seeks to accurately classify various land cover types in urban scene based on their spectral signatures by concentrating on the optical values of individual pixels in the VHR satellite images. Using the means and covariances of the class signatures, each pixel is assigned to the class with the greatest probability of membership based on the likelihood for each class (SABOORI ET AL. 2022). The MLC is mainly effective for satellite images classification due to the high accuracy, regularity, and ease of use. Furthermore, MLC shows reliability in more complex multi-label image classification challenges (TOPALOĞLU ET AL. 2016). The presented maximum likelihood classification model (Fig. 3) deals with the VHR input image, uses a set of signatures for each class to calculate the mean and covariance values for each class, and classify each pixel in the image according to the highest probability to one class.

## Results and discussions

### Classification outcomes

CNN classified image (Fig. 4a) are assessed qualitatively by matching the classified features with the real-world characteristics in the RGB view of the satellite image to determine the size, location, and errors of each class. In terms of visual classification, the classified image shows well extracted and separable classes of



*Fig. 4. CNN and ML classification results.*

vegetation and water. Moreover roads, buildings, and bare soil are correctly identified; however, some misclassified pixels can be seen within each class. Meanwhile, the qualitative evaluation is applied through comparing the CNN outcomes with a maximum likelihood classified image (*Fig. 4b*) using error matrix.

#### *Accuracy Assessment of classified image*

The error matrix shows the possibility that each pixel in the classified image (column values) corresponds to the actual land cover in the real-world (row values). The error matrix is applied to determine the overall accuracy, kappa coefficient, user's accuracy, and producer's accuracy (STORY – CONGALTON 1986).

Producer's Accuracies:  $\eta = TP/(TP+FN)$

User's Accuracies:  $p = TP/(TP+FP)$

Overall Accuracy:  $\tau = (TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)$

Where True Positive (TP) represents the number of class points correctly meet the actual ones, False Positive (FP) indicates number of non-class points that are classified as class ones, True Negative (TN) shows number of non-class points which are detected correctly, and False Negative (FN) shows how many class points incorrectly classified as non-class (KULKARNI ET AL. 2020). An error matrix is created consisting of 400 randomly distributed points across all classes of the classified image

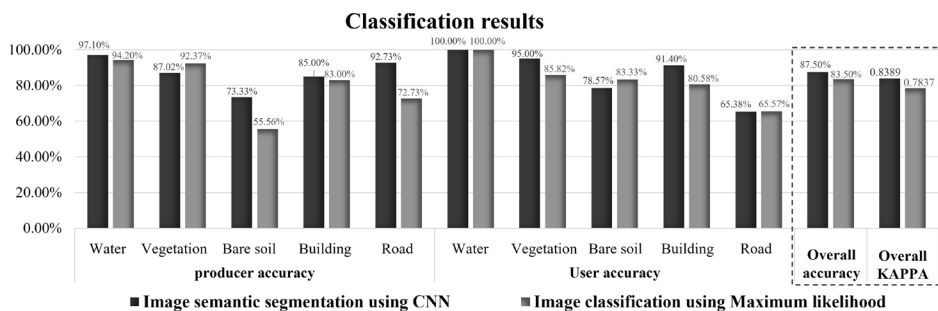


Fig. 5. CNN and ML classification results

with a minimum of 50 reference points for each class. Points are allocated to each category based on the importance of the class for a certain application and its area in the entire image. Results obtained using the proposed CNN model (overall accuracy of 87.50% and KAPPA of 0.8389) outperform the findings of maximum likelihood classification model (overall accuracy of 83.50% and KAPPA of 0.7837). The proposed CNN model shows promising performance and stability for producer's and user's accuracy of all classes (Fig. 5). Water, vegetation, and building classes meet the most noticeable accuracy; however, roads and bare soil show some misclassified spots due to signature and color similarities. The results of CNN model lessen the misclassified areas between roads and bare soil classes compared to the maximum likelihood classifier.

## Conclusions

This article investigates using artificial intelligence and machine learning strategies like CNNs for urban land cover classification based on VHR multispectral images. CNNs have improved the accuracy of feature extraction, object detection, land use and land cover classification which aid in urban applications. The suggested model uses spatial and spectral context of VHR satellite images to successfully classify urban scene into five urban classes surpassing maximum likelihood pixel-based classifier.

## Acknowledgements

The research reported in this paper is part of BME's project no. TKP2021-NVA-02, implemented with the support provided by the Ministry of Innovation and Technology of Hungary from the National Research, Development, and Innovation Fund, financed under the TKP2021 funding scheme.

Civil Eng. Dept., Faculty of Engineering, South Valley University, Qena, Egypt is gratefully acknowledged for providing the WorldView-2 satellite image of Qena City.



## References

- ALZUBAIDI, L. – ZHANG, J. – HUMAIDI, A. J. – AL-DUJAILI, A. – DUAN, Y. – AL-SHAMMA, O. – SANTAMARÍA, J. – FADHEL, M. A. – AL-AMIDIE, M. – FARHAN, L. (2021): Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of big data*, 8, 1-74.
- ARULANANTH, T. – KUPPUSAMY, P. – AYYASAMY, R. K. – ALHASHMI, S. M. – MAHALAKSHMI, M. – VASANTH, K. – CHINNASAMY, P. (2024): Semantic segmentation of urban environments: Leveraging U-Net deep learning model for cityscape image analysis. *Plos one*, 19(4), e0300767.
- FAWZY, M. (2020): Urban Feature Extraction From High Resolution Satellite Images, M.SC Thesis, Civil Engineering Dept., South Valley University, Egypt.
- FAWZY, M. – MOSTAFA, Y. G. – KHODARY, F. (2020): Automatic indices based classification method for map updating using VHR satellite images. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 48(5), 845-868.
- FAWZY, M. – SZABÓ, G. – BARSÍ, A. (2023): A Shallow Neural Network Model for Urban Land Cover Classification Using VHR Satellite Image Features. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10, 57-64.
- GONZALEZ, D. – RUEDA-PLATA, D. – ACEVEDO, A. B. – DUQUE, J. C. – RAMOS-POLLÁN, R. – BETANCOURT, A. – GARCÍA, S. (2020): Automatic detection of building typology using deep learning methods on street level images. *Building and Environment*, 177, 106805.
- KULKARNI, A. – CHONG, D. – BATARSEH, F. A. (2020): Foundations of data imbalance and solutions for a data democracy. In *Data democracy* (pp. 83-106). Elsevier.
- PATIL, P. M. R. – SHIRASHYAD, P. V. V. – PANDHARE, P. P. S. – ISHWARGOND, P. S. M. (2023): An Overview of Sustainable Development Applications Using Artificial Intelligence and Remote Sensing in Urban Planning. *Interantional Journal Of Scientific Research In Engineering And Management*.
- SABOORI, M. – HOMAYOUNI, S. – SHAH-HOSSEINI, R. – ZHANG, Y. (2022): Optimum feature and classifier selection for accurate urban land use/cover mapping from very high resolution satellite imagery. *Remote Sensing*, 14(9), 2097.
- STORY, M. – CONGALTON, R. G. (1986): Accuracy assessment: a user's perspective. *Photogrammetric Engineering and remote sensing*, 52(3), 397-399.
- TIAN, T. – LI, C. – XU, J. – MA, J. (2018): Urban area detection in very high resolution remote sensing images using deep convolutional neural networks. *Sensors*, 18(3), 904.
- TOPALOĞLU, R. H. – SERTEL, E. – MUSAOĞLU, N. (2016): Assessment of classification accuracies of Sentinel-2 and Landsat-8 data for land cover/use mapping. *The International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, 41, 1055-1059.
- VASAVI, S. – SOMAGANI, H. S. – SAI, Y. (2023): Classification of buildings from VHR satellite images using ensemble of U-Net and ResNet. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 26(4), 937-953.



# A Területi Monitoring Rendszer 2024-es évi új jogcímeinek ellenőrzései

Gudmann András<sup>1</sup> – Henits László<sup>2</sup> – Sipőcz Jázmin<sup>3</sup> – Szerletics Ákos<sup>4</sup> – Kuczy Csaba<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Térinformatikai kutató, Ulyssys Kft., gudmann.andras@ulyssys.hu

<sup>2</sup> Térinformatikai kutató, Ulyssys Kft., henits.laszlo@ulyssys.hu

<sup>3</sup> Térinformatikai kutató, Ulyssys Kft., sipocz.jazmin@ulyssys.hu

<sup>4</sup> Osztályvezető, Magyar Államkincstár, Közvetlen Támogatások Főosztálya, szerletics.akos@allamkincstar.gov.hu

<sup>5</sup> Projektvezető, Ulyssys Kft., kuczy.csaba@ulyssys.hu

**Absztrakt:** Az Európai Unió Közös Agrár Politikája (KAP) a 2023–2027-es költségvetési ciklustól kezdve előírja, hogy a nemzeti kifizető ügynökségek a területalapú agrártámogatások jogosultsági feltételeinek ellenőrzését modern technológiák felhasználásával is elvégezzék. A sikeres 2023 indulás után a Területi Monitoring Rendszer (TMR) a 2024-es évben további jogcímek ellenőrzésével bővül. A távérzékeléssel elemezhető jogcímek közül az öntözött területek azonosítása, kaszálás detekció és a talajtakarás elemzés módszerének kialakítása kerül sor. Az említett feladatokat többféle módon, NDVI idősorok vizsgálatával, vagy képosztályozással oldottuk meg. A kialakított módszereket a 2023-as adatok és szimulációs futtatások alapján pontosítottuk és ellenőriztük. A szimulációs futtatások alapján megbízható alapot biztosítanak a jogcímek ellenőrzéséhez.

*Kulcsszavak: Közös Agrár Politika, Terület Monitoring Rendszer, mezőgazdaság, monitoring, Sentinel*

## Bevezetés

Az Európai Unió Közös Agrár Politikája (KAP) a 2023-2027-es költségvetési ciklustól kezdve előírja, hogy a nemzeti kifizető ügynökségek már ne csak az agrártámogatások elosztását, hanem azok ellenőrzését is elvégezzék (INTERNET1). Az ehhez szükséges, úgynevezett Területi Monitoring Rendszert (TMR) minden kifizető ügynökség saját hatáskörben alakítja ki. Magyarországon a TMR-t az Ulyssys Kft. fejleszti a Magyar Államkincstár, mint kifizető ügynökség megrendelésére és vele szoros kooperációval. A sikeres 2023. évi indulás után a TMR a 2024-es évben, Magyarország KAP stratégiai tervével összhangban, további támogatási feltételek ellenőrzésével bővül (INTERNET2). Ezeket az Agrár Minisztérium által kiadott rendeletek és pályázatok KAP kifizetésekhez köthető részei tartalmazzák<sup>1</sup>. A 2023-as ellenőrzésekkel ellentétben, amelyek minden tagállam számára kötelezőek (úgynevezett alapellenőrzések vagy horizontális feltételek), a 2024-es évben már a nemzetspecifikus támogatási feltételek ellenőrzésének implementálása valósul meg a TMR rendszerben. Ebből kifolyólag ez minden tagállam számára más és más ellenőrzési feladatokat jelent. Emiatt és az egyes nemzeti jogszabályi

---

<sup>1</sup> 15/2023 AM rendelet, 17/2023 AM rendelet, VP4-10.1.1-21 Pályázati Felhívás

környezetek különbségeinek köszönhetően nincs egységes megoldás az egyes jogszabályok ellenőrzésére. Így minden támogatási feltétel ellenőrzéséhez szükséges módszertan kialakítása önálló kutatást igényel. Az új, ellenőrizendő feltételek nem mindegyike értelmezhető távérzékelési feladatként (adminisztratív kötelezettségek, a rendelkezésre álló alapadatokkal nem vizsgálható, túl gyors periódusú események, nem mérhető fizikai tulajdonságok stb.), így ezek közül előzetes vizsgálat után lettek azok a feltételek azonosítva, melyek a TMR-be implementálhatóak. A 2024-es évben ezen feltételekre az alábbi fő ellenőrzések kialakítása történik meg: öntözött területek azonosítása, kaszálás detekció és a talajtakarás elemzése.

## **Anyag és módszer**

A Területi Monitoring Rendszer az EU rendeletekben foglalt definíciója alapján: „a mezőgazdasági területekre vonatkozó mezőgazdasági tevékenységek és gyakorlatok rendszeres és szisztematikus megfigyelésére, nyomon követésére és értékelésére irányuló eljárás a Copernicus Sentinel műholdak adatai vagy más, legalább azonos értékű adatok segítségével”. Ebből kifolyólag a TMR Sentinel műholdképek adatait használja fel az ellenőrzések elvégzésére. A TMR ezen adatokat, nevezetesen a Sentinel-1 és Sentinel-2 műholdak adatait szisztematikusán gyűjti, dolgozza fel a megfelelő formátumba, derivátumokat hoz létre belőle és integrálja azokat megadott adatkockába és abban tárolja. A TMR a műholdképeket a készítésüktől számított 2 napon belőle gyűjti be és dolgozza fel a végső állapotba. A rendszer 2023-ban 788 Sentinel-1 és 3308 Sentinel-2 képet gyűjtött Magyarország területéről. Ezek a feldolgozott és elemzésre kész adatok biztosítják mind az alapellenőrzések, mind a további, új ellenőrzések alapjait.

A TMR öntözés területeinek azonosítása a területalapú támogatások igénybevételéhez szükséges vízügyi feltételek ellenőrzéséhez kapcsolódik. Ehhez szükséges megállapítani az öntözött mezőgazdasági, támogatható területeket, illetve külön azonosítani azokat, amelyeken az igénylő engedély nélkül végzett öntözést. Az ehhez szükséges öntözési réteget nem egy különálló folyamatként implementáltuk a TMR-ben, hanem annak képosztályozási folyamatát bővítettük ki vele. A kibővítéssel már hierarchikus osztályozást is képes a TMR elvégezni. A hierarchikus osztályozásban több szintű osztályozást végzünk el, és az egyes szintek eredményeire épülnek a további szintek eredményei. Az osztályozáshoz az eredeti Random Forest modellt használtuk fel. A modell tanításhoz a gazdák által beadott öntözési igényléseket használtuk fel. Ezen adatok csupán az öntözés lehetőségét biztosítják az igénylő gazda számára, így mindenképp szükséges volt az adatok tisztítása. A tisztításhoz a Sentinel-2 képekből előállított Normalized Difference Moisture Index (NDMI) index többhavi kompozitját használtuk fel, egy előre, kísérletezés útján meghatározott küszöbérték segítségével. A hierarchikus osztályozás első szintjén az alapellenőrzésekben használt növénykategória osztályozást végeztük el. Az öntözés detektáláshoz a hierarchikus osztályozás második szintjén bináris osztályozás történt,

amely eldöntötte, hogy az adott pixel öntözött vagy nem öntözött volt a megadott időszakban. A létrejött réteg egy bináris raszteres réteg, amelyen 0-ás értékkel szerepelnek a nem-öntözött és 1-es értékkel az öntözött pixelek. Az ezekhez a predikciókhoz tartozó valószínűség értékek átlagait felhasználva, mint küszöbérték az eredményeinket megszürijük ezáltal pontosítva az öntözés azonosítást. A kapott réteget az igénylésekkel összevetve kaptuk meg a be nem jelentett öntözéskelet.

A TMR kaszálás detektálás az Agro-ökológiai Programhoz (AÖP), az Agrár-környezetgazdálkodási (AKG) programhoz és a Natura 2000 mezőgazdasági területekhez kapcsolódó támogatások igénybeviteléhez, azon belül is jellemzően a gyepterületekhez kapcsolódó ellenőrzés. A jogcímeknek megfelelően ehhez szükséges a területek megadott számú kaszálása az évben, vagy egyes területeken a kaszálás felhagyása (tiltott kaszálás), így az ellenőrzés a kaszálások meglétére és számára irányult. A kialakított módszert KOLECKA ET AL. (2018) alapján dolgoztuk ki és fejlesztettük tovább. A kaszálás detektálásához a TMR által gyűjtött Sentinel-2 felvételekből előállított NDVI (Normalizált Differenciált Vegetációs Index) képek idősorát használjuk. Az NDVI idősort az egyes dátumok közötti interpoláció nélkül állítottuk össze. A kaszálást április 1-jétől vizsgáljuk, mivel hazánkban ezt megelőzően nem jellemző ez a tevékenység, és a téli, kora tavaszi időpontok gyakran hóval vagy belvízzel borítottak, amelyek zajként jelentkezhetnek a vizsgálatokban. A kaszálást az NDVI idősorban az egyes időpontokhoz tartozó NDVI értékek közötti csökkenések alapján detektáljuk. Az idősoron iterálva vizsgáljuk a pixel t1 és t2 időpont közötti különbségét egy meghatározott küszöbértékhez képest, ha ez nem volt nagyobb ennél az értéknél, akkor a t1 és t3 közötti különbséget számoltuk ki. Amennyiben két egymást követő időpontban az NDVI csökkenése legalább 0,2 volt vagy három egymást követő közül az első és az utolsó között 0,2-nél nagyobbat csökkent ez az érték, akkor kaszálást detektálunk. Az elemzést országosan, minden egyes pixelre végezzük, és ebből áll elő egy országos kaszálás réteg, amit az ellenőrzés során metszünk a különböző jogcímekhez tartozó igénylésekkel.

A detektált kaszálások mellett egy felhőzottségi réteget is létrehoztunk, amelyen a legalább 15 napig folyamatosan felhős területek kerültek eltárolásra a vizsgált időszakban. Ez a réteg arra szolgál, hogy a kaszálás hiányát összevessük azzal, hogy a terület abban az időszakban felhős volt-e, és csak a felhőborítás miatt nem láttuk a kaszálás nyomait a műholdképen. Az elemzés során hibaként jelentkezhetnek a felhős vagy felhőárnyékos vagy időszakosan vízzel borított területek miatti NDVI csökkenések, ezek kiszűréséhez az NDVI érték 0,1 alá csökkenését nem tekintettük kaszálásnak. Ezt az értéket tapasztalati úton húztuk meg a hirtelen, nagymértékű csökkenéshez tartozó űrfelvételek vizuális interpretációja alapján. A különböző kaszálás detekciókhoz kapcsolódó jogcímek ellenőrzéséhez, a jogcímek által meghatározott időszakban kerestünk kaszálást, így ezekhez külön rétegek készülnek. A kaszálás meglétének ellenőrzése esetében az NDVI értékcsökkenést 20 napon belül vizsgáljuk, míg a tiltott kaszálások megtalálása esetén 5 napon belül. Az 5 napra azért is van szükség, mert egy kaszálás után nagyon gyorsan – akár 10–15 nap alatt

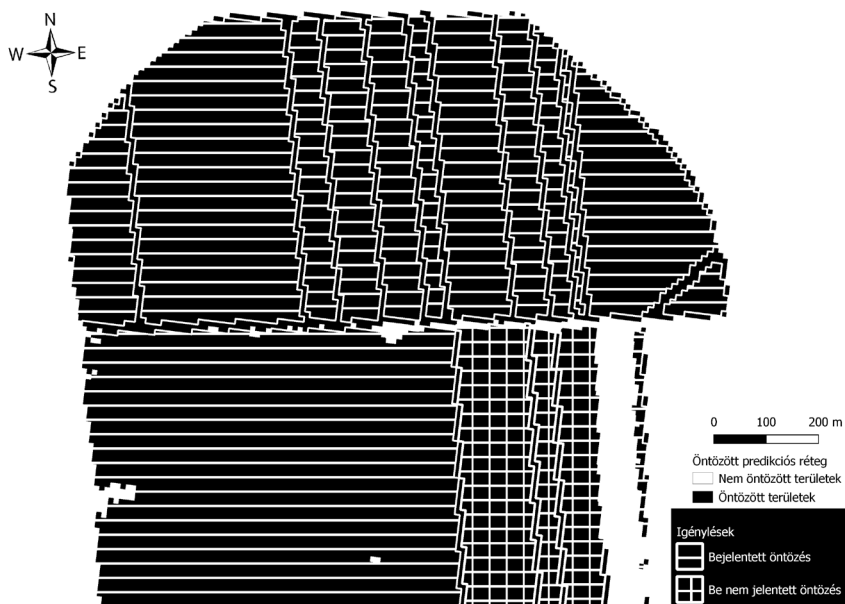
is – visszanoether a fű, így később helyszíni ellenőrzéssel is nehéz lenne megállapítani a szabályszegeést. A különböző rétegeket összevetve állapítjuk meg a jogcímeknek történő megfelelést, vagy szabályszegeést.

A TMR talajtakarás elemzése – többek között – az Agro-ökológiai Programhoz kapcsolódó támogatások igénybeveteléséhez, azon belül is a szántók földhasználatához kapcsolódó ellenőrzés. A jogcímeknek megfelelően ehhez szükséges a területek megadott időszakban történő talajtakarásának biztosítása az évben, így az ellenőrzés a talajtakarások hiányának azonosítására és azok időtartamára irányult. A talajtakarás elemzéshez a TMR által gyűjtött Sentinel-2 felvételekből előállított NDVI képek idősorát használjuk ugyanúgy, mint a kaszálás detektálásához. Az NDVI idősort az egyes dátumok közötti interpoláció nélkül állítottuk össze. Az idősorból a felhővel borított időpontokat kiszedtük. A talajtakarást a betakarítás utáni időszakban vizsgáljuk meghatározott időintervallumokban, amelyek legalább 30 nap hosszúságúak. Ezen időintervallumok végén futtatjuk az elemzést. A talajtakarás hiányát a csupasz talajfelszínnek detektálásával állapítjuk meg, amihez az NDVI idősorból az egyes időpontokhoz tartozó NDVI értékeket használjuk fel. Az idősoron iterálva vizsgáljuk, hogy az adott időpontban a pixel értéke 0,2 vagy 0,15 alatti-e. A két külön küszöbértékekből megállapított csupasz talajfelszín időpontjaiból (azaz nem talajtakart időpontokból) állítunk elő időintervallumokat. Ha az adott intervallum hosszabb mint 30 nap, akkor az adott pixelre vonatkozóan rögzítjük a nem megfelelés tényét. A rendszer attól függően jelez valószínű vagy potenciális szabályszegeést, hogy az adott időszak 0,2 alatti, vagy 0,15 alatti NDVI értékek idősorából jött létre.

## Eredmények

A kialakított módszereket a 2023-as év adatai alapján országos szimulációs futtatásokkal teszteltük. A tesztek eredményeit nagyfelbontású ortofotókon történő vizuális interpretációval és az adott év terepi helyszínelési adataival, mintavételes módszerrel ellenőriztük le. A tesztelési lehetőségeket korlátozta, hogy 2023-ban a helyszínelések főleg a TMR által jelzett hibás igénylések területére koncentráltak, mivel az új jogcímek az adott évben még nem voltak a TMR által vizsgálva, így ezekről a jogcímekekről kevés helyszínelési adatunk van.

Az öntözött területek vizsgálata közvetlen támogatásokhoz kapcsolódó jogcím, ezért az összes igénylést vizsgáltuk (~ 1 200 000 db). Az öntözött területek detektálására kialakított módszer eredményeként a szimuláció során 590 darab be nem jelentett öntözést találtunk. A detektált területek vizuális interpretációja, illetve ezek NDVI és NDMI görbéjének vizsgálata a detektált be nem jelentett öntözéseket majdnem minden esetben igazolták. A be nem jelentett öntözések jelentős részét egybefüggően kezelt parcellák között detektáltuk. Ezeken a helyeken az egyben kezelt parcellák többségére bejelentették az öntözési igényt (és engedély meglétét), de egy-két parcellán ezt elmulasztották (*1. ábra*).



1. ábra Detektált be nem jelentett öntözések, egybefüggően kezelt táblák mellett

A kaszálás esetében az AÖP-ben és AKG-ben kaszálási feltételekhez köthető parcellákat ellenőriztük a szimulációs futtatások során. A tiltott időszakai kaszálásokhoz köthető parcellák száma összesen 37613 volt a szimulációs futtatásokban, amiből 2730 igénylés esetén találtunk tiltott időszakban kaszálást. A szimulációkban a kötelező kaszálásokhoz köthető parcellák száma 57001 volt. Ezek esetében a kialakított módszerünk 1472 igénylésen (2,58%) nem talált kaszálást. A kaszálások helyszíni ellenőrzések eredményeivel nehezen validálhatók, mivel nagyon gyorsan (akár 1 hét alatt) eltűnhetnek a kaszálás nyomai. Ugyanígy az ortofotó alapú vizuális interpretáció is hasonló problémával terhelt. Azonban a Sentinel-2-es műholdképek 5 napos időbeli felbontása lehetővé tette a kaszálások eredményeinek validálását. A validálás alapján a módszer megfelelően képes a kaszálások detektálására, azonban egyes esetekben a kaszálás helyett a módszer a terület vegetációjának kikopását detektálta.

A talajtakarás esetében az AÖP ezen jogcímében szereplő 13443 db parcellát vizsgáltunk. Ezen parcellák többségén (75%) a gazdák a talajtakarás módjának a „talajtakarás tarló fennhagyásával” módszert választották, míg a többi esetben „talajtakarás takarónövény vetésével” módszert jelölték meg. Az első esetében a kialakított elemzési módszer a szimulációs futtatás során az esetek 16,5%-ban talált hiányzó talajtakarást, míg a második esetében a 19,1%-ban történt ugyanilyen detektálás. Az általunk helyesnek jelzett területeken az esetek 84,2%-ban a helyszíni ellenőrzések igazolták a jelzésünket. A hibás jelzések esetében csupán 25,9%-ban igazolta a helyszíni ellenőrzés a jelzést. Azonban az általunk detektált nem talajtakart területek időszakának többsége nem a helyszíni ellenőrzések időszakára eset (össz-tél). Ebből kifolyólag nem kerülhettek bele a terepi helyszínelések közé.

Összeségében a kialakított módszerek alkalmazhatóságát a szimulációs futtatások eredményei igazolták. A szimulációs futtatások eredményei, és az általunk mért validálások hibaarányai az elvárásoknak megfelelőek voltak.

### **Felhasznált irodalom**

KOLECKA, N. – GINZLER, C. – PAZUR, R. – PRICE, B. – VERBURG, P.H. (2018): Regional Scale Mapping of Grassland Mowing Frequency with Sentinel-2 Time Series. Remote Sens. 10, 1221. <https://doi.org/10.3390/rs10081221>

INTERNET1 – <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:02021R2116-20220826&qid=1713515169718> letöltés ideje: 2024.04.19

INTERNET2 – <https://kormany.hu/publicapi/document-library/magyarorszag-kap-strategiai-terve-2023-2027/download> letöltés ideje: 2024.04.19



# A Google VPS rendszerének használata okostelefonok nagyobb pontosságú helyzetmeghatározásához

Horváth Viktor Győző<sup>1</sup> – Barsi Árpád<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, horvath.viktor.gyozo @emk.bme.hu

<sup>2</sup> egyetemi tanár, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, barsi.arpad@emk.bme.hu

**Absztrakt:** A globális helymeghatározás jelentős fejlődésen ment keresztül a GNSS rendszereknek köszönhetően, de pontossága korrekciós adatok nélkül gyakran elmarad az elvártól. A landmark-alapú helymeghatározás egy másik megközelítést kínál, amelyben ismert koordinátájú tájékozódási pontok (landmarkok) segítségével határozzuk meg a pozíciót. E kutatásban a Google VPS (Visual Positioning System) rendszerét tanulmányozzuk, amely az okostelefonok precíz pozicionálását támogatja. A rendszer a Google utcaképeiből, a Street View-ből származó mesterséges intelligenciával meghatározott tájékozódási pontok alapján pontosítja a felhasználó pozícióját, jelentősen javítva a GNSS és egyéb szenzorok által nyújtott pontosságot. A kutatásunk célja a rendszer pontosságának és mérnöki alkalmazásainak vizsgálata különböző területeken, különféle beépítettségű helyszíneken, gyalog és gépjárművel.

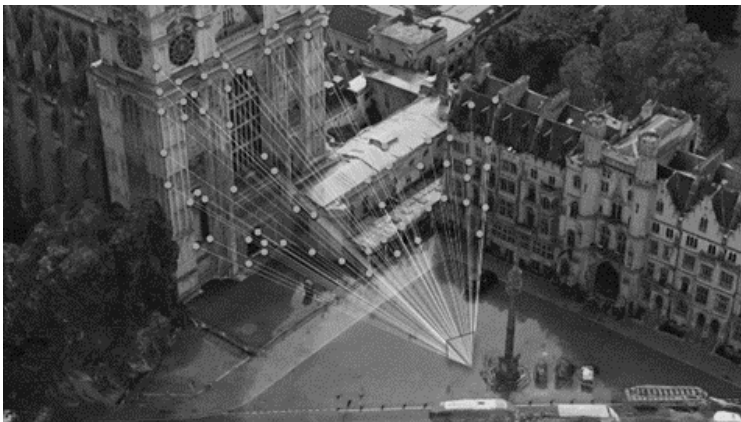
## Bevezetés

Napjainkban a globális helymeghatározás a különböző GNSS rendszereknek hála már egy megoldott probléma, de különféle korrekciós adatok segítségével nélkül a pozicionálás elérhető pontossága csupán a pár méterestől a néhány tíz méteresig terjed. A helymeghatározás pontosságának javítása valós időben megoldható egyéb helymeghatározó rendszerek segítségével; ilyen rendszer a landmark-alapú helymeghatározást alkalmazza. Ennek lényege, hogy a helyszínről látható ismert koordinátájú tájékozódási pontokból számoljuk vissza a pozíciót. Ehhez egy kamerára és egyértelműen azonosítható tájékozódási tereptárgyakra van szükség. Kutatásomban egy nemrég a nagyközönség számára megnyitott ilyen rendszert vizsgálok. A Google VPS (Visual Positioning System) az okostelefonok pontos pozicionálását segítő felhőszolgáltatás, ami működése során a hozzátétőleges pozícionkat és a helyszínről készített képeket feltölti a Google szerverére, az pedig a Google Street View-ből mesterséges intelligencia segítségével meghatározott tájékozódási pontokkal sokkal pontosabb helymeghatározást tesz lehetővé, mint amilyen a készülék GNSS és egyéb szenzorainak fúziójával megvalósítható. Ez a rendszer jóval méter alatti pozicionálást tesz lehetővé, feltéve, hogy elérhető a Google Street View szolgáltatása, ami egyébként a világ több, mint 83 országában elérhető és több, mint 10 millió kilométernyi útszakaszt fed le (ACKERMAN 2017).

## Landmark-alapú helymeghatározás

A GNSS nagyságrendileg másodpercenként egyszer szolgáltat helymeghatározást, és az orientációk nem mérhetők közvetlenül. Ezért a GNSS és az INS (inerciális navigációs rendszer) kombinálásával néhány közvetlen helymeghatározó és tájékozódási rendszert fejlesztettek ki. A GNSS-pontok közötti hézagokat INS-mérésekkel hidalják át, ami növeli a pozicionálási frekvenciát és kompenzálja a GNSS néhány hibáját. Az ilyen, Kálmán-szűrőn alapuló megoldások eléggé kiforrottak és széles körben használják a mobiltérképező rendszerek és az autonóm navigáció területén. A műszerdrift azonban az INS veleszületett problémája, de csak a nagyon drága és a kiváló minőségű INS-ek korlátozzák a driftet. Megfizethetőbb megoldás a SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), amely képes olcsó érzékelőket használni. A SLAM-gyakorlatban a kamerák a legszélesebb körben használt érzékelők. Néhány aktív szenzorral, például lézershakkennerrel összehasonlítva a kamerák olcsóbbak, és gazdag információ (pl. textúra, térbeli) szerezhető. A kamerákat használó SLAM megoldásokat általában Visual Odometry-nek (VO) nevezik, amelyek a relatív műszerhelyeket a képek közötti megfeleltetések követésével becsülik meg (NISTER ET AL. 2014) (1. ábra). A VO pontosságának javítására olyan technikákat javasoltak, mint a valószínűségi szűrők (pl. kiterjesztett Kálmán-szűrő (EKF), részecskeszűrő (PF)) és a sugárnyaláb-kiegyenlítés (Bundle Adjustment, BA).

A sugárnyaláb-kiegyenlítés jobb pontosságot ér el, mint az EKF vagy a PF (JI – YUAN 2016), mivel a képpozíciókra a legkisebb négyzetek szerinti optimumot biztosítja globálisan az összes mérés és korlátozás figyelembe vételével. Az egyenletrendszer mérete azonban a képek számának növekedésével gyorsan nő. Emiatt javasolja (MOURAGNON ET AL. 2006) a megoldás bonyolultságának csökkentésére a Local Bundle Adjustment (LBA) eljárást. A sugárnyaláb-kiegyenlítést egy rögzített méretű csúszóablakon alkalmazza, és a bizonytalanságokat a képsorozaton végigvezeti (EUDES – LHUILLIER 2009). A SLAM a pozíciókövetés megoldása, a lokalizáció egy



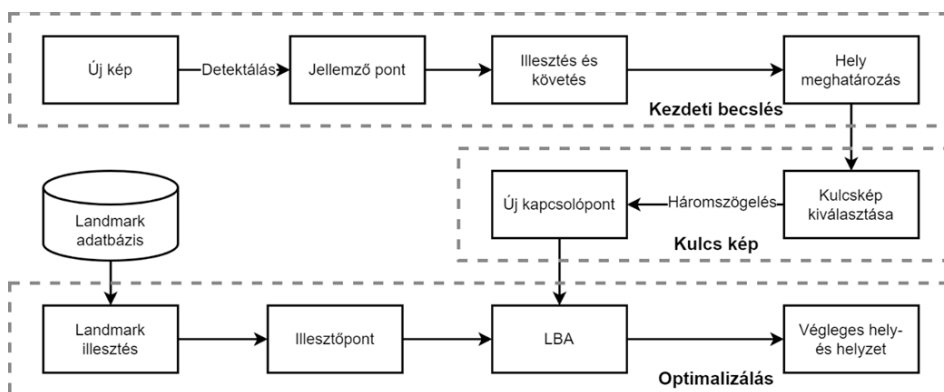
1. ábra Felismerhető részletek térképezése a képeken [3]

helyi rendszerben történik, és a hibák idővel felhalmozódnak. Bár a globális drift csökkenthető ún. hurok lezárásával, sokszor nincs rá mód mozgó robot vagy jármű számára, például városi területeken, továbbá a nagy hurok figyelembevételére idő- és számításigényes. Számos módszert javasoltak a GNSS és a VO integrálására, ahol a driftet a GNSS által mért pozíciók segítségével kompenzálták (EUDES – LHUILLIER 2009; AGRAWAL – KONOLIGE 2006). A teljes elérhető pontosság azonban a GNSS-adatok pontosságától függ, ugyanakkor a GNSS-mérések városi környezetben nem mindig megbízhatóak. A drift gyorsan növekszik, ha a rendszer például többutas jelterjedés vagy maszkproblémákat szenved. Ezért több külső adatot kell figyelembe venni a kamerákon alapuló pontos lokalizációhoz (XIAOZHI QU ET AL. 2017)

### Google VPS

A Google Visual Positioning System (Vizuális Helymeghatározó Rendszer, VPS) olyan technológia, amely lehetővé teszi az okostelefonok számára, hogy a műholdas helymeghatározásnál pontosabban határozzák meg a felhasználók helyzetét a környezetükről készített képek alapján. Ez a rendszer a mesterséges intelligencia és a gépi látás együttes alkalmazásával működik; a Google Maps (Google Térkép) pontfelhői alapján számol pozíciót. A Google Vizuális Pozicionálási Rendszer célja, hogy pontos és megbízható helymeghatározást biztosítson olyan helyzetekben, ahol a GNSS jel gyenge vagy nem elérhető, például zárt térben vagy bizonyos városi környezetekben

A VPS tehát nem GNSS-jelek, hanem képek alapján határozza meg az eszköz helyét. A VPS első lépésben egy térképet hoz létre úgy, hogy ismert helyekről készült képsorozatot vesz, majd azokat elemzi például az épületek vagy hidak körvonalainak kulcsfontosságú vizuális jellemzői szerint és létrehozza e vizuális jellemzők nagyméretű és gyorsan kereshető indexét (2. ábra). A készülék lokalizálásához az algoritmus összehasonlítja a telefonról készült képek jellemzőit a VPS-indexben szereplő jellemzőkkel. A lokalizáció pontosságát azonban nagymértékben



2. ábra Egy lehetséges modell a landmark-alapú helyzetmeghatározáshoz [1]

befolyásolja mind a képek, mind a hozzájuk tartozó korábbi helymeghatározás minősége. Fontos tehát, hogy a módszerhez ilyen képeket és landmarkokat tartalmazó adatbázis álljon rendelkezésre.

### ***Google Maps és StreetView***

A Google Maps egy online térképszolgáltatás, ami lehetővé teszi felhasználók számára, hogy útvonalakat keressenek, helyeket fedezzenek fel, és a világ számos részét térképeken és légifelvételeken megtekinthessék. Az alkalmazás többféle nézetet kínál, beleértve a térképet, a műholdas képeket és az utcaképeket.

A Google Maps funkciói közé tartozik az útvonaltervezés, amely lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy megtervezzék az utazásukat autóval, tömegközlekedéssel, gyalogosan vagy kerékpárral. Emellett a felhasználók értékelhetik és véleményezhetik a helyeket, információkat oszthatnak meg róluk, és akár éttermeket, szállodákat és egyéb vállalkozásokat is kereshetnek a térképen.

A Google Maps széles körű alkalmazásának köszönhetően számos területen hasznos, legyen szó az utazások tervezéséről, a helyi üzletek felfedezéséről vagy akár a városi navigációról. A rendszeres frissítések és új funkciók révén a Google Maps folyamatosan fejlődik és javul, hogy még hatékonyabb és hasznosabb eszköz legyen az emberek számára a mindennapi életben.

A Google Street View a Google Maps és a Google Earth egyik funkciója, amely a világ számos részén az biztosít panorámaképeket az utcákon. A Street View szolgáltatást 2007-ben indították el, ami lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy virtuálisan felfedezzék a városokat, városrészeket és nevezetességeket úgy, mintha az utcán sétálnának vagy vezetnének.

A Street View-t elsősorban olyan autókval gyűjtött adatokkal valósítják meg, amelyeket kamerákkal és mobil térképező rendszerekkel szereltek fel, de más járműveket is használnak, például kerékpárokat, és néha még hőszerkeket, gyalogosokat vagy tevéket is. A képek tartalmazzák a turisztikai célpontokat is.

A Street View alkalmazása azonban nemcsak a navigációra korlátozódik. Az üzletek a maguk bemutatására, az utazók pedig az úti célok előzetes megtekintésére használják. Ezen túlmenően gyakran az infrastruktúra és városi tervezés értékelésére is ezt az eszközt alkalmazzák.

### **A méréshez használt hardver- és szoftverkörnyezet**

A vizsgálatok hardverkörnyezete egy Samsung S23 Ultra erős számítási képességekkel rendelkező ARCore könyvtárat támogató okostelefon. Az alkalmazást az ARCore egyik demo alkalmazására alapozva Android Studio fejlesztői környezetben készítettük Java programozási nyelven (3. ábra). Az alkalmazás működése közben folyamatos Internetkapcsolata révén a Google felhőjébe továbbítja a rögzített képeket. Ennek köszönhetően a felhőben a képek lokalizációja már futásidőben



3. ábra A mobiltelefonra fejlesztett VPS-alkalmazás felhasználói felülete adatrögzítés közben

megtörténik. Ez látható is: az élő kameraképekre rá lehet vetíteni a közeli épületek kontúrját és más 3D objektumok alakjelzőit (türkizzel színezett épületrajzolatok a fák között). Az alkalmazás a képernyőn megjelenített látványon túl folyamatosan rögzíti a mobiltelefon helyét és helyzetét kifejező adatokat, azaz

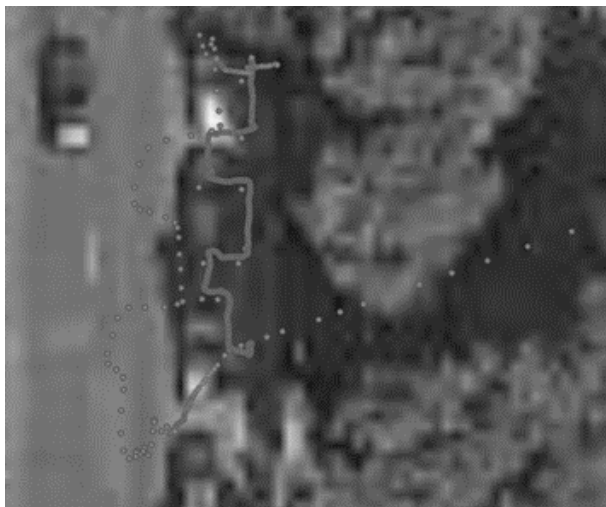
- földrajzi hosszúságot,
- földrajzi szélességet,
- ellipszoid feletti magasságot,
- illetve vízszintes pontosságra vonatkozó mérőszámokat.

A terepi mérések alatt összehasonlítás céljából folyamatosan rögzítettük a mobiltelefon szokásosan elérhető GNSS és egyéb szenzorok fűziójával számított pozícióját is. Ez utóbbi pozíciókat szokás felhasználni például a járműnavigáció során.

A telefonnal rögzített nyers mérési eredmények megjelenítését és további validálását QGIS rendszerben végeztük el.

### Mérési területek és eredmények

A VPS-rendszer vizsgálatához két mérési helyszínt választottunk. Az első helyszín gyalogos bejárással elérhető, sűrű beépítésű belvárosi terület, ami Budapest XI. kerületében, a BME mellett megtalálható Budafoki út egy szakasza volt. A teszteléshez a járdán szabályos derékszögű cikkcakk vonalat rajzoltunk fel, aminek töréspontjait RTK GNSS műszerrel bemértük.



4. ábra Telefon GNSS pozíciói (pirossal), Google VPS pozíció (zölddel), az RTK-val bemért pontok (kékkel)

A helyszíni VPS-méréskor ezután a kijelölt vonalat követve rögzítettük az útvonalat; mindösszesen 1713 helymeghatározás eredményét tároltuk el. A 4. ábra mutatja a mérés alatt rögzített GNSS (és kiegészítő helymeghatározó szenzorokkal egyesített) pozíciókat, a VPS-rendszer által visszaadott pozíciókat és az előzetes GNSS-bemérés során meghatározott kulcspontokat.

A helymeghatározás pontosságának jellemzésére csak a vízszintes értelmű koordinátákat használtuk fel. A QGIS-ben ábrázolt referencia-úthoz képest vett aktuális távolságok, mint eltérések jelentették a hasonlítás alapját. Ez alapján 1-sigma (68 %-os) konfidenciaszinten a csak GNSS+szenzor pontossága a vonal bejárása alatt 3,79 méterre, a Google VPS-alkalmazás pontossága pedig 0,42 méterre adódott. A VPS-el meghatározott pontokra a további eloszlásvizsgálatok megmutatták, hogy azok 42%-a 40 cm-en belül, 79%-a pedig 50 cm-en belül esik, azaz a félméteres pontossági tartományba esik a mért pontok közel 80%-a.

A másik mérési helyszín egy vidéki külterületi útszakasz volt, ami Kőszeg és Szombathely között, a 87-es főúton Lukácsháza közelében helyezkedett el. A szakasz méréséhez egy autó első szélvédője mögé elhelyezett konzolra erősítettük fel a telefont a haladási irány tengelyébe beállítva. A felszereléskor arra törekedtünk, hogy a kamera előtt semmi ne korlátozza a szabad kilátást, azaz ne legyen a kapott képek minőségében eleve korlátozás. A vizsgált útszakaszon többféle sebességgel haladtunk, így 50, 70, 90 és 100 km/h-s sebességek voltak rögzítve.

A mérés folyamán a nagyobb haladási sebesség mellett természetesen nagyobb rögzített pontszám is adódott: összesen 19127 pozíció került rögzítésre. A mérés validálásához ebben az esetben a Google térképének tartalmát tekintettük mérvadónak, vagyis az ott tárolt úttengely pontjaihoz viszonyítottuk a helymeghatározás kimeneteit. A hasonlóan 68%-osnak tekintett konfidenciaszint mellett ebben a

szcenárióban azonban a GNSS+szenzorok helymeghatározási pontossága 3,79 m, míg a VPS-rendszerből kapott pozíciók pontossága 13,54 m lett. Láthatóan a nagyobb haladási sebesség mellett a pozicionális pontosság jelentős mértékben lecsökkent. A vizsgálatok azt is megmutatták, hogy a jármű utazási sebességei szerinti hatás elhanyagolható – nem volt látható összefüggés a négyféle sebesség és a pontosság között –, mivel mindegyik említett sebesség mellett hasonló pontosságot kaptunk.

A részletesebb magyarázat érdekében alaposabb statisztikai elemzést végeztünk; így kiderült, hogy jelentősnek bizonyuló járműsebesség miatt a kamera által rögzített és a VPS-rendszernek elküldött, ott feldolgozott és visszaküldött pozíciók sokkal ritkábbak. Ennek a jelenségnek valószínűleg a kommunikáció lassúsága jelenti az elsődleges okát. Az értelmezésünket igazolja a 6. ábrán is látható pont-eloszlás. A képen rövid időre sikerült a kamerakép alaján a VPS-nek „elkapnia” a helyet, de aztán a teljesen eltérő látkép újbóli beazonosítása, majd pozíciósámítása már nem történt meg elfogadható válaszütdön belül, ezért a VPS eldobta a pozíciót, s nem tudtunk rögzíteni semmit.



5. ábra Google VPS pozíció (zölddel) és GNSS + egyéb szenzoros helymeghatározás (pirossal)



6. ábra Google VPS pozíció (zölddel) és GNSS + egyéb szenzoros helymeghatározás (pirossal) egy erősen kinagyított részleten

## Konklúzió

A Google landmark-alapú helymeghatározáshoz kifejlesztett Visual Positioning System (VPS) rendszere mobilkészülékek kameraképeinek és a Google korábban nyert utcaképeinek felhő-alapú feldolgozására szolgál. A megoldás Android operációs rendszert használó okostelefonra fejlesztett alkalmazással elérhető és kísérleti scenáriók rögzítésére adott lehetőséget. Munkánkban a fejlesztéssel létrehozott alkalmazás egyrészt a telefon beépített szenzorainak, köztük a GNSS-vevőnek a használatával kapott hely- és helyzetadatokat, másrészt a VPS-ökoszisztéma hely- és helyzetadatait volt képes rögzíteni. A két, gyalogos és járműves mérési móddal kétféle helyszínen végzett kísérletek megmutatták, hogy a lassabban haladó gyalogos számára a VPS-szolgáltatás méter alatti helymeghatározási pontosságot képes biztosítani. Ugyanakkor a gyorsabb járművek VPS-helymeghatározása a feltehetőleg kisebb hálózati adatátvitel miatt jócskán alatta marad a gyakorlatban elterjedten használt kiegészítő szenzorokat használó műholdas helymeghatározás pontossága alatt.

Várhatóan a jobb képességekkel (főként a nagyobb sávszélességgel, kisebb látenciával) rendelkező újabb mobiltelefonos szolgáltatások (5G és 6G) ezeknek a tapasztalt problémáknak megoldását fogják jelenteni. Addig a gyalogos használaton alapuló, inkább sűrűn felmért városi környezetben érdemes további vizsgálatokat, alkalmazástervezéseket (pl. közlekedésmérés) végezni.

## Irodalomjegyzék

- ACKERMAN, D. (2017): Google Maps Street View celebrates its 10th birthday. CNET. – (May 30, 2017). <https://www.cnet.com/tech/services-and-software/google-maps-street-view-celebrates-its-10th-birthday/> utolsó elérés: április 20, 2024
- AGRAWAL, M. – KONOLIGE, K. (2006): Real-time localization in outdoor environments using stereo vision and inexpensive gps, in: Pattern Recognition. ICPR 2006. 18th International Conference on, IEEE. pp. 1063–1068.
- EUDES, A. – LHUILLIER, M. (2009): Error propagations for local bundle adjustment. in: Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR – 2009 – IEEE Conference on, IEEE. pp. 2411–2418.
- KAWARE S. R. (2018): Google Maps with Visual Positioning System. International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology
- MOURAGNON, E. – LHUILLIER, M. – DHOME, M. – DEKEYSER, F. – SAYD, P. (2006): Real time localization and 3d reconstruction. Computer Vision and Pattern Recognition, 2006 IEEE Computer Society Conference on, IEEE. pp. 363–370.
- NISTÉR, D. – NARODITSKY, O. – BERGEN, J. (2004): Visual odometry, in: Computer Vision and Pattern Recognition. Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on, IEEE. pp. 1–652.
- TILMAN R. (2019): Using Global Localization to Improve Navigation. <https://research.google/blog/using-global-localization-to-improve-navigation/>
- XIAOZHONG QU ET AL. (2017): Landmark based localization in urban environment. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.



# A Déli Védelmi Rendszer egy szegmensének komplex 3D térinformatikai rekonstrukciója

Juhász Attila<sup>1</sup> – Balogh Árpád<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Juhász Attila egyetemi docens, Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, Építőmérnöki Kar, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, juhasz.attila@emk.bme.hu

<sup>2</sup> Balogh Árpád PhD-hallgató, Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, Építőmérnöki Kar, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem; múzeumi térinformatikus, MNM Nemzeti Régészeti Intézet, balogh.arpad@mnm.hu

**Absztrakt:** A térinformatika használata ma már természetes a régészeti és hadtörténeti munkálatokban. A XX. századi erődítés rendszerek rekonstrukciója több szempontból is megköveteli a térinformatika használatát, mivel nagy számú, időben és térben változatos adatok egységes rendszerben történő kezelésére, valamint a katonai megközelítésben alkalmazott hadászati, hadműveleti és harcászati szintek elkülönítésére egyaránt alkalmas. A Déli Védelmi Rendszert a hidegháború éveiben kezdték építeni az akkori jugoszláv határ mentén. A rekonstrukció célja, hogy az archív és mai tér adatok alapján teljes képet adjon a mintaterületen kiépített védelmi rendszer működéséről a megépült objektumok 3D modelljeinek pontos helyzeti információi alapján. A kidolgozott eljárás további célja a későbbiekben a teljes rendszer rekonstrukciójának támogatása.

## Bevezetés

Habár a XX. századi erődítések és csataterék kutatása nem képezi részét a hivatalos régészetnek, igen nagy népszerűségnek örvend. Hasonlóan a régebbi korok vizsgálataihoz, ezekben a kutatásokban is elengedhetetlen a térinformatikai rendszerek használata. Ezt több kritikus körülmény indokolja. Először is, a modern korok erődítéseinek, katonai eseményeinek dokumentációja sokkal szélesebb körű, mint a korábbiaké. Különböző térképek, erődítési utasítások, archív légifelvételek és hadtörténeti publikációk sora alapján kezdetünk bele egy ilyen feladatba (JUHÁSZ 2005). Az archív források mellett a mai modern adatgyűjtési eljárások szinte mindegyike szóba jöhet a rekonstrukció támogatásához: műholdas-, légi- és drónfelvételek, légi és földi lézerszkennelés és hagyományos felmérési technológiák. A nagy mennyiségű és változatos minőségű tér adatok egységes rendszerben történő kezelése kiemelten fontos. Másodsor, mivel katonai létesítményekről és a hozzájuk kapcsolódó eseményekről van szó, figyelembe kell venni a katonai tervezés három jellemző szintjét is: hadászati, hadműveleti és harcászati szintek (INTERNET1). Az egyes szintek eltérő részletességű és méretarányú feldolgozást, elemzést és megjelenítést tesznek szükségessé.

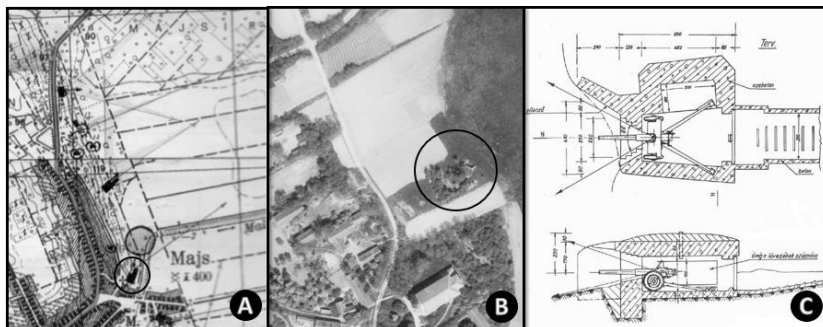
Jelen kutatásunk célja egy olyan hatékony eljárás kidolgozása, amely alkalmas lehet a Déli Védelmi Rendszer teljes egészének rekonstrukciójára. Hasonlóan több más XX. századi védelmi vonalhoz, ez esetben is szabványos védelmi objektumok rendszere valósítja meg a tervezett védelmet, amely több száz km szélességben és több

tíz km mélységben helyezkedett el. Ezt figyelembe véve légi lézerszkennelt adatok alapján történő tömeges 3D objektum illesztésében látjuk a megoldást. Az előforduló tipikus bunkerek földi felmérése szolgáltatja a 3D objektum modellek alapját, majd a nagy területeket felölelő légi adatokon beazonosítható részletek segítségével ezek viszonylag pontosan illeszthetők. Így jelentős mértékben csökkenthető a terepi munka mennyisége és egy realisztikus 3D rekonstrukció hozható létre, amely a későbbiekben hadtörténeti, régészeti, oktatási és turisztikai célokat is szolgálhat.

## Anyag és módszer

A hidegháború éveiben az akkori politikai helyzet miatt a szovjet és magyar vezetés elhatározta a jugoszláv-magyar határ megerősítését. Óriási ráfordításokkal kezdtek el építeni a Déli Védelmi Rendszert (DVR) (pl. az akkori GDP negyedét erre költötték), amely a tervek szerint 7687 darab tüzelőállást (harckocsi, rohamlőveg, tüzérségi, aknavető, géppuska), 2000 harcálláspontot és figyelő helyet, 2469 darab kizsaluzott óvóhelyet, 964 darab vasbetonból készült géppuska-kupolát, 219 darab tüzérségi erődöt, 4158 kilométernyi harc- és közlekedőárkot, valamint több mint 120 darab tankfedezéket tartalmazott volna a körül-belül 600 kilométeres közös határ mentén. Feladata a támadó jugoszláv erők feltartóztatása lett volna a szovjet csapatok beérkezéséig. 1955-re a védelmi vonal 40%-a készült el, amikor is a bekövetkezett politikai változásoknak köszönhetően befejezték a további munkálatokat (SUBA ET AL. 2010). A rendelkezésre álló archív alapadatok és a felmérési körülmények áttekintése után mintaterületként a Majs község melletti erődítésszakaszt választottuk. A korabeli tervek alapján 4 különböző típusból, 7 darab jól megközelíthető bunker helyezkedik el a területen, köztük géppuska és páncéltörő ágyú állások.

Elsőként az előzetes adatgyűjtés történt meg, amely során a lehető legtöbb releváns archív dokumentációt tekintettük át. A védelmi vonal kiépítésének ideje funkciója miatt igen jól dokumentált. A három alapvető kiindulási forrásunk a korabeli katonai térképek (SUBA ET AL. 2010), archív légifényképek (INTERNET2) és az erődítési utasítások (A típus erődítmények 1951) voltak. Ahogyan az *1. ábrán* látható, a térképen részletesen fel vannak tüntetve az erődítés elemek a kilövési és



1. ábra Egy vasbeton páncéltörő ágyúállás a katonai térképen (A), archív légifotón, 1979 (B) és a korabeli erődítési utasításban (C)

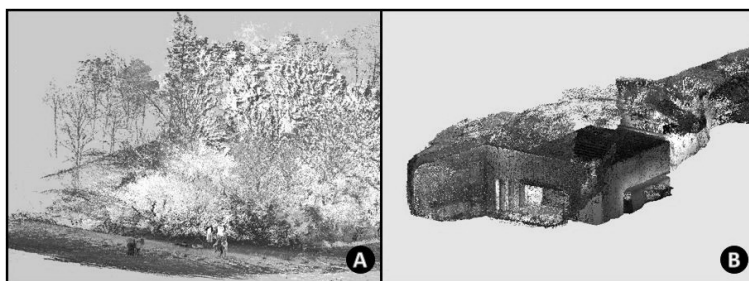
pásztázási irányokkal (A), a légifényképen egészen jól azonosítható a bekarikázott bunker (B), aminek a tipikus méreteit, metszeteit a korabeli utasítás tartalmazza (C). Ezen források alapján már rendelkezünk a hozzávetőleges pozíciókkal, irányokkal, méretekkel.

A terepi munkák megkezdése előtt érdemes volt megtekinteni a mai állapotokat is. Erre kiválóan alkalmas volt a Google Earth műhold képeinek használata. Már ezeken a képeken is látszik, ami a XX. századi fennmaradt erődítési elemekre általában jellemző: a mezőgazdasági művelés alatt álló területeken jól elkülöníthetőek, foltként jelennek meg és általában igen sűrű növényzet borítja őket (2. ábra).

A korábbi tapasztalataink alapján a mai állapotok felméréséhez lézerszkennelt adatokat használtunk fel, mert a sűrű növényzet miatt csak ez a módszer tekinthető hatékonnak. A kutatás alapadataként a pécsi Janus Pannonius Múzeum légi szkennelt (ALS) adatait kaptuk meg. Ez a felmérés az "ArchaeoLandscapes Europe" (ArcLand) projekt keretei között 2012-ben készült 140 km<sup>2</sup>-ről a roncsolásmentes lelőhely-azonosítás és a régészeti munka megkönnyítése érdekében (BERTÓK – GÁTI 2014). Az általunk választott mintaterület a felmérés keleti szélén helyezkedik el. A védelmi objektumok átfogó belső és külső 3D modelljének elkészítéséhez a Leica Geosystem Magyarországgal együttműködve Leica BLK360 és Leica BLK2FLY LiDAR UAV szenzereket alkalmaztunk. Utóbbit csak a nagyobb kiterjedésű objektumok esetében, a földi felmérések (TLS) kiegészítésére és javítására. Bár minden felmért terület 200 m<sup>2</sup>-nél kisebb volt, jelentős számú TLS mérési pozícióra volt szükség, ami igen nagy pontfelhők előállítását eredményezte (3. ábra). A felmérés, a pontfelhők illesztése,



2. ábra A DVR erődítési elemei a Google Earth képen ( $45^{\circ}54'54.53''N$ ,  $18^{\circ}36'8.15''E$ )



3. ábra A/20 típusú erőd eredeti (A) és letisztított (B) pontfelhője

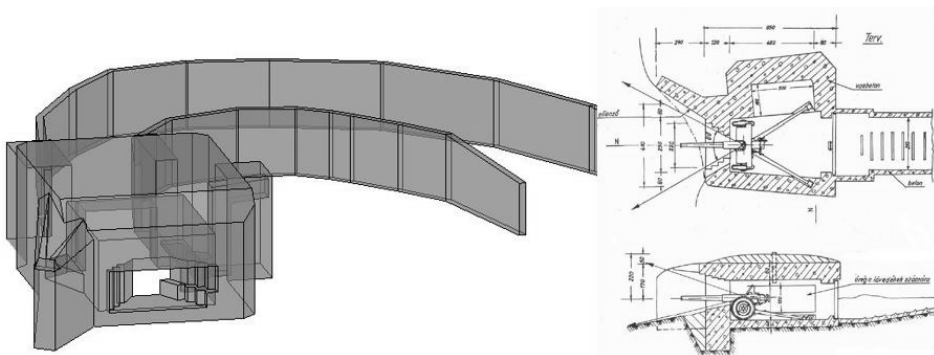
majd tisztítása is jóval több időt vett igénybe a felmért területhez képest, mint általában. A speciális körülmények ellenére a TLS pontfelhők illesztési hibája minden esetben 1 cm alatt maradt. Természetesen a pontfelhők jelentős része a környező sűrű növényzetet jelenítette meg, így azok eltávolítása után jelentős pontszám csökkenés volt elérhető. Például a 3. ábrán látható bunker esetében 54 millióról 4.3 millióra csökkent a pontfelhő mérete. A további térinformatikai feldolgozás hatékonyabbá tételéhez ezeket a kisebb pontfelhőket is újramintavételeztük és 5 cm pontsűrűségű modellekkel dolgoztunk tovább.

A kutatás alapvető célja, hogy minimalizálja a terepi munkát és lehetőség szerint a nagy területeket lefedő légi szkennelt adatokat használjuk az egyes erődelemek pontos pozíciójának és orientációjának meghatározására, majd a részletes 3D rekonstrukció végrehajtására. A teljes feladat két külön részre bontható:

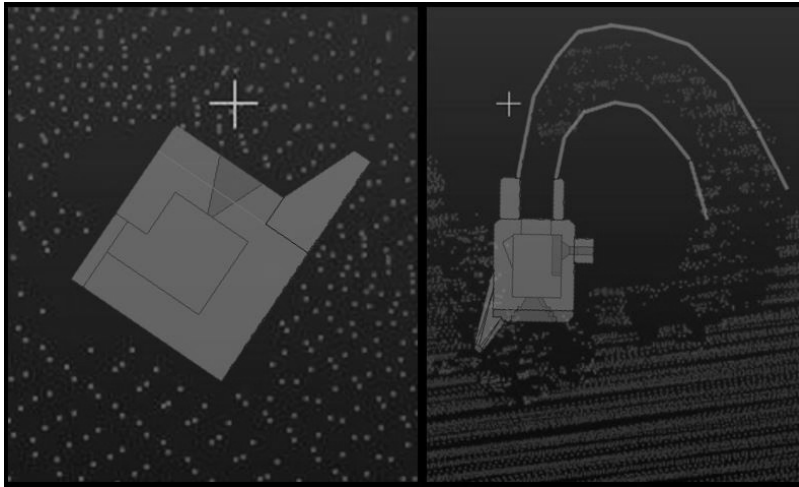
- Az egyes típus bunkerek részletes felmérése és 3D modell létrehozása
- A típus modellek felhasználása, integrálása a légi szkennelt pontfelhőbe

A korábban letisztított és újramintavételezett TLS pontfelhők alapján CAD környezetben megszerkesztettük a bunkerek valós belső méretei alapján a 3D modelleket. A külső méretek, azaz a betonfalak vastagsága rejtve maradt a legtöbb esetben, mert föld takarja a bunkerek nagy részét. Ezért ezeket a méreteket az eredeti erősítési utasítások alapján adtuk meg. A létrehozott modellek alapján elsőként leellenőriztük, hogy mennyire pontosan építették meg az objektumokat a tervekhez képest (4. ábra). Összeségeben megállapíthatjuk, hogy a felmért objektumok esetében 10–20 cm-es eltérések vannak a valós és a tervezett méretek között, ezek azonban nem befolyásolják a funkcionalitást. Szerkezetükben szinte teljesen azonosak a megvalósított objektumok a tervekben foglaltakkal, különös tekintettel a lőrészekre és fedező falakra, így alkalmassá téve a modelleket a többszöri felhasználásra a rekonstrukcióban. A későbbi térinformatikai integráció érdekében a modelleket .DAE formátumban mentettük, amit az alkalmazott QGIS szoftver kezelni tud.

Amennyiben az ALS pontfelhőn található jól beazonosítható eleme egy-egy típusnak, akkor jó eséllyel illeszthető a TLS pontfelhő, illetve a 3D modell is. Ehhez a vizsgált terület ALS pontfelhőjét elemeztük. Mivel a bunkerek jelentős részben a



4. ábra A/20 típusú erőd 3D modellje (bal) és eredeti terve (jobb)



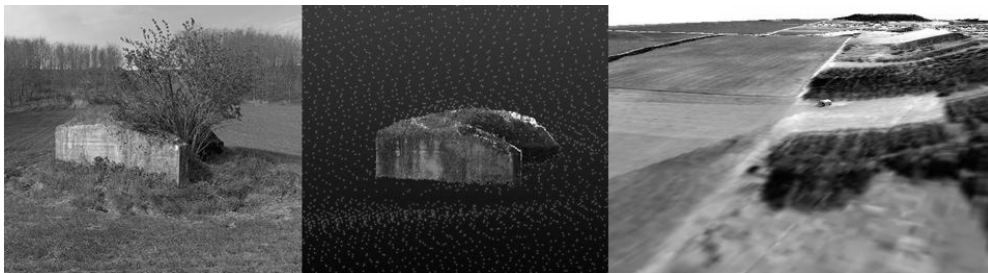
5. ábra A magassági küszöbölés utáni pontfelhő és a durván illesztett 3D modellek, az azonosíthatóság miatt

föld alatt helyezkednek el és időben változó növényzet borítja őket, nem lehetnek túl nagy elvárásaink az illesztés minőségével kapcsolatban. Olyan részletekre kellett koncentrálnunk az ALS pontfelhőben, ami egyértelműsíti a bunkerek pozícióját. Ezek az esetlegesen azonosítható tiszta betonfelületek, illetve a jellegzetes felszíni részüik és támfalak lehetnek, valamint a felszíni objektumok esetében az ALS pontfelhőn jól lehatárolható objektum körvonal. A jobb láthatóság és azonosíthatóság érdekében a légi pontfelhőn magassági küszöböket használtunk (5. ábra) és a releváns részletek segítségével hajtottuk végre a kézi pontfelhő illesztést. A szoftveres megoldások ez esetben nem jelentettek megoldást a két eltérő pontfelhő között mutatkozó felbontásból adódó és a takaró növényzet miatti eltérés miatt. A pontfelhők illesztése jellemzően 20–30 cm-es hibával sikerültek a jól azonosítható részeken. Jellemzően a nagyobb hibák magassági értelemben jelentkeznek, mert a vízszintes értelmű igazítás jól megoldható. Amennyiben figyelembe vesszük, hogy az objektumok zárt részei közel vízszintesen épültek és a rekonstrukcióhoz alapvetően a kilövési és pásztázási irányok a mérvadóak, akkor kijelenthetjük, hogy ezzel a pontossággal a harcászati szintű vizsgálat megvalósítható.

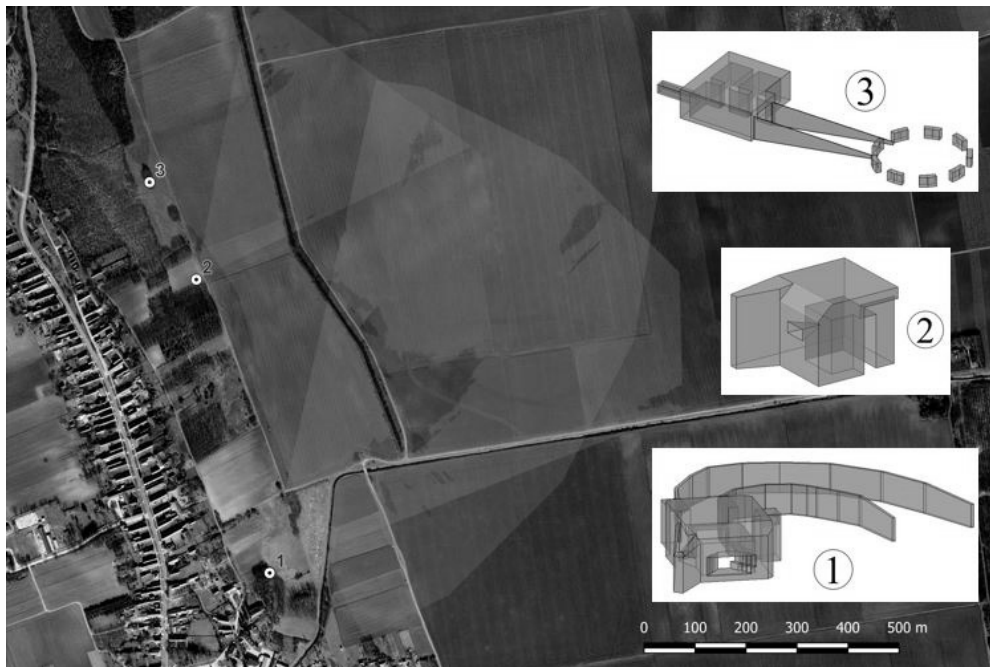
## Eredmények

A térinformatika használatával a különböző eredetű adatokat egy egységes rendszerben tárolhatjuk, elemezhetjük és ábrázolhatjuk. Esetünkben EOV rendszert használtunk az adatbázis referencia rendszereként. A vizsgált terület taktikai, harcászati rekonstrukciójához elkészítettük a terület digitális terep modelljét a légi szkennelt adatok felhasználásával. Ebbe illeszkednek bele az egyes bunkerek TLS pontfelhői, illetve a 3D modellek. A magassági és vízszintes értelmű elhelyezés nagy pontossággal lehetővé tette a kilövési irányok és pásztázott területek elemzését és

ábrázolását (6. ábra). Így pontosítva a korabeli terveket és bemutatva a védelmi elképzeléseket (7. ábra). A pásztázott távolságokat a géppuska esetében 600 méterben, a páncéltörő ágyúk esetében 1 km-ben adtuk meg. Természetesen csak a ma is fellelhető és felmérhető objektumok szerepelnek ebben a rekonstrukcióban. A további tervezett és korabeli térképeken ábrázolt objektumok sorsa további vizsgálatokat igényel. Ezek vagy meg sem épültek, vagy a lakosság széthordta őket, vagy teljesen a föld alá kerültek az évtizedek alatt. Amennyiben a bunkernek volt olyan eleme, amit nem lehetett beazonosítani a mai terepen, azt szaggatott részként ábrázoltuk a modelleken, mint például a 7. ábra 3-as számú bunkerénél.



6. ábra Féloldalazó géppuska állás a mai környezetben (bal), az illesztett pontfelhők (középen) és a térinformatikai rekonstrukcióban (jobb) a pásztázott területtel



7. ábra A mintaterület 3D térinformatikai rekonstrukciója a 3D bunker modellekkel: megerősített típusú tüzérségi féloldalazó mű (1), féloldalazó vasbeton géppuska erőd (2), közepes típusú fedezékkel ellátott tüzelőállás 57(76) mm-es löveg számára (3)

## Konklúzió

A térinformatika használata ma már teljesen megszokott a régészeti, hadtörténeti feladatok megoldásában. Kutatásunk során egy XX. századi erődítési rendszer egy kiválasztott szegmensének részletes 3D rekonstrukcióját valósítottuk meg térinformatikai környezetben. Habár az erődítési rendszer és elemei jól dokumentáltak, a rekonstrukció több szinten lehetővé tette a részletesebb és pontosabb elemzést és bemutatást is. Az alapvető elképzelésünk szerint az egyes bunker típusok részletes 3D modelljeit kellett elsőként elkészíteni. Ezután a potenciálisan rendelkezésre álló, teljes erődítési területet magába foglaló ALS felmérés pontfelhőjébe tömegesen beilleszteni ezeket, a jól beazonosítható részletek alapján. A mintaterületen végrehajtott rekonstrukciónk igazolta, hogy ez az elképzelés megvalósítható és ezzel a terepi munka jelentősen csökkenthető. Habár a bunkerek valós kialakítása részben eltérhet a tervektől – főleg a föld feletti részekben (rézsűk, felszíni löállások) – az archív és mai adatforrások segítségével létre lehet hozni a védelmi rendszer 3D modelljét. Megállapítottuk, hogy a terepi munka során a TLS felmérés hatékonyabb, mint az UAV szkennelés. Ez utóbbi ellen szól a jelentős számú föld alatti mérés szükségessége és az eszköz korlátozottabb időbeli kapacitása. A TLS mérések ez esetben az átlagosnál nagyobb kihívást jelentenek az igen sűrű növényzet és a részben feltöltődött objektum részek miatt, de körütekintő tervezéssel nagy pontossággal megoldhatók. Az elemzések esetünkben két szinten zajlottak. Egyszer a részletes és valós modelleket vetettük össze az eredeti tervekkel, majd a taktikai szintű védelmet vizsgáltuk az egyes erődítési elemek egymáshoz való viszonya, valamint a kilövési irányok és pásztázott területek és azok átfedései alapján. Amennyiben a teljes rendszer rekonstrukciója is elkészül, a hadászati szintű vizsgálat is lehetővé válik, ahol a védelmet teljes szélességében és mélységében elemezhetjük. A létrehozott térinformatikai modell a későbbiekben felhasználható hadtörténeti, építészeti, oktatási vagy turisztikai célokra is.

## Felhasznált irodalom

A típus erődítmények és azok álcázásának gyűjteménye, 1951. (Hadtörténelmi levéltár)

BERTÓK, G. – GÁTI, Cs. (2014): Régi idők – új módszerek. Roncsolásmentes régészet Baranyában 2005–2013. Budapest – Pécs, Archaeolingua, p. 171.

JUHÁSZ, A. (2005): Data collection methods for military historical reconstruction. *Academic and Applied Research in Military Science (AARMS)* 4(3), pp. 413–420.

SUBA J. – JAKUS J. – NÉGYESI L. – HOLLÓ J. – BAJÁKI B. (2010): Betonba zárt hidegháború, Budapest: HM Hadtörténeti Intézet és Múzeum, p. 207.

## Internetes források

INTERNET1 – <https://warroom.armywarcollege.edu/articles/geography-and-strategy/>,

Bruscino, T. (2020) Military geography and military strategy, Letöltés ideje: 2024. március.

INTERNET2 – Fentrol.hu <https://www.fentrol.hu/en/> Letöltés ideje: 2024. március.



# Integrated approach for lineament extraction in assessing groundwater potential: a case study in the highlands of Eritrea

Kabral Mogos Asghede<sup>1,2\*</sup> – Vágó János<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Faculty of Earth and Environmental Science and Engineering, Institute of Geography and Geoinformatics University of Miskolc, Miskolc 3515, Hungary, kabralmogos@gmail.com

<sup>2</sup> Civil Engineering Department, Mai Nefhi College of Engineering and Technology, National Higher Education and Research Institute, Asmara, Eritrea

<sup>3</sup> Faculty of Earth and Environmental Science and Engineering, Institute of Geography and Geoinformatics University of Miskolc, Miskolc 3515, Hungary. janos.vago@uni-miskolc.hu

**Abstract:** Groundwater, a crucial water resource placed deep within aquifers, plays a vital role in sustaining ecosystems and human activities. Its presence is facilitated by various parameters, among which lineaments are significant indicators. However, conventional field surveys for identifying lineaments are time-consuming and costly. This study conducted in the highlands of Eritrea; where, the assessment of groundwater potential relied on lineaments as a key input parameter. An integrated methodology was employed, combining manual computation using different hillshade angle, Geographic Information System (GIS), and MATLAB analysis. Digital Elevation Models (DEMs) were utilized to generate hillshade having azimuth angle of 45 and 315 within the GIS environment. These, data were subsequently imported into MATLAB for lineament extraction using seven algorithms. The extracted lineaments were then integrated back into the GIS platform for further processing, including raster-to-polyline conversion, generalization, and generation of line density maps. The analysis of comparison carried out between lineament densities extracted by the seven different models in MATLAB and the manually identified density. The result revealed Log model exhibit the highest similarity in terms of cell values. The output from this model serves as a crucial parameter for the assessment of groundwater study. Further refinement and validation of this approach with alternative extraction techniques are recommended for comprehensive groundwater evaluation.

*Keywords: Groundwater potential assessment, Lineament extraction, Geographic Information System (GIS), MATLAB, Digital Elevation Model (DEM), Highlands of Eritrea*



# Számítás csökkentési módszerek összehasonlítása különböző outlier filter algoritmusokon nagyméretű lézerszkenneres pontfelhők szűréséhez

Kiss Bence<sup>1</sup> – Szutor Péter<sup>2</sup>

<sup>1</sup> GIS fejlesztő, MVMI Zrt, kissben@mvmi.hu

<sup>2</sup> GIS fejlesztő, MVMI Zrt., szutorp@mvmi.hu

**Absztrakt:** A lézerszkenneres pontfelhők feldolgozása esetén az egyik, szinte minden esetben alkalmazott előszűrési módszer az outlier szűrés. A pontfelhő feldolgozó programok általában az egyik legegyszerűbb algoritmust, a Radius Outlier Filtert, vagy ennek adaptív változatát, a Statistical Outlier Filtert alkalmazzák. De nagy méretű pontfelhőkön (>20 millió pont) ezen egyszerűbb algoritmusok sem futnak jól. Bizonyos szoftverek ezért szegmentálási technikát alkalmazva futtatják ezeket. A cikkben ezen szegmentálási technikák hatásait fogjuk bemutatni a PYOD Outlier Detection keretrendszer algoritmusainak segítségével.

## Bevezető

A szegmentálási (alulmintavételezési) technikák alkalmasak arra, hogy olyan algoritmusokat is használhatóvá tegyenek, amelyeknek az időkomplexitása nem lineáris. Jellemzően az outlier szűrő algoritmusok legközelebbi szomszéd keresést ( $NN$ ) vagy  $k$  mennyiségű legközelebbi szomszéd keresést ( $k$ - $NN$ ) alkalmaznak. Ezek még térbeli indexeléssel gyorsítva is  $O(\log n)$  időkomplexitással rendelkeznek – ez jobb, mint az indexelés nélküli  $O(d*n)$  – egy szomszéd megkeresésre, de mivel majdnem minden ponthoz meg kell csinálni, így ez is minimum  $O(n*\log n)$ , illetve  $k$  pontra  $O(k*n*\log n)$ . Léteznek algoritmusok, pl. a LOF, amely  $O(n^2*k)$ , vagy az ABOD, amelyek  $O(n^2+n*k^2)$  időkomplexitással rendelkeznek.

Ezért használnak a megvalósítások, mint pl. a PCL (Point Cloud Library) szegmentálási technikát a gyorsításra, így kellően kis részleten kell csak megcsinálni az indexet és a keresést, valamint az outlier számítást.

## Elemzés folyamata

A tesztelés során elvégzett lépések:

Teszt adatok kiválasztása: Több pontfelhőn is teszteltünk, egy kis méretű, jó minőségű pontfelhőn a minőségi tesztet, majd több nagy méretűn a sebességtesztet végeztük

Outlierek generálása: Az eredeti pontok mellé local és far outliereket is generáltunk, mindkét típust *eredeti pontszám/50* darabszámban.

Minőségi tesztek futtatása: a tévesztési mátrix értékeit a kis méretűn, majd ezen eredményeket vizualizáltuk is.

Sebesség tesztek futtatása: A nagy méretű pontfelhőkön, többféle szegmentálási paraméterrel.

### ***Teszt adatok***

Az algoritmusokat 3 különböző mintaadaton teszteltük. A pontfelhőt kiegészítettük egy plusz oszloppal, amelyben azt tároltuk, hogy eredeti pont, local outlier vagy far outlier.

- Stanford bunny oldalnézet (40256 pont)
- Csövek 2M (2801526 pont)
- Csövek 8M (9097521 pont)

### ***Alkalmazott szegmentálási módszerek***

Háromféle szegmentálási (alulmintavételezési) technikát alkalmaztunk, olyanokat, amelyek gyorsan kiszámíthatóak, hiszen a számítás gyorsítására szeretnénk használni. A szegmentálással természetesen a párhuzamos futtatás lehetősége is adott, de a tesztek során nem párhuzamosítottunk, mert az meghamisította volna az eredményeket.

- Eredeti sorrend minden  $k$ -adik pont (továbbiakban Step): A legegyszerűbb alulmintavételezési technika, hogy minden  $k$ -adik pontot veszem csak át. Így  $k$  darab szegmensünk lesz. A pontfelhőkben a pontok eredeti sorrendje általában a szkennel letapogatási sorrendjében van, tehát minden szegmens egy csökkentett felbontású pontfelhő lesz.
- Octree sorrend minden  $k$ -adik pont (továbbiakban Octree): Mint az előző, csak előbb minden ponthoz kiszámoljuk az octree kódját 8 mélységben, sorba rendezzük octree kódok szerint, majd így vesszük minden  $k$ -adik pontot. Ezzel azt érjük el, hogy megmarad egyfajta csomósodás, tehát ott, ahol sűrűbb a pontfelhő, több pont lesz egymás mellett a szegmensben is.
- Voxel alapú (továbbiakban Voxel): A pontfelhő extentjét téglatestekre bontjuk, és egy téglatest lesz a vizsgált szegmens.

### ***Outlier szűrők***

Az outlier szűréshez a PyOD keretrendszer algoritmusait használjuk, ezek közül is azokat, unsupervised algoritmusok. Az algoritmusokat előszűrtük, mert több algoritmus is nagyon lassan fut nagyobb számosságú mintán (>10000), ezek alkalmatlanok pontfelhő szűrésre, a következő algoritmusokat használtuk annak eldöntésére, melyik szegmentálási módszer a jobb.

- ABOD: Az Angle-Based Outlier Detection (KRIEGL ET AL. 2008) alapötlete az, hogy egy outlier pontból nézve a többi pontra, alacsonyabb szögben látszódik, mint a csoporton belüli pontokból nézve a többi pontot. Ez az eljárás nagyobb dimenziószámú adatra is alkalmazható. Viszonylag magas a számításigénye;

nagyobb mennyiségű pont esetén az algoritmusnak egy  $k$ -NN ( $k$ \_Nearest Neighbours) kereséssel kiválasztja az adott ponthoz közelebb lévő pontokat, és csak azokra végzi el a szögek számítását.

- CBLOF: A Cluster-Based Local Outlier (ZENGYOU ET AL. 2003) algoritmus azon alapszik, hogy ha klaszterezem az adathalmazt, akkor a klaszterbe nem eső pontok outlierok. A Squeezer algoritmust használja a klaszterek előállításához.
- COPOD: A Copula Based outlier szűrő (ZHENG ET AL. 2020) empirikus kopulát használ az outlierok megkülönböztetésére, Egy kifejezetten gyors algoritmus.
- ECOD: Az Empirical Cumulative Outlier Detection (ZHENG ET AL. 2022) szintén statisztikai alapú algoritmus, amely egy kumulált eloszlásfüggvény alapján dönti el, mi outlier és mi nem. Egy gyors algoritmus.
- INNE: Az iForest algoritmus továbbfejlesztett változata (Isolation-based anomaly detection using nearest-neighbor ensembles). Egy elszigeteltségi pontnak nevezett értéket alapján dönti el, melyik pont outlier. Ennek megállapításához befoglaló hipergömböket alkot adott számú random pont alapján  $k$ NN-el, majd ezen gömbök alapján állapítja meg az elszigeteltségi mutatót. (THARINDU ET AL. 2018) Viszonylag lassú algoritmus.
- $k$ -NN: A  $k$ -NN, azaz a  $k$  darab legközelebbi szomszéd keresésén alapul (ANGIULLI – PIZZUTI 2002). Ehhez minden ponthoz számol egy  $D$  változót, amely a  $k$  darab legközelebbi szomszéd maximum távolsága. Van még egy  $n$  nevű paramétere az algoritmusnak, és outlier pontnak az a  $p$  pont számít, amelyre igaz, hogy nincs több, mint  $n-1$  egyéb pont az adathalmazban, amelynek nagyobb a  $D$ -je, mint a  $p$  pontnak.
- LODA: Egy hisztogram alapú szűrő (PEVNY 2016), amely egy egydimenziós hisztogramhoz rendelt threshold érték feletti pontokat veszi outliernek. Mivel ez így nem lenne jó több dimenziós adatokra, ezért a LODA több random vektor szerint is kiszámolja az egy dimenziós hisztogramot, és ezek átlaga alapján dönt.
- LOF: Local Outlier Factor (BREUNIG ET AL. 2000), egy nagyon gyakran használt mutató. A  $k$ -NN keresés az alapja, először a  $p$  vizsgált ponthoz kiszámítja a  $k$ -distance-t, amely a  $k$  számú NN szomszéd távolságának maximuma, majd az *elérhetőségi távolságot*, amely a többi ( $MinPTS$  paraméterben megadott számú) ponttal való távolság és a  $k$ -distance maximuma, és ezen két mutató alapján számolja ki az adott ponthoz tartozó *local outlier factort*.
- PCA: Főkomponens alapú outlier, amely becslése a főkomponenstől való távolságon alapul (SHYU ET AL. 2003).
- QMCD: A Wrap-around Quasi-Monte Carlo diszkrepancia (FANG – MA 2001) egy egyenletességi kritérium. Egy hiperkockába eső minták térkitöltésének értékelésére szolgál. A hiperkockán lévő folytonos egyenletes eloszlás és a különálló mintapontokon lévő diszkrét egyenletes eloszlás közötti távolságot számszerűsíti.

- ROD: Rotation Based Outlier filter (ALMARDENY ET AL. 2020), amely az ABOD egyik változata, minden pont, mint vektor szögének eloszlását osztályozza.
- Sampling: Egy valószínűség alapú algoritmus (SHYU ET AL. 2003), amely egy rendkívül kis mintán végzett analízis után osztályozza az adathalmaz pontjait, így az időkomplexitása gyakorlatilag lineáris.

### Tévesztési mátrix teszt

A tesztelés első részében az outlier szűrés minőségét akartuk megtudni, a tévesztési mátrix értékeinek (TPR,FPR,TNR,FNR) segítségével. A tesztet 2 különböző pontfelhőn hajtottuk végre és értékeltük.

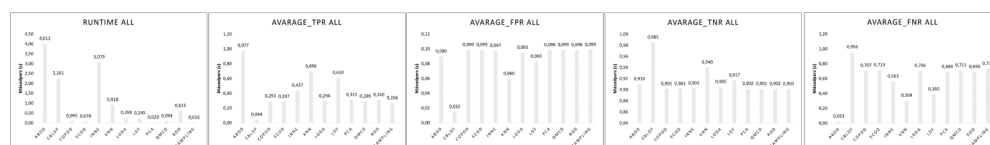
### Stanford bunny

A TPR, FPR, TNR, FRN értékeket egy jól ismert pontfelhőn, a stanford bunny-n teszteltük, külön csak local, far, illetve far és local outlierekkel mindegyik outlier szűrő algoritmuson, mindháromféle szegmentálási módszerrel.

A pontfelhő sajátossága az egyenletes ponteloszlás a felületen, amely az objektum szkennelésnek köszönhető. A TLS, azaz ipari földi szkennelések nem így oszlanak meg, ott a beesési szögtől függ a pontsűrűség.

Az 1. táblázatban az lett a legjobb szegmentálás, amely a legtöbb outlier szűrőnél bizonyult a legjobbnak. Az eredmény elég meglepő volt, a Voxel alkalmazásától vártuk a legjobb eredményt, de rosszul találta meg az outliereket, viszont kevésbé tévedett, de néha az Octree, míg a TNR szempontjából a Step módszer bizonyult legjobbnak. Hozzá kell tenni, a legnagyobb különbségek az FNR és TPR értékek között voltak, tehát legjobb ezt a két mutatót nézni.

Sajnos a cikk keretein belül minden mérést nem lehet közzétenni, de az 1. ábrán látható, mennyire eredményesek a különböző outlier szűrő algoritmusok. A jól teljesítő algoritmusok futási ideje is kiugróan magas.



1. ábra Eredmények az összes outlierrel Octree szerint

1. táblázat Legjobb szegmentálási algoritmusok

	TPR	FPR	TNR	FNR	Idő
<b>Local</b>	Step	Voxel	Step	Voxel	Voxel
<b>Far</b>	Step	Voxel	Step	Voxel	Voxel
<b>Mind</b>	Octree	Voxel	Step	Voxel	Octree

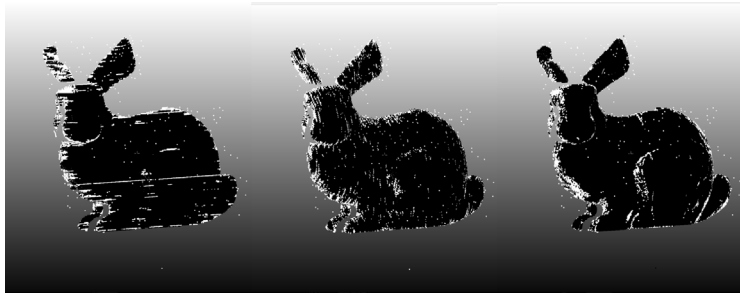
### *Minta vizualizációk*

Az ABOD volt az egyik legjobban teljesítő algoritmus, de jól látszik, milyen különbség van a különböző szegmentálások eredménye között. A fehér pontok az algoritmus által megtalált outlierok (2. ábra).

Vannak a Voxel szegmentálásra érzékenyebb algoritmusok is. Például a LOF szereti az éleken lévő pontokat is outliernek detektálni, ahogy az az 3. ábrán látszik.

### *Csővek 2M*

Ez egy ipari szkennelés részlete. A felületek nem összefüggőek, de nincsenek távoli, kisebb sűrűségű részletek. Az eredmények szerint (2. táblázat) ennél a pontfelhőnél már az Voxelnek van elsőbbsége, de az Octree is jól teljesít. Viszont az FPR és TNR értékek szórása volt nagyon kicsi, tehát kisebb súllyal kell őket az értékelésbe venni. Továbbá a mind kategóriában is az Octree hozta a legjobb eredményt, így összességében az Octree lett a legjobb szegmentáló algoritmus.



2. ábra ABOD szűrő Step, Octree, és Voxel szegmentálással



3. ábra LOF szűrő Voxel szegmentálással

2. táblázat Szegmentálási algoritmusok eredményei

	<b>TPR</b>	<b>FPR</b>	<b>TNR</b>	<b>FNR</b>	<b>Idő</b>
<b>Local</b>	Voxel	Voxel	Voxel	Step	Voxel
<b>Far</b>	Voxel	Voxel	Voxel	Octree	Voxel
<b>Mind</b>	Octree	Voxel	Voxel	Step	Octree

## Értékelés

Ámbár a teszt győztesének a Voxel eljárást vártuk, de a két pontfelhőn az eredmények inkább az Octree elsőbbségét bizonyítják. A Voxel szegmentálásnál a voxelek szélei megzavarják az algoritmusokat, míg az Octree-nek sikerült valamivel jobban megőrizni a térbeli szerkezet, mint a sima Step-nek.

### Sebességteszt

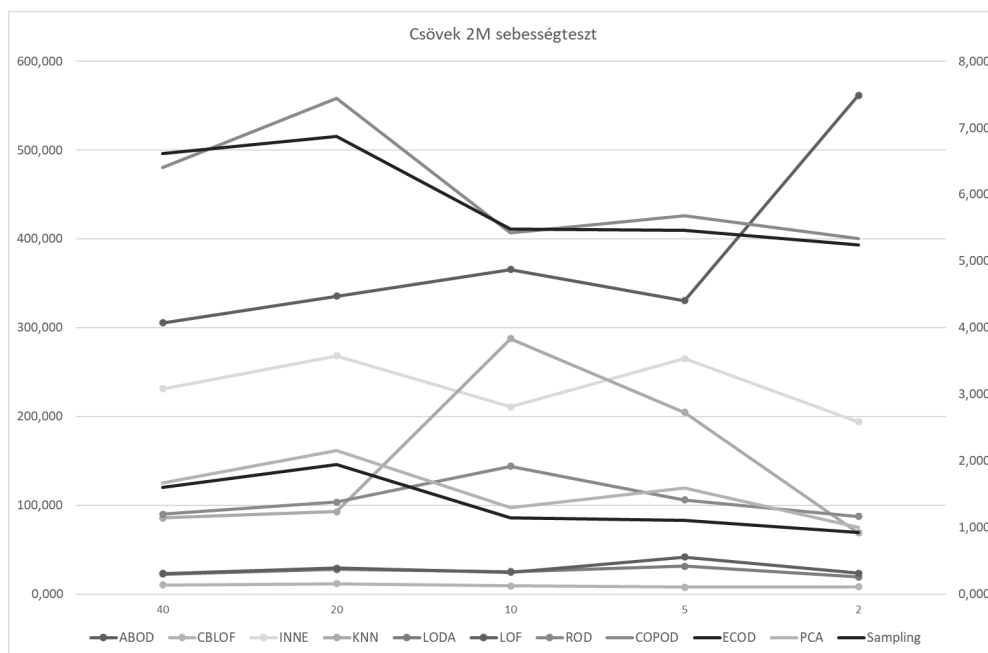
A nagy méretű (>20 millió pont) pontfelhőkön a szegmentálás elengedhetetlen, de érdemes tudni, mi az a szegmensméret, amelynél optimálisan dolgozik az algoritmus. A szomszédos pontokat kereső algoritmusok általában tartalmaznak Kd-Tree-t. A Kd-tree felépítése az NN kereséshez, majd az k-NN a keresések egy adott méreten lesz majd optimális. Túl sok kis szegmens esetén a sok KD-tree építés lesz, túl nagy méretű szegmens esetén túl sok k-NN keresés.

A Csövek 2M és Csövek 8M pontfelhőn hajtottuk végre a sebességteszteket, Step módszerrel, 2,5,10,20,40 darabra osztva.

Az ábrákon jól látható, hogy hány darabra osztva kapunk optimumot (4. ábra).

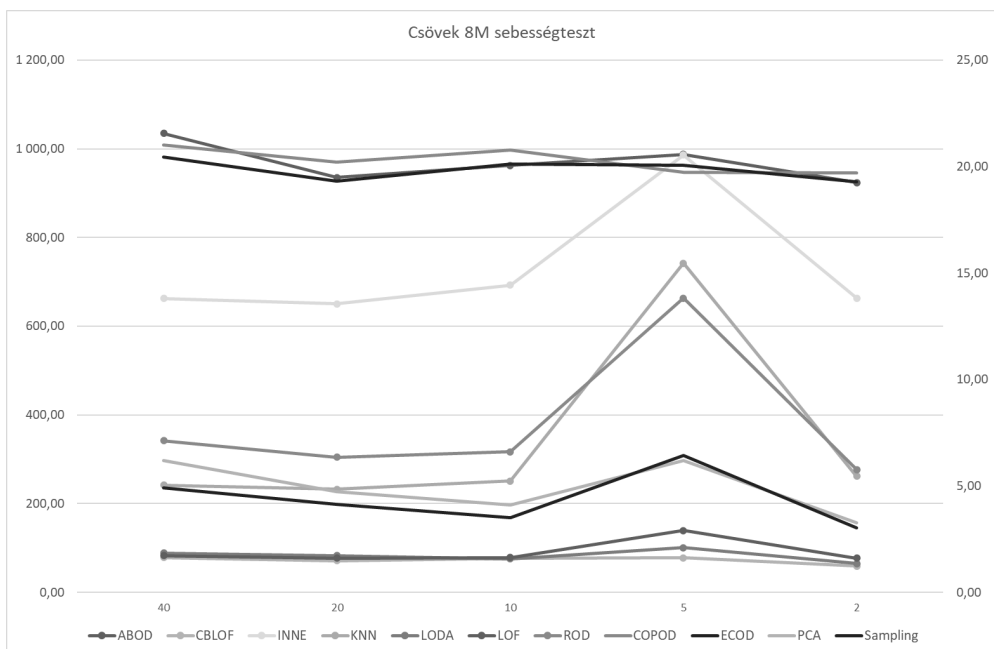
Észrevehető, hogy több algoritmus is belassult adott szegmensszámnál. A gyakorlatban ezért a szegmensszámokat algoritmushoz érdemes megválasztani.

Eltérő eredményeket mutat a nagyobb pontszámú pontfelhő (5. ábra), hiszen ekkor a szegmensméretek is nagyobbak.



4. ábra Csövek 2M sebességek a szegmensszám függvényében





5. ábra Csövek 8M sebességek a szegmensszám függvényében

## Konklúzió

A tesztek szerint a legbiztosabban jó eredményt hozó szegmentálási módszer az Octree lett. A szegmentálások számát pedig az adott algoritmusokhoz kell külön igazítani.

## Felhasznált irodalom

- ALMARDENY, Y. – NOUREDDINE BOUJNAH – FRANCES CLEARY (2020): A novel outlier detection method for multivariate data. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering
- ANGIULLI, F. – CLARA PIZZUTI (2002): Fast outlier detection in high dimensional spaces. In European Conference on Principles of Data Mining and Knowledge Discovery, 15–27. Springer
- BANDARAGODA, T.R. – KAI MING TING – DAVID ALBRECHT – FEI TONY LIU – YE ZHU – JONATHAN R WELLS (2018): Isolation-based anomaly detection using nearest-neighbor ensembles. Computational Intelligence, 34(4): 968–998,
- BREUNIG, M.M. – HANS-PETER KRIEGLER – RAYMOND T NG – JÖRG SANDER (2000): Lof: identifying density-based local outliers. In ACM sigmod record, 29: 93–104. ACM
- FANG, K.T. – CHANG-XING MA (2001): Wrap-around l2-discrepancy of random sampling, latin hypercube and uniform designs. Journal of complexity, 17(4): 608–624
- HE, Z. – XIAOFEI XU – SHENGCHUN DENG (2003): Discovering cluster-based local outliers. Pattern Recognition Letters, 24(9–10): 1641–1650

- KRIEGEL, H.P. – ARTHUR ZIMEK ET AL. (2008): Angle-based outlier detection in high-dimensional data. In Proceedings of the 14th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, 444–452. ACM
- LI, Z. – YUE ZHAO – NICOLA BOTTA – CEZAR IONESCU – XIYANG HU (2020): COPOD: copula-based outlier detection. In IEEE International Conference on Data Mining (ICDM). IEEE
- LI, Z. – YUE ZHAO – XIYANG HU – NICOLA BOTTA – CEZAR IONESCU – GEORGE H. CHEN (2022): ECOD: Unsupervised Outlier Detection Using Empirical Cumulative Distribution Functions, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 35(12).
- PEVNY, T. (2016): Loda: lightweight on-line detector of anomalies. Machine Learning, 102(2): 275–304
- SHYU M.L. – SHU-CHING CHEN – KANOKSRI SARINNAKORN – LIWU CHANG (2003): A novel anomaly detection scheme based on principal component classifier. Technical Report, Miami Univ Coral Gables Fl Dept Of Electrical And Computer Engineering

# Távérzékelés alkalmazása a vízgyűjtőfeltárásban

Koch Dániel<sup>1</sup> – Majer Fruzsina Kata<sup>2</sup> – Abonyi Balázs<sup>3</sup> – Keve Gábor<sup>4</sup> –  
Bíró Tibor<sup>5</sup>

<sup>1</sup> egyetemi tanársegéd, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víztudományi Kar, koch.daniel@uni-nke.hu; szakmai főreferens, Víztudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víztudományi Kar

<sup>2</sup> mérnök tanár, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víztudományi Kar, majer.fruzsina.kata@uni-nke.hu

<sup>3</sup> mérnök, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víztudományi Kar, abonyi.balazs@uni-nke.hu

<sup>4</sup> egyetemi docens, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víztudományi Kar, keve.gabor@uni-nke.hu

<sup>5</sup> egyetemi tanár, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víztudományi Kar, biro.tibor@uni-nke.hu; projektigazgató, Víztudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víztudományi Kar

**Absztrakt:** A globális klímaváltozás következményeként felgyorsult hidrológiai körfolyamat új kihívások elé állítja a vízmérnök szakmát. Az egyre gyakoribb és kiszámíthatatlan szélsőséges időjárási jelenségek bizonyították, hogy a múltbeli méréseink és adatbázisaink már nem feltétlenül jellemzik megfelelően vízgyűjtőink tulajdonságait, vízfolyásainak vízjárását (WERNERS ET AL. 2016). A vízügyi szakma számára a modellezés, vagyis a természeti folyamatok szimulációja jelenthet megoldást erre a problémára, viszont egy modell csak akkor lehet hatékony és megbízható, ha minél pontosabb adatokkal látjuk el. Ahhoz, hogy ezt elérjük, alaposan fel kell tárnunk a vízgyűjtőterületet, annak csapadék és lefolyás kapcsolatát befolyásoló környezeti elemeit. A ma elérhető távérzékelési módszerekkel a vízgyűjtőfeltárás folyamata új szintre emelkedett, ezzel a csapadék-lefolyás modellezés óriási adatigénye mérsékelhető. A Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víztudományi Karának magyaregregyi kísérleti vízgyűjtőjén ezirányú kutatásaink már elkezdődtek.

## Bevezetés

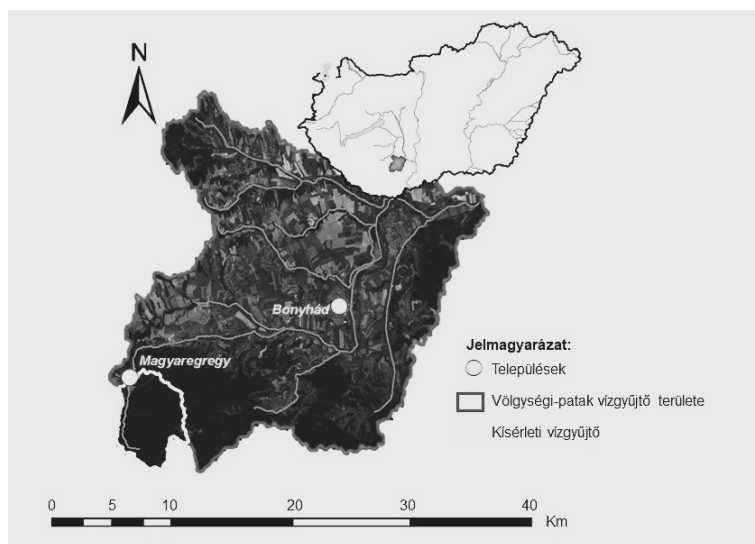
Annak érdekében, hogy vízfolyásaink vízjárását jól tudjuk modellezni, így megbízható alapadatot szolgáltatni vagy előrejelzést készíteni – legyen szó műtárgyaink méretezéséről, vízkészlet gazdálkodásáról vagy árvízi előrejelzésről –, elengedhetetlen vízgyűjtőink feltárása, a vízgyűjtőn zajló természetes és mesterséges folyamatok megértése és számszerűsítése, valamint matematikai modellezése. A hegy- és dombvidéki kisvízgyűjtők felmérésének zöme hiányos, teljes feltárásuk jelenleg még várat magára. Ezért olyan minta és tájjellemző területekre van szükségünk, amelyek alapos feltárásával, a hidrológiai és hidraulikai folyamatok pontosabb megértésével a méretlen vízgyűjtőkre is kiterjeszthető. Ilyen mintaterület a Víztudományi Kar magyaregregyi kísérleti vízgyűjtője (MAJER – KOCH 2020).

A Nemzeti Közzolgálati Egyetem Víztudományi Kar hegy- és dombvidéki vízgyűjtőkkel kapcsolatos kutatási programját, a Kar Kelet-Mecsekben található Lászlóffy Woldemár Hidrometriai mérőtelep központtal és körülötte található 32 km<sup>2</sup>-es vízgyűjtőterületen valósítja meg (*1. ábra*).

A kutatási programban megfogalmazott célkitűzések:

- szélsőséges időjárási jelenségek vízjárásra gyakorolt hatásának vizsgálata,
- intenzív csapadéktevékenységek térbeli és időbeli eloszlása vizsgálata hegyvidéki területen, az ennek leírásához szükséges monitoring-hálózat sűrűségének meghatározása,
- a méretlen (feltáratlan) kisvízgyűjtőkön az árvízi vízállás és vízhozam becslésére alkalmazott eljárások felülvizsgálta, új összefüggések keresése,
- hidrológiai modellek alkalmazása a vízgyűjtőn végbemenő fizikai folyamatok közelítésére, azok alkalmazhatóságának meghatározása,
- a területhasználat tér és időbeli változásainak hatásvizsgálata a lefolyásra,
- távérzékelési technológiák bevezetése és alkalmazása a vízgyűjtőfeltárás folyamatában
- a terület beszivárgás-viszonyainak térbeli és időbeli azonosítása, befolyásoló tényezőinek feltárása,
- árvízi előrejelzés megvalósítása egy monitoring rendszeren alapuló csapadék-lefolyás modell segítségével
- árvízi kockázatsökkentés (MAJER – KOCH 2020).

A kísérleti vízgyűjtő a Kelet-Mecsek Tájvédelmi körzethez tartozik, így a vízgyűjtőn lejátszódó folyamatok természetközelinek mondhatók, többnyire erdőszéggel borított forrásvidék. A vízgyűjtő fő vízfolyása a Völgységi-patak (MAROSI – SOMOGYI 1990). A területre hulló csapadékot jelenleg 4 db meteorológiai állomással mérjük, a lefolyást 4 db mérőszelvényben regisztráljuk. A területen folyamatos a feltárási munka beszivárgásmérések, árhullámmérés és pillanatnyi vízhozam hossz-szelvények formájában. A kísérleti területen talajnedvesség monitoring is üzemel (Koch – Majer 2022).



1. ábra A kísérleti kisvízgyűjtő elhelyezkedése (MAJER – KOCH 2020)

## A kísérleti vízgyűjtő

A kísérleti vízgyűjtőn lejátszódó csapadék és lefolyás folyamatokat HEC-HMS és MIKE SHE modell segítségével vizsgáljuk. A MIKE SHE osztott paraméterű modellel rácsháló alapon, valós fizikai leíró egyenleteket alkalmazva lehetőségünk van a vízgyűjtő folyamatainak részletes szimulációjára, viszont ennek adatigénye igen nagy.

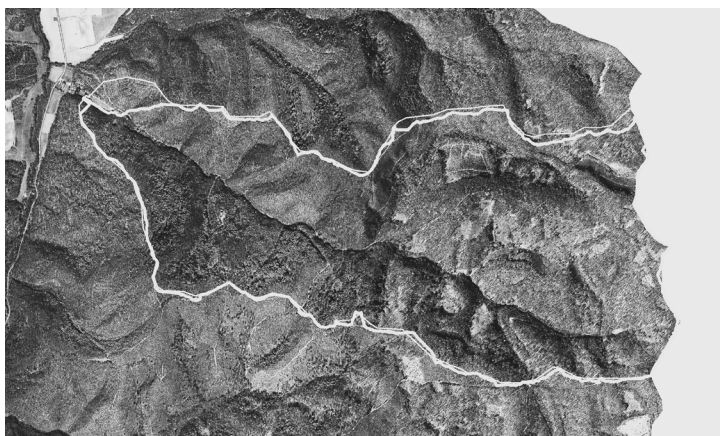
2023-ban LIDAR és hiperspektrális felvételek készültek a vízgyűjtőről a Víztudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium projekt keretében azzal a céllal, hogy modelljeink adatigényét mérsékeljük, és ez alapján új távérzékelésen alapuló módszertant dolgozzunk ki a vízgyűjtők feltárása érdekében.

## Anyag és módszer

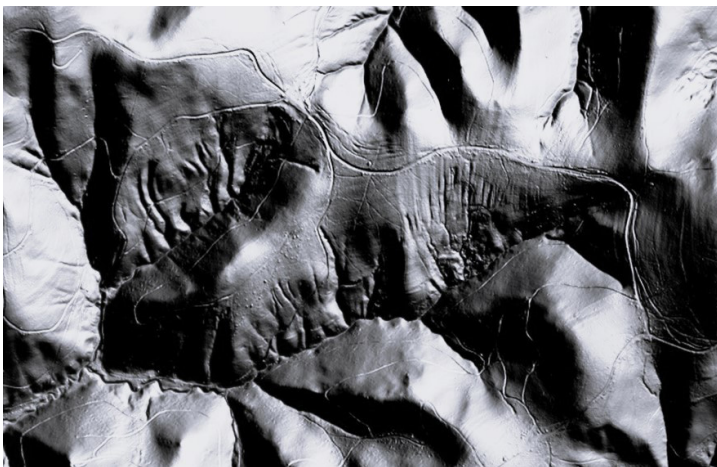
2023-ban a kísérleti vízgyűjtőn az alábbi felvételezések történtek:

1. Légi hiperspektrális felvételek 1,5 m-es terepi felbontással
2. Légi ortofotó
3. Hiperspektrális felvételek alapján képosztályozással előállított felszínborítási térkép az alábbi kategóriákkal: beépített terület; út; talaj; fás, bokros gyeplő; bükk; csertölgy; gyertyán; hárs; kocsánytalan tölgy
4. LiDAR alapú digitális terepmodell (DTM) 1 m-es terepi felbontással

A felvételeket GIS szoftver segítségével dolgoztuk fel. A vízgyűjtő lehatárolásában már tetten érhető volt az 1x1 m-es DTM pontosságára, hiszen a 10x10 m-es felbontással rendelkező terepmodellel szemben a valóságot igen jól közelítő vízgyűjtő lehatárolás született. Ebben már az erdészeti utak és az apróbb terepi adottságok is megjelennek. Az összehasonlítást a Vár völgy vízgyűjtőre mutatjuk be, mely a kutatásaink kiemelt részvízgyűjtője a kísérleti vízgyűjtőn belül. A 2. ábrán a külső vonal jelzi a 10x10 m-es DTM, míg belső vastagabb vonal a 1x1 m-es DTM



2. ábra A Vár völgy lehatárolása a különböző felbontású DTM-ek segítségével



3. ábra A részletes DTM által kirajzolódó mederhálózat és erdészeti utak

alapján készített vízgyűjtő lehatárolásokat. Területben csupán néhány hektár eltérés mutatkozik, viszont ez a különbség csapadék-lefolyás szempontjából már jelentős, például az árhullámképre.

Az 1x1 m-es DTM fontos információt nyújt a vízgyűjtő területen lejátszódó összegyülekezési folyamatokról. A felvételezett erdészeti utak átrajzolják a vízgyűjtő mederhálózatát, így alapvetően befolyásolják az összegyülekezés és lefolyás folyamatát (3. ábra), mivel a berágódott, tömörödött utak a talajtakaró felső rétegének szivárgási folyamatait megszakítják és koncentráltan vezetik a vizet a völgy irányába.

A LIDAR állomány alapján készített DTM felbontásának változtatásával végzünk érzékenység vizsgálatot annak érdekében, hogy megtaláljuk az egyes modellezési feladatokhoz párosítható, optimális DTM felbontásokat.

A területhasználat és a növényborítottság szempontjából a hiperspektrális méréseknek kulcsszerepe van. Célunk az ily módon rendelkezésre álló új adatállomány alapján feltölteni a modellt. A hiperspektrális mérések költséghatékony felhasználása érdekében összefüggést keresünk a műholdas felvételekből nyerhető hasonló adatokkal. Így modellünk érzékenység vizsgálatával a multispektrális (műholdas) csatornák kalibrálását, illetve kiválasztását irányozzuk elő, amelyek folyamatosan frissülő adatforrást jelentenek a modelljeinknek. Ezzel a meglehetősen drága hiperspektrális felvételezés gyakori megismétlése helyett a lényegesen olcsóbban hozzáférhető és megfelelő gyakorisággal készített műholdképek segíthetik többek között az előrejelzés javítását.

## Konklúzió

A LIDAR és hiperspektrális felvételezések hasznosnak bizonyulnak a vízgyűjtőfeltárási módszerek fejlesztésében és a csapadék-lefolyás modellek adatigényének mérséklésében, továbbá kiterjesztésében a méretlen vízgyűjtőkre.

A kalibrált modellek érzékenység vizsgálatával egyfajta optimalizációt tudunk végrehajtani a távérzékelési adatok vízgyűjtőfeltárásban való alkalmazásához, amelyek nagyban segítik modelljeink működését. Hiszen minél pontosabb a valóság leképezése, annál pontosabb és megbízhatóbb modelleket tudunk alkotni, amelyek vízkészletek várható alakulásáról, tervezési vízhozamok meghatározásához vagy éppen árvízi előrejelzéshez adnak többlet információt a szakemberek számára.

## **Köszönetnyilvánítás**

A cikkben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával valósult meg.

## **Felhasznált Irodalom**

- KOCH D. – MAJER F. (2020): Szélsőséges hidrológiai helyzetek a kisvízfolyásokon. Környezeti biztonság Budapest, Magyarország: Ludovika Egyetemi Kiadó, 752 p., pp. 189–217, 29 p.
- KOCH D. – MAJER F. (2022): Introduction of experimental catchment of Magyaregregy. In: Euromediterranean Network of Experimental and Representative Basins, 91 p., pp. 38–38, 1 p.
- MAJER F. – KOCH D. (2020): Kísérleti vízgyűjtő szerepe a csapadék és lefolyás vizsgálatában. Környezeti biztonság Budapest, Magyarország: Ludovika Egyetemi Kiadó, 752 p., pp. 219–246, 28 p.
- MAROSI S. – SOMOGYI S. (1990): Magyarország kistájainak katasztere II. Budapest, MTA Földrajztudományi Kutató Intézet. Budapest.
- WERNERS ET AL. (2016): Climate Change Adaptation in the Carpathian Mountain Region, Climate Change Adaptation Strategies – An Upstream-downstream Perspective. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 79–99.





# Erdőterületek fajaj alapú osztályozása hiperspektrális műholdfelvétel felhasználásával

Kovács Lilla<sup>1</sup> – Szabó Szilárd<sup>2</sup> – Molnár Tamás<sup>3</sup> – Abriha-Molnár Vanda Éva<sup>4</sup> – Szabó Loránd<sup>5</sup> – Abriha Dávid<sup>6</sup>

<sup>1</sup> egyetemi hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, k.lilla36@outlook.hu

<sup>2</sup> egyetemi tanár, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.szilard@science.unideb.hu

<sup>3</sup> tudományos munkatárs, Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet, Ökológiai és Erdőművelési Osztály, Budapest, molnar-tamas@uni-sopron.hu

<sup>4</sup> tudományos munkatárs, HUN-REN-DE Antropocén Ökológia Kutatócsoport; egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Ökológiai Tanszék, molnarvandaeva@science.unideb.hu

<sup>5</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.lorand@science.unideb.hu

<sup>6</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, abriha.david@science.unideb.hu

**Absztrakt:** Távérzékelt adatok segítségével erdővel borított területek kategorizálását végeztük el, amelynek során a célunk a leggyakrabban előforduló fafajok azonosítása volt. Egy 2021 nyarán készült hiperspektrális műholdfelvétellel (PRISMA) dolgoztunk. A sávok térbeli felbontását pankromatikus csatorna segítségével, a Gram-Schmidt féle módszerrel javítottuk fel, majd PCA-t végeztünk dimenziócsökkentés céljából. Az így kapott felvételen először 3, majd 5 kategóriával végeztük el az ML és az SVM ellenőrzött osztályba sorolási eljárásokat, amelyhez a tanító- és ellenőrzőterületek az erdészeti adatbázis alapján lettek kijelölve. Végül az eredmény leellenőrzése és annak számszerűsítésére pontosságvizsgálatot hajtottunk végre.

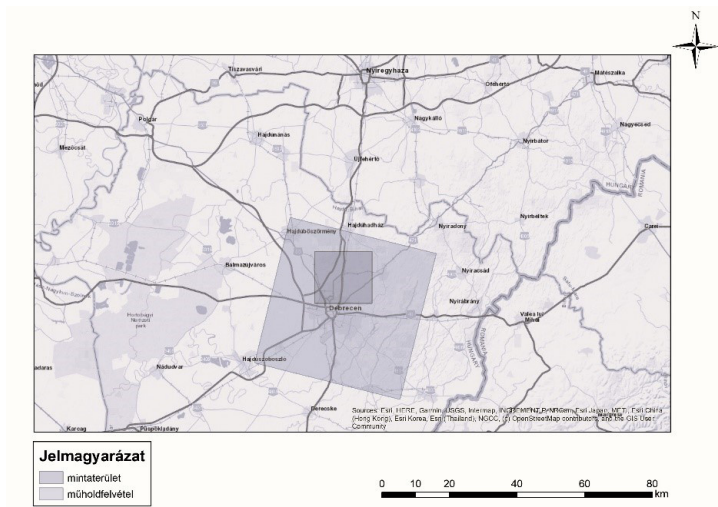
## Bevezetés

Magyarország kiterjedt, összefüggő erdőkkel rendelkezik, amelyek jellemző tulajdonságainak nyilvántartása szükségszerű azok állapotának folyamatos monitorozása érdekében. A nagy kiterjedésű területek esetében ezen adatok folyamatos frissítése idő- és energiaigényes feladat lehet. Arra kerestük a választ, hogy a távérzékelt, azon belül a hiperspektrális felvételek mennyire lehetnek alkalmasok ilyen jellegű és minőségű adatok kinyerésére. Munkánkban a különböző erdőrészeket elkülönítést tűztük ki célul és azt vizsgáltuk, hogy a különböző osztályozási algoritmusok milyen pontossággal képesek azonosítani az erdős területeken leggyakrabban előforduló fafajokat. Ehhez Debrecen környéki erdők egy kijelölt részének a fafajalapú osztályozását végeztük el kétféle osztályozó algoritmus segítségével, öt kategória figyelembevételével, valamint vizsgáltuk a folyamat a tematikus pontosságát is.

## Anyag és módszer

A vizsgálat elvégzéséhez egy 2021. augusztusában készült PRISMA műholdfelvételt használtunk föl, amelyet a DE-TTK Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék biztosított számunkra. A felvétel 30 m-es térbeli felbontással rendelkezik, 400–2500 nm-es hullámhossztartományban érzékel 237 db csatornán. Debrecent és környékét foglalja magába, amelyből kivágatot készítettünk a lehatárolt mintaterületre.

A mintaterület a Debrecen határában található erdők egy részét fedi le (1. ábra): a várostól északra, északkeletre, Debrecen, Hajdúsámson és Bocskai kert települések területén helyezkedik el. A mintaterület jelentős részét a Debreceni Nagyerdő teszi ki (2. ábra).



1. ábra A mintaterület elhelyezkedése



2. ábra A PRISMA hiperspektrális műholdfelvétel kivágata

A geometriai felbontás növelése érdekében a hiperspektrális műholdfelvételt a pánkromatikus, 5 m-es térbeli felbontású csatornájával ENVI szoftverben, Gram-Schmidt féle pansharpening módszer alkalmazásával javítottuk fel.

A hiperspektrális felvételtől származó nagy mennyiségű adat többlet információt szolgáltat számunkra, ugyanakkor megnehezíti és lassítja a feldolgozást. A főkomponens analízis egyfajta előfeldolgozásként alkalmazható a hiperspektrális képfeldolgozás során, elősegítve ezzel a képosztályozást. A dimenzió csökkentő eljárás által létrehozott főkomponensekből már az első néhány mesterséges változó magyarázza az adatok jelentős részét (CRAIG – JIE 2002).

Mivel a vizsgálatunk csupán a vegetációra terjedt ki, ezért az egyéb felszínborítási típusokat nem kívántuk ábrázolni, például a csupasz föld, szántó, beépített terület kategóriákat. Ennek érdekében maszkot készítettünk a hullámhosszából kiszámolt NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) alapján (BAKÓ – FÜLÖP 2015). A küszöb értéket úgy állítottuk be, hogy az erdős területeket magába foglalja, a szántókat, gyepterületeket viszont kitararja a maszk.

Az egyes erdőtípusok fafaj alapú elkülönítésére az erdészeti adatokat a Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézete bocsájtotta rendelkezésünkre. Az erdőrészletekhez tartozó fő fafaj típusok egy vektoros állomány poligonjaihoz voltak hozzárendelve.

Az osztályozást 3, majd azt követően 5 kategóriával végeztük el Maximum Likelihood (ML) és a Support Vector Machine (SVM) osztályozó algoritmusokat alkalmazva. Az osztályok 3 osztály esetén az akác, az erdeifenyő és a kocsányos tölgy voltak. 5 osztály esetében ezen kategóriákat a nyár fajokkal és a vöröstölgygel egészítettem ki.

A pontosságvizsgálat során több mutató kiszámítására is sor került: az általános pontosság (Overall Accuracy; OA) (CONGALTON 1991), az előállítói pontosságot (Producer's Accuracy; PA) és a felhasználói pontosságot (User's Accuracy; UA) (GEBHARD 1998), valamint az F1 mérőszám.

## Eredmények

A főkomponens-analízis eredményeként azt kaptuk, hogy már az első három főkomponens magyarázza a teljes variancia 96,49%-át. Az osztályozás során ezzel a három főkomponenssel dolgoztunk. Az osztályozások eredményei az 1. és a 2. táblázatokban találhatóak. A két osztályozó algoritmus közel hasonló általános pontosságot mutatott. 5 osztály esetében viszont az SVM algoritmus valamivel pontosabb eredményeket hozott. Ezért ezen eredményeket szeretném bemutatni.

Három osztály esetén az általános pontosság 75% fölötti. Az akác és az erdeifenyő osztályozása mind az előállítói, mind a felhasználói pontosság esetében jobb eredményt ért el a kocsányos tölgyvel szemben. Öt osztály alkalmazása esetén már jóval rosszabb általános pontosságot kaptunk. Bizonyos kategóriák esetében

1. táblázat A Support Vector Machine algoritmussal végzett osztályozás eredménye három kategória esetén

Osztály	Pontosság (%)			F1
	Előállítói	Felhasználói	Általános	
akác	83.93	76.74	75.46	0.8017
erdeifenyő	77.85	85.99		0.8172
kocsányos tölgy	60.66	68.93		0.6453

2. táblázat A Support Vector Machine algoritmussal végzett osztályozás eredménye öt kategória esetén

Osztály	Pontosság (%)			F1
	Előállítói	Felhasználói	Általános	
akác	76.86	60.01	55.49	0.6740
erdeifenyő	76.89	78.91		0.7789
nyár	39.82	45.72		0.4257
kocsányos tölgy	39.98	46.43		0.4296
vörös tölgy	24.83	50.87		0.3337

az osztályozó algoritmus egészen gyengén teljesített. A legrosszabb eredménye a vöröstölgynek volt. Ebben az esetben is az akác és az erdeifenyő osztályai különültek el a legjobban. A 3 osztály esetében elvégzett ellenőrzött osztályba sorolások pontosságai egyenletes, jó eredményeket mutattak. Az 5 osztály esetén főleg a kisebb tanítótérületekkel és nagyobb kategórián belüli eltérésekkel rendelkező ritkább csoportok nehezebben voltak azonosíthatóak. Az akác szinte minden esetben nagyszámban mutatkozott meg az eredményekben, ugyanis ebben a kategóriában tudtuk a legtöbb tanítótérületet fölvenni, amely a mintaterületen való nagyfokú elterjedésének köszönhető.

## Konklúzió

Összességébe véve a PRISMA hiperspektrális műholdfelvétel a tévesztések ellenére megfelelőnek bizonyul fafaj szintű klasszifikációk elvégzésére. Bár a több kategóriával végzett osztályozások esetében nagyobb hibák fordultak elő, a mintaterületen ritkábban előforduló fafajokhoz további tanítótérületek kijelölésével az osztályozások pontossága is javítható. Továbbá érdemes figyelni a minél nagyobb homogenitású minták gyűjtésére akkor is, ha ez egy természetes állapotú erdő és inkább elegyesekből tevődik össze. Az erdeifenyves és az akác, – amelyek telepített, viszonylag homogén erdők – sokkal jobb eredményt mutattak, mint egy természetes vagy természetközeli állapotú tölgyes; vagy több, különböző nyárfaj összevonásából létrehozott kategória. A vörös fenyő esetében valószínűleg nem ez okozta a problémát, hanem a ritkább előfordulása.

## Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetet mondani Dr. Borovics Attilának, az Erdészeti Tudományos Intézet vezetőjének az erdészeti adatok biztosításáért.

A kutatást az NKFIH K138079 és KKP 144068 projektek támogatták.

## Felhasznált irodalom

- BAKÓ G. – FÜLÖP GY. (2015): Fásszárú növekmény detektálása Landsat felvételek elemzésével az invazív fafajok kiszűrésének érdekében, Tájökológiai Lapok 13(1): 149–162.
- CONGALTON R.G. (1991): A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* (37)1: 35–46.
- CRAIG R. – JIE S. (2002): Principal Component Analysis for Hyperspectral Image Classification, *Surveying and Land Information Science*, 62. [https://www.researchgate.net/profile/Jie-Shan-5/publication/265198128\\_Principal\\_Component\\_Analysis\\_for\\_Hyperspectral\\_Image\\_Classification/links/54f1e60c0cf24eb879436220/Principal-Component-Analysis-for-Hyperspectral-Image-Classification.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jie-Shan-5/publication/265198128_Principal_Component_Analysis_for_Hyperspectral_Image_Classification/links/54f1e60c0cf24eb879436220/Principal-Component-Analysis-for-Hyperspectral-Image-Classification.pdf)
- GEBHARD B. (1998): A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data and of Methods Including Remote Sensing Data in Forest Inventory, <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/5570/1/IR-98-081.pdf>
- HARGITAI H. (2006): A hiperspektrális képfeldolgozás módszerei és az első magyarországi képkötő spektrométeres repülés adatainak elemzése. Doktori értekezés, ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskola, Budapest.
- HORVÁTH L. (2008): A távérzékelés adatgyűjtő rendszerei, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest.
- KOZMA-BOGNÁR V. (2012): Hiperspektrális felvételek feldolgozásának és mezőgazdasági alkalmazásának vizsgálata. Doktori értekezés, Pannon Egyetem Állat- és Agrárkörnyezet-Tudományi Doktori Iskola, Keszthely.
- KRISTÓF D. (2005): Távérzékelési módszerek a környezeti gazdálkodásban. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő.
- LISZTES-SZABÓ ZS. – KOVÁCS SZ. – TANYI P. (2009): Erdőfelújítási típusok botanikai értékelése a debreceni Nagyerdő gyöngyvirágos-tölgyesében, *Természetvédelmi Közlemények* 15, pp. 534–540.
- LÓKI J. (1996): Távérzékelés. Egyetemi jegyzet, KLTE TTK, Debrecen
- MEYER D. (2015): Support Vector Machines. The Interface to libsvm in package e1071
- MUCSI L. (2013): Műholdas távérzékelés elmélet és gyakorlat, digitális tananyag, SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged. <http://www.geo.u-szeged.hu/~laci/ab-RS-jegyzet/TAMOP-RS-tananyag.html>, letöltve: 2023. április 14.
- MUCSI L. (1995): Műholdas távérzékelés és digitális képfeldolgozás I. Egyetemi jegyzet, JATE TTK, Szeged.
- SZABÓ G. (2013): Raszteralapú térinformatikai rendszerek. Egyetemi jegyzet, DE Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debrecen.

SZILÁGYI J. – BERKE J. – KOZMA-BOGNÁR V. (2014): A Support Vector Machine osztályozó eljárás alkalmazása felszínborítás vizsgálatok esetében. Agrárinformatika Nemzetközi Konferencia, <https://docplayer.hu/15038455-A-support-vector-machine-osztalyozo-eljaras-alkalmazasa-felszinboritas-vizsgalatok-eseteben.html>

## **Internetes források**

Internet1 – [http://tamop412.elte.hu/tananyagok/taverzekelt/lecke2\\_lap1.html](http://tamop412.elte.hu/tananyagok/taverzekelt/lecke2_lap1.html), letöltve: 2023. április 14.

Internet2 – <https://gisgeography.com/pansharpening/>, letöltve: 2023. május 3.

Internet3 – <https://sajozsattila.home.blog/2021/08/02/fokomponens-analizis-2/>, letöltve: 2023. április 28.

Internet4 – <https://core.ac.uk/reader/132600080>, letöltve: 2023. április 30.

Internet5 – <https://www.eoportal.org/satellite-missions/prisma-hyperspectral#prisma>, letöltve: 2023. május 2.

# Erdős területek osztályozási- és utófeldolgozási lehetőségei hiperspektrális légifelvételek alapján

Likó Szilárd Balázs<sup>1</sup> – Burai Péter<sup>2</sup> – Szabó Károly<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, Eötvös Loránd Tudományegyetem Földtudományi Doktori Iskola,  
liko.szilard.balazs@gmail.com

<sup>2</sup> Tudományos főmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ,  
burai.peter@unideb.hu

<sup>3</sup> Térinformatikai fejlesztőmérnök, Envirosense Hungary Kft., karoly.szabo@envirosense.hu

**Abstract:** In the realm of contemporary forestry, the need for precise forest management has led to a demand for detailed digital forest information. This research focuses on the methodological advancements achieved through a segmentation procedure integrated into post-processing. The approach involves image segmentation using the MRS algorithm on a pre-classified image, progressively building from the bottom up at different intervals (10 and 100 levels). Across three diverse sample areas, this procedure yielded substantial enhancements in overall classification accuracy and accuracy values per class. The pixel-based results demonstrated an average accuracy of 87.6%, with further improvements to 89.93% and 89.98% for the 10-level and 100-level versions, respectively. Notably, the 10-level version exhibited the highest improvement on average at the L3 level, reaching 102.51% of pixel-based accuracy, while the 100-level version achieved 102.71%.

## Bevezetés

Az erdők fájnak fajszintű térképezése fontos a fenntartható erdőgazdálkodás, az erdők biodiverzitása és az erdei ökoszisztéma biztonságának a szempontjából is (VO ET AL. 2013). A fák fajösszetétele ezen túl fontos információ a fa nyersanyag és a biomassa mennyiségi becsléséhez (KERTÉSZ – KŘEČEK 2019; VORSTER ET AL. 2020), valamint számos természetvédelmi feladat során (Blackman, 2013), például az invazív fafajok elleni védelem területén (WILFONG ET AL. 2009; DYDERSKI – PAWLIK 2020). Továbbá, az erdők fajösszetételének és térbeli eloszlásának változása a klímaváltozás monitorozásának egy fontos mutatója lehet. Ez a szempont az erdőket a XXI. század egyik fontos kutatási területévé teszi (DYDERSKI – PAWLIK 2020). A fafajok térképezésének alapmódszere terepi megfigyeléseken alapul, azonban ez időigényes, ráadásul nagy kiterjedésű, sűrű növényzetű területek vagy régiók felmérése nehezen kivitelezhető, vagy egyáltalán nem lehetséges. Ennek az alternatívájaként kezdett terjedni az erdészeti feladatellátásban is a távérzékelte adatok felhasználása, amely kisebb-nagyobb területeken az egyszerű erdőhatárok azonosításától a fafajszintű térképezésekig kínál megoldásokat. Ez fontos összetevője a modern erdőgazdálkodásnak, mivel részletes és egyidejű információkat szolgáltat akár a fajokról, akár a struktúráról, nagy területekről, digitálisan könnyen elemezhető és kiértékelhető formában (WULDER 1998). Számos tanulmány bizonyította, hogy a műhold- és légifelvételek hatékony eszközök a fafajok térképezésére (WILFONG ET

AL. 2009; RICHTER ET AL. 2016; BURAI ET AL. 2019; LIKÓ ET AL. 2023). Ezzel együtt a kizárólag a látható fénytartományban történő érzékelés (pl.: hagyományos színes ortofotó vörös, zöld és kék sávokkal) nem tartalmaz elég információt a fafajszintű félautomata osztályozáshoz (LIKÓ ET AL. 2022). Legalább egy közeli infravörös csatorna alkalmazása növeli az azonosítás pontosságát (segít megkülönböztetni a vegetációt a más típusú zöld felületektől). Míg a multispektrális érzékelők 4–8 spektrális sávban gyűjtik az adatokat, addig a hiperspektrális szenzorok több tíz vagy száz keskeny spektrumsávban mérik a sugárzást, ami növeli az esélyét annak, hogy részletes és egyedi spektrumokat kapjunk, ami segít megkülönböztetni az anyagokat a képosztályozás folyamán (THENKABAIL ET AL. 2014; LIKÓ ET AL. 2022). Erdészeti alkalmazásokban a hiperspektrális felvételeket jobb adatforrásnak tekintik, mint a multispektrális képeket, mivel alkalmazásukkal jobb azonosítási pontosságot lehet elérni (FASSNACHT ET AL. 2016). A távérzékelésben a hiperspektrális érzékelők különféle hordozóeszközökre szerelhetők fel, általában repülőgépekre, de műholdakra és pilóta nélküli repülő eszközökre (drónok), valamint földi megfigyelő eszközökre is. A megfelelő hordozóeszköz kiválasztásánál az egyik legfontosabb szempont a kívánt térbeli felbontás. A drónokra és a repülőgépekre szerelt eszközök térbeli felbontása repülési magasságtól függ, általában 0,1 m – 0,5 m, a repülőgépeknél 1 m – 2 m, és jelenleg több hiperspektrális műhold is működik pl.: a PRISMA, 30 m-es pixelmérettel (VANGI ET AL. 2021). A fafajok feltérképezéséhez a megfelelő pixelméret ~1 m (BURAI ET AL. 2019; LIKÓ ET AL. 2021; LIKÓ ET AL. 2022).

## Anyag és módszer

- Gemenci mintaterület: a Gemenc Zrt. működési területén, a Duna partja mentén, Baja városától északra található (46°13'8.04"É, 18°54'0.04"K). Az erdőrészlet egy folyó menti félszigeten, mintegy 70 hektáron terül el. A mintaterületen 8 fafaj került elkülönítésre.
- Mecseki mintaterület: a Mecsekerdő Zrt. működési területén, a Középmecsekben, Pécestől északra található (46°08'06.90" É, 18°15'55.60" K). A vizsgált erdőterületek Józsefháza és Istvánakna települések között terülnek el ~2 km<sup>2</sup>-en. A mintaterületen 10 fafaj került elkülönítésre.
- Ságvári mintaterület: a Dunántúli-dombvidéken, azon belül a Külső-Somogy és a Koppánymenti-domság területén található (46°47'53.8499" É, 18°01'15.5944" K). A vizsgált erdőterületek Ságvár és Balatonendréd települések közelében terülnek el ~19 km<sup>2</sup>-en. A mintaterületen 10 fafaj került elkülönítésre.

A hiperspektrális felvételek mindhárom esetben alkalmasak voltak az adatfeldolgozási folyamatok megkezdéséhez és 1 m-es terepi felbontással rendelkeznek. Az adatgyűjtési kampányok különböző időpontokban, AISA KESTREL10 és AISA FENIX1K hiperspektrális szenzorok alkalmazásával valósultak meg. A felvételek előfeldolgozása azonos módszertannal zajlott, amely során geometriai-, radiometriai- és atmoszférikus korrekciót, csatornaszelekciót,



és az utóbbi kettő mintaterület esetében mozaikolást is végrehajtottunk. A mecseki mintaterület esetében mélytanulás alapú tanítóterület bővítést is alkalmaztunk. A pixel-alapú képosztályozásokat több különböző kombinációban teszteltük a dimenziócsökkentési eljárások (legkisebb zajhatású rész: MNF, főkomponens analízis: PCA, Független komponens analízis: ICA) és a képosztályozási algoritmusok (Support Vector Machine lineáris és Radial Basis Function alapon: SVC, SVM, Random Forest: RF, Neurális háló: NN, Maximum Likelihood: ML) függvényében. Az utófeldolgozási folyamatok mindhárom esetben megegyeztek, e műveletek legfontosabb része az osztályozott képen történő képszegmentáció és az egyszerű többség alapján végrehajtott újraosztályozás volt tíz-, illetve száz szinten (LIKÓ ET AL. 2022). Az eredmények kiértékeléséhez a teljes osztályozási pontossági mutatót (OA), és az osztályok szintjén a felhasználói-, előállítói pontossági érték harmonikus átlagából számított F1 értéket használtunk.

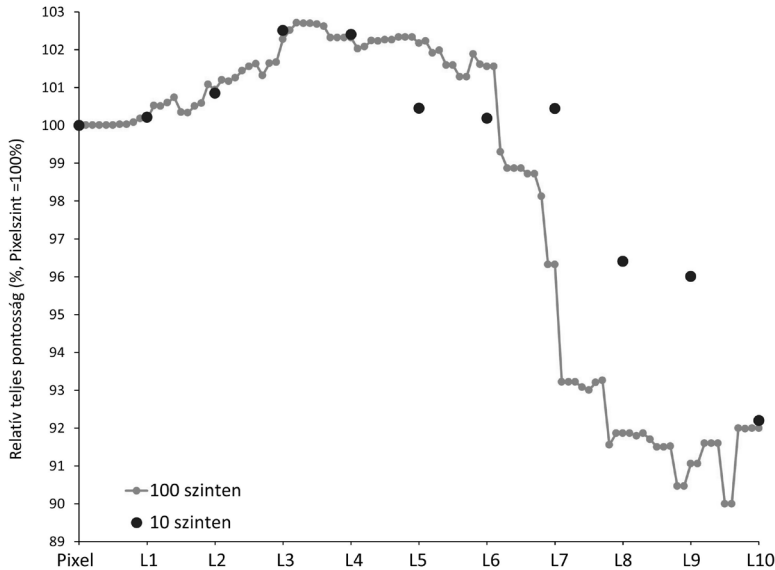
## Eredmények

Legfontosabb eredményként az utófeldolgozás részeként végrehajtott szegmentáció és újraosztályozás hatékonyságát vizsgáltuk mindhárom mintaterületen. Alapvetően kijelenthető, hogy mindhárom terület esetén sikeres volt az utófeldolgozás részeként beépített szegmentáció és újraosztályozás, ha a pontossági értékeket vesszük figyelembe, legyen szó akár a teljes osztályozási pontosságról, akár a fajonkénti pontossági értékekről.

A teljes pontossági értékek alakulását a három terület összes eredményéből átlagoltan vizsgáltuk tovább 10- illetve 100 szinten is a legjobb pixel-alapú osztályozási eredmény viszonyában (a legjobb pixel alapú eredmények átlaga = 100%) (1. ábra). Mindkét verzióról elmondható, hogy az alacsonyabb szegmens szinteken javulást jelentenek a pontossági értékre, míg a nagyobb (>L6) szinteken erőteljes csökkenés áll be.

A legjobb eredmény a 100 szintes verzióhoz tartozik, az L3,2-es szinten 102,7%-os eredménnyel, amely egybeesik a ságvári területen elért legmagasabb eredmény szintjével. Ennél a verziónál a legjobb eredmények az L3-as és az L5,1-es szint között kerültek ki, átlagosan 102%-feletti értékekkel. L6,3-as szinttől már alulmúlják a szegmentáció előtti eredményt, és erőteljes csökkenésben akár 10%-ot is veszhetnek a teljes osztályozási pontosságukból. Ezen adatok alapján kijelölhető kettő alapvető tartomány, az L6-os szint alatt a szintek beosztása és vizsgálata fontos a javulás mértékének szempontjából, ennek a tartománynak a további vizsgálata is indokolt lehet. Viszont L6-os szint felett a nagyobb átlagos szegmensméreteknek köszönhetően az eredmények nem megfelelőek, e szint felett a további vizsgálat nem szükséges, ha fajokot vizsgálunk, akkor ez a tartomány már nem ad hozzá az eredményekhez, további kutatásokban akár ki is hagyható (1. ábra).

A 10 szintes verzióknak a maximális értéke 0,2%-al alulmúlta a 100 szintes verzióét, és 102,5%-on tetőzött. Habár a három területből kettő esetén lett

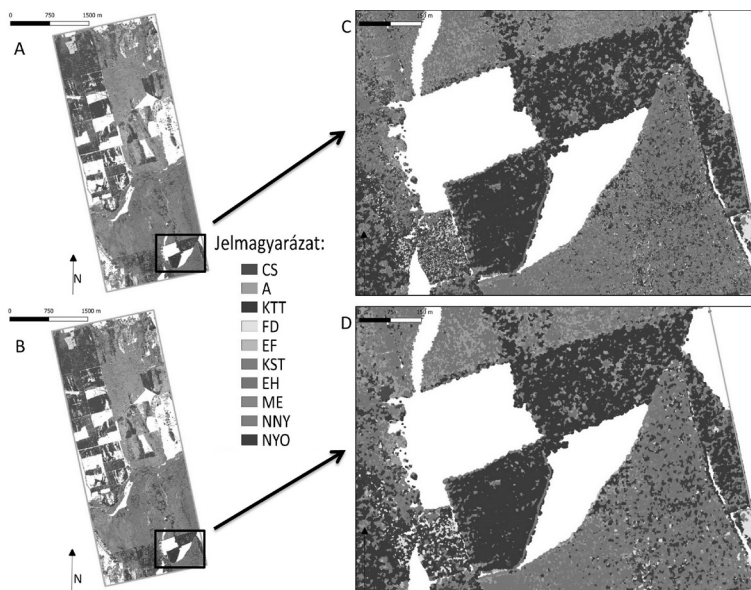


1. ábra A szegmentációs eljárás hatékonyságának vizsgálata. A három területen elért eredmények átlaga szintenként a pixel alapú eredmények átlagához viszonyítva

csak hatékonyabb a sűrűbb beosztású szegmentáció, a maximális hatékonyság összességében még ehhez a verzióhoz tartozik, ám ez a különbség csupán kismértékű, érdemesebb fajtá/osztályszinten vizsgálni. A 10 szintes verziónál a hasonló emelkedést követően a drasztikus visszaesés csak az L8-as szintnél jelentkezik, és lépcsőzetes lefutású, ám az 10-es szinten megközelíti a 100 szintes verzió alig ~92%-os eredményét. A legjobb eredmény az L3-as szinten jelentkezik, és nem sokkal marad el az L4-es szint tőle, ám ettől a két kiugró szinttől az előtte (<L3) és az utána lévő (>L4) szintek is majd ~2%-al elmaradnak (1. ábra).

F1 értékek összesített vizsgálatánál kis különbséggel, de a 100 szintes verzió hozta a legjobb eredményt. Megvizsgáltuk a három területen az összes osztályozott faj szerinti kategória legjobb pixel alapú eredményeinek F1 értékeit, amelyek átlaga 83,77 volt, ez az érték ugyanilyen átlagban a legjobb 10 szintes szegmentáció és újraosztályozás következtében 88,02-re növekedett, és a legjobb 100 szintes verzióban 88,03-ra. A három területen összesen osztályozott 28 kategóriából csupán 3 eset volt olyan, ahol az összességében a legpontosabb szegmentált/újraosztályozott verziónál is csökkent az F1 érték, az átlagos csökkenésük 1,04 volt. Ugyanilyen vizsgálatban 25 esetben emelkedett az F1 érték, melyek átlaga 5,55 volt.

A statisztikai pontossági javulásokon túl fontos eredmény még a képi/térképi megjelenítés javítása, amely ilyen változékonny területen, mint az erdők, jelentős segítséget biztosít a felhasználók számára. A térképek olvashatóságának javulásával az erdőkezelések egyszerűbbé, a területek könnyebben azonosíthatóvá válnak, amely kiemelten fontos például az invazív fajok terjedésének vizsgálata esetén (2. ábra).



2. ábra A legjobb pixel-alapú (13MNF SVM) osztályozott kép (A, C), és a legjobb szegmentált/újraosztályozott kép (L3,2) (B, D) térképi összehasonlítása a Ságvári mintaterületen

## Összefoglalás

A képosztályozások javítására szolgáló utófeldolgozási módszerek nem újkeletűek a távérzékelés területén, ám egységes és minden területen hatékony módszer nem létezik még. A kutatásunkban bemutatott módszertan legfőbb előnye, hogy külső adat nélkül, kizárólag az osztályozott kép felhasználásával képes javítani a teljes osztályozási pontosságot.

A módszer alapja az volt, hogy a már osztályozott képen hajtottuk végre a kép szegmentációt az MRS algoritmus segítségével, alulról felfelé építkező módon különböző osztásközökkel (10 és 100 szinten). Az eljárás mindhárom mintaterületen jelentős javulást hozott, mind a teljes osztályozási pontosság, mind az osztályonkénti pontossági értékek tekintetében. A három mintaterület összesített eredményeit vizsgálva, a pixel-alapú legjobb eredmények átlaga 87,6% volt, amely a 10 szinten elért legjobb eredményeknél 89,93%-ra nőtt, a 100 szintes verzióban elért legjobb eredményeknél pedig 89,98%-ra. Összességében a 10 szintes verziónál átlagosan az L3-as szinten érte el a legnagyobb javulást a módszer, amellyel a teljes pontossági érték a 102,51%-a volt a pixel-alapon elért pontossági értékeknek, ugyanez a szám a 100 szintes verziónál 102,71 volt.

Jövőbeli terveink között szerepel a módszer használhatóságának bővítése egyéb, nem fás területek osztályozásán való teszteléssel és fejlesztéssel.

## Köszönetnyilvánítás

Likó Szilárd Balázs munkája az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíjprogramjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

## Felhasznált irodalom

- BLACKMAN, A. (2013): Evaluating forest conservation policies in developing countries using remote sensing data: An introduction and practical guide. For. Policy Econ. 34, <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2013.04.006>, pp. 1–16.
- BURAI, P. – BEKO, L. – LENART, C. – TOMOR, T. – KOVACS, Z. (2019): Individual tree species classification using airborne hyperspectral imagery and lidar data. 2019 10th Workshop on Hyperspectral Imaging and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing (WHISPERS). Amsterdam, Netherlands. DOI: 10.1109/WHISPERS.2019.8921016 pp. 1-4.
- DYDERSKI, M. K. – PAWLIK, Ł. (2020): Spatial distribution of tree species in mountain national parks depends on geomorphology and climate. For. Ecol. Manag., 474, 118366. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118366>, pp. 1–11.
- FASSNACHT, F. E. – LATIFI H. – STERENCZAK K. – MODZELEWSKA A. – LEFSKY M. – WASER L. T. – STRAUB C. – GHOSH A. (2016): Review of studies on tree species classification from remotely sensed data. Remote Sens. Environ. 186, [doi.org/10.1016/j.rse.2016.08.013](https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.08.013) pp. 64–87.
- KERTÉSZ, Á. – KŘEČEK, J. (2019): Landscape degradation in the world and in Hungary. Hung. Geogr. Bull., 68, <https://doi.org/10.15201/hungeobull.68.3.1>, pp. 201–221.
- LIKÓ, S. B. – BEKŐ, L. – BURAI, P. – MARI, L. (2021): Légi hiperspektrális felvétel osztályozási pontosságának vizsgálata fás mintaterületen Geodézia és Kartográfia, 73(3), 6 p. DOI: 10.30921/GK.73.2021.3.2, pp. 7–12.
- LIKÓ S. B. – BEKŐ L. – BURAI P. – HOLB I. J. – SZABÓ SZ. (2022): Tree species composition mapping with dimension reduction and post-classification using very high-resolution hyperspectral imaging. Scientific Reports, 12 (1), 20919. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25404-x>, pp. 1–12.
- LIKÓ S. B. – HOLB I. J. – OLÁH V. – BURAI P. – SZABÓ SZ. (2023): Deep learning-based training data augmentation combined with post-classification improves the classification accuracy for dominant and scattered invasive forest tree species. Remote Sensing in Ecology and Conservation, doi: 10.1002/rse2.365, pp.1–13.
- RICHTER, R. – REU, B. – WIRTH, C. – DOKTOR, D. – VOHLAND, M. (2016): The use of airborne hyperspectral data for tree species classification in a species-rich Central European forest area. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinform, 52, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2016.07.018>, pp. 464–474.
- THENKABAIL, P. – GUMMA, M. – TELUGUNTLA, P. – AHMED, M. I. (2014): Hyperspectral remote sensing of vegetation and agricultural crops. Photogramm. Eng. Remote Sens., 80, pp. 695–723.

- VANGI, E. – D’AMICO, G. – FRANCINI, S. – GIANNETTI, F. – LASSERRE, B. – MARCHETTI, M. – CHIRICI, G. (2021): The new hyperspectral satellite PRISMA: imagery for forest types discrimination. *Sensors*, 21(4), <https://doi.org/10.3390/s21041182>, pp. 1182–1199.
- VO, Q. T. – OPPELT, N. – LEINENKUGEL, P. – KUENZER, C. (2013): Remote sensing in mapping mangrove ecosystems: An object-based approach. *Remote Sens.*, 5, <https://doi.org/10.3390/rs5010183>, pp. 183–201.
- VORSTER, A. G. – EVANGELISTA, P. H. – STOVALL, A. E. L. – EX, S. (2020): Variability and uncertainty in forest biomass estimates from the tree to landscape scale: The role of allometric equations. *Carbon Balance Manag.*, 15(8), <https://doi.org/10.1186/s13021-020-00143-6>, pp. 1–20.
- WILFONG, B. N. – GORCHOV, D. L. – HENRY, M. C. (2009): Detecting an invasive shrub in deciduous forest understories using remote sensing. *Weed Sci.*, 57, <https://doi.org/10.1614/WS-09-012.1>, pp. 512–520.
- WULDER, M. (1998): Optical remote-sensing techniques for the assessment of forest inventory and biophysical parameters. *Prog. Phys. Geogr. Earth Environ.*, 22, <https://doi.org/10.1177/030913339802200402>, pp. 449–476.
- Honlapok: NASA hivatalos honlapja: [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov) Utolsó elérés: 2024.01.19



# Hyperspectral applications in Egypt

Ahmed Magraby<sup>1,\*</sup> – Dávid Abriha<sup>1</sup> – Loránd Szabó<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Physical Geography and Geoinformation Systems, University of Debrecen, H-4032  
Egyetem tér 1. Debrecen, Hungary

\* ahmedrafat2035@gmail.com

**Abstract:** Hyperspectral data is showing great possibilities nowadays, this remote sensing technique depends on capturing detailed spectral information across hundreds of wavelengths, it can be applied with a great value to understand in-depth knowledge about study areas or the landscape. There are various applications for hyperspectral technology in Egypt published by many researchers which we are going to shed some light on.

## Introduction

Hyperspectral remote sensing is one of the most promising technology of the data collection methods by remote sensing. For precision agriculture it can be used to detect plant health, check infections in crops, classify different vegetation types, identify water in soil, moisture in croplands, it also can be used for mapping agriculture areas. These provide great value for farmers to optimize irrigation, fertilization use and crop selection. For countries with water management issue such as Egypt this could be vital in arid regions where reliable water resources are limited (ARAFAT ET AL. 2013). Egypt is known to be the land of the preserved history, additionally, Hyperspectral data can be used in hundred if not thousands of archaeological areas and there is a significant number of studies that could be conducted depending on Hyperspectral remote sensing data. This can have great potential to explore locations, check materials and tools that is not visible to our eyes. Analysing monuments and Egyptian artifacts to prevail the hidden details about the past cultures of ancient civilization. In short, this technology got a huge potential to explore and discover the Egyptian rich history (PERRI ET AL. 2019). Additionally, the data obtained through hyperspectral sensors can be applied for exploring and monitoring the environment, observing land cover, track desertification, check water availability in specific areas, also it can assess water quality in rivers, such as the Nile River. Moreover, it can detect and map several mineral resources in various areas. This information can be crucial for sustainable development goals and environmental protection (SHUKLA – KOT 2016). Next to classic environmental applications novel approach using hyperspectral techniques to detect document forgery, focusing on ink analysis, and additionally it can be a ground-breaking method for breast cancer detection through near-infrared hyperspectral imaging (YOUSSEF ET AL. 2024; EL ABADY ET AL. 2023).

To sum up, Hyperspectral remote sensing is witnessing a fast change which can have a dramatic impact on several sectors in Egypt. From archaeology, Agriculture, unlocking hidden secrets of ancient Egyptian civilization, it also can be used for environmental protection and land preservation. Still the area of research and exploration can be endless to unlock even greater and important applications for Hyperspectral imaging and its impact on the world and Egypt.

## **Review of published papers**

Throughout the Egyptian desert, conducted research evaluate machine learning algorithms for lithological mapping. SHEBL ET AL. (2023) discusses the limitations of a traditional multispectral sensor for geological applications. The authors proposed using PRISMA hyperspectral data for lithological mapping and compare the effectiveness of several algorithms including Random Forest, XGBoost, and Support Vector Machine (SVM) algorithms. The results demonstrate that SVM outperformed the other two algorithms. The paper recommends using PRISMA data and machine learning algorithms for further lithological mapping.

One of the most crowded and populous places in the world is KHDERY ET AL. (2023) observed the polluted plants and soil in Abu Zabaal area using hyperspectral data. The paper discusses the effects of pollution on plant health using different spectral signatures, moreover, spectral indices were compared in different locations to assess the impact of pollution. The results showed that chlorophyll content decreased in all plant species under pollution. The study also discovered correlation between Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), SO<sub>4</sub> and pH values. Additionally, Normalized Difference Water Index (NDWI) was higher in control soil than the polluted one. To sum up, the discovery of this study promotes that hyperspectral indices can be used to effectively monitor the health of plants under stress from pollution.

In the far northwestern coast of Egypt, a study conducted by KHDERY – YONES (2021) aimed to develop a new method for identifying common wild plants. The study built a spectral library, containing several spectral indices. The study measured the reflectance of light on various plant species. The obtained information later was used to identify the plants based on their unique spectral fingerprint. Moreover, they explored different spectral zones to differentiate between several plant species. The provided information by the study can be used to develop tools to quickly and easily identify plants using hyperspectral technology.

Another scientific paper, authored by EL-MAGD – EL-ZEINY (2014), utilized quantitative hyperspectral analysis to investigate the coastal waters stretching from Damietta to Port Said in Egypt. To observe and monitor the water quality and health of coastal ecosystems, hyperspectral analysis was involved using the light across wide range of wavelengths to classify the materials that are in the water. The light interacts with the water and via various wavelengths, researchers can determine several factors



such as substances in the water, algae concentration, and they can investigate other elements as well. The study highlights how hyperspectral analysis can be used for coastal water characterization.

## Summary

The discussed papers highlight the number of applications of hyperspectral imaging in various fields in Egypt. It can be used for lithological mapping in Egyptian Desert, or checking the impact of pollution on plants, or identify wild plants. Furthermore, it also can be used to check the water quality of the Nile river. Document forgery detection and breast cancer detection are possible as well through hyperspectral imaging. These studies illustrate the versatility of hyperspectral imaging in several applications across Egypt, from environmental monitoring, geological surveys to healthcare advancements.

## Acknowledgment

The research presented in this article was carried out within the framework of the K138079 NKFI project.

## References

- ARAFAT, S. M. – FARG, E. – SHOKR, M. – AL-KZAZ, G. (2013): Internet-Based Spectral Database for Different Land Covers in Egypt. *Advances in Remote Sensing*, 02(02), 85–92. <https://doi.org/10.4236/ars.2013.22012>
- EL ABADY, N. F., – ZAYED, H. H. – TAHA, M. (2023): An efficient technique for detecting document forgery in hyperspectral document images. *Alexandria Engineering Journal*, 85, 207–217. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.11.040>
- EL-MAGD, I.A. – EL-ZEINY, A. (2014): Quantitative hyperspectral analysis for characterization of the coastal water from Damietta to Port Said, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 17(1), 61–76. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2014.02.001>
- KHDERY, G. – YONES, M. (2021): Innovative spectral library for identification common wild plants using hyperspectral technology in Northwestern Coast, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(3), 485–491. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.08.002>
- KHDERY, G. A. – HELAL, N. M. – SALEH, H. A. (2023): Using hyperspectral indices for investigation polluted plants and soil in Abu Zabaal area, Egypt. *Acta Ecologica Sinica*, 43(5), 776–784. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2022.10.006>
- PERRI, A. – MANZONI, C. – DE FARIA, B. E. N. – FERREIRA, D. C. T. – PREDA, F. – POLLI, D. ET AL. (2019): A Hyperspectral Camera Based on a Birefringent Ultrastable Common-Path Interferometer. In *2019 Conference on Lasers and Electro-Optics Europe & European Quantum Electronics Conference (CLEO/Europe-EQEC)* (pp. 1–1). Munich, Germany: IEEE. <https://doi.org/10.1109/CLEOE-EQEC.2019.8871811>

- SHEBL, A. – ABRIHA, D. – FAHIL, A. S. – EL-DOKOUNY, H. A. – ELRASHEED, A. A. – CSÁMER, Á. (2023): PRISMA hyperspectral data for lithological mapping in the Egyptian Eastern Desert: Evaluating the support vector machine, random forest, and XG boost machine learning algorithms. *Ore Geology Reviews*, 161, 105652. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2023.105652>
- SHUKLA, A. – KOT, R. (2016): An Overview of Hyperspectral Remote Sensing and its applications in various Disciplines. *IRA-International Journal of Applied Sciences* (ISSN 2455-4499), 5(2), 85. <https://doi.org/10.21013/jas.v5.n2.p4>
- YOUSSEF, A. – MOA, B. – EL-SHARKAWY, Y. H. (2024): A novel visible and near-infrared hyperspectral imaging platform for automated breast-cancer detection. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 46, 104048. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2024.104048>

# Sentinel–2 űrfelvételek gyakorlati alkalmazása a természetvédelemben

Máté Klaudia

térképészeti felügyelő, Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság, klaudia.mate@kmnp.hu

**Absztrakt:** A gyakorlati természetvédelem hétköznapjait az egyre gyorsuló technikai és technológiai fejlődés nagyban megkönnyíti. A hatékony munka során az ingyenesen hozzáférhető űrfelvételek számos területen felhasználásra kerülnek. Ebben a tanulmányban Sentinel–2 űrfelvételekre épülő, automatikus felszíborítás-azonosításra alkalmas, kipróbált és validált módszertant mutatok be, amelyet agrárdomináns tájakban a kis kiterjedésű gyepek élőhelyek feltérképezésére lehet felhasználni.

## Bevezetés

A természetvédelem modern kori alaptézise alapján nem a fajok, hanem az élőhelyek megőrzése az elsődleges cél. A nemzeti park igazgatóságok saját vagyonkezelésben lévő területeiken a szakmai elvárásoknak megfelelő, magas szintű természetvédelmi munkát folytatnak. A védett és fokozottan védett fajok populációi azonban a természetvédelmi oltalom alatt álló területeken kívül is jelen vannak, ezért védelmük érdekében a fókusz nem kizárólag a védett területeken van. Egyes fajok populációinak felkutatása, szokásaik, preferenciáik feltérképezése csak a közigazgatási határokat figyelmen kívül hagyva, táji léptékben lehetséges. A tapasztalatok alapján a szakemberek (időbeli, térbeli és esetleg anyagi) lehetőségei korlátosak, így a hétköznapi aktív élőhelyfenntartási és -kezelési munka naprakész dokumentálása nem minden esetben lehetséges. A távérzékelés adta automatikus azonosítási lehetőségek jelentős segítséget nyújtanak számukra ebben.

A tájszerkezeti, illetve a tájváltozással kapcsolatos vizsgálatok egyre gyakrabban indulnak ki űrfelvételekre épülő számított spektrális indexek alapján előállított térképekből (JOMBACH 2014). Számos index alkalmazása segíti az elemzéseket, ezek közül a legelterjedtebb a Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), amely a növényzet vegetációs jelenlétét, illetve aktivitását jelzi.

A hétköznapi munka során a Sentinel–2 űrfelvételeket több célra is felhasználjuk. NDVI-változás térképek előállításával könnyen azonosítható és lehatárolható a kaszált területek kiterjedése, valamint a művelet időpontja. Ugyanezen az alapon nyugszik a becserjésedéssel fenyegetett, vegetációs szempontból kiemelten értékes gyepterületekről történő cserjeeltávolítások helyszíneinek azonosítása. Vizes

élőhelyek esetében a vízfelszínek kiterjedése is visszaellenőrizhető a gyakran frissülő űrfelvételek segítségével.

Agrárdomináns tájban működő nemzeti park igazgatóságként kiemelt feladatunk a mezőgazdasági területekhez kötődő fajok védelme azáltal, hogy számukra megfelelő élőhelyeket biztosítunk. Jelen tanulmányban az agrárdomináns területeken fellelhető azon kis kiterjedésű zöldinfrastruktúra-elemek automatikus azonosításának lehetséges módszerét mutatom be, amelyek a biodiverzitás megőrzése szempontjából kiemelt fontossággal bírnak fészkelő-, búvó- és táplálkozóhely funkciójuk révén. A cél ingyenesen, bárki számára hozzáférhető, nagy gyakorisággal frissülő adatok felhasználásával megvalósítható módszertan fejlesztése open source alapon.

## Anyag és módszer

Jelen tanulmányban egy tetszőlegesen kiválasztott, túlnyomórészt mezőgazdasági művelés alatt álló, de nagyobb kiterjedésű gyepmozaikokat és védett, illetve fokozottan védett területeket is magában foglaló mintaterületre mutatom be a kidolgozott módszertan alkalmazását.

A módszertan három bemeneti adata épül:

**I.) Sentinel–2 felvételek:** tájváltozás-monitoring szempontjából a Sentinel–2 műhold szolgáltat releváns adatokat. Az eredmények nagy felbontású, szisztematikus felvételezéssel és nagy gyakorisággal előállított adatok, amelyeket bárki szabadon elérhet 2016 októbere óta (Sentinel Hub s.a.). A felhasználás megkönnyítése érdekében nemcsak a nyers adatok, hanem a georeferált valós színes felvételek, a különböző szintartományok és kész spektrális indexek is elérhetők (Kopernikusz 2015)

A mintaterület Sentinel–2 georeferált űrfelvételei, valamint azok B04 és B08 sávjai a Sentinel honlapjáról kerültek letöltésre (Sentinel Hub s.a.). A felvételek letöltése és az NDVI-térképek generálása 2017. január és 2023. szeptember közötti időpontokra történt. A felvételek kiválasztásának szempontjai közé tartozott, hogy vizsgált időszak minden hónapjából legalább egy felvétel rendelkezésre álljon, és a felhőborítás mértéke maximum 5%-os legyen. A hónapokon belüli időpont kiválasztását a rendelkezésre álló képek minősége (felhőborítás), rendelkezésre állása (időpont) és a mezőgazdasági kultúrák jellegzetes zöldtömeg-képződése határozta meg. Ebből kifolyólag a márciustól szeptemberig tartó időszakban az elérhető és a feltételeknek megfelelő összes felvétel letöltésre és elemzésre került. Ezt követően a következő képlet alapján előállításra kerültek az NDVI térképek (*1. ábra*).

$$NDVI = \frac{nir - r}{nir + r}$$

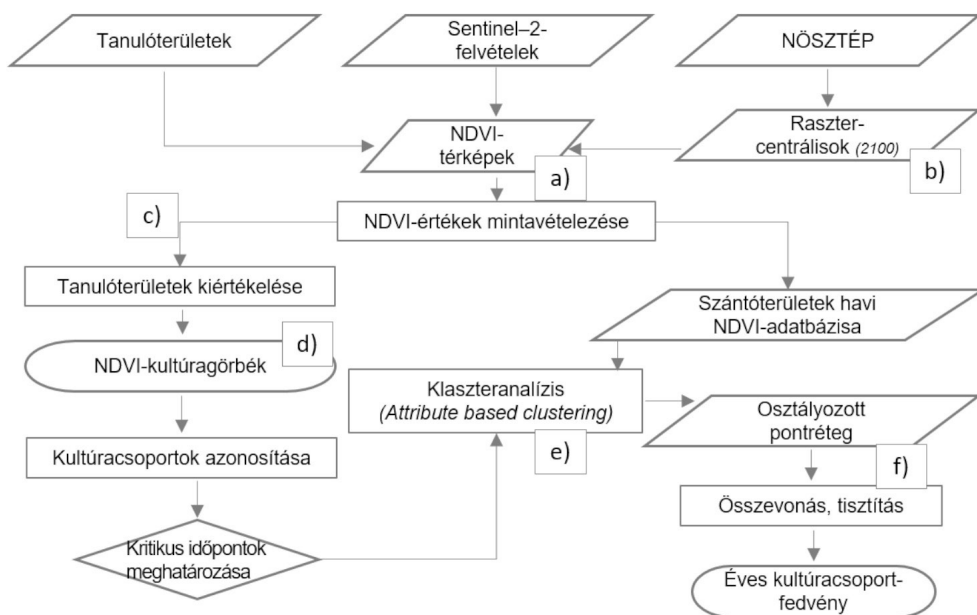
$$NDVI = \frac{B8 - B4}{B8 + B4}$$

*1. ábra NDVI = (közeli infravörös – látható vörös) / (közeli infravörös + látható vörös), illetve a képlet a Sentinel–2 felvételeire specializálva (JOMBACH 2014, SENTINEL HUB 2023)*

2.) Tanulóterületek alapján meghatározott kultúragörbék: a szántóföldi kultúrák életciklusa a vegetációs indexszel leírható. 2017 és 2023 közötti időszakban a vizsgálati területen összesen 147 tanulóterület elemzésére került sor, amelyek esetében a termesztett mezőgazdasági kultúra ismert volt. Az egyes tanulóterületi pontokra vonatkozóan minden rendelkezésre álló időpontra kiszámított NDVI-térképből mintavételeztem a vegetációsindex-értékeket, amelyeket Excel-táblázatban összesítettem. Az értékek átlagát havi bontásban jelenítettem meg. A lépés célja azoknak a hónapoknak a meghatározása, amelyek felhasználásával az NDVI-értékek alapján elkülöníthetők a különböző szántóföldi felszínborítások.

3.) Az Ökoszisztéma-alaptérkép: „A közösségi jelentőségű természeti értékek hosszú távú megőrzését és fejlesztését, valamint az EU Biológiai Sokféleség Stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai szintű megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok” című projekt Nemzeti ökoszisztéma szolgáltatás-térképezés és értékelés (NÖSZTÉP) projektelemeinek keretein belül készült (Agrárminisztérium 2019). A raszteres, 20 méteres felbontású térkép országos lefedettségű, és a hazánk területét lefedő ökoszisztéma-típusokat jeleníti meg. A térkép elkészítéséhez használt alapadatok zöme 2015-ből származik (TANÁCS ET AL. 2019). A jelenlegi módszertanban az alaptérképen szereplő szántóterületeket (2100-as kód) alkalmaztam vizsgálati területként. Amennyiben rendelkezésre áll az aktuális ingatlanyilvántartási fedvény a mintaterületre, annak szántó művelési ágban lévő területei is használhatóak, bár sok esetben a felszínborítás és a művelési ág eltér.

A módszertan lépéseit a 2. ábra mutatja be.



2. ábra A módszertan folyamatábrája

a) NDVI-elemzés: Első lépésként a Sentinel-felvételekből (SENTINEL HUB s.a.) NDVI-térképeket állítottam elő. Az online felületről a nyers Sentinel–2-es felvételek mellett a B04 és a B08 sávok TIFF formátumú, 32 bites letöltése történt meg EPSG 3857 vetületi rendszerben, 2500 × 1127 px felbontásban. Ezt követően vált lehetségessé az NDVI-számítási képlettel az értékeket számítani.

b) Az Ökoszisztéma-alaptérkép szántópxeleinek kivonása és pontokká generálása, NDVI-értékek mintavételezése: Első lépésként pixelcentroidok generálásához a Raszter pixelek pontokká algoritmust alkalmaztam a QGIS felületén (QGIS 2023). A NÖSZTÉP nómenklatúrája alapján a szántóterületek 2100-as kóddal szerepelnek, így a létrejött pontrétegből leválogatásra kerültek ezek a pixelek. Az így kapott pontréteg csak a szántóterületek centroidjait tartalmazza.

Az előző lépésben előállított NDVI-térképek indexértékeit a Raszter értékek mintavételezése algoritmus alkalmazásával felvettem a NÖSZTÉP szántóit tartalmazó pontrétegbe. Az egyes évek értékeit külön fedvényekbe rendeztem és minden hónap NDVI-értékeit külön oszlopokba vettem fel.

c) Tanulóterületek mintavételezése: Korábbi terepi felvételezés során felvett, illetve a Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság által szolgáltatott adatok alapján készült el a tanulóterületek pontrétege. Összesen 147 tanulóterület került azonosításra. Az egyes tanulóterületekhez tartozó NDVI-értékeket minden felvételezett időpontból kultúrátípusonként Excel-táblázatban összesítettem.

d) Kultúragörbék azonosítása: A tanulóterületek NDVI-értékei alapján átlagértékeket számítottam minden kultúrátípus esetében évenként, majd összesítve. Ahhoz, hogy a későbbiek során lehetségessé váljon az NDVI-görbe alapján történő kultúraazonosítás, szükségessé vált egy áttekinthető diagram létrehozása, amely alapján azonosíthatók a fordulópontok, amelyek alapján térben elkülöníthetők az eltérő vegetációs csúcsok és aratási időpontok segítségével a különböző takarmányok. Az eredmények alapján a szántóföldi kultúrák három egymástól élesen elkülönülő csoportba sorolhatók (évelő, kalászos, kapás) (3. ábra).

e) Klaszteranalízis (Attribute based clustering): A kultúragörbék és a rendelkezésre álló NDVI-térképek alapján kirajzolódott, mely években mely hónapok felhasználásával lehetséges elkülöníteni az eltérő használatú területeket. Az elkülönítéshez a QGIS Attribute based clustering algoritmusát alkalmaztam (QGIS 2023). Minden adott évből a kritikus időpontok NDVI-adatait töltöttem be az algoritmusba, súlyozás nélkül. A megfelelő módszertant a K-Means, not weighted, scipcy required, fast, known number of clusters beállítások adták, az attribútumok



3. ábra Az NDVI-alapon egyértelműen elkülöníthető kultúracsoportok értékgörbéi

normalizálása nélkül, 3 klaszterre optimalizálva az eredményeket. Az ún. Elbow method (könyökmódszer) megerősítette az ideális klaszterszám meghatározását.

f) Foltok létrehozása: A klaszteranalízist követően az azonos kultúrával borított, egybefüggő területeket (egybeművelt területeket) egybefüggő foltokká szükséges alakítani, hogy a tájökológiai elemzést el lehessen végezni. A foltgenerálás első lépéseként a meglévő, osztályokba rendezett pontréteg elemei köré övezetet készítettem ( $r=10,45$  m; 4 szakasz, vonalvég: négyzetes; összekötés: hegyes). Ezt követően osztályok alapján összevontam a felületeket, majd egyrészről többrészre alakítottam a létrejött foltokat. Az így létrejött táblafoltok területének kiszámítását követően a kapás- és a kalászoscsoport esetében a 0,5 ha-nál kisebb kiterjedésű foltokat a legnagyobb területű szomszédos foltba olvasztottam (Vektor geometria/Kiválasztott elemek eltávolítása), ugyanígy jártam el az évelőcsoport esetében is, ahol a legkisebb térképezendő egység 0,1 ha volt (összhangban a közös agrárpolitika szabályrendszerével, ahol a védendő élőhelyfoltok mérete minimum 0,1 ha).

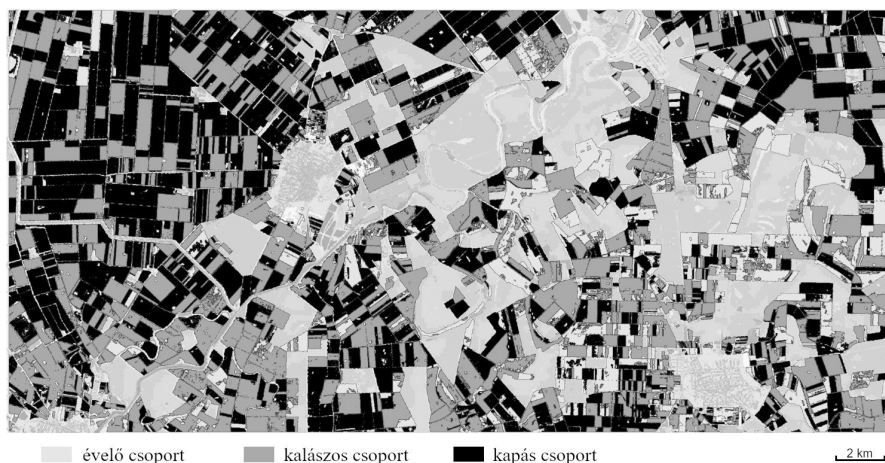
A 2017 és 2023 közötti időszakra elkészült kultúracsoport-fedvények osztályozását követően a tematikus térképek háttéradatai leegyszerűsödtek. Az évelőcsoport 1-es kódot, a kalászoscsoport 2-es kódot, a kapás csoport 3-as kódot kapott. Az egyes évek értékeinek egyszerű összeadásával kiszűrhetőek a végig 1-es kódot kapott területek. A 7 év alatti minimális értékösszeg 7 lehet. A 8-as és afölötti értékek már nem alkalmasak a visszagyepesedett területek megállapítására, mivel abban az esetben már egyéb kultúrával fedett évnak is jelen kell lenni, amely szántásra, talajmunkára enged következtetni. A módszer alkalmas a kis léptékű (akár 20 méter szélességű) gyepes táblaszegélyek indikálására tetszőlegesen kiválasztott vizsgálati területen.

## Eredmények

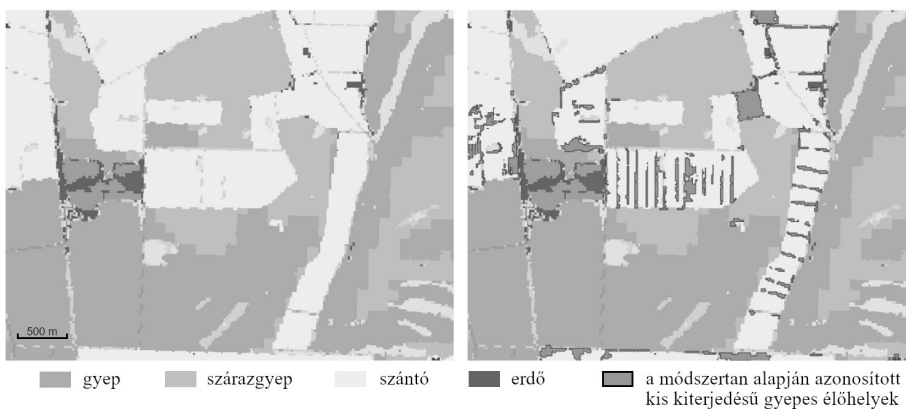
A kultúracsoportok klaszteranalízissel történő térbeli lehatárolása során 2017 és 2023 között minden évre vonatkozóan elkészültek a szántóterületek tematikus fedvényei (4. ábra). A három különböző kultúrátípussal fedett területeket a NÖSZTÉP Alaptérképre vetítettem.

Az éveken átnyúló vizsgálat eredményeképpen kirajzolódnak a szántóművelés alatt álló, gyepes sávok (5. ábra), amelyek hiánypótló ökológiai funkcióval bírnak az agrártájokban. Feltérképezésük segítséget nyújt az eddig kevésbé ismert mikropopulációk, illetve fészkelőhelyek felkutatására.

A kivágatban szereplő terület a Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság vagyongazdálkodásában és használatában lévő terület, az azon látható gyepes sávokat az igazgatóság hozta létre élőhelyfejlesztési céllal. A helyszíni ellenőrzés során a gyepes sávok jelenléte megerősítést nyert, a módszertan tehát alkalmas a NÖSZTÉP Alaptérkép szántóterületeinek további finomítására és a kis táblás, extenzív művelés alatt álló agrárterületek azonosítására is.



4. ábra A kultúraazonosítás eredménye a mintaterületen a 2017. évre vonatkozóan (Az adatbázis/elemzés az Ökosisztéma-alaptérkép felhasználásával készült AGRÁRMINISZTERIUM 2019 (KEHOP-430-VEKOP-15-2016-00001))



5. ábra Kivágat a mintaterületből az Ökosisztéma-alaptérkép felszínborításával, illetve azt kiegészítve a kis léptékű zöldinfrastruktúra-elemek azonosítása során detektált gyepes sávok fedvényével (szerző) (Az adatbázis/elemzés az Ökosztéma-alaptérkép felhasználásával készült AGRÁRMINISZTERIUM 2019 (KEHOP-430-VEKOP-15-2016-00001))

## Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki a Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság számára a tanulmány megírásával és a konferencia-részvétellel kapcsolatos támogatásáért.

## Felhasznált irodalom

AGRÁRMINISZTERIUM (2019): Ökosztéma alaptérkép és adatmodell kialakítása. Budapest: Agrárminisztérium. <https://doi.org/10.34811/osz.alapterkep.dokumentum>



- JOMBACH, S. (2014): Passzív képpalkotó távérzékelés a tájkarakter-elemzésben. Doktori értekezés. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti Kar, Tájtervezési És Területfejlesztési Tanszék, 267 p. <https://doi.org/10.14267/phd.2014017>
- KOPERNIKUSZ (2015): A Kopernikusz rövid ismertetése. [https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus\\_brochure\\_EN\\_web\\_Oct2017.pdf](https://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_brochure_EN_web_Oct2017.pdf) Lekérdezés időpontja: 2023. november 7.
- QGIS (2023): QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- Sentinel Hub (s.a.): EO Browser. <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> Lekérdezés időpontja: 2023. november 7.
- Sentinel Hub (Szerk.) [2023]: Normalized difference vegetation index. <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/Sentinel-2/ndvi/> Lekérdezés időpontja: 2023. november 7.
- TANÁCS E. – BELÉNYESI M. – LEHOCZKI R. – PATAKI R. – PETRIK O. – STANDOVÁR T. – PÁSZTOR L. – LABORCZI A. – SZATMÁRI G. – MOLNÁR Z. – BEDE-FAZEKAS Á. – KISNÉ FODOR L. – VARGA I. – ZSEMBERY Z. – MAUCHA G. (2019): Országos, nagyfelbontású ökoszisztéma-alaptérkép: módszertan, validáció és felhasználási lehetőségek. In: Természetvédelmi Közlemények, 25, 34–58. p.



# Remote sensing and GIS to Exploring Fire Risk Assessment Maps in Tizi Ouzou, Northern Algeria

Khelali Meriem<sup>1</sup> – Halim Rebah<sup>2</sup> – András Jung<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Khelali Meriem, PhD-student, Institute of Cartography and Geoinformatics, Eötvös Loránd University, Budapest 1037, Hungary, seriem@student.elte.hu

<sup>2</sup> Halim Rebah, Institute of Earth Sciences and Universe, Class B at Banta 2 University, Batna, Algeria, geomatikalbc@gmail.com

<sup>3</sup> András Jung, associate profesor, Institute of Cartography and Geoinformatics, Eötvös Loránd University, Budapest 1037, Hungary, jung@inf.elte.hu

**Abstract:** In the Mediterranean region, particularly North Africa, countries such as Algeria face significant threats from forest fires. These fires are a primary driver of forest degradation, leading to profound environmental impacts and substantial economic repercussions for the affected areas. In the summer of 2021, national reserves in Tizi Ouzou, Algeria, experienced forest fire events with different frequencies and severity. These events led to the destruction of numerous orchards and fruit trees. The various models and traditional methods utilized for fire prevention and control present challenges concerning spatialization, precision, updating, and validation due to the intricate nature of forest ecosystems. Work in this field has demonstrated the effectiveness and speed of using remote sensing and Geographic Information Systems (GIS) for developing fire risk assessment maps in the forests of Tizi Ouzou in northern Algeria.

This research aims to exploit Landsat 8 satellite images and process them using the Arc GIS program to extract burned areas and evaluate their severity in Tizi Ouzou based on the natural burn rate ratio ( $\Delta NBR$ ). We also used vegetation indices to confirm the findings regarding vegetation loss. The results showed that during the year 2021, the total area of fires derived from the delta reached 66809.29 hectares, representing about 22.5% of the total area. The obtained results are promising and contribute to improving forest fire prevention and informed decision-making.

*Keywords:* Tizi Ouzou, Landsat 8, the natural burn rate ratio ( $\Delta NBR$ ), remote sensing and Geographic Information Systems (GIS), Forest fires



# Fakataszterek összefésülése – Külső adatok beillesztése meglévő térinformatikai rendszerbe

Misányi Júlia

Adatgyűjtési ellenőr, Budapest Közút Zrt., misanyi.julia@budapestkozut.hu

**Absztrakt:** A Budapest Közút Zrt. webes térinformatikai portálja, a KAPU több külső partner számára is nyújt térinformatikai szolgáltatásokat. Ilyen egyedi igény alapján jött létre a KAPU-n belül a Főkert Portál is, amely kialakításának fontos lépése volt, hogy a külső forrásból származó adatokat összefésüljük a KARESZ adatbázisában szereplő adatokkal. A portál célja, hogy közös rendszert használjunk a megrendelővel, így modernebbé téve a fővárosi fakatasztert.

## Bevezetés

A Budapest Közút Zrt. foglalkozik a fővárosi közutak nyilvántartásával, üzemeltetésével és kezelésével. Az adatigények kiszolgálására a Budapest Közút Zrt. 2013-ban 3 dimenziós közúti adatgyűjtő és adatfeldolgozó rendszer (KARESZ) kialakításába kezdett, amely biztosíthatja a fővárosi feladatokhoz szükséges alaptérképi és nyilvántartási adatok gyűjtését és karbantartását.

A nyilvántartási adatok egy téradatbázisban kerültek eltárolásra, amelynek elemei folyamatosan vagy ütemezett időközönként frissülnek. Az adatbázis frissítése a KARESZ felmérésekből és a különböző szakterületektől származó adatok alapján történik.

A Közúti Adatgyűjtő Rendszer (KARESZ) mára már nem csak egy önálló adatgyűjtési rendszer, hanem egy komplex adattárház és térinformatikai szolgáltatási központ része. A KAPU (Közúti Adatok Publikációja) webes térinformatikai portál a KARESZ adatok mellett, a fővárosi közúti nyilvántartáson túl, több külső partner számára is nyújt térinformatikai szolgáltatásokat. Teszi ezt az adott felhasználói csoport számára kialakított egyedi felületen, illetve meghatározott jogosultsági szinten (INTERNET1).

Ilyen, egyedi megrendelésre készített KAPU modul a Főkert Portál is, amely kialakításának fontos lépése volt, hogy a külső forrásból származó adatokat összefésüljük a KARESZ adatbázisában szereplő adatokkal. Jelen esetben ez a megrendelő által, illetve az általunk nyilvántartott fákat és attribútumaikat jelentette.

Nagyjából 38000 fáról kaptunk adatokat a FŐKERT-től, ezeket fésültük össze a saját nyilvántartásunkkal. Így a geometriát mi adtuk ezekhez a fákhöz, viszont

kiegészültek a tőlük kapott adatokkal. Ahol a mi adatbázisunkban nem szerepeltek fák, ott a tőlük kapott 2D-s geometriát emeltük be az adatbázisba, amelyek pontosítása folyamatosan zajlik a változáskövetéssel.

## **Anyag és módszer**

### ***Belső adatok – fák a KARESZ nyilvántartásában***

A Budapest Közút Zrt. a fővárosi adatgyűjtéshez mobil lézer térképező rendszert, egy Riegl gyártmányú VMX-450 mobil lézerszkennert használ, kiegészítve egy Ladybug kamerarendszerrel. A műszeregyüttes a város útjain elhaladva képeket és 3D pontfelhőt készít, amely által az utat körülvevő környezet mérhetővé és elemezhetővé válik. Ezek alapján, speciális szoftverek segítségével építjük fel a 3 dimenziós térképi adatbázisunkat. A kiértékelt és nyilvántartott objektumok térbeli helyzetét, műszaki és ügyviteli tulajdonságait is tároljuk és publikáljuk (INTERNET1).

A lézerszkenneléssel előállított pontfelhő kiváló alapot szolgáltat a fővárosi fák nyilvántartásba vételéhez is. A pontfelhőn jól láthatóan, 3 dimenzióban kirajzolódnak az egyedülálló fák, a használt kiértékelő szoftverrel könnyen meghatározhatóak az általunk nyilvántartott adataik: a fa helye (x, y és z koordináta), a törzsátmérő és a fa magassága. Igény szerint megállapítható a lomborona átmérője, illetve a törzsmagasság is.

Az adatbázisban a fák 3D blokként, azaz pontszerű elemként, meghatározott attribútumaikkal és az adatforrás dátumával együtt kerülnek eltárolásra.



*1. ábra Fa a lézerszkennelt pontfelhőn*

### ***Külső adatok – fák a megrendelő nyilvántartásában***

A megrendelő, a FŐKERT a miénktől eltérő szemlélettel készítette el és tartotta fenn a saját nyilvántartását. A fakataszterben a fák számos attribútummal rendelkeznek: a fafajtól kezdve a méreteiken és helyükön át olyan adatokig, mint az adott fa ápoltságának mértéke vagy a gyökérzet állapota. Ezeket a szakmai adatokat a mi adatbázisunk nyilvánvalóan nem tartalmazta.

A kapott adatok táblázatos formában kerültek átadásra számunkra, az egyes fák (pontosabban fahelyek) GPS segítségével meghatározott koordinátái a táblázat egyik oszlopában kaptak helyet.

### ***A fák adatainak párosítása***

Ahhoz, hogy a két nyilvántartást közös felületen tudjuk kezelni és az adatok összefésülését végre tudjuk hajtani, első lépésként egy adatkonverzióra volt szükség. A kapott táblázatból ezért egy pontoszerű objektumokat tartalmazó shapefile-t hoztunk létre, amelyet könnyebben tudtunk kezelni és szerkeszteni.

Következő lépésként a shapefile-ban lévő pontokat megpróbáltuk egy FME folyamat segítségével hozzárendelni a nálunk szereplő fákhhoz, azonban ez csak részben vezetett megfelelő eredményre.

A két adatbázis egyesítésénél a legnagyobb kihívást a szemléletbeli különbözőség jelentette. Míg a megrendelőnél a fák jellemzői, általános állapota volt hangsúlyosabb, mint a geometria, addig nálunk azok koordinátái és geometriai adatai pontosabban szerepeltek. Ez több esetben is megnehezítette a fasorok fájnak párosítását. Volt rá példa, hogy egy utcában csak a fák számossága alapján tudtuk párosítani azokat.

Sajnos a kapott adatok esetében nem mindig volt feltüntetve azok dátuma, így nehézséget okozott annak eldöntése, hogy azok vagy a mi adataink a frissebbek. Ilyen esetekben figyelembe kellett vennünk a fák növekedését is.

A felmerülő problémák kezelését, az ellentmondások és pontatlanságok feloldását az adatbázis ArcGIS Pro-ban való átnézésével és szerkesztésével oldottuk meg kollegáim segítségével.

Az összefésüléshez szükséges volt a mindkét adatbázisban szereplő kapcsoló mező (globális egyedi azonosító). Ez biztosította (és biztosítja majd a későbbiekben is) a kapcsolatot a két adatbázis között. A hiányos, vagy hibásan kitöltött kapcsolómezők kitöltését, ellenőrzését szintén ArcGIS Pro-ban végeztük.

Az átnézett adatokat végül egy, az összefésüléshez írt FME folyamat kapcsolta össze.

### ***Az összefésülés eredménye***

Az adatok összefésülése során a kapott adatokat több kategóriába soroltuk annak érdekében, hogy átláthatóbbá tegyük a folyamatot.

Az első kategóriába estek azok a fák, amelyeket sikerült összepárosítani a mi adatainkkal vagy valamelyik választott kapcsolómező segítségével, vagy helyzetük és geometriai adataik alapján. Ezen fák adatai átemelésre kerültek a mi adatbázisunkba. A kapott adatok nagyjából 31%-a esett ebbe a kategóriába.

A második kategóriába tartoztak az új, vagyis az olyan fák, amelyek a mi adatbázisunkban nem szerepeltek, de a kapott adatok frissebbek voltak, mint az utolsó felmérésünk. Ezek adatait átemeltük azzal a kikötéssel, hogy a pontosításukat, frissítésüket a következő lézeres felmérés kiértékelésekor elvégezzük, addig is a külső adatforrás pontosságával szerepelnek a megrendelő számára készülő modulban. A kapott fák nagyjából 22%-a esett ebbe a kategóriába.

A harmadik kategória a megszűnt vagy üres fahelyek, illetve tuskók kategóriája. Ezeken a helyeken nálunk többnyire nem szerepeltek fák, így az adatokat pontosítás nélkül emeltük át, a megjelenítésben saját jelet kaptak. A kapott pontok 39%-a ide tartozott.

A negyedik kategóriába estek azok az elemek, amelyeknél mennyiségi különbségek miatt, vagy a kapott adatok pontossága miatt nem volt egyértelműen elvégezhető a párosítás. Ez a kategória csupán az adatok 2%-a.

Az ötödik és egyben utolsó kategóriába kerültek azok a fák, amelyek nálunk nem szerepeltek, viszont a dátumuk régebbi, mint az utolsó felmérés dátuma. Javasoltuk, hogy ezeket kezeljük archív adatként. Az adatok nagyjából 7%-a tartozott ebbe a kategóriába.

Az összefésülés és az azt követő egyeztetések alapján végül a fák adatait három adattáblában tároltuk el: a KARESZ adatbázisában, a FŐKERT – nálunk lévő – adatbázisában és annak kiegészítő adattáblájában.

Ha a fa a mi adatainkkal párosítható volt, az elem bővült a leíró adatokkal a saját adatbázisunkban. Az általunk pontfelhőről meghatározott fmagasság és törzsméret értéket nem írtuk felül, a kapott értékek a kiegészítő adattáblába kerültek



2. ábra Fa kategóriák az összefésülést követően (ArcGIS Pro-ban)



be. A KAPU modulokban ezek a külső leíró adatok is lekérdezhetőek, azonban a változáskövetés során ezeket nem módosítjuk.

Ha a fa a mi adatainkkal nem volt párosítható, új elemként került be a saját adatbázisunkba és a kiegészítő adattáblába. Fontos megjegyezni, hogy mivel ezen fák Z koordinátája ismeretlen volt, így nulla magassággal kerültek betöltésre. Az összefésülés óta a változáskövetés során feladatunk ezek geometriájának, illetve magasság és törzsátmérő adatainak pontosítása az újabb felméréseink alapján.

A megszűnt vagy üres fahely típusú elemek új elemként kerültek be az adatbázisba. A KARESZ modulban ezek eltérő szimbolikával, halványabb színű jellel jelennek meg.

## Eredmények

### *Az adatok karbantartása, publikálása*

A KARESZ adatbázis rendszeres frissítésével az általunk is nyilvántartott fák adatai is időközönként frissítésre kerülnek, hiszen az újabb felmérések során a fákról is új geometriai adatokat nyerünk. A változáskövetés során a FŐKERT-től származó egyéb, szakmai attribútumokat nem módosítjuk, általunk csak a törzsátmérő és a magasság, illetve az adatforrás dátuma kerül frissítésre.

Változáskövetés során fő szabály továbbá, hogy az adatbázisból fát nem törölünk. Ha egy friss felmérés során azt látjuk, hogy egy fa megszűnt, nincs rajta már a pontfelhőn, „megszűnt” attribútummal látjuk el és archiválásra kerül – összhangban a FŐKERT fahely alapú nyilvántartásával. Ha a fából csak tuskó maradt, a magasságot és a törzsátmérőt annak méreteivel frissítjük és „tuskó” attribútumot kap.

A nekünk átadott, az adatbázisba kisebb pontossággal, nulla magassági koordinátával beillesztett fákat az új felmérések alapján a megfelelő helyükre igazítjuk, magasságukat és törzsátmérőjüket frissítjük.

A megrendelő által kért Főkert Portál megvalósult, benne a megjelenő fák adatai – mind a kezelőtől származó, mind az általunk meghatározott adatok – lekérdezhetőek.



3. ábra Fasor a Hegyalja úton

A célunk, hogy inentől egy közös rendszert, közös adatbázist használjunk a megrendelővel. Ez akkor tartható fent, ha a változásokat ő is ebben a rendszerben követi le, akár KAPU-n keresztül, vagy a globális egyedi azonosítót használva tömeges adatfrissítések során.

### **Felhasznált irodalom**

INTERNET1 – <https://www.budapestkozut.hu/informatikai-igazgatosag/nyilvantartas-es-adatszolgaltatas/>

# A Szaporcai Ó-Dráva meder környezetének tájmetriai elemzése

Németh Gergő<sup>1</sup> – Gyenizse Péter<sup>2</sup> – Lóczy Dénes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, Földtudományok Doktori Iskola, gergotab@gmail.com

<sup>2</sup> Egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, Térképészeti és Geoinformatikai Tanszék, gyenizse@gamma.ttk.pte.hu

<sup>3</sup> Egyetemi tanár, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, loczyd@gamma.ttk.pte.hu

**Absztrakt:** Kutásunkban a Szaporcai Ó-Dráva meder közvetlen környezetének hosszú időtartamú tájmetriai változásait elemeztük az Első Katonai Felméréstől (1783–1784) napjainkig. A vizsgálathoz területi, kerületi, alaki, szomszédsági és diverzitás mérőszámokat is használtunk. Eredményeink a táj erőteljes fragmentációját mutatják, amely a természetközeli élőhelyek esetében volt a legintenzívebb. Az utóbbi évtizedekben elindult a tájhasználati arányok fokozatos visszarendeződése, melyet az erdők kiterjedésének növekedése jelez, azonban a tájszerkezet jellemvonásai csak kis mértékben közeledtek a kiindulási állapothoz, mert a széttagoltság továbbra is megmaradt.

## Bevezetés

A tájak antropogén átalakításának több évezredes folyamata miatt napjainkra világszinten megcsappant a természetközeli állapotban fennmaradt élőhelyek aránya. A jelenség különösen hátrányosan érintette a környezeti változásokra kimondottan érzékeny vizes élőhelyeket. 80%-uk eltűnt az utóbbi évszázadok alatt (FLUET-CHOUINARD ET AL. 2023).

Kutásunk alapja az Ős-Dráva Programmal érintett Szaporcai Ó-Dráva meder szűkebb térségének tájhasználati változásait bemutató tanulmány, amelyet a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatóságának megbízásából készítettünk. A projekt célja a terület tájtörténetének összefoglalása volt, továbbá javaslatteteleket is tartalmazott arra vonatkozóan, hogyan lehetne a szántók helyett természetközeli élőhelyeket, gyepet, erdőket kialakítani. Jelenlegi cikkünkben ennek az elemzésnek a tájszerkezettel kapcsolatos eredményeit szeretnénk közreadni. A táj kutatási gyakorlatban egyre nagyobb igény jelentkezik a táji rendszereket érő hatások, illetve változások számszerűsítésére, amelyhez a tájmetria eszköztára hatékony megoldást nyújt (TÚRI 2011). A tájfoltok geometriai jellemzőinek vizsgálatához egyre több összetett táji mérőszám áll rendelkezésre (SZABÓ – CSORBA 2009). Ezek közül választottunk ki néhányat, amelyek releváns információkat adtak a mintaterületre.

## Anyag és módszer

### *Kutatási terület*

A mintaterület határait a DDNPI határozta meg. A Szaporcai Ó-Dráva meder és az Ős-Dráva Látogatóközpont közvetlen környezetét foglalja magába (csak a magyarországi részekre végeztük el az elemzést) (1. ábra). Területe 35,1 km<sup>2</sup>. Közigazgatási beosztás szerint a Dél-Dunántúlon, Baranya megye Siklósi járásában fekszik. Tájföldrajzi besorolás alapján az Alföld nagytájrészlet, Alsó-Dráva menti síkvidék középtáján, a Baranya-Eszéki-Dráva-sík kistájon helyezkedik el (CSORBA ET AL. 2018).

### *Módszertan*

Kutatásunkhoz a QGIS 2.18, 3.10 és 3.22 verzióját, valamint az ArcGIS (ArcMap) 10.8 térinformatikai környezetét használtuk.

11 időkeresztmetszetet vizsgáltunk, 1783-tól napjainkig: Első Katonai Felmérés (1783–1784), (1:28.800), Második Katonai Felmérés (1859) (1:28.800), Harmadik Katonai Felmérés (1880) (1:25.000), 1941-es Katonai Felmérés (1:25.000), 1950–1952-es topográfiai térkép (1:25.000), 1965-ös ortofotó (1,25 méter felbontású, szürkeárnyalatos), 1978-as ortofotó (1,8 méteres felbontású, szürkeárnyalatos, de a terület délnyugati oldalán hiányos. Ezt egy 1969–1971 közötti 1:10.000 méretarányú térkép lapjainak tartalmával pótoltuk), 1992-es topográfiai térkép (1:10.000), 2000-es ortofotó (1,5 méteres felbontású, színes), 2009-es ortofotó (1,2 méteres felbontású, színes), 2021-es ortofotó (0,4 méteres felbontású, színes).



1. ábra A kutatási terület elhelyezkedése

A tájhasználati és tájszerkezeti elemzések kiindulópontját a digitalizálás során előállított vektoros rétegek jelentették. A folyamat megkezdéséhez a raszteres állományok vetületi rendszerét egységesítettük (Egységes Országos Vetület; HD72; EPSG:23700). A vetületi rendszerrel ellátott állományokat ezután kézzel, vizuális interpretáció segítségével vektorizáltuk és generalizáltuk. A feldolgozás során 1000 m<sup>2</sup>-es minimális foltméretet állapítottunk meg.

A tájmetriai mérésekhez az ArcMap 10.8 szoftver vLATE (Vector-based Landscape Analysis Tools) pluginját használtuk (LANG – TIEDE 2003). A tájhasználati adatok önmagukban nem elegendőek a tájban zajló folyamatok teljeskörű detektálásához, mert az adott élőhely-kategória kiterjedésén kívül fontos tudnunk azt is, hogy ezek milyen térbeli eloszlással, alaki paraméterekkel rendelkeznek. Ebben segítenek a tájmetriai indexek. Ez a kvantitatív megközelítési módszer lehetővé teszi, hogy objektív módon összehasonlítsuk az eltérő időkeresztmetszetek tájszerkezetét és más vizsgálati területekkel is összevethetjük.

Az általunk alkalmazott mutatószámokat az alábbi csoportosítás szerint foglalhatjuk össze (MCGARIGAL – MARKS 1995; JAEGER 2000; TÚRI 2015).

*Területi:*

- Foltszám (NP) [db]: A foltok darabszáma táj vagy osztály szinten.
- Közepes foltméret (MPS) [m<sup>2</sup>]: A foltok méretének átlaga táj vagy osztály szinten.
- Szegélysűrűség (ED) [m/ha]: Az élek hossza egységnyi területre vetítve. Minél magasabb, annál tagoltabb a táj vagy a foltosztály.
- Kerületi:
- Teljes szegélyhossz (TE) [m]: Az élek teljes hossza egy adott folttípuson belül vagy a táj egészében. A magasabb szegélyhossz az erősebb fragmentációra utal.
- Közepes szegélyhossz (MPE) [m]: A foltok kerületének átlaga táj vagy osztály szinten.

*Alaki:*

- Közepes alaki index (MSI): A foltok átlagos alakját méri egy adott foltosztály esetében vagy táj szinten. Értéke 1, ha a foltok kör alakúak. A komplexitással együtt növekszik.
- Közepes kerület/terület arány (MPAR): A kerület/terület arány átlaga. Értéke a foltok összetettségével nő.

*Szomszédsági:*

- Hatékony rácsméret index (MESH) [m<sup>2</sup>]: Foltosztály szintű, kumulatív eloszláson alapuló mérőszám. Minél nagyobb az értéke, annál valószínűbb, hogy két véletlenszerűen kiválasztott pont egy folton belül helyezkedik el. Ezt a valószínűséget területegységre vetíti.

### Diverzitás:

- Shannon-féle diverzitás index (SHDI): A foltok táj szintű diverzitását mutatja meg. A magas SHDI az egyes osztályok arányos eloszlására utal.
- Dominancia (D): Megmutatja, hogy mennyire egyenlőtlen a foltok eloszlása. (Értéke az SHDI-vel fordítottan arányos.)

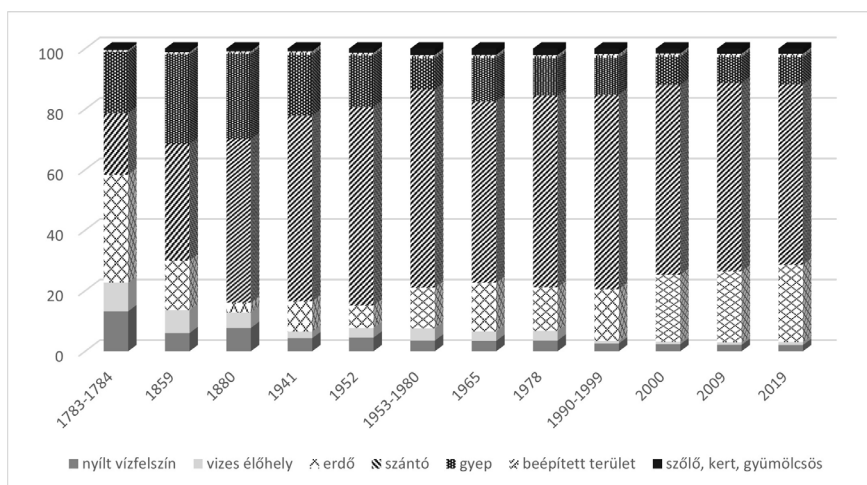
## Eredmények

### Tájhasználat

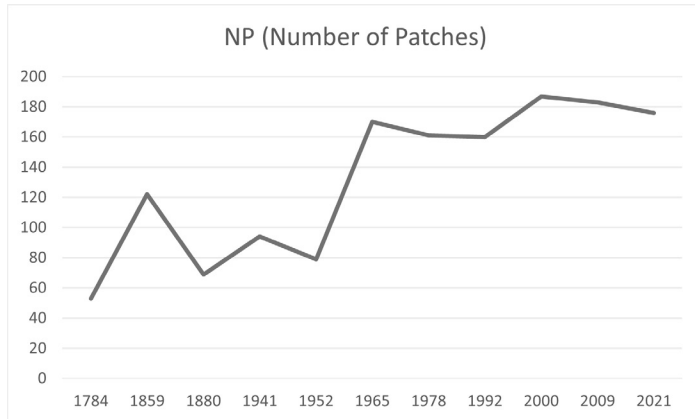
A kutatási területen zajló tájváltozási folyamatok iránya korszakokonként eltérő tendenciákat mutatott. Kezdetben az erdők visszahúzódása volt a legmarkánsabb folyamat, ugyanis 1880-ra elérték kiterjedésük mélypontját. Ezzel ellentétes irányban változott a gyepek területe, mivel a kiirtott erdők helyét eleinte ez a foltosztály vette át. Ezt követően azonban az erdők kis mértékben gyarapodni kezdtek, a gyepek visszahúzódtak. Térvesztésük 2009-ig tartott, viszont napjainkra ismét nőtt a kiterjedésük. A vizsgálati időszak kezdetétől a 20. század közepéig a legmeghatározóbb folyamat a természetes élőhelyek visszaszorulása volt a szántóföldek rovására. Szembetűnő az 1784 és 1952 közötti háromszoros különbség. A vizes élőhelyek térvesztése folyamatos volt, mert a területen csökkent a talajvízszint, a holtág és a mélyfekvésű területek kiszáradásnak indultak. Részarányuk az 1990-es évektől kezdve alacsony szinten stabilizálódott (2. ábra).

### Tájszerkezet

Az Első Katonai Felmérés időszakában a nagy, kevésbé fragmentált foltok voltak jellemzők a mintaterületen. Erre utal az alacsony foltszám (NP) (3. ábra), szegélysűrűség (ED), közepes kerület-terület arány (MPAR), közepes alaki index



2. ábra A tájhasználati arányok megoszlásának változása a mintaterületen



3. ábra A foltszám (NP) változása táj szinten

(MSI), valamint a Shannon-féle diverzitás (SHDI), továbbá a szegélyhossz átlagának (MPE) magas értéke. Megállapítható, hogy a táj szintű mutatók eredményei a terület természetességének magas fokát támasztják alá és ezt igazolják az osztály szintű elemzések is. A vizes élőhelyek és erdők magas rácsmérete (MESH), illetve alacsony alaki indexe (MSI) kedvező az élővilág szempontjából, mert összefüggő, kompakt foltokra utal.

A Második Katonai Felmérés alapján egyértelműen kirajzolódik a természetes élőhelyfoltok feldarabolódásának erősödése, amely a foltszám (NP) (3. ábra) táj szintű kiugró értékében nyilvánul meg, és a diverzitás (SHDI) enyhe csökkenése is igazolja. Az erdők foltszáma (NP), átlagos foltmérete (MPS), valamint MESH mutatója is visszaesett (4. ábra), tehát veszítettek a tájszerkezetben betöltött szerepükből. A vizes élőhelyek foltszáma nőtt, ugyanakkor részarányuk kisebb lett, tehát kisebb egységekre bomlottak fel. A szántók térfoglalását jelzi, hogy foltszámuk látványosan emelkedett, de ekkor még szétagoltan helyezkedtek el, ezért MESH indexük alacsony szinten mozgott.

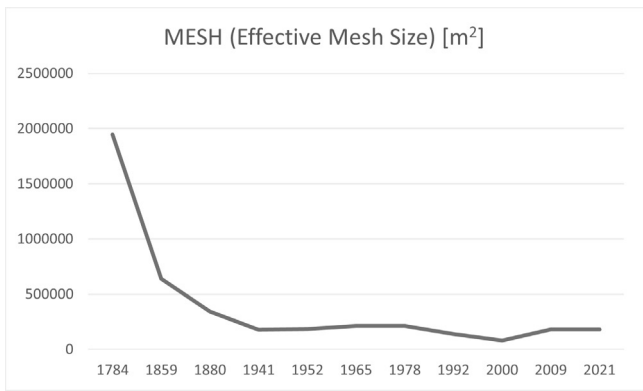
A Harmadik Katonai Felmérés idejében tovább esett a diverzitás (SHDI), de ezzel fordított arányban növekedett a dominancia (D) értéke, vagyis a tájszerkezet homogenizációját figyelhetjük meg. A korábbi sokféleség helyett néhány foltosztály vált uralkodóvá (szántók, gyepek). A foltszám (NP) (3. ábra) és szegélysűrűség (ED) értékének csökkenése szintén a táj egysíkúbbá válására utal, azonban fontos kiemelnünk azt is, hogy ez részben a térképi állomány hiányosságaira is visszavezethető. Az erdők MESH értéke elérte mélypontját, a gyepeké viszont tetőzött. A szántók részaránya tovább nőtt, elkezdtek egyre jobban összeolvadni.

Az 1941-es állapot elemzésénél látható, hogy a foltok alakja egyszerűbbé, szabályosabbá vált, amely az alaki indexek átlagának (MSI) mélypontjában nyilvánul meg. Ennek oka a szabályosabb, négyszögletes vagy ahhoz közelítő mezőgazdasági parcellák kialakítása, illetve az erdők esetében is található két téglalap alakú foltot. Ugyanakkor a kerület-terület arány (MPAR) növekedést mutatott. Ennek legfőbb

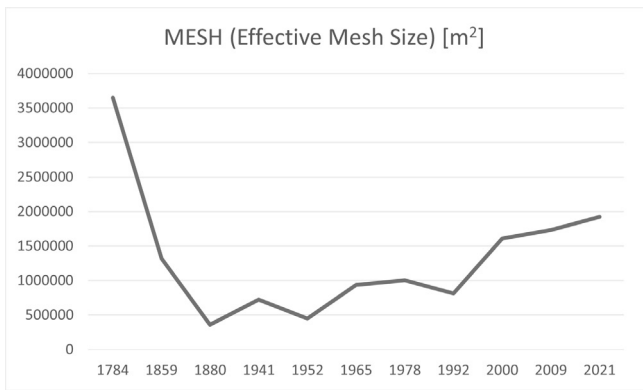
oka, hogy sok lineáris jellegű folttal találkozhatunk, amelyek kerülete a területükhöz viszonyítva magasabb értéket vett fel, továbbá a digitalizálás módszertana is magyarázatot ad a jelenségre. A generalizálás során a vonalas jellegű foltok esetében (pl. folyómedrek, fasorok stb.) összevonjuk a kisebb elemeket, ami torzítja a kerület-terület arányt. Kedvező fejleménynek tekinthető az erdők MESH értékének emelkedése (4. ábra), amely összefüggésben áll a területi gyarapodásukkal. A gyepek és a vizes élőhelyek rácsmérete (MESH) viszont csökkent.

1952-ben a tájszerkezeti mutatók a táji diverzitás visszaesését jelezték, amely a szántóföldek hegemoniájára és a természetes élőhelyek visszaszorulására vezethető vissza. Az alaki index középértéke (MSI) a korábbi állapothoz képest jelentősen emelkedett, mert a foltok bonyolultabb formákat kezdtek felvenni. A szántók rekord alacsony foltszáma mellett a MESH mutató elérte a csúcspontját, vagyis nagy kiterjedésű parcellák uralták a tájat.

1965-ben a táj szintű tájmetriai indexek tendenciáiból a foltszám (NP) és szegélysűrűség (ED) ugrásszerű növekedése emelhető ki leginkább. Ennek oka, hogy a korábbiaktól eltérően ezúttal több kisebb, különállóan elhelyezkedő folttal találkozhatunk. A feldolgozott rászteres állományok felbontásbeli különbségeit



4. ábra A vizes élőhelyek MESH értékének változása



5. ábra Az erdők MESH értékének változása



is figyelembe kell vennünk, mert ez az első olyan időpont, amikor légifelvétel digitalizálásával készítettük el a tájhasználati térképet, ugyanis a részletgazdagabb ábrázolás növelheti az említett mutatószámok értékét is. Az erdők kiterjedése tovább bővült és elérte az 1859-es szintet, de a foltszám sokszorososa lett az akkorinak, ezért a korábbival ellentétben inkább kisebb foltokba rendeződtek, nem alakultak ki hatalmas erdőtömbök. Ezt a MESH mutatójuk értéke is alátámasztja (5. ábra).

1978-ban a tájszerkezet esetében nem figyelhetünk meg jelentős átalakulást, a mutatók általában stagnáltak, a táji diverzitás kis mértékben gyengült a szántóföldek terjeszkedése miatt.

Az 1992-ben bekövetkező legszembetűnőbb változás a teljes szegélyhossz (TE) csökkenése volt, amely a Cúntól délre elhelyezkedő gyepekkel és szántókkal tarkított terület átalakulására vezethető vissza, mivel az elszórtan, sok esetben lineáris jellegű objektumok (utak, táblaszegélyek) mentén fellelhető gyepeket beszántották. A vizes élőhelyek MESH értéke ekkor érte el mélypontját, az erdők foltszáma (NP) pedig a tetőpontját.

2000-ben a kerület-terület arány (MPAR), a szegélysűrűség (ED) és az alaki index középértéke (MSI) elérték a vizsgált időszakban mért legmagasabb értéket, vagyis táji szinten ekkoriban fordultak elő a legkomplexebb, a területükhöz viszonyítva legnagyobb szegéllyel rendelkező foltok. Ez a jelenség a szegélyhatás erősödését hozta magával, amely növeli az élőhelyek külső behatásokkal szembeni sérülékenységét.

2009-ben a táj szintű tájmetriai indexek stagnálását láthatjuk, nem határozható meg egyértelmű elmozdulás.

2021-ben a korábbi állapothoz hasonlóan továbbra sem tapasztalhatunk jelentős változást a táj szintű mérőszámok esetében. Az osztály szintű indexek vonatkozásában a vizes élőhelyeknél az alaki index középértéke (MSI) és a közepes kerület-terület arány (MPAR) csökkenése emelhető ki, amely a foltok alaprajzának egyszerűsödésére utal. Összességében elmondható, hogy a tájszerkezet jellemvonásai napjainkra stabilizálódtak.

## **Konklúzió**

A tájszerkezeti változások legfőbb iránya a természetes élőhelyek fragmentálódását mutatja. A foltok szétszórtabban, kisebb területekre szabdaltan helyezkednek el, amely természetvédelmi szempontból kedvezőtlennek ítélnélhető, ugyanis növeli a környezeti tényezőkkel szembeni kitettséget és az élőhelyek degradációjához vezet.

Az utóbbi évtizedek tájhasználatában bekövetkezett tendenciák a természetközeli vegetáció térnyerését mutatják, azonban a tájszerkezetben ez nem jelenik meg markánsan, mivel a foltok nem a tájatalakítás előtti időkben kialakult nagyobb egységekbe rendeződnek vissza, hanem szórványosan fordulnak elő, ezért

napjainkban sem valósul meg teljes mértékben az ökológiai hálózat egysége, mert hiányoznak vagy sérülékenyek a foltokat összekötő folyosók és a nagyobb kiterjedésű, kompakt formájú, háborítatlan élőhelyek.

## **Köszönetnyilvánítás**

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatósága által menedzselte HUHR/1901/2.2.1/0122 – Development and Protection of the Transboundary Biosphere Reserve Mura-Drava-Danube projektnek a kutatás finanszírozásért és a szükséges térinformatikai állományok, ortofotók biztosításáért.

## **Felhasznált irodalom**

- CSORBA P. – ÁDÁM SZ. – BARTOS-ELEKES ZS. ET AL. (2018): Tájak. In: Kocsis Károly (főszerk.) Magyarország Nemzeti Atlasza, MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest, pp. 112–129.
- FLUET-CHOUINARD, E. – STOCKER, B.D. – ZHANG, Z. ET AL. (2023): Extensive global wetland loss over the past three centuries. *Nature*, 614, pp. 281–286. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05572-6>
- JAEGER, J.A. (2000): Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15, pp. 115–130. <https://doi.org/10.1023/A:1008129329289>
- MCGARIGAL, K. – MARKS, B. (1995): FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Report PNW-GTR-351. USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland. 134 p.
- LANG, S. – D. TIEDE (2003): V-LATE Extension für ArcGIS – vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse. In: ESRI Anwenderkonferenz 2003 Innsbruck, CDROM Szabó Sz., Csorba P. (2009): Tájmetriai mutatók kiválasztásának lehetséges módszertana egy esettanulmány példáján. *Tájökológiai Lapok*, 7(1), pp. 141–153.
- TÚRI Z. (2011): A tájmintázat vizsgálata a Tiszazugban. *Tájökológiai Lapok*, 9(1), pp. 43–51.
- TÚRI Z. (2015): A tájszerkezet geoinformatikai módszereinek elemzése alföldi mintaterületeken. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen. pp. 160–165.

# Investigating total dissolved solid of the rivers entering the Anzali Wetland, Iran

Mohammadreza Ojani<sup>1\*</sup> – Eisa Ebrahimi<sup>2</sup> – Zeynab Kougir Chegini<sup>3</sup> – Abdelmajeed A. Elraheed<sup>4</sup> – Azin Rooien<sup>5</sup> – Szabo Szilard<sup>6</sup>

<sup>1</sup> PhD Student, Department of Physical Geography and Geoinformation System, Institute of Earth science, University of Debrecen, Hungary, Saman.ojani@science.unideb.hu

<sup>2</sup> PhD. Soil Science, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, I. R. Iran, Ebrahimi.soilphysic@yahoo.com

<sup>3</sup> PhD Student, Department of Physical Geography and Geoinformation System, Institute of Earth science, University of Debrecen, Hungary, Zeynab.kch@mailbox.unideb.hu

<sup>4</sup> PhD Student, Department of Geology, University of Khartoum, Sudan, Majeedelrasheed25@gmail.com

<sup>5</sup> PhD Student, Department of Landscape Protection and Environmental Geography, Institute of Earth Sciences, University of Debrecen, Hungary, Azin.rooien@science.unideb.hu

<sup>6</sup> Professor, Department of Physical Geography and Geoinformation System, Institute of Earth science, University of Debrecen, Hungary, szaboszilard.geo@gmail.com

**Abstract:** Anzali Wetland is one of the important water areas in Iran, which has been heavily polluted by rivers in recent years and is in a critical state. The purpose of presenting this article is to investigate the pollution changes in the rivers entering the Anzali wetland and to determine the relative contribution of each of the rivers in the pollution of this wetland. The data analyzed in this research includes discharge, total dissolve solids on a monthly basis from 2010 to 2015 in nine main rivers entering Anzali Wetland. The results showed increasing of rainfall and runoff production lead to decreased concentrations of in river water due to the dilution effect in order to revive the Anzali wetland, it is necessary to manage the catchment area and support the government, and the two rivers, Pasikhan and Pirbazar, are in priority.

*Keywords: pollution, Anzali wetland, Pasikhan, Pirbazar, total dissolve solids*

## Introduction

Water represents an indispensable resource crucial for all biological and human activities, playing a pivotal role in the development of nations (YOUSEFI – MAHDIAN 2014). Among water resources, such as running water, surface water, wetlands, and lakes, only a fraction, approximately one percent, is directly accessible for human utilization (DODES 2002). Consequently, there is growing concern over the degradation of flowing water bodies like rivers and streams, heavily impacted by human interventions (NG ET AL. 2006; YING ET AL. 2004).

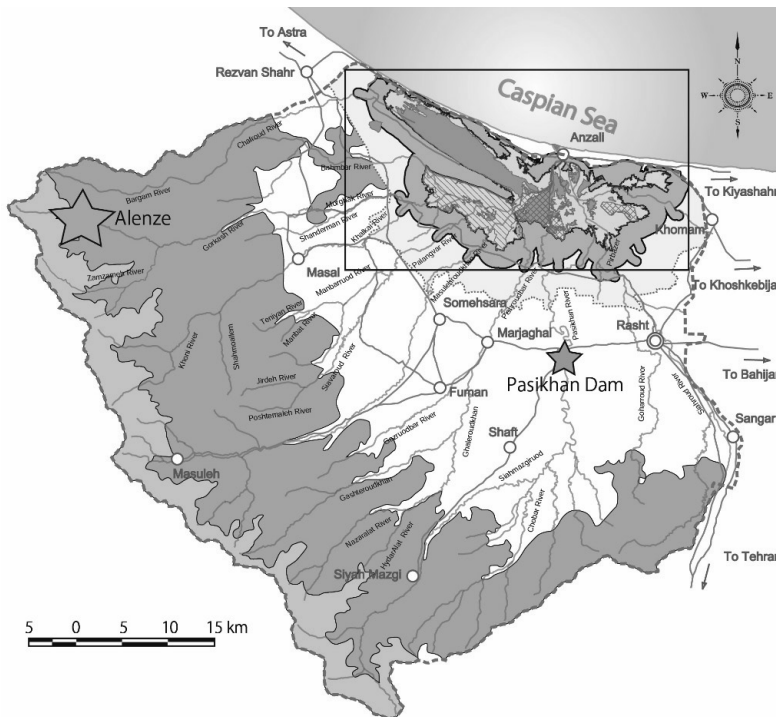
The burgeoning population and escalating pollution from various sources such as urban, industrial, and agricultural effluents, waste discharge, and surface runoff have led to widespread pollution and dwindling water resources (SAMADI ET AL. 2018; ENRICO ET AL. 2007). The discharge of organic and mineral pollutants, including nutrients, poses a significant threat to river water quality (Sabahi et al. 2018). Moreover, dwindling precipitation and escalated water extraction exacerbate river pollution

issues (MOJARDI ET AL. 2017). Rivers, being part of open systems, are subject to constant change and evolution (NAYYERI – ZANDI 2015). The loss of nutrients through sediment runoff is a dynamic process that varies depending on different temporal and spatial factors. This variability is partly attributed to fluctuations in the actual nutrient content in the soil over time. Consequently, interpretations regarding the causes of this loss from various sources are varied. For instance, a study conducted on sediment nutrient content in soils throughout four seasons of the year found that the highest levels of nitrogen, available phosphorus, and organic matter were observed during summer, while the lowest levels were recorded during winter (BIJAYALAXMI – YADARA 2006). Conversely, some researchers have reported peak sediment nutrient levels in soils during winter (ARUNACHALAM – ARNNACHALAM 2000).

Our aim was to investigate about relationship between discharge and total dissolve solids (TDS) for nine rivers that go to Anzali Wetland.

### Materials and Methods

The Anzali Wetland, situated in the northern region of Iran within Guilan Province, Anzali County, lies along the southern coastline of the Caspian Sea, spanning longitudinally from 49 degrees 15 minutes to 49 degrees 36 minutes east and latitudinally from 37 degrees 23 minutes to 37 degrees 32 minutes north (*Figure 1*).



*Figure 1. Hydro-metric stations and land use in Anzali Wetland basin*

Covering an area of 15,955 hectares with a perimeter of 115.5 km, the wetland sits at an elevation of 23 meters below the open water level. It forms part of the Anzali watershed, which itself constitutes a fraction of the Caspian Sea's southern coastline, encompassing an area of approximately 361,000 hectares. The Anzali Wetland complex comprises natural, freshwater, and shallow wetlands, including distinct parts such as the eastern, western, central, Selkeh, Sarkhankal, Hossein Bekende, and Siah Kashim segments, each exhibiting unique characteristics (JAİKA 2005). Pastures and forests adorn the southern portion of the basin. Data utilized in this study are discharge and total dissolved solids were sourced from the regional water organization of Guilan province on a monthly basis spanning from 2010 to 2015. The available information was analyzed over a six-year period for nine rivers which entering the Anzali Wetland.

### Result and Discussion

Notably, the Pasikhan sub-basin boasts the largest area of 795 square kilometers, with the western sub-basins surpassing their eastern counterparts in terms of area, accompanied by considerably high annual sedimentation. The Pasikhan River exhibits the highest and lowest annual sediment loads, amounting to 188,349 and 40,251 tons per year, respectively.

Based on the analysis in different rivers, Pirbazar (Pirbazar station) and Pasikhan (Nokhale station) Rivers emerge as significant sources of pollution for the Anzali Wetland. The results indicate a linear relationship between total dissolved solids and water content at the Pirbazar and Nokhale Stations (*Figure 2*). ASADI ET AL. (2007) and SHIKAGI ET AL. (2007) have previously noted that increased rainfall and runoff production lead to decreased concentrations of elements in river water due to the dilution effect. Additionally, DEKAHI ET AL. (2017) highlighted that the removal of agricultural, industrial, and urban wastewater significantly reduces river salinity.

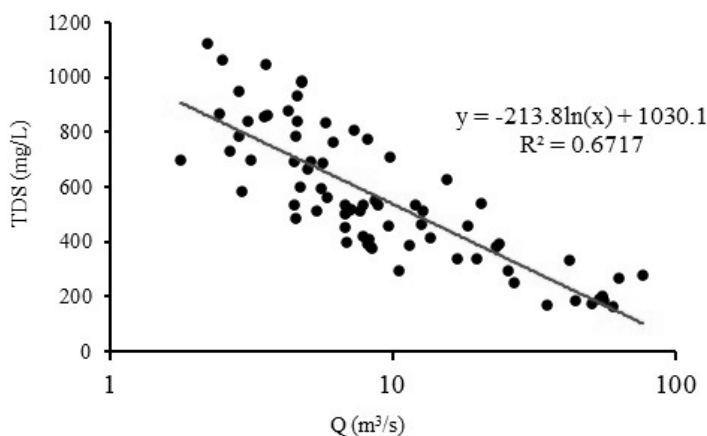


Figure 2. Regression relationships of discharge-total dissolved solids

Agricultural activities also significantly contribute to pollution in the Anzali Wetland. The eastern part boasts a larger cultivated area compared to the western part of the Anzali Wetland catchment area, cultivating various crops including tea, vegetables, fruit trees, and notably rice. Rice cultivation prevails in the region, with Rasht, Shaft, Foman, and Souma-Sara (eastern part) hosting 31,537, 6,333, 7,327, and 14,226 hectares of rice fields, respectively (Ministry of Agriculture, 2016 statistics). Studies corroborate that increased surface sewage, river flooding, augmented river discharge, human activities along riverbanks, and land use changes contribute to heightened total dissolved solids levels (SHARIFINIA ET AL. 2017; QISHLAGHI ET AL. 2017).

## Conclusions

The pollution of this river primarily stems from urban and industrial sewage. In the upper region of the Pasikhan sub-basin, extensive degradation of pastures on both the Siah-Mezgi and Imamzadeh Ebrahim branches exacerbates pollution in the Pasikhan River due to heightened erosion in these areas. The Zarjoub River, a principal tributary of the Pibazar River, experiences severe pollution, with urban and industrial wastewater from Rasht city and its environs entering the river and ultimately reaching the Anzali Wetland.

Restoring the Anzali Wetland necessitates first improving the water quality of inflowing rivers, as enhanced river water quality translates to improved wetland conditions. Key measures to achieve this include reducing pesticide and agricultural fertilizer usage, enhancing the provincial sewage treatment infrastructure, refraining from discharging untreated sewage into rivers, particularly Rasht city's sewage system, and raising public awareness among local residents and tourists about environmental pollution. Biodiversity conservation efforts are also imperative for enhancing river water quality. These measures collectively aim to mitigate pollution and facilitate the restoration of the Anzali Wetland ecosystem.

## References

- ASADI H. (2016): Estimation of sediment, organic carbon, and phosphorous loads from Pasikhan River into Anzali Wetland, Iran. *International Journal of Environmental Protection*. 6(1): 129–133.
- DODDS WK. (2002): *Freshwater ecology; concepts and environmental applications*. California; Academic Press. 1-456.
- ENRIQUE S – MANUEL FC – JUAN V – ANGEL R – MARI GG – LISSETTE T. (2007): Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecological Indicators*. 7: 315-328.
- MOJARADI B – ALIZADEH SANAMI F – SAMADI M (2017): Estimation of water quality index of Talar river using artificial neural networks and gene expression programming. *Iranian Journal of Watershed Science and Engineering*. 13(41): 61–72

- NAYYERI H – ZANDI S. (2015): Water quality status of Tarwal River in Kurdistan province using IRWQIsc index and quality zoning based on IDW interpolation model. *Buletin Teknologi Tanaman Bil.* 12: 242–8.
- NG AW – JCPEREA BD – TRAN H. (2006): Improvement of river water quality through a seasonal effluent discharge program (SEDP). *Water, Air, and Soil Pollution Journal.* 176:113–37.
- QISHLAQI A – KORDIAN S – PARSAIE A. (2017): Hydrochemical evaluation of river water quality a case study. *Applied Water Science.* 7(5): 2337–2342.
- SABAHI H. – FAIZI M. – VAYSI H – ASILAN KS. (2018): Investigating the impact of agricultural activities on the water quality of Sikan River. *Environmental science.* 7(4): 23–30.
- SAMADI MT – SAQI MH – RAHMANI AR – MIRZAEI S – TARABZADEH H (2018): Investigation of water quality of Silvar River based on WQI index using geographic information system. 12th National Environmental Health Conference. 18937 (1052).
- SHARIFINIA M – ADELI B – NAFARZADEGAN AR. (2017): Evaluation of water quality trends in the Maroon River Basin, Iran, from 1990 to 2010 by WQI and multivariate analyses. *Environmental Earth Sciences.* 76(22): 781.
- SHIGAKI F – SHARPLEY A – PROCHNOW LI. (2007): Rainfall intensity and phosphorus source effects on phosphorus transport in surface runoff from soil trays. *Science of the Total Environment.* 373(1): 334–343.
- STUBBLEFIELD AP – REUTER JE – DAHLGREN RA – GOLDMAN CR (2007): Use of turbidometry to characterize suspended sediment and phosphorus fluxes in the lake Tahoe Basin. California, USA, *Hydrol, Process.* 21: 281–291.
- TAVAKOL, M. – ARJMANDI, R. – SHAYEGHI, M. – MONAVARI, S.M – KARBASSI, A. (2017): Developing an environmental water quality monitoring program for Haraz River in Northern Iran. *Environmental Monitoring and Assessment.* 189.8: 410.
- YOUSEFI FALAKDEHI A. – GOLPARVAR M. – SAFDEL M. – LASHT NASHAI M. (2013): Investigation of water pollution of Zilki River in Gilan province. *Iranian Water Research Journal.* 6 (10): 1–6.





# Estimating onset of vegetation growth for croplands and grasslands using Copernicus HR-VPP phenology data

Vivien Pacskó<sup>1,2\*</sup> – Edina Birinyi<sup>1,2</sup> – Ottó Petrik<sup>3</sup> – Zoltán Barcza<sup>4</sup>

<sup>1</sup> PhD student, ELTE Eötvös Loránd University, Doctoral School of Earth Sciences

<sup>2</sup> remote sensing specialist, Lechner Knowledge Center, Earth Observation Operations Center

<sup>3</sup> remote sensing expert, Lechner Knowledge Center, Earth Observation Operations Center

<sup>4</sup> associate professor, ELTE Eötvös Loránd University, Department of Meteorology

\* pacsko.vivien@gmail.com, vivien.pacsko@lechnerkozpont.hu

**Abstract:** The Copernicus Land Monitoring Service generates High-Resolution Vegetation Phenology and Productivity (HR-VPP) products for Europe from 1 January, 2017 onwards (CLMS 2023a; WEKEO 2021). The phenology related products are derived using information about the photosynthetically active leaf foliage development stage. We analyse the potential of integrating the published phenology data, specifically the so-called start of season date (SOS), into drought and crop condition mapping efforts that are ongoing in Hungary. This study focuses on the within-plot variability of SOS of the main arable crops and grasslands at 10 m spatial resolution in 2022. The results indicate that the observed intensive spring growth of winter cereals is quite homogeneous within plots, while for maize and sunflower it is not the case. For the latter crops the standard deviation of SOS can be two weeks or higher, and it is not practical to assign a single date to rapeseed parcels because the within-plot differences can be extreme. The study supports the characterization of spring leaf development in Hungary.

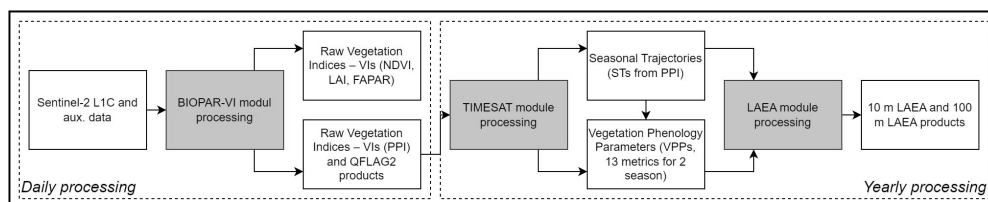
## Introduction

In drought and crop condition monitoring it is a standard scientific method to compare present conditions with previous reference years or multiannual means (REINERMANN ET AL. 2019; GESSNER ET AL. 2023). In such a comparison, in addition to the type and spatial location of the plant, plant development stage (quantified by phenological data) provides additional valuable information. Thanks to the Copernicus HR-VPP database, historical phenological information is available at 10 m resolution over the entire EEA39 (32 member countries, the UK and 6 cooperating countries in the Western Balkans) since 2017. In this preliminary study, we examined the within-plot standard deviation (STD) of start of season dates (SOS) for main arable crop types (such as winter and spring cereals, maize, sunflower, rapeseed) and for grasslands in Hungary. Our reference data come from the so-called Anonymised Database of Subsidies that is reported by farmers by parcel. It is assumed that if a parcel is represented as one single polygon, it is also cultivated as a single unit. Using this assumption an attempt was made to assign a central SOS value to each plot by defining SOS median value within the plot.

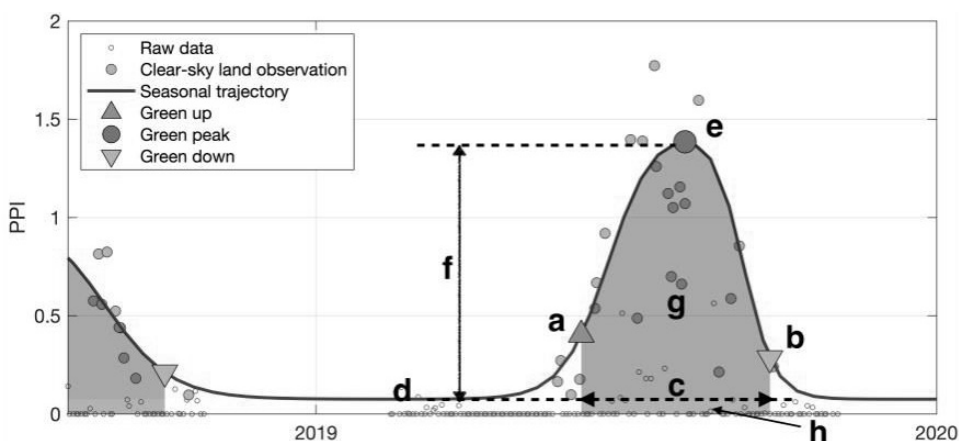
## Materials and methods

The Copernicus HR-VPP Seasonal Trajectories (STs) are generated from Sentinel-2 data and provided yearly after the end of the current vegetation growing season. These are derived as a regular time-series of every 10 days by fitting a smoothing and gap filling function to the raw Plant Phenology Index (PPI) that is a physically-based vegetation index, developed from a simplified solution to the radiative transfer equation (JIN ET AL. 2014). The HR-VPP Vegetation Phenology Parameters (VPPs) are retrieved from the STs and are provided for up to two growing seasons (*Figure 1*).

The documentation of HR-VPP highlights that PPI was selected as the base vegetation index, because it provides the best results for deriving STs and VPPs, especially to detect the onset of the growing season (TIAN ET AL. 2021), and has strong correlation with gross primary productivity (GPP) (JIN ET AL. 2017; JIN ET AL. 2019). For constructing STs, TIMESAT 4 (JÖNSSON – EKLUNDH 2004, TIMESAT 2023) is applied on PPI time series, as it offers robust performance for handling data noise and gaps. The method described by JÖNSSON ET AL. (2018) is used, in which the



*Figure 1. Overview of HR-VPP system (after SMETS ET AL. 2023)*



*Figure 2. Schematic representation of the HR-VPP product bundle (Smets et al. 2023). The VPPs describe specific stages on the ST curve such as (a) start of season (SOS: date, PPI value and slope), (b) end of season (EOS: date, PPI value and slope), (c) length of growing season, (d) minimum of season, (e) peak of the season (date and PPI value), (f) amplitude, (g) small integrated value, (g+h) large integrated value*

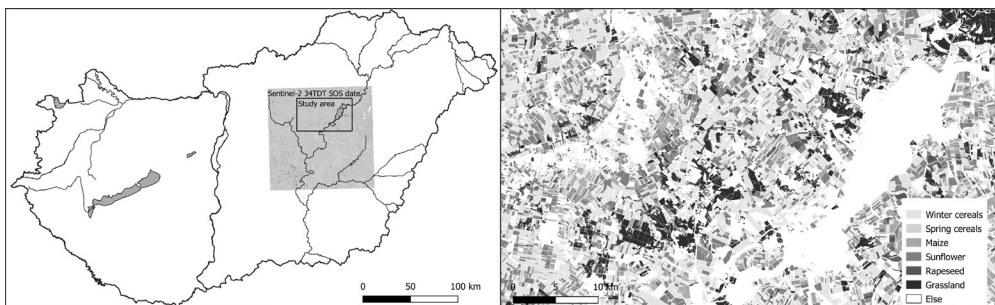
model function is a sum over double logistic functions (FISCHER 1994), one for each potential season.

The start and end of the growing seasons are defined by searching the STs for each defined season from the minimum value up to the peak level, setting the SOS to the time when the seasonal amplitude exceeds a user-defined value. The end of season is defined in a similar way. The threshold values are defined as 25% of the seasonal amplitude for SOS and 15% for the EOS, as these values provide the highest correlation to in-situ based productivities and phenology (TIAN ET AL. 2021).

Although the HR-VPP database is of considerable importance as it provides the possibility to observe inter- and intra-annual growth and productivity changes on a continental scale, it has limitations, especially in those areas with rapid cropping events (like multiple mowing events of grasslands). For more details on HR-VPP (data pre-processing, processing methodology, features and limitations of the dataset, quality assessment, validation, etc.) the authors recommend the official documentation (CLMS 2023b, in particular SMETS ET AL. 2023).

Our study area of about 220 thousand hectares is part of the Bükk National Park and can be completely covered by one Sentinel-2 tile (referred as 34TDT; *Figure 3a*). As the HR-VPP yearly dataset was not available for 2023 at the time of the survey, here the SOS layer of the first season of 2022 was applied. Since the SOS could occur in the year before the season peak, in our case, in 2021, and the data is stored in ‘yydoy’ 16-bit integer format (e.g. ‘21365’ for 31/12/2021), some practical data modifications were necessary (rescaling the original 21001-21365 values to 22001-22365 and the original 22001-22365 to 22366-22730).

The plots analysed were selected from the Anonymised Database of Subsidies and grouped by species (*Figure 3b*). Data processing included (i) shrinking all the polygons with a 5 m negative buffer, and filtering out the ones (ii) that are smaller than 200 sq m, (iii) having less than 2 valid pixels (10×10 m) and (iv) of which nodata rate within the polygon on the basis of the SOS layer is higher than 10%. Due to data processing the area loss is 2.26% of polygons and 10.24% of the area. Note that between the remaining and examined plots, the distribution of categories is not balanced (*Table 1*).



*Figure 3. (a) Study area also showing the 34TDT tile (left); (b) Selected and shrunk polygons from the Anonymised Database of Subsidies (right)*

Table 1. Area data of plots by crop type

Plant type	Winter cereals	Spring cereals	Maize	Sunflower	Rapeseed	Grassland	$\Sigma$
Number of parcels	8 821	162	2 659	5 478	396	3 609	21 125
Area covered with valid SOSD pixels (ha)	46 708	463	12 486	27 941	2 290	19 346	109 235
Ratio to the number of plots analysed	42,76%	0,42%	11,43%	25,58%	2,10%	17,71%	100%
Average plot size (ha)	5,30	2,86	4,70	5,10	5,78	5,36	5,17

We derived minimum, maximum, median, mean, standard deviation (STD), count and nodata count values for each polygon from the pixel values under the polygon and examined the frequency of the values. In this study, the STD and median dates of plots are presented.

## Results and discussion

The frequency of SOS STD values is presented in *Figure 4* using 5-days resolution categorized by type of plant. In our study area, this STD is the lowest for winter cereals, and varies between 0 and 5 days for 74% of the plots (6 520 plots representing more than 33 thousand hectares). According to the results these plots had quite homogeneous growth in 2022. Further examination is needed for the 5% of the plots, where STD exceeded 10 days. For spring cereals, the STD is under 10 days in three quarters of all cases (121 plots representing 316 ha), but note that we only had 162 winter cereal plots to examine.

The number of sunflower parcels with STD between 0 and 5 days is approximately equal to those between 5 and 10 days (10 939 and 11 108, respectively). These two groups together account for 78% of the parcels that also means quite high within-plot homogeneity. For maize, the group with STD from 5 to 10 days is the most frequent. For both maize and sunflower, the frequency of STD from 10 up to 15 days is significant. It is proportionally higher for maize, but both represent ca. 3 thousand hectares (2 769 and 3 506 ha, respectively). It should be noted here that in 2022 a spring drought damaged arable crops, with maize and sunflower fields being the most severely affected.

The STD is between 0 to 10 days for 58% of the rapeseed plots, but it is over 30 days in 30% of the plots, which may indicate that parts of the parcels reached 25% of their productivity – so the SOS value – already in the autumn, while for other pixels it only happened in the next spring. Because of the apparently large inhomogeneities, we do not suggest assigning a single SOS value to a single rapeseed plot (although here we have done for the sake of completeness).

Unlike for arable crops, for grasslands it is not assumed that a parcel represents a single management unit, since there may be several grass species, communities and management practices (different sowing time, presence or lack of periodic grazing or mowing, etc.). Despite this, nearly 84% of the grassland parcels (3022 plots representing 13 394 ha) have STD of SOS under 15 days, indicating rather homogeneous spring onset (intensive growth).

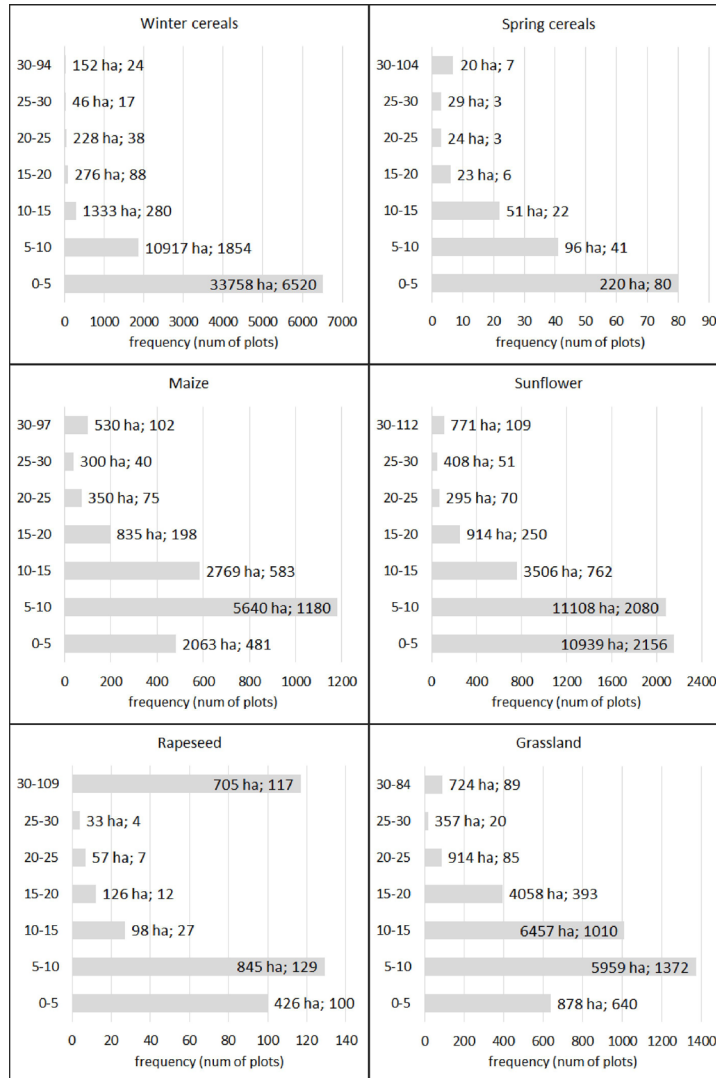


Figure 4. Histograms of SOS STD values within plots grouped by type of plants (the vertical axis represents interval of days, while size of bars is related to the number of plots)

The frequency of median SOS values is presented in *Figure 5* and *6* at daily resolution grouped by type of plant. The most frequent SOS median dates for winter cereals are between 20 March and 20 April, and after 20 April for spring cereals. Later in their phenological cycle, they may become more similar, but they can be separated based on their SOS – with a few exceptions, of course. According to this dataset, in 2022, the median SOS of maize plots can be anything from beginning of April to end of June. It should be noted that in this study all maize cultivars – regardless of their FAO number – are considered to be within the same class, including that planting date and SOS can vary widely. The maize and sunflower plots with median

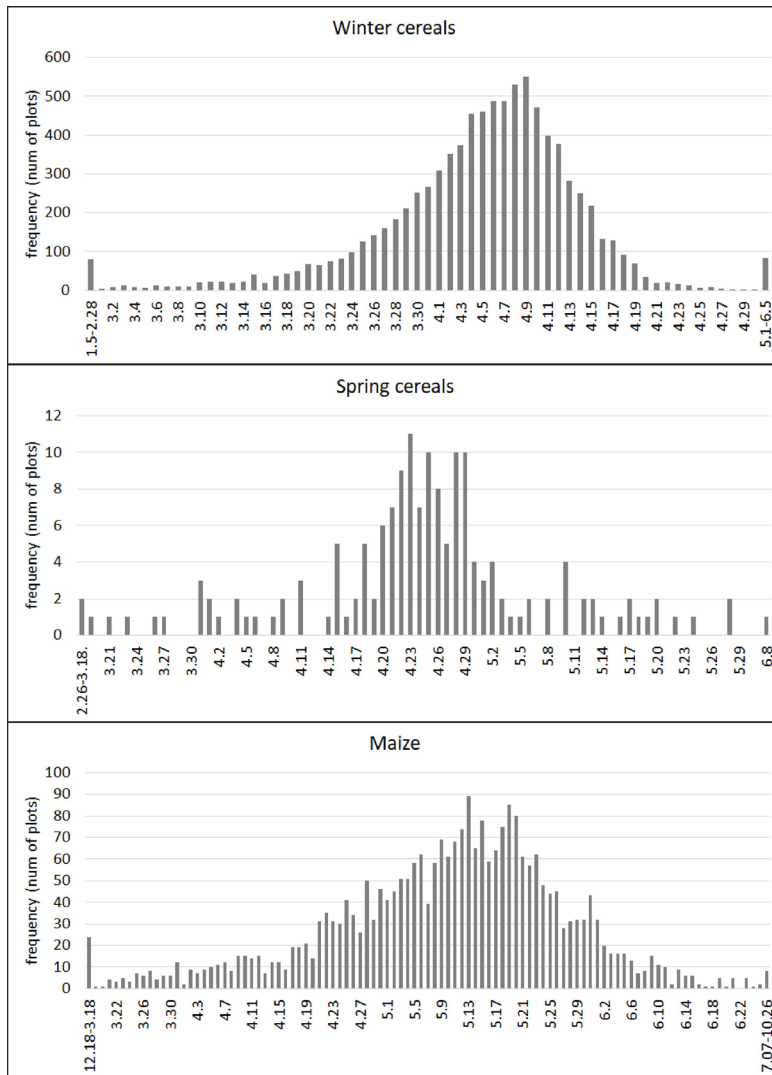


Figure 5. Histogram of median SOS values within the plots for winter and spring cereals, and maize (bars mean number of plots per day)

SOS in the October-March interval need further examination, since the usual planting time is in spring. The frequency of median dates of the rapeseed plots ranges quite widely, such as the within-plot STD previously (Figure 4). For grasslands, the SOS values are mostly from February to the end of April. No easily recognizable pattern is observed for any of the crops when the standard deviations are plotted in space.

## Conclusion

According to the results winter cereal plots had quite homogeneous intensive spring growth in 2022. For maize and sunflower, it is not the case, as the relative

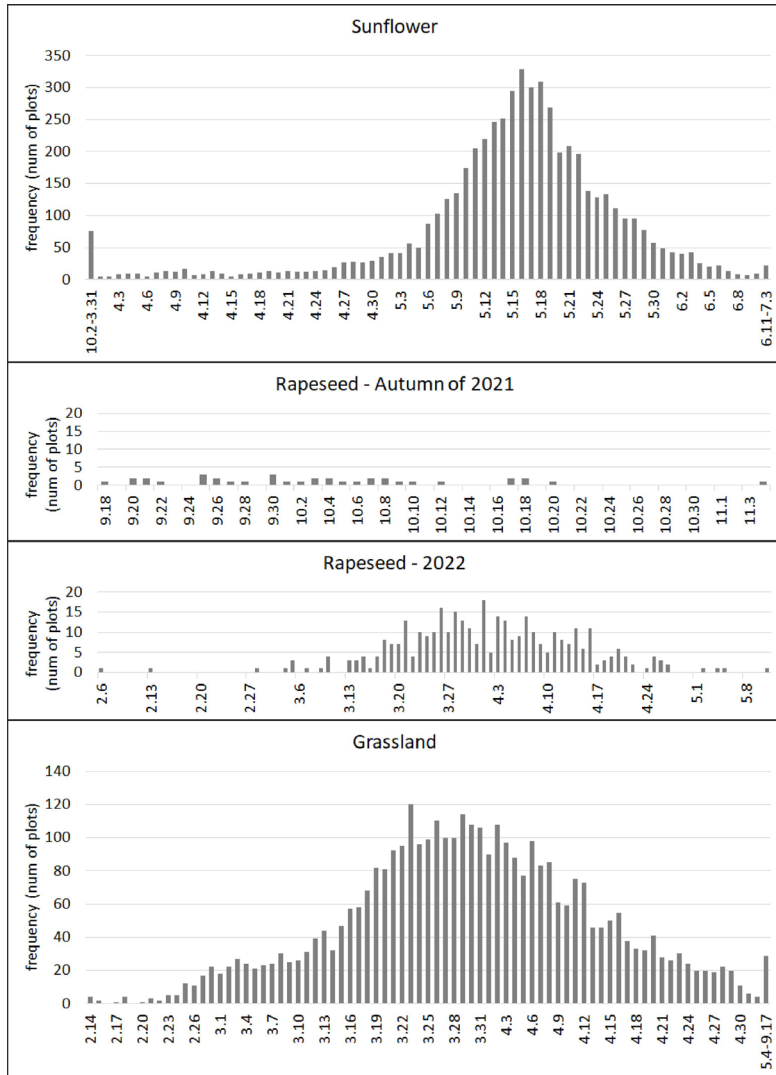


Figure 6. Histogram of median SOS values within plots by type of plants for sunflower, rapeseed and grassland (bars mean number of plots per day)

frequency of STD from 10 up to 15 days is significant. Because of the apparently large within-plot inhomogeneities, we do not suggest assigning a single SOS value to a single rapeseed plot. In contrast, most of the grassland parcels have STD of SOS under 15 days, indicating rather homogeneous spring onset. Further research would need to include not just the day of SOS, but even the PPI value reached at that time and the corresponding quality flags rating the data. Where the HR-VPP also identifies a second season, the likelihood of this should be examined as well. The result could support monitoring crop condition and modelling of crop growth in Hungary.

## Acknowledgement

The research has been implemented with the support provided by the Ministry of Culture and Innovation of Hungary from the National Research, Development and Innovation Fund, financed under the KDP-2021 funding scheme. The research was funded by the National Multidisciplinary Laboratory for Climate Change, RRF-2.3.1-21-2022-00014 project.

Disclaimer of the HR-VPP data and the connected documentation is © European Union, Copernicus Land Monitoring Service 2022, European Environment Agency (EEA). This study has been conducted using WEkEO DIAS Information; <https://www.wekeo.eu/>. The Hungarian State Treasury has granted permission to use the Anonymised Database of Subsidies. For data processing, open source Python packages were used. Special thanks for Bálint Alföldy for his help in downloading the data via API and Gergő Bognár for his personal and professional support.

## References

- FISCHER, A. (1994): A model for the seasonal variations of vegetation indices in coarse resolution data and its inversion to extract crop parameters. *Remote Sensing of Environment*, 48(2), pp. 220–230. doi:10.1016/0034-4257(94)90143-0
- GESSNER, U. – REINERMANN, S. – ASAM, S. – KUENZER, C. (2023): Vegetation Stress Monitor—Assessment of Drought and Temperature-Related Effects on Vegetation in Germany Analyzing MODIS Time Series over 23 Years. *Remote Sensing*, 15(22), 5428. DOI:10.3390/rs15225428
- JIN, H. – EKLUNDH, L. (2014): A physically based vegetation index for improved monitoring of plant phenology. *Remote Sensing of Environment*, 152, pp. 512–525. doi:10.1016/j.rse.2014.07.010
- JIN, H. – JÖNSSON, A. M. – BOLMGREN, K. – LANGVALL, O. – EKLUNDH, L. (2017): Disentangling remotely-sensed plant phenology and snow seasonality at northern Europe using MODIS and the plant phenology index. *Remote Sensing of Environment*, 198, pp. 203–212. doi:10.1016/j.rse.2017.06.015
- JIN, H. – JÖNSSON, A. M. – OLSSON, C. – LINDSTRÖM, J. – JÖNSSON, P. – EKLUNDH, L. (2019): New satellite-based estimates show significant trends in spring phenology and complex sensitivities to temperature and precipitation at northern European latitudes. *International Journal of Biometeorology*, 63, pp. 763–775. doi:10.1007/s00484-019-01690-5
- JÖNSSON, P. – CAI, Z. – MELAAS, E. – FRIEDL, M. – EKLUNDH, L. (2018): A Method for Robust Estimation of Vegetation Seasonality from Landsat and Sentinel-2 Time Series Data. *Remote Sensing*, 10(4), 635. doi:10.3390/rs10040635
- JÖNSSON, P. – EKLUNDH, L. (2004): TIMESAT – a program for analyzing time-series of satellite sensor data. *Computers & Geosciences*, 30, pp. 833–845. doi:10.1016/j.cageo.2004.05.006



- REINERMANN, S. – GESSNER, U. – ASAM, S. – KUENZER, C. – DECH, S. (2019): The Effect of Droughts on Vegetation Condition in Germany: An Analysis Based on Two Decades of Satellite Earth Observation Time Series and Crop Yield Statistics. *Remote Sensing*, 11(15), 1783. doi:10.3390/rs11151783
- TIAN, F. – CAI, Z. – JIN, H. – HUFKENS, K. – SCHEIFINGER, H. – TAGESSON, T. – SMETS, B. – VAN HOOLST, R. – BONTE, K. – IVITS, E. – TONG, X. – ARDÖ, J. – EKLUNDH, L. (2021): Calibrating vegetation phenology from Sentinel-2 using eddy covariance, PhenoCam, and PEP725 networks across Europe. *Remote Sensing of Environment*, 260, 112456. doi:10.1016/j.rse.2021.112456
- SMETS, B. – CAI, Z. – EKLUNDH, L. – TIAN, F. – BONTE, K. – VAN HOOST, R. – DE ROO, B. – JACOBS, T. – CAMACHO, F. – SÁNCHEZ-ZAPERO, J. – MARTINEZ-SÁNCHEZ, E. – SWINNEN, E. – SCHEIFINGER, H. – HUFKENS, K. – JÖNSSON, P. (2023): HR-VPP Product User Manual Seasonal Trajectories and VPP parameters, Issue 2.3. © EEA

### **Online references**

- CLMS 2023a: Copernicus Land Monitoring Service Portfolio, Vegetation, <https://land.copernicus.eu/en/products/vegetation>
- CLMS 2023b: Copernicus Land Monitoring Service Technical library, <https://land.copernicus.eu/en/technical-library>
- TIMESAT 2023: A software package to analyse time-series of satellite sensor data, <https://web.nateko.lu.se/timesat/timesat.asp>
- WEKEO 2021: CLMS releases HR-VPP product to assess ecosystems and biodiversity, <https://www.wekeo.eu/news/clms-releases-hr-vpp-product-to-assess-ecosystems-and-biodiversity>



# Tetőfedő anyagok változásvizsgálata és osztályozása Python környezetben

Papp Melitta<sup>1</sup> – Abriha Dávid<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MSc hallgató, Debreceni Egyetem, Természettudományi és Geoinformatikai Tanszék,  
pmeli999@gmail.com

<sup>2</sup> egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természettudományi és Geoinformatikai Tanszék,  
abriha.david@science.unideb.hu

**Abstract:** Geoinformatics is becoming increasingly important in all areas of life, helping to speed up many time-consuming tasks. In our research, we compared a WorldView-2 (WV2), WorldView-3 (WV3) satellite image and a hyperspectral aerial image for roof classification in the case of 4 categories: asbestos, red tiles, red bitumen and asbestos covered with red bitumen. We used Random Forest (RF) and Support Vector Machine (SVM) classifiers in Python. We also performed a change assessment for asbestos roofs between 2013 and 2019. The best results were obtained for asbestos (F1 scores above 93%). There were significant misclassifications for bitumen roofs. Although the number of asbestos roofs decreased over the period, in 40% of cases these roofs were simply covered with bitumen shingles rather than being replaced.

## Bevezetés

A távérzékelés egyre jelentősebb szerepet tölt be mindennapjainkban. A távérzékelés segítségével sokkal gyorsabban tudunk nagyobb mennyiségű adathoz jutni, mint ha terepi kiszállásra lenne szükség, illetve ezeknek az adatoknak a feldolgozása is sokkal gyorsabban megtörténik. A különböző csatornák használatával a városi környezet épített elemei könnyebben elkülöníthetőek (ABRIHA ET AL. 2018; SZABÓ ET AL. 2014).

A felvételek osztályozása a különböző objektumok eltérő fényvisszaverő tulajdonsága miatt lehetséges. Ha a szenzorok által érzékelt adatokat egymással vegyítjük, a különböző objektumok azon tulajdonságait is érzékelnünk tudjuk, amelyek szabad szemmel nem láthatóak (BURAI ET AL. 2015).

Ellenőrzött osztályba sorolás lényege, hogy az általunk ismert adatok egy halmazát használva megtanítjuk az algoritmusnak, hogy az adott pixelérték melyik osztályhoz tartozik, majd elvégezzük az osztályozást, ezt követően az adatok másik részével ellenőrizzük a pontosságot. Ha nem rendelkezünk adatokkal az adott területre, használhatunk nem ellenőrzött osztályba sorolást, amikor is a szoftver a spektrális tulajdonságok alapján határozza meg az osztályokat. Ebben az esetben nem tudjuk megadni, hogy milyen osztályokat szeretnénk csak azt, hogy hány darabot (SCHLOSSER ET AL. 2020).

A kutatásunk célja, hogy a mintaterületen a tetőfedő anyagok változását vizsgáljuk az azbeszt tetőtípusra kiélezve, emellett eltérő spektrális felbontású adatok,

illetve spektrális tulajdonságaiban megegyező viszont egyéb tulajdonságaiban eltérő felvételek feldolgozása milyen pontossággal végezhető el.

## Anyag és módszer

A mintaterület Debrecen keleti részén, a 4-es főút és a Sámsoni út kereszteződésénél található. Leggyakrabban családi házakkal találkozhatunk ezen a területen. Bár előfordulnak új építésű házak is, a 70-es években épült lakóházak dominálnak. A vörös cserép után a második leggyakoribb tetőfedő anyag a szürke azbeszt. Ez a tetőtípus jó hőszigetelő tulajdonsága és alacsony ára miatt terjedt el, viszont a 2000-es évek elején betiltották rákkeltő tulajdonsága miatt.

A WorldView (WV) műholdcsalád két különböző felvételét, illetve az Envirosense Hungary Kft. által készített hiperspektrális adatokat értékeltük ki (1. táblázat).

A WV3 esetében az off-naídir helyzet miatt, ami  $29,5^\circ$ , jelentős torzítás érzékelhető a felvételen, illetve az árnyékhatások is jelentősen befolyásolhatják az adatok feldolgozásának pontosságát.

A kutatás kezdetén terepbejárást végeztünk a mintaterületen, amely során azonosítottuk a területen található tetőfedő anyagokat. Illetve, mivel az adatok a 2010-es évekből származnak és azóta történtek változások, az adott évnek megfelelő Google Maps utcaképeinek segítségével azonosítottuk ezeket. A következő lépés a gyűjtött adatok digitalizálása volt az ENVI szoftver segítségével. Minden előforduló tetőtípust rögzítettünk, viszont a későbbiekben az osztályozásokat már csak a meghatározott tetőtípusokra végeztük el. Azért volt szükség bizonyos típusok elhagyására, mert például a zöld bitumen tetőtípus csak egyszer fordult elő. A referencia adatokat véletlenszerűen szétosztottuk tanító és tesztelő adatokra 70-30%-os arányban. 4 osztályt hoztunk létre: szürke azbeszt befedve vörös bitumennel, szürke azbeszt, vörös cserép, illetve vörös bitumen.

Az osztályozásokat Random Forest (RF), illetve Support Vector Machine (SVM) osztályozási módszerrel végeztük el Python környezetben.

Összesen 260 tetőt azonosítottunk 15 féle tetőtípussal. Elmondható, hogy a mintaterületen a legnagyobb arányban a vörös cseréptetők vannak jelen, majd a szürke azbeszt, aminek mennyisége csökkenő tendenciát mutat, de még így is nagy

1. táblázat A felhasznált adatok tulajdonságai (WV3 = WorldView-3; WV2 = WorldView-2; HS = Hiperspektrális felvétel; P = pánkromatikus, M = Multispektrális; cs = csatorna)

	WV3	WV2	HS
Év	2019	2016	2013
Felbontás	P: 0,3 m M: 1,64	P: 0,5 m M: 2 m	1–128. cs.: 1 m 129–368 cs.: 3 m
Csatornák száma	8	8	368

számban fordul elő. A harmadik leggyakoribb tetőtípus a szürke azbeszt, ami be van fedve vörös bitumennel. Ezen tetőfedő anyagok esetében ugyanúgy szerepet játszik az egészség károsító hatás, de a műholdfelvételek segítségével nehezebben azonosíthatók. A bitumennel befedett azbeszt tetők egyéb színben is előfordultak a mintaterületen, viszont ezek előfordulása annyira csekély volt (1–2 tető), hogy nem vontuk be őket az osztályozásba.

## Eredmények

Az osztályozások pontossága (2. táblázat) 70–90% között mozog. A WV3 felvétel osztályozása lett a legpontatlanabb, ennek oka az off-nadír helyzet és a kevésbé ideális fényviszonyok.

Az osztályozott értékekből F1-értéket számoltunk (3–4. táblázat), ami az előállítói és felhasználói pontosság harmonikus közepe.

A legjobb eredményeket az osztályozás során a szürke azbeszt esetében kaptunk. Ennek oka, hogy spektrálisan ez az osztály tér el a legjobban a többitől. A vörös cseréptetők is pontosan osztályozhatóak mind a három felvétel esetében, ez az osztály hasonló pontossági adatokkal rendelkezik, mint a szürke azbeszt. A befedett vörös bitumen és a vörös bitumen tekintetében már jelentősebb a pontatlanság, a

2. táblázat Az osztályozások pontossága (RF = Random Forest; SVM = Support Vector Machine; WV3 = WorldView-3; WV2 = WorldView-2; HS = Hiperspektrális felvétel)

	RF	SVM
<b>WV3</b>	78,6 %	81%
<b>WV2</b>	86,6%	86%
<b>HS</b>	85,2%	93,4%

3. táblázat Random Forest osztályozás F1-értékei (RF = Random Forest; WV3 = WorldView-3; WV2 = WorldView-2; HS = Hiperspektrális felvétel)

	Vörös bitumen befedett	Szürke azbeszt	Vörös cserép	Vörös bitumen
<b>WV3</b>	54,8%	93,7%	84,5%	32,4%
<b>WV2</b>	71,1%	96,5%	93,6%	42,3%
<b>HS</b>	62,4%	96,3%	89,7%	23,7%

4. táblázat Support Vector Machine osztályozás F1-értékei (SVM = Support Vector Machine; WV3 = WorldView-3; WV2 = WorldView-2; HS = Hiperspektrális felvétel)

	Vörös bitumen befedett	Szürke azbeszt	Vörös cserép	Vörös bitumen
<b>WV3</b>	61,7%	94,5%	86,7%	20,6%
<b>WV2</b>	69,1%	95,5%	93,7%	40%
<b>HS</b>	82,2%	98,5%	95,9%	75,9%

legtöbb esetben a vörös bitumen osztályba tartozó pixeleket az algoritmus a befedett vörös bitumen osztályba sorolta, így ezen pontossági adatok 50% vagy az alatti pontossággal lettek osztályozva. Ezzel ellenben a befedett vörös bitumen esetében minden osztályozás pontossága 60–70% között mozog.

A különböző tetőfedő anyagok változását vizsgálva elmondható, hogy bár az azbeszt tetők száma csökkenő tendenciát mutat, a bitumennel befedett azbeszt tetők száma jelentősen, több mint 20%-kal nőtt (5. táblázat). Megállapítható, hogy a vizsgált időszakban a „megváltozott” azbeszt tetők a legnagyobb arányban (40%) szimplán bitumenes fedőréteget kaptak (6. táblázat), ezt követte a fémmel és cseréppel történő tényleges tetőfedőanyag csere.

A bitumennel befedett azbeszt tetők esetében a már meglévő tetők nem változtak egyetlen eset kivételével, amikor is cserép lett belőle.

## Konklúzió

A szürke azbeszt pontossága minden esetben 90% feletti. A vörös bitumennel befedett azbeszt esetében is viszonylag nagy pontossággal végezhető el az osztályozás, viszont a vörös bitumen esetében nagyon magas a félre osztályozás aránya. A legtöbb esetben a pixelek a vörös bitumennel befedett azbeszt osztályba lettek sorolva.

Bár a legelterjedtebbnek számító szürke azbesztetű nagy pontossággal azonosítható automatikusan különböző távérzékelt felvételek segítségével, a tetőfedő anyagok változásának vizsgálata rávilágít a módszer egy jelentős korlátjára, amennyiben a tényleges azbesztes tetőfelületek becslése a cél.

5. táblázat Azbeszt, befedett bitumen és vörös cserép tetőtípusok számának alakulása a vizsgált időszakban (WV3 = WorldView-3; WV2 = WorldView-2; HS = Hiperspektrális felvétel)

	Szürke azbeszt	Vörös azbeszt	Vörös bitumen befedett	Vörös cserép	Vörös bitumen	Szürke bitumen befedett	Zöld bitumen befedett
<b>HS (2013)</b>	73	16	37	105	17	2	1
<b>WV2 (2016)</b>	67	11	42	105	18	2	2
<b>WV3 (2019)</b>	53	11	45	116	17	2	2

6. táblázat Az azbeszt tetők változása a 2013-as referenciaévhez képest (WV3 = WorldView-3; WV2 = WorldView-2; HS = Hiperspektrális felvétel)

	Befedett bitumen	Fém	Cserép	Bitumen
<b>WV2 (2016)</b>	7	1	2	1
<b>WV3 (2019)</b>	3	6	5	

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást a z NKFIH K138079 projekt támogatta.

## Felhasznált irodalom

- ABRIHA D. – KOVÁCS Z. – NINSAWAT S. – BERTALAN L. – BALÁZS B. – SZABÓ S. (2018): Identification of roofing materials with Discriminant Function Analysis and Random Forest classifiers on pan-sharpened WorldView-2 imagery – a comparison. *Hungarian Geographical Bulletin*, 67(4), pp. 375–392.
- BURAI P. – DEÁK B. – VALKÓ O. – TOMOR T. (2015): Classification of herbaceous vegetation using airborne hyperspectral imagery. *Remote Sensing*, 7, pp. 2046–2066.
- MUCSI L. – LISKA Cs.M. – HEINTS L. – TOBAK Z. – CSENDES B. – NAGY L. (2017): The evaluation and application of an urban land cover map with image data fusion and laboratory measurements. *Hungarian Geographical Bulletin*, 66, pp. 145–156.
- 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.
- SZABÓ SZ. – BURAI P. – KOVÁCS Z. – SZABÓ GY. – KERÉNYI A. – FAZEKAS I. – PALÁDI M. – BUDAY T. – SZABÓ G. (2014): Testing algorithms for the identification of asbestos roofing based on hyperspectral data. *Environmental Engineering and Management Journal*, 143, pp. 2875–2880





# Globális talajnedvességadatok összehasonlító vizsgálata

Pataki Angelika<sup>1</sup> – Bertalan László<sup>2</sup> – Pásztor László<sup>3</sup> – Nagy Loránd  
Attila<sup>4</sup> – Abriha Dávid<sup>5</sup> – Szabó Szilárd<sup>6</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem,  
pataki.angelika@science.unideb.hu

<sup>2</sup> adjunktus, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem,  
bertalan@science.unideb.hu

<sup>3</sup> ATK TAKI, Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani Intézet, pasztor@rissac.hu

<sup>4</sup> PhD hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem,  
nagy.lorand@science.unideb.hu

<sup>5</sup> adjunktus, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem,  
abriha.david@science.unideb.hu

<sup>6</sup> tanszékvezető egyetemi tanár, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,  
szabo.szilard@science.unideb.hu

**Abstract:** In this study, eight types of soil moisture data were compared on a European scale. The study used 1454 random points. The extracted data were evaluated according to their correlation with each other. The results showed that ESA.P and GRD.P (0.85) and ESA.C and GRD.C (0.83) had the highest correlation, while GLDAS had the lowest correlation. These results highlight the need for further studies.

## Bevezetés

A talajnedvesség egyike az 50 legfontosabb éghajlati tényezőnek (GCOS-138 2010). Mind klímamodellek (DIRMEYER ET AL. 2016), mind aszályelőrejelzés esetén (MOZNY ET AL. 2012) és a mezőgazdaságban is fontos tényező (LIU ET AL. 2015) a növényzet fejlődése (WANG ET AL. 2019) és az öntözés optimalizálása szempontjából (SHANKAR ET AL. 2013). A talajnedvesség mérését vagy becslését többféleképpen el lehet végezni. A helyszínen lehetőségünk van TDR (RAJKAI – RYDÉN 1992) laboratóriumban pedig gravimetrikus mérésekre (ALLMAN ET AL. 2015), azonban ezek nagy területméret esetén, vagyis országos, kontinentális vagy globális szinten korlátozott hatótérrel rendelkeznek. Ennek megoldására kínál lehetőséget a távérzékelés műholdadatokat (PENG ET AL. 2021) és UAV-felvételek segítségével (BERTALAN ET AL. 2022). Műholdadatokat gyűjtésére többféle módszer áll rendelkezésre. A talajnedvesség megfigyelésére lehetőség van aktív, passzív, illetve kombinált adatokon keresztül is (MAZZARIELLO ET AL. 2023). A talajnedvesség monitorozása több műholdas szenzor segítségével történik, ilyenek például az SMOS, SMAP, AMSR2 szenzorok (ZHENG ET AL. 2022). Ezen kívül különböző műholdfelvételekből is lehetőség van spektrális indexek alapján történő talajnedvességbecslésre (AMANI ET AL. 2016), illetve már meglévő modellek (OPTRAM, TOTRAM modellek (SADEGHI ET AL. 2017)) is jó lehetőséget biztosítanak erre. Ezen kívül léteznek különböző in-situ talajnedvesség hálózatok is, amelyek lokálisan vagy globálisan szolgáltatnak adatot (LI – SAWADA 2022), azonban ezek térbeli lefedettsége nem kielégítő.

A műholdas adatszolgáltatásból származó talajnedvességadatok esetén fontos megjegyezni a felbontásból adódó nehézséget, mivel 1 km, de akár 1 fokos felbontású adatokkal is találkozhatunk (PENG ET AL. 2021). Az adatok minőségét pedig több tényező is befolyásolhatja: a domborzat (MURPHY ET AL. 2009), fagyott területek megléte (KERR 2007), sűrű vegetáció (YUNJIN KIM – VAN ZYL 2004), evapotranspiráció (ZHANG – SCHILLING 2006), csapadék (WEI – DIRMEYER 2012). Emiatt szükséges a különböző műholdas talajnedvességadatok összehasonlítása. A kutatásunkban nyolc talajnedvesség adatbázisból származó talajnedvesség értéket vizsgáltunk meg, több különböző, a talajnedvességet befolyásoló változó bevonásával, Európa területére vonatkoztatva.

## Anyag és Módszer

A kiválasztott mintaterület Európa. Ennek oka a talajnedvességadatok különböző térbeli felbontása (1–25 km), illetve Európa éghajlati és domborzati heterogenitása. Minden esetben a rendelkezésre álló kisebb (jobb) felbontású adatot használtuk fel. Az adatok passzív és aktív távérzékelési módszerrel előállított adatok, ezek kombinációja, illetve modelladatok (*1. táblázat*).

A vizsgálatot 2020.04.01., 2020.06.01. és 2020.08.01-i időpontokban, vagy az azokhoz legközelebb álló dátumra végeztük el. Az adatok kinyerését 1454 random ponton végeztük el, amelyek minden esetben 25 km-es távolságra esnek egymástól. Az adatok kinyerését követően az adatok korrelációját vizsgáltuk meg.

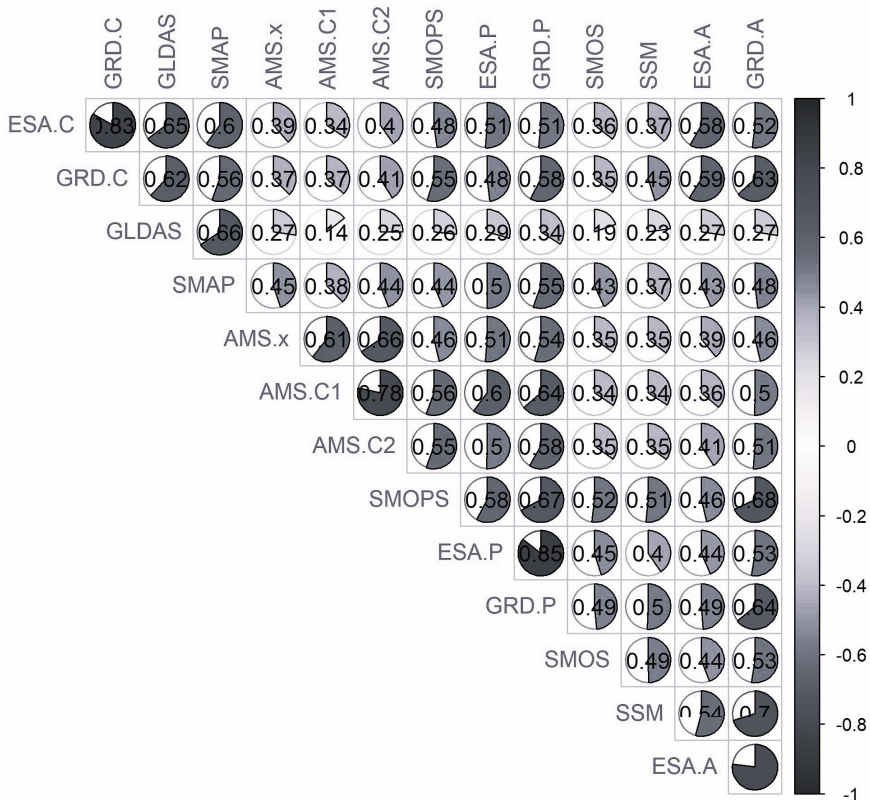
*1. táblázat A felhasznált műholdas talajnedvességadatok*

	Adat neve	Periódus	Térbeli felbontás	Forrás
Passzív	AMSR2/AMS.C1, AMS.C2, AMS.X	2012-	25×25 km, 10×10 km	INTERNET1,2
	SMAP	2015-	10 km	INTERNET3
	SMOS	2010-	25×25 km, 1×1 km	INTERNET4
Aktív	SSM	2015-	1×1 km	INTERNET5
Kombinált	ESA CCI/ESA.A, ESA.C, ESA.P	1978-2020	0.25×0.25 fok	INTERNET6
	GRIDDED DATA/GRD.A, GRD.C, GRD.P	1978-	0.25×0.25 fok	INTERNET7
	SMOPS	2012-	0.25×0.25 fok	INTERNET8
Modell	GLDAS	2000-	0.25×0.25 fok; 1×1 fok	INTERNET9

## Eredmények

A korreláció csak néhány esetben bizonyult magasnak, illetve nagyon erős kapcsolat egy esetben sem jelenik meg (1. ábra). Az egyes talajnedvességadatok egymással való korrelációja alapján szoros kapcsolat csak két esetben áll fent, az ESA.P és a GRD.P esetén (0,85), az ESA.C és GRD.C (0,83), illetve jelentősebb kapcsolat jelenik meg az AMS.C1 és C2 (0,78) párok között. 0,7 körüli érték jelenik meg az SSM és GRD.A, illetve az ESA.A és a GRD.A között. A legalacsonyabb értékeket a GLDAS esetében kaptuk, 0,14 és 0,34 között, ettől a SMAP (0,66), ESA.C (0,65) és a GRD.C (0,62) esetén tér el.

Ezen kívül még néhány esetben megjelennek 0,6 körüli értékek, így az ESA.C és a SMAP esetén (0,6), a GRD.C és GRD.A 0,63 értéket mutat, míg az AMS.X és AMS.C1 0,61 és AMS.X – AMS.C2 0,66-os értékeket vesznek fel. Az AMS.C1 kapcsolata az ESA.P-vel 0,6, a GRD.P-vel 0,64. A SMOPS és a GRD.P 0,67, míg a SMOPS és a GRD.A korrelációjának értéke 0,68, a GRD.P és a GRD.A korrelációja 0,64. A GRD.P és az ESA.P értékei néhány kivétellel gyakran 0,5 körüli értéket vesznek fel. A további esetekben ennél alacsonyabb korrelációsértékek jelennek meg.



1. ábra A vizsgált adatok korrelációja

## Következtetések

A felhasznált talajnedvességadatok teljeskörű vizsgálatához azok részletes kiértékelésére van szükség, illetve kiegészítő adatok bevonására, pl.: meteorológiai adatok, domborzati adatok, topográfiai faktorok. Ezek tükrében lehet pontos következtetéseket levonni a talajnedvességadatok összehasonlításáról.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást az NKFI K 138079 sz. projekt támogatta.

## Felhasznált irodalom

- ALLMAN, MICHAL – MARTIN JANKOVSKÝ – ZUZANA ALLMANOVÁ – VALÉRIA MESSINGEROVÁ (2015): Comparison of the Gravimetric Sampling and Impedance Methods for Measuring Soil Moisture Content. *Forestry Studies*, 62(1), 14–25. doi:10.1515/fsmu-2015-0002.
- AMANI, MEISAM – SAEID PARSIAN – S. MOHAMMAD MIRMAZLOUMI – OMIID AIENEH (2016): Two New Soil Moisture Indices Based on the NIR-Red Triangle Space of Landsat-8 Data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 50 (August): 176–186. doi:10.1016/j.jag.2016.03.018.
- BERTALAN, LÁSZLÓ – IMRE HOLB – ANGELIKA PATAKI – GÁBOR NÉGYESI – GERGELY SZABÓ – ANNAMÁRIA KUPÁSNÉ SZALÓKI – SZILÁRD SZABÓ (2022): UAV-Based Multispectral and Thermal Cameras to Predict Soil Water Content – A Machine Learning Approach. *Computers and Electronics in Agriculture* 200 (September): 107262. doi:10.1016/j.compag.2022.107262.
- DIRMEYER, PAUL A. – JIEXIA WU – HOLLY E. NORTON – WOUTER A. DORIGO – STEVEN M. QUIRING – TRENTON W. FORD – JOSEPH A. SANTANELLO ET AL. (2016): Confronting Weather and Climate Models with Observational Data from Soil Moisture Networks over the United States. *Journal of Hydrometeorology*, 17(4), 1049–1067. doi:10.1175/JHM-D-15-0196.1.
- GCOS-138. (2010): Implementation Plan for the Global Observing System for Climate in Support of the Unfccc (2010 Update). [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=3851](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3851).
- KERR, YANN H. (2007): Soil Moisture from Space: Where Are We? *Hydrogeology Journal* 15 (1): 117–120. doi:10.1007/s10040-006-0095-3.
- LI, SHUPING – YOHEI SAWADA (2022): Soil Moisture-Vegetation Interaction from near-Global in-Situ Soil Moisture Measurements. *Environmental Research Letters* 17 (11): 114028. doi:10.1088/1748-9326/ac9c1f.
- LIU, YALING – ZHIHUA PAN – QIANLAI ZHUANG – DIEGO G. MIRALLES – ADRIAAN J. TEULING – TONGLIN ZHANG – PINGLI AN ET AL. (2015): Agriculture Intensifies Soil Moisture Decline in Northern China. *Scientific Reports* 5 (1): 11261. doi:10.1038/srep11261.
- MAZZARIELLO, A. – R. ALBANO – T. LACAVA – S. MANFREDA – A. SOLE (2023): Intercomparison

- of Recent Microwave Satellite Soil Moisture Products on European Ecoregions. *Journal of Hydrology*, October, 130311. doi:10.1016/j.jhydrol.2023.130311.
- MOZNY, MARTIN – MIREK TRNKA – ZDENEK ZALUD – PETR HLAVINKA – JIRI NEKOVAR – VERA POTOP – MICHAL VIRAG (2012) Use of a Soil Moisture Network for Drought Monitoring in the Czech Republic. *Theoretical and Applied Climatology* 107 (1–2): 99–111. doi:10.1007/s00704-011-0460-6.
- MURPHY, P. N. C. – J. OGILVIE – P. ARP (2009): Topographic Modelling of Soil Moisture Conditions: A Comparison and Verification of Two Models. *European Journal of Soil Science* 60 (1): 94–109. doi:10.1111/j.1365-2389.2008.01094.x.
- PENG, JIAN – CLEMENT ALBERGEL – ANNA BALENZANO – LUCA BROCCA – OLIVER CARTUS – MICHAEL H. COSH – WADE T. CROW ET AL. (2021): A Roadmap for High-Resolution Satellite Soil Moisture Applications – Confronting Product Characteristics with User Requirements. *Remote Sensing of Environment* 252 (January): 112162. doi:10.1016/j.rse.2020.112162.
- RAJKAI, K. – B.E. RYDÉN (1992): “Measuring Areal Soil Moisture Distribution with the TDR Method.” *Geoderma* 52 (1–2): 73–85. doi:10.1016/0016-7061(92)90076-J.
- SADEGHI, MORTEZA – EBRAHIM BABAIEAN – MARKUS TULLER – SCOTT B. JONES (2017): The Optical Trapezoid Model: A Novel Approach to Remote Sensing of Soil Moisture Applied to Sentinel-2 and Landsat-8 Observations. *Remote Sensing of Environment* 198 (September): 52–68. doi:10.1016/j.rse.2017.05.041.
- SHANKAR, VIJAY – K.S. HARI PRASAD – C.S.P. OJHA – R.S. GOVINDARAJU (2013): Optimizing Water Use in Irrigation – A Review. *Journal of the Indian Institute of Science A Multidisciplinary Reviews Journal* Vol. 93 (No. 2): 209–226.
- WANG, CONG – BOJIE FU – LU ZHANG – ZHIHONG XU (2019): Soil Moisture–Plant Interactions: An Ecohydrological Review. *Journal of Soils and Sediments* 19 (1): 1–9. doi:10.1007/s11368-018-2167-0.
- WEI, JIANGFENG – PAUL A. DIRMEYER (2012): Dissecting Soil Moisture-precipitation Coupling. *Geophysical Research Letters* 39 (19): 2012GL053038. doi:10.1029/2012GL053038.
- YUNJIN KIM – J. VAN ZYL (2004): Vegetation Effects on Soil Moisture Estimation. In *IEEE International IEEE International IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004. IGARSS '04. Proceedings, 2004, 2:800–802*. Anchorage, AK, USA: IEEE. doi:10.1109/IGARSS.2004.1368525.
- ZHANG, Y.-K. – K.E. SCHILLING (2006): Effects of Land Cover on Water Table, Soil Moisture, Evapotranspiration, and Groundwater Recharge: A Field Observation and Analysis. *Journal of Hydrology* 319 (1–4): 328–338. doi:10.1016/j.jhydrol.2005.06.044.
- ZHENG, JINGYAO – TIANJIE ZHAO – HAISHEN LÜ – JIANCHENG SHI – MICHAEL H. COSH – DABIN JI – LINGMEI JIANG ET AL. (2022): Assessment of 24 Soil Moisture Datasets Using a New in Situ Network in the Shandian River Basin of China. *Remote Sensing of Environment* 271 (March): 112891. doi:10.1016/j.rse.2022.112891.

## Internetes források

- INTERNET1 – [https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/LPRM\\_AMSR2\\_DS\\_A\\_SOILM3\\_001/summary?keywords=amsr2](https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/LPRM_AMSR2_DS_A_SOILM3_001/summary?keywords=amsr2)

- INTERNET2 – [https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/LPRM\\_AMSR2\\_DS\\_D\\_SOILM3\\_001/summary?keywords=amsr2](https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/LPRM_AMSR2_DS_D_SOILM3_001/summary?keywords=amsr2)
- INTERNET3 – [https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NASA\\_USDA\\_HSL\\_SMAP10KM\\_soil\\_moisture](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NASA_USDA_HSL_SMAP10KM_soil_moisture)
- INTERNET4 – <https://bec.icm.csic.es/data/available-products/>
- INTERNET5 – <https://land.copernicus.eu/global/products/ssm>
- INTERNET6 – <https://www.esa-soilmoisture-cci.org/>
- INTERNET7 – <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/satellite-soil-moisture?tab=form>
- INTERNET8 – <https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C00994>
- INTERNET9 – [https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/GLDAS\\_NOAH025\\_3H\\_2.1/summary?keywords=gldas](https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/GLDAS_NOAH025_3H_2.1/summary?keywords=gldas)

# Mezőgazdasági célú talajnedvesség becslés különböző típusú UAV felvételek felhasználásával

Pataki Angelika<sup>1</sup> – Szabó Szilárd<sup>2</sup> – Négyesi Gábor<sup>3</sup> – Nagy Loránd Attila<sup>4</sup> – Riczu Péter<sup>5</sup> – Bertalan László<sup>6</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, pataki.angelika@science.unideb.hu

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

<sup>3</sup> egyetemi docens, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, negyesi.gabor@science.unideb.hu

<sup>4</sup> PhD hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, nagy.lorand@science.unideb.hu

<sup>5</sup> Digital AG. Project Manager, KITE Zrt., riczupeter@kite.hu

<sup>6</sup> adjunktus, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, bertalan@science.unideb.hu

**Absztrakt:** A vizsgálatot egy már korábban megkezdett talajnedvességvizsgálat ösztönözte. Jelen kutatásban egy, a KITE Zrt. által monitorozott tépei mintaterületet vizsgáltunk. Az általunk kiválasztott mintaterület 3,6 ha, amely talajtani és domborzati szempontból is heterogénnek mondható. A területen négy alkalommal végeztünk adatgyűjtést (2022.04.12., 2022.04.26., 2022.06.03., 2023.05.22.), mivel azt feltételezzük, hogy a talaj felszíni hőmérséklete és a talajnedvesség között kapcsolat áll fent, így az adatgyűjtést délben és este is elvégeztük. Az adatgyűjtéshez multispektrális és termális kamerákat használtunk, illetve a talajnedvességet gravimetrikus módszerrel és TDR-ral is mértük. A vizsgálat első lépéseként a felvételek feldolgozása során a Pix4D szoftverben található újramintavételezési és radiometrikus feldolgozási módszereket alkalmaztuk és összehasonlítottuk az így kapott különböző eredményeket, továbbá a különböző időpontokból származó adatokból kinyert talaj hőmérsékleti adatokat vizsgáltuk. A továbbiakban a rendelkezésünkre álló különböző paramétereket (talajnedvességértékeket, az eltérő feldolgozási módszerekkel előállított értékeket, a talajtani paramétereket, a terület hozamértékeit, illetve a helyi meteorológiai állomás adatait) tervezzük összevetni. Ennek megfelelően célunk, hogy a különböző változók és a talajnedvesség közötti kapcsolatot meghatározzuk, illetve megvizsgáljuk annak lehetőségét, hogy a rendelkezésre álló adatokból milyen megbízhatósággal lehet talajnedvesség becslést végezni.





# A településfejlesztést befolyásoló földtani erőforrások és korlátozó tényezők nyilvántartása geoinformatikai rendszerben

Pirkhoffer Ervin<sup>1</sup> – Gyenizse Péter<sup>2</sup> – Halmai Ákos<sup>3</sup> – Alpek Levente<sup>4</sup> –  
Hámorné Vidó Mária<sup>5</sup>

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

2 egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gyenizse@gamma.ttk.pte.hu

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

4 egyetemi adjunktus, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, alpeklevente@gmail.com

5 egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, vido.maria@pte.hu

**Absztrakt:** A települések az emberiség legkomplexebb alkotásai. Kialakításuk érinti a litoszférát, a pedoszfért, a hidroszférát, a bioszférát és az atmoszférát is. Létesítményikkel ki kell szolgálniuk a bennük élő embercsoport és a társadalmi termelő folyamatok (gazdaság) igényeit is. A legtöbb komplex vizsgálat nem foglalkozik azonban a földtani adottságok és a hosszútávú települési tervezés kapcsolatával. Jelen vizsgálatunkban egy olyan geoinformatikai minősítő modell problémakörét és elvi alapjait vázoljuk fel, amely ezt a hiányosságot igyekszik pótolni egy pécsi mintaterületen.

## Bevezetés és célkitűzés

TÓTH JÓZSEF (1981) szerint „*A település egy adott földrajzi környezetben, annak elemeivel intenzív kölcsönhatásban élő gazdasági, társadalmi és műszaki struktúrák rendszereként értelmezzük.*” Az általa kidolgozott tetraéder-modell szerint a településfejlődés alapja a földrajzi környezet, három másik tényezőcsoportja pedig a gazdasági, a társadalmi és a műszaki (infrastrukturális) szféra. A települések e struktúrák (és kölcsönhatásaik) együttes rendszere, amely szféránként és egységes organizmusként szoros kölcsönhatásban van a természeti környezettel (TÓTH 1981).

A települések tehát fizikai kapcsolatban vannak a természeti környezetükkel, ami a fekvés tényéből következik. A szakirodalomban ennek két fajtáját szokás megkülönböztetni: a topográfiai és a forgalmi fekvést. Ha a topográfiai fekvésből, vagy a forgalmi fekvésből származó előnyöket, vagy hátrányokat kezdjük vizsgálni, akkor Cholnoky Jenő elnevezésével élve már helyi és helyzeti energiákról beszélünk (MENDÖL 1963). A települések esetén a helyi energiák jelentős részben a földtani közegből származnak.

A felszín alatti térrész vagy földtani közeg régóta hasznosított természeti erőforrás, amelynek a jelentősége napjainkban felértékelődik. Számos földtani erőforrás már kritikusnak tekinthető, vagy az lesz a jövőben, ideértve a földtani közeg egyes hasznosításait, például a városi infrastruktúrát (*1. táblázat*). A mai szabályozási és hatósági keretek és a tudásbázis nem képes hatékonyan megfelelni e kihívásnak, ezt jogi és környezeti konfliktusok jelzik. Európai Unió jogalkotásra kevés az esély,

1. táblázat A földtani erőforrások osztályozása, mélységköze és típusa (HÁMORNÉ VIDÓ ET AL. 2021 nyomán)

Földtani erőforrások		Mélységköz	Erőforrás típusa	
kinyerhető földtani erőforrások	szilárd ásványi nyersanyagok	0–4000 m	stock típusú	nem megújuló, részben kritikus
	kőolaj és földgáz	0–6000 m (12,4 km)	stock (és flow) típusú	nem megújuló, részben kritikus
	geotermális energia	0–6000 m	flow típusú	megújuló (feltételesen)
	felszín alatti vizek	0–2000 m		feltételesen megújuló, kritikus
	geofizikai erőterek	n. a.		végtelen, megújuló
földtani közeg hasznosítása	gáz- és víz- (energia) tározás	100–3500 m	természeti és mérnöki gátak	véges
	ipari szén-dioxid-elhelyezés	1000–3500 m	természeti és mérnöki gátak	véges
	hulladékéltelhelyezés	0–1500 m	természeti és mérnöki gátak	végtelen
	védelmi alkalmazás	0–1000 m	mérnöki és természeti gátak	végtelen
	kutatás és archiválás	0–2400 m	mérnöki és természeti gátak	végtelen
	városi infrastruktúra	0–100 m	mérnöki alkotás	véges, kritikus
	interurbán infrastruktúra	0–2300 m	mérnöki alkotás	végtelen

a megoldást tagállami szinten a stratégiai hatásvizsgálat kiterjesztett alkalmazása és a területfejlesztés térfejlesztéssé alakítása jelentheti (HÁMOR – HÁMORNÉ VIDÓ 2023). A földtani erőforrások harmonizált kormányzása segítheti a társadalmi és gazdasági rezilienciát, amely válságok idején különösen fontos (HÁMOR – HÁMORNÉ VIDÓ 2023).

A Pécsi Tudományegyetemen e problémaegyüttes megoldásainak kidolgozására indult el egy interdiszciplináris OTKA-kutatás 2022 decemberében, „A felszín alatti természeti erőforrások egységes értékelése a térfejlesztéssé átalakuló területfejlesztésben” címmel.

A földtani közeg hasznosításának fő gátjai (a) a konfliktus a kinyerhető földtani erőforrásokkal, vagy (b) több hasznosítás vetélkedése ugyanazon alkalmas földtani rezervoárért (ti. megfelelő porozitás, áteresztőképesség, repedezettség, zárórétegek, vízmentesség, hozzáférhetőség stb.). Ezek a konfliktusok legkésőbb a hatósági engedélyezések során jelentkeznek, és bírósági perekbe is torkollnak. Az Unió jogszabályi környezetének ismertetését HÁMORNÉ VIDÓ ET AL. (2021) elvégezték, és konklúzióként megállapították, hogy a földtani erőforrások és az ezekhez tartozó értékláncok jelentős részét szabályozza az uniós jog, de a nemzeti szuverenitási körbe tartozók kivételt képeznek, így a talaj, altalaj, földtani közeg hasznosítása, a szilárd ásványi nyersanyagok kutatása és kitermelése, a területfejlesztés és településrendezés (HÁMOR – HÁMORNÉ VIDÓ 2023).

Hazánkban a 1993. évi XLVIII. Törvény a bányászatról 3. §-a tisztázza, hogy „Az ásványi nyersanyagok és a geotermikus energia természetes előfordulási helyükön állami tulajdonban vannak.” (INTERNET1).

A 10/2000. (VI. 2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelet 1. számú mellékletében olvashatjuk a földtani közeg definícióját: „földtani közeg: a föld felszíne és felszín alatti rétegei (a talaj, a kőzetek, beleértve az ásványokat és ezek természetes és átmeneti formáit)” (INTERNET2). Eszerint a rendelet szerint ebbe beletartozik többek között a felszín alatti vízkészlet, kinyerhető geotermikus energia stb. is.

Ez a mindennapok során is rengeteg átfedést eredményez a földtani közeg legfelső zónájában, például a természetvédelem (barlangok), a régészeti ásatások, a közművezetékek fektetése, és természetesen a településeken a számos mélybe nyúló építmény (pl. pincék, mélygarázsok, kutak) esetén. Ezen tevékenységek és objektumok létesítése számos különböző hivatal engedélyezési hatáskörébe tartoznak.

A települések fejlődésében, a folyamat térbeli-fizikai kereteinek meghatározásában kulcsszerepet kap a településrendezés (SIKOS ET AL. 2013). A településrendezés olyan önkormányzati igazgatási tevékenység, amely a település területének megfelelő felhasználását és az építés helyi rendjének szabályozását, ezek révén a település fejlődését, a kedvező településkép kialakítását szolgálja a mindenkorai településpolitikai célokkal és a helyi közösség érdekeivel összhangban.

A településrendezés céljai (SIKOS ET AL. 2013): a települések terület-felhasználásának és infrastruktúra-hálózatának kialakítása; az építés helyi rendjének szabályozása; a környezet természeti, táji és épített értékeinek fejlesztése és védelme; az országos, a térségi, a települési és a jogos magánérdekek összhangjának megteremtése; az érdekütközések feloldásának biztosítása; az erőforrások kíméletes hasznosításának elősegítése.

A fenti felsorolásból látszik, hogy a települések fejlesztési dokumentumainak (településfejlesztési koncepció, településszerkezeti terv, helyi építési szabályzat) kidolgozásakor az önkormányzati döntéshozóknak figyelembe kell venni olyan tényezőket is, melyek érintik a földtani közeget. Talán feltételezhetjük, hogy a jövőben a települések jelentős része egyre nagyobb mértékben fog vertikálisan, lefelé is terjeszkedni. Ezért egyre inkább elvárható, hogy a települési vezetők olyan közép- és hosszútávú célokat fogalmazzanak meg a fejlesztési dokumentumokban, amelyek tekintettel vannak az alábbiakra:

- egyrészt a település terjeszkedése és területhasználatának változása hatással lesz/lehet a földtani közeg elérhetőségére és állapotára, áttételesen a település gazdasági életére (pl. egy éppen inaktív ásványkincs lelőhely fölé új lakónegyed építése, vagy szemételep kialakítása megnehezítheti annak esetleges jövőbeni, fejlettebb technológiák általi kitermelését is),
- másrészt a települések tervezése során érdemes hosszú távon előre gondolkodni a földtani közeget jelentősebb mértékben érintő jövőbeni települési beruházásokról (pl. alagút, metróépítés, egyéb nagyméretű földalatti

létesítmények), hogy azok egymást, vagy azok későbbi megvalósítását más külső tényezők, beruházások ne lehetetlenítsék el.

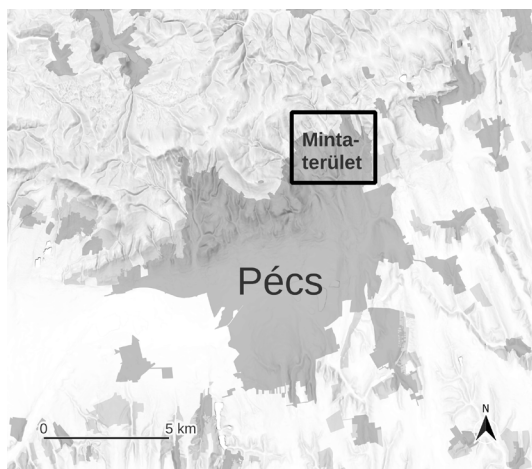
A fenti célok megvalósítása akkor lehetséges, ha a szükséges földtani, talajtani, vízrajzi, infrastrukturális, közlekedési, földhivatali stb. információk digitálisan vannak tárolva, nyilvántartva egy 2D, 2,5 és 3D térbeli elemzést lehetővé tevő geoinformatikai rendszerben. Ezen rendszer használatával a geoinformatikus szakemberek előkészítő elemzéseket, modellezéseket végezhetnének a döntéshozók számára.

A települések természeti és társadalmi adottságainak elemzésére kiváló eszközként használhatók a geoinformatikai programok (CSAPÓ ET AL. 2023; CSORBA ET AL. 2022; ELEKES 2008; JAKOBI – ÓNODI 2012; SZABÓ – SZABÓ 2013). Hazánkban számos településen használnak önkormányzati térinformatikai rendszereket, de azok általában alig tartalmaznak adatot a földtani viszonyokról.

Jelen dolgozatunk célja, hogy megvizsgáljuk egy olyan geoinformatikai nyilvántartó és minősítő rendszer létrehozásának lehetőségét, amely egy mintaterületen tartalmazza a földtani közeget érintő települési térbeli adatokat.

## A mintaterület jellemzése

Vizsgálatunk jelenlegi szakaszában egy pilot projekten dolgozunk, amely egy kisebb, de általunk jobban ismert területre koncentrál. A mintaterületünk Pécs város északkeleti részén fekvő kb. 9,3 km<sup>2</sup>-es terület (*1. ábra*), amely a korábbi feketekőszén bányászat miatt geológiai értelemben az átlagosnál jobban megkutatott. Mind belterületi (már beépített), mind külterületi részeket is magába foglal számos infrastrukturális elemmel együtt. A terület alatt jelenleg is jelentős feketekőszén vagyron fekszik, de itt még van adat a talajvízre (északabbra már nincsen), vannak egykori bányászati létesítmények és más modellbe bevonható tényezők is.



*1. ábra A pilot projekt mintaterülete Pécs északkeleti részén*

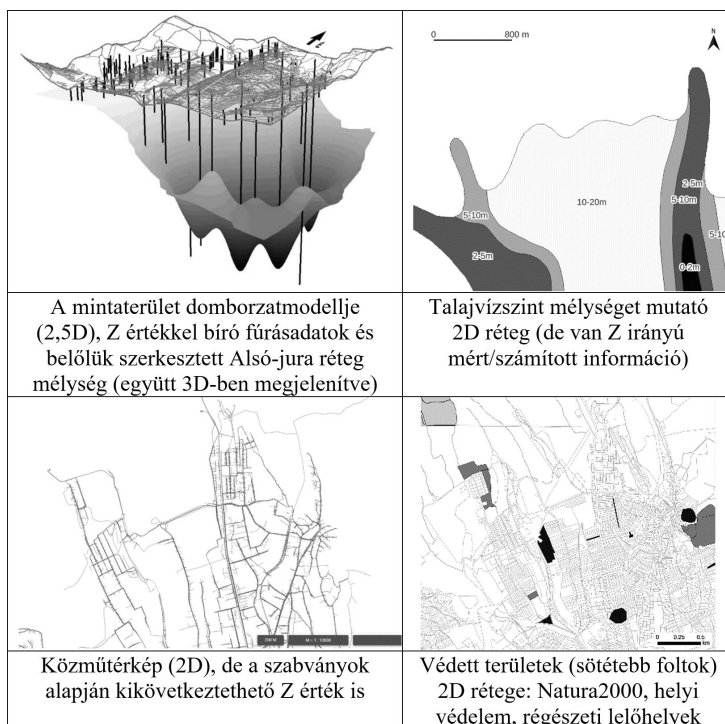
## Eddigi eredmények és jövőbeni tervek

A célkitűzés részben említettek szerint azt vizsgáljuk, hogy milyen földtani közeggel kapcsolatos térbeli adatbázisok állnak jelenleg egy átlagos hazai önkormányzat rendelkezésére, illetve melyek azok az adatbázisok, amelyek vásárlás, vagy különböző szervezetekkel való szakmai együtt működés révén még elvileg elérhető lehet számukra. Továbbá minősítjük ezeket az adatokat térbeli felbontásuk, valamint térdimenzióik száma alapján (2. táblázat és 2. ábra).

A 2012. évi XLVI. földmérési és térképészeti tevékenységről szóló törvény 5. § (20) szerint: „... a települési önkormányzat a területrendezési, valamint a településrendezési feladatainak ellátásához díj-, költség- és térítésmentesen hozzáférhetnek a 3. § (1) bekezdés d)–f) pontjában foglalt adatbázisokhoz (szerzői megjegyzés: az állami ingatlan-nyilvántartási térképi adatbázishoz, az állami topográfiai térképi adatbázishoz és az állami távérzékelési adatbázishoz), valamint az ország 1:10000 digitális szintvonaltrajzához és domborzatmodelljéhez (DDM-5).”

2. táblázat A modellben felhasználható téradoatok forrása és tulajdonságai

Adatbázis típusa	Adatbázis forrása	Önkormányzatnak jár, ingyen használható (igen/nem)	Önkormányzat megvásárolhatja, együttműködésben megszerezheti (igen/nem)	Térbeli felbontás (I = átlagos telekméret, vagy jobb, N = rosszabb)	Adat térbeli dimenziója
<b>Földtani adatbázisok:</b>					
Földtani fúrások	SzTFH	nem	igen	változó	1D, 2D, 3D
Szilárd ásványi nyersanyagok	SzTFH, regionális bányakapitányságok	nem	igen	N	2D, 3D
Kőolaj, földgáz	SzTFH, regionális bányakapitányságok	nem	igen	N	2D
Geotermális energia	SzTFH, regionális bányakapitányságok	nem	igen	N	2D
Felszín alatti vizek	SzTFH, regionális bányakapitányságok	nem	igen	változó	2D, 3D
Geofizikai erőterek	SzTFH, regionális bányakapitányságok	nem	igen	N	2D
Energiatározás	létesítményfüggő	nem	igen	változó	2D, 3D
Szén-dioxid-elhelyezés	SzTFH, regionális bányakapitányságok	nem	igen	N	2D
<b>A földtani közeget érintő egyéb adatbázisok:</b>					
Hulladékelhelyezés	típusfüggő	nem	igen	változó	2D, 3D
Védelmi alkalmazás	Katasztrófavédelem, MH	nem	?	változó	?
Kutatás és archiválás	típusfüggő	nem	?	változó	?
Városi infrastruktúra	Lechner, helyi szolgáltatók	nem	igen	I	2D
Interurbán infrastruktúra	Lechner, helyi szolgáltatók	nem	igen	I	2D
Talajtani térkép és fúrások	ATK Talajtani Intézet	nem	igen	változó	2D, 3D
Természetvédelem, helyi védelem	Nemzeti Parkok, önkormányzat, Natura2000	igen	igen	I	2D
Régészeti lelőhelyek	Lechner	nem	igen	I	2D
Vízügyi adatbázisok	SzTFH, vízügyi igazgatóságok,	nem	igen	I	2D
Ingyenes állami alapadatok (DEM, földhivatali adatok, ortofotó)	Lechner	igen	igen	I	2D, 2,5D



2. ábra Néhány példa 2D, 2,5D és 3D digitális adatokra a vizsgált területen

(INTERNET3) Ezek közül főleg a domborzati modell, az ingatlan-nyilvántartási térkép és a távérzékelési adatok hasznosak a vizsgálatunk szempontjából. Az ingyenes állami alapadatok azonban alig tartalmaznak információt a földtani közeggel kapcsolatban.

A nem ingyenes téradatokat főleg a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságától (SzTFH, korábban Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat) és a Lechner Tudásközponttól lehet beszerezni, de egyedi megegyezések esetén a helyi közműszolgáltatók, múzeumok, hivatalok stb. adataira is lehet támaszkodni.

A modellemben felhasználni szándékozott térbeli adatok térbeli felbontásuk, pontosságuk és megbízhatóságuk, valamint térbeli (2D, 3D) kiterjeszhetőségük alapján legalább három csoportba sorolhatók:

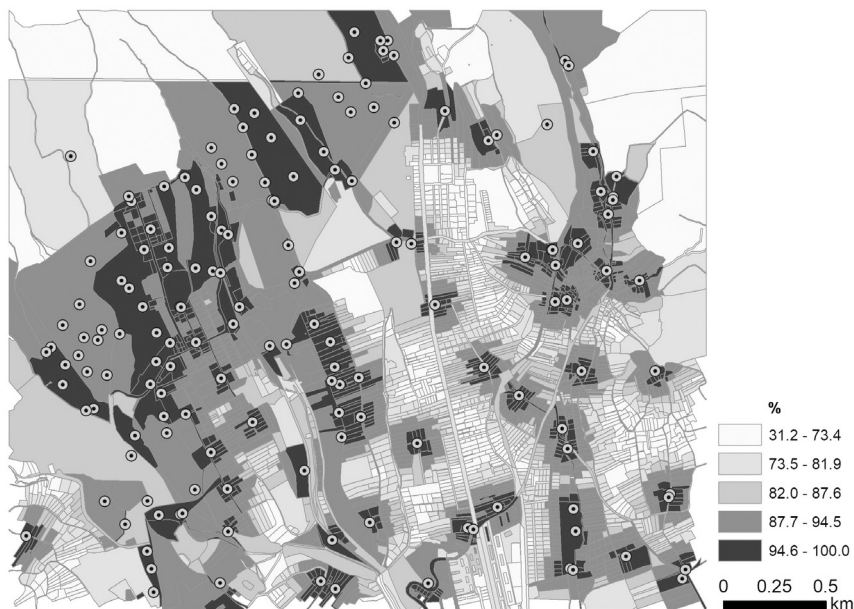
- A felszíni és felszínközeli geodéziai módszerrel kimért objektumok adatai általában méternél jobb felbontással és pontossággal bírnak, magas megbízhatóság mellett (pl. földhivatali adatok, közműtérképek, régészeti és védett területek határai), Térben (2D, esetleg 3D) problémamentesen kiterjeszthetők (pl. az ingatlantérkép nagy pontossággal és szakadásmentesen lefedi az önkormányzatok területét).
- A műholdfelvételek térbeli felbontása általában több méter, a légifelvételeké méter alatti. Az elérhető magassági modelleké is általában néhány méter per pixel, tehát közepes. Ezek pontossága és megbízhatósága jó, valamint szakadásmentesen lefedik a területet.

- A talajtani, a földtani és felszín alatti vizekre vonatkozó térbeli adatok diszkrét adatfelvételezésekből születnek. A fúrások önmagukban egydimenziós információforrások. A fúrási helyek közötti teret különböző megbízhatóságú módszerekkel lehet feltölteni adatokkal (pl. interpoláció, szakértői becslés). A kialakított 2D és 3D adatbázisok térbeli felbontása függ a mintavételezés sűrűségétől (de jellemzően rosszabb az előző kettőnél). A pontosságuk és megbízhatóságuk térben változik, a mintavételi helyektől fokozatosan távolodva csökken.

A fentiekből következik, hogy (főleg) a földtani adatok esetén szükség van a megbízhatóság jelölésére, minősítésbe való bevonására. Ennek érdekében alakítottuk ki az ún. megkutatottsági indexet, ami a fúráshelyekhez közel magas értéket (100%), távolodva alacsonyabb értéket vesz fel (3. ábra). Az, hogy hol éri el a 0%-ot függ a terület geológiai értelemben vett zavartságától, tehát településenként változhat.

A minősítés térbeli egységeiként a telkek szolgálnak, hiszen az önkormányzati tervezés során ezeket veszik figyelembe. Itt problémát okozhat, hogy a belterületi telkek jellemzően kisebb, a külterületiek nagyobb átlagos területtel bírnak.

A jövőbeli terveink között szerepel még egy minősítő rendszer kidolgozása. Az önkormányzati döntéshozók számára egy abszolút minősítési lehetőség lenne a legcélszerűbb (pl. forintban megadott értékekkel), de ennek kialakítása számos problémába ütközik. Vannak olyan tényezők, amelyek jelenlegi ismereteink és a gyakorlat szerint, vagy egyáltalán nem számszerűsíthetők (pl. katonai védelem, energiatározás, archiválás), ezért a minősítő rendszer valószínűleg relatív, súlyozáson alapuló lesz.



3. ábra „Megkutatottsági index” telkekre vetített értéke a mintaterületen

Általánosságban megállapítható, hogy a földtani közeg térbeli megismerése egy igen költséges folyamat, hiszen a geológiai, geofizikai, hidrogeológiai eljárások, vizsgálatok nagyon drágák. Ez a költségérzékenység maga után vonja, hogy a megismert felszíni, mélységi adatok, információk általában nem válnak egy közös adatbázis részévé, hanem azok elkülönülten, az egyes cégek magán adatvagyonát gazdagítják. Ha azok az állami alapadat részévé válnak, akkor jelenleg nagyon körülményes az elérhetőségük. Így egy olyan rendszer megalkotása, amely egységes adatbázison alapuló, térbeli döntéstámogatási rendszert hoz létre jelenleg igen nehezen megvalósítható egy átlagos önkormányzat számára. Azonban egy átlag fölötti anyagi helyzetű és érdekelt (pl. gyógyfürdő) önkormányzat esetén jelentős saját tőke és külső szakértők bevonásával ez elvileg megvalósítható.

## **Köszönetnyilvánítás**

A tanulmány elkészítése az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával működő K142550 számú projekt keretében, a K\_22 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

## **Felhasznált irodalom**

- CSAPÓ T. – LENNER T. – KOVÁCS G. (2023): A megyei jogú városok történeti fejlődése és településmorfológiája. Településföldrajzi Tudományos Egyesület, Szombathely
- CSORBA, PÉTER – BÁNÓCZKI K. – TÚRI Z. (2022): Land Use Changes in Peri-Urban Open Spaces of Small Towns in Eastern Hungary. Sustainability 14(17), 18 p.
- ELEKES T. (2008): A földrajzi tényezők szerepe a településfejlődésben. Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs
- HÁMOR T. – HÁMORNÉ VIDÓ M. (2023): Új természeti erőforrás? A hasznosítható földtani közeg osztályozása, értékelése és szabályozása. Magyar Tudomány, 184(6), pp. 784–794.
- HÁMORNÉ VIDÓ M. – HÁMOR T. – CZIROK L. (2021): Underground Space, The Legal Governance of a Critical Resource in Circular Economy. Resources Policy, 73(October), 15 p. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102171
- JAKOBI Á. – ÓNÓDI ZS. (2012): Térinformatikai módszerek a települések térbeli fejlődésének vizsgálatában. Regionális Tudományi Tanulmányok 16. pp. 264–272.
- MENDŐL T. (1963): Általános településföldrajz. Akadémiai Kiadó, Budapest
- TÓTH J. (1981): A településhálózat és a környezet kölcsönhatásának néhány elméleti és gyakorlati kérdése. Földrajzi Értesítő, 30(2–3), pp. 267–291.
- SIKOS T. T. – TINER T. – BALI L. (2013): Településfejlesztés. Debreceni Egyetem, AGTC, p. 14. <https://dtk.tankonyvtar.hu/handle/123456789/3451>
- SZABÓ G. – SZABÓ SZ. (2013): Városi felszínmodell generálása távérzékelés alapú adatgyűjtéssel. In: Lóki J. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV. Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 373–378.



## **Internetes források**

INTERNET1 – [https://jogkodex.hu/jsz/bt\\_1993\\_48\\_torveny\\_8201338?ts=2022-10-01](https://jogkodex.hu/jsz/bt_1993_48_torveny_8201338?ts=2022-10-01)

INTERNET2 – [https://jogkodex.hu/jsz/2000\\_10\\_kom\\_khvm\\_fvm\\_eum\\_rendelet\\_5885786](https://jogkodex.hu/jsz/2000_10_kom_khvm_fvm_eum_rendelet_5885786)

INTERNET3 – <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200046.tv>



# Az egészségügyi adatok elemzése térinformatikai módszerekkel Székesfehérváron

Pődör Andrea<sup>1</sup> – Kertész Kristóf<sup>2</sup> – Ivánác Dániel<sup>3</sup>

<sup>1</sup> egyetemi docens, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet, podor.andrea@amk.uni-obuda.hu

<sup>2</sup> Siemens Gamesa Budapest, Hungary, greenbriz@gmail.com

<sup>3</sup> földmérő, ivanacz.daniel@freemail.hu

**Absztrakt:** Az alábbi cikkben Székesfehérvár területén vizsgáltuk, hogy van-e térbeli korreláció a szív- és érrendszeri megbetegségek térbeli eloszlása és a légszennyezés között. Az irodalmi források szerint a városi területeken a légszennyezésnek a közlekedés a fő forrása. Ezért a betegségek térbeli eloszlását Székesfehérvár területén úgy vizsgáltuk, hogy figyelembe vettük a forgalmas és kevésbé forgalmas utak térbeli eloszlását. Összességében azt találtuk, hogy a betegségek magasabb előfordulási gyakorisága megfigyelhető a városközpontban lévő forgalmas utak 50 méteres környezetében.

## Bevezetés

A WHO szerint a légszennyezés évente világszerte 4,2 millió halált okoz, és 9-ből 10 ember olyan helyen él, ahol a légszennyezés szintje meghaladja a WHO irányelveit. Az antropogén légszennyezés fő forrása a járművek kibocsátása, a házak fűtésére használt üzemanyagok és földgáz, a gyártás és az energiatermelés melléktermékei, különösen a szén alapú erőművek, valamint a vegyipar által kibocsátott káros anyagok. A közlekedési légszennyezés, amelyet a gépjárművek okoznak, talán a legismertebb légszennyezési forma. Tartalmazza az antropogén légszennyezés legtöbb elemét: talajközeli ózon, nitrogén-oxidok, kén-oxidok, illékony szerves vegyületek, policiklusos aromás szénhidrogének és finom részecskeanyagok (PM) (NIH 2021). A közlekedéssel kapcsolatos légszennyezés forrásai közé tartoznak az autók, dízel teherautók és buszok, valamint a nem közúti eszközök (szórakoztató járművek, fűnyírók és kerti gépek). A közlekedési légszennyezés jelentősen hozzájárul a környezeti légszennyezéshez, különösen városi területeken. A légszennyezést és a zajszennyezést kockázati tényezőként azonosították a felnőttekben, a magas vérnyomás és a szív- és érrendszeri betegségek esetében (MÜNDEL ET AL. 2014; MÜNDEL ET AL. 2021). Egyre több bizonyíték van arra, hogy a légszennyezés olyan kockázati tényező, amely károsan befolyásolhatja a terhesség hipertóniás betegségeit is (National Toxicology Program 2019).

A városi lakosság átlagosan több mint 30%-a van kitéve az EU részecskeszennyező anyagok, nitrogén-oxidok és ózonnal kapcsolatos határértékeinek, és egyes helyeken ez az arány meghaladja az 50%-ot is (2009/C 317/04).

Még alacsonyabb koncentrációk esetén is a részecskeszennyezés káros hatással van, és számos hosszú távú negatív egészségügyi következményt okoz, amelyek befolyásolják a lakosság várható élettartamát. Az egyre növekvő légúti és kardiovaszkuláris betegségek kockázatán kívül a tüdőrák kockázata is jelentősen megnő, és kutatások azt mutatják, hogy azok a emberek, akik forgalmas úthálózatok közelében élnek, különösen nagy kockázatnak vannak kitéve, és súlyosabb következményekkel néznek szembe (OKI 2005; WHO 2005). Ezért az EU számára kiemelten fontos a városi környezeti életminőség fejlesztése (EEA 2017). Ennek a célkitűzésnek a részeként került kialakításra az EU Urban Agenda és a Green Deal (EEA 2017), amelyek között szerepel a környezeti zaj csökkentése is.

A szakirodalom vizsgálata alapján a következő hipotéziseket fogalmaztuk meg:

- Városi területeken térbeli változások mutathatók ki a betegségek tekintetében;
- Kapcsolat mutatható ki betegségek és légszennyezés, valamint zajszennyezés között.

## **Anyag és módszer**

### *Adatgyűjtés*

Magyarországon a Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat (OLM) néven ismert nappali és éjszakai működésű légminőség-monitorozó rendszer működik. Ennek a hálózatnak a keretében 56 mérőkonténer (ebből egy található Székesfehérváron) figyeli Magyarország levegőminőségét a fő légszennyező anyagok (PM10, PM2.5, NO, CO, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) tekintetében. Az adatok mindenki számára hozzáférhetők és letölthetők.

A szükséges egészségügyi adatokat a Fejér megyei Szent György Kórház adatbázisából szereztük be, amelyet anonimizáltak és kizárólag e kutatáshoz használtuk fel. A kórházi adatbázisból letöltött 11 Excel-tábla a 2008 és 2018 közötti időszakra vonatkozóan tartalmazott adatokat a szív- és érrendszeri megbetegedésekkel kapcsolatban (az összes szív- és érrendszeri megbetegedés típusát beleértve).

Ahogy már említettük, a közlekedés jelentős hatással van a levegő minőségére, és a Székesfehérváron található mérőkonténer adatai azt mutatják, hogy a közlekedésből származó légszennyező anyagok többször is meghaladták az egészségre vonatkozó határértékeket, így feltételezhető, hogy az elégtelen levegőminőség tükröződik a megbetegedések számában is. Székesfehérváron azonban csak egy légminőség-mérő konténer található, ezért azt feltételeztük, hogy a rosszabb levegőminőségű környékek a forgalmas utak mentén találhatók, és a [szekesfehervar.hu](http://szekesfehervar.hu) weboldalon elérhető Székesfehérvár stratégiai zajtérképét használtuk fel a forgalmas utak azonosítására. A nappali és éjszakai zajtérképek azt mutatják, hogy a városközpontban jelentős közúti zajhatás van. Ennek megfelelően a közlekedésből származó légszennyezés is magas. Az úthálózat adatbázisának forrása az OpenStreetMap.

Finom részecskeszennyező anyag (PM2.5) mérését a hálózat csak 2018 végétől végezték, és jelenleg nincs magyarországi határértéke, a WHO pedig napi 25 mikrogramm határértéket határozott meg köbméterenként (24 órás átlagban). 2019-ben a napi átlagérték ezt az értéket 75 alkalommal, 2020-ban pedig 63 alkalommal haladta meg Székesfehérváron.

### ***Feldolgozás***

A táblázatokban szereplő betegségekre vonatkozó adatokat három lépésben készítettük elő a térinformatikai feldolgozásra. Először kiválasztottuk azokat a betegeket Székesfehérvárról, akik szerepelnek a táblázatokban. A táblázatokban az adott évre vonatkozó összes kórházi felvétel szerepelt, így egy személy többször is szerepelhetett. Az új adatkiválasztással sikerült kiszűrni a duplikált bejegyzéseket, így minden székesfehérvári beteg csak egyszer szerepelt a táblázatokban. A harmadik lépésben a címeket megfelelő formátumba kellett alakítani, hogy a QGIS szoftver geokódoló modulja, a mmqgis, koordinátákat tudjon hozzárendelni az adatokhoz.

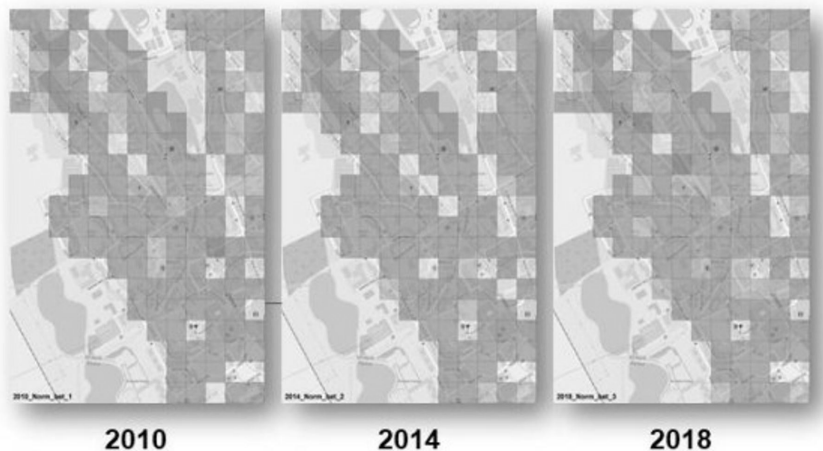
RATCLIFFE (2004) szerint a események tényleges eloszlását pontosan bemutató térképek előállításához a felhasznált rekordok 85%-nak sikeresen meg kell kapnia a geokódolást. A geokódolás sikeressége jelentősen javítható hibás címek cseréjével. Az egészségügyi adatok előkészítése során a címek Python szoftverrel történő cseréje 98%-os sikerességi arányt eredményezett a geokódolt rekordok esetén.

A címek geokódolása után az ArcGIS-ben a betegségpontok kernel-sűrűségét vizsgáltuk. Az ennek eredményeként kapott sűrűségplotok alapján világossá vált, hogy a további elemzésekhez az egészségügyi adatok eloszlását össze kell vetni a lakossági adatokkal. Az egészségügyi adatok normalizálása a GeoX Kft. által szolgáltatott lakossági adatokat tartalmazó vektorfájl alapján történt. Az általuk létrehozott vektorfájl olyan 100x100 méteres sokszögeket tartalmazott, amelyek nagy része lefedte Székesfehérvár területét. Az ebből származtatott lakosságsszámmal normalizáltuk a betegségadatokat az adatbázisban szereplő minden évre. A létrehozott térképeken jól láthatóak voltak a magas betegségelőfordulású területek (*1. ábra*).

Ezután a következő lépés az volt, hogy a város úthálózatát felosztottuk forgalmas és kevésbé forgalmas utakra. A térbeli számításokban leggyakrabban használt közelségi művelet segítségével határoztuk meg minden úttípus esetén az 50 méteres sugárú zónákat. Az így létrejött forgalmas és kevésbé forgalmas területeken megvizsgáltuk a betegségek normalizált értékét.

### **Eredmények**

Az egészségügyi adatok eloszlását minden évben vizsgáltuk. Az elemzésből származó sűrűségi térképek azt mutatták, hogy a betegségek magasabb előfordulása megfigyelhető a lakóövezetekben és idősek otthonaiban. Ezeknek a csoportoknak az egyértelmű oka az, hogy több ember él ezekben a területeken, mint a város más



*1. ábra Normalizált megbetegedések száma évenként és az úthálózat viszonya*

részein. A sűrűségi elemzés világossá teszi, hogy az egészségügyi adatok eloszlása nem egyértelműen előre meghatározott környezeti tényezők által.

A betegségi adatokat a lakossági adatok normalizálása után, a normalizált betegségi értékek alapján készült tematikus térképek (1. ábra) egyértelműen mutatták a legmagasabb normalizált betegségi értékekkel rendelkező területeket. A magas betegségi értéket jelző narancssárga és piros négyzetek a főútvonalak mentén találhatóak.

A további vizsgálat során a betegségek előfordulási gyakoriságát, az útszakaszok közelsége szerint néztük meg. Mindkét esetben az utak 50 méteres zónájára vonatkoztattuk az adatokat. Először meghatároztuk a betegségek abszolút értékét. Kevesebb betegséget számoltunk össze a belvárosban (1 542), mint a külvárosban (2 435), ami a lakosságszám különbségéből is adódik. A 2010-es népszénelési adatok alapján a forgalmas területeken 31339 lakos élt, míg a külvárosban 62,848. Ez azt mutatja, hogy a lakosok száma a külvárosban majdnem kétszer olyan magas, mint a belvárosban, de a betegségek száma nem közelíti meg a kétszeresét. Ennek alapján érdemesnek tartottuk kiszámítani a betegségi adatokat és a népszénelési adatokat mind a 11 évben.

Az átlagos 11 éves adatok összehasonlítása alapján elmondható, hogy az utóbbi 11 évben a kevésbé zsúfoltsú területeken átlagosan 20%-kal kevesebb eset fordult elő évente, ami 991 eset évente. Habár ez az elemzés nem zár ki számos más befolyásoló tényezőt, megállapítható, hogy ha a légszennyezés meghaladja az egészségügyi határértéket, akkor hosszú távon negatív hatással van az esetszámra.

## **Konklúzió**

A Székesfehérvár területén végzett betegség- és légszennyezettségs közötti kapcsolatot térinformatikai eszközökkel vizsgáltuk. Megvizsgáltuk Székesfehérvár

légszennyezési adatait és bemutattuk a határértékek túllépéseinek számát az egyes légszennyező anyagokra vonatkozóan az adott években (2008–2018), ezzel bizonyítva, hogy Székesfehérvár levegőminőségének hatással lehet a lakosok egészségi állapotára a 2008–2018-as adatok alapján.

Összehasonlítottuk a betegségek számát a forgalmas és a nem forgalmas területeken Székesfehérváron, a QGIS és az ArcGIS Pro térinformatikai szoftverek segítségével. Amikor a betegség előfordulási gyakoriságát népsűrűség alapján vetettük össze, azt tapasztaltuk, hogy a betegség előfordulása magasabb volt a városközpontban lévő forgalmas utak 50 méteres környezetében, mint a kevésbé forgalmas külvárosi és környékbeli utak mentén. Az elért értékekből kiszámoltuk a betegség előfordulási arányát a lakosságban, az esetszámot 100 000 lakosra vetítve.

Érdemes lenne kiterjeszteni a tanulmányt azokra a légzőszervi megbetegedésekre is, amelyeket tipikusan a légszennyezés okoz. A légszennyezéssel szorosabb korreláció kialakítása érdekében több helyszínen, több időszakban (különböző időjárási körülmények, pl. szmogos és nem szmogos napok) hasznos lenne légszennyezési méréseket végezni, azokban a komponensekben, amelyeket főleg a közlekedés generál (PM10, PM2.5, NO<sub>x</sub>, CO). Helyszínek tekintetében hasznos lenne több forgalmas területen, több kevésbé forgalmas területen, valamint több forgalommentes területen mérni.

Az eredmények további korlátját jelenti, hogy az alkalmazott egészségügyi adatokat nem vizsgáltuk életkor, szociális-gazdasági helyzet szerint, amelyek befolyásolhatják bizonyos betegségek előfordulásának gyakoriságát. Mivel nincsenek mikroszintű adatok az elemzésben bemutatott egészségügyi adatok összehasonlításához, csak általánosságban vonhatunk le következtetést Székesfehérvár tekintetében.

## **Köszönetnyilvánítás**

Szeretnénk köszönetünket kifejezni a Mikovinyi Szakkolégiumnak, mely támogatta munkánkat, valamint Prof. Dr. Izbéki Ferencnek, aki biztosította számunkra az egészségügyi adatokat, amelyeket a Fejér Megyei Szent György Kórház adatbázisából származnak, valamint az UNIGIS Hungary-nak a technikai háttér biztosításáért.

## **Felhasznált irodalom**

- MÜNZEL, T. – GORI, T. – BABISCH, W. – BASNER, M. (2014): Cardiovascular effects of environmental noise exposure. *European Heart Journal*, 35(13), 829–836. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu030>
- MÜNZEL, T. – SØRENSEN, M. – DAIBER, A. (2021): Transportation noise pollution and cardiovascular disease. *Nat Rev Cardiol* 18, 619–636. <https://doi.org/10.1038/s41569-021-00532-5>

- National Institute of Environmental Sciences: Air Pollution and Your Health <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/air-pollution/index.cfm> (Last access 2021.12.09.)
- National Toxicology Program: Monograph on the Systematic Review of Traffic-related Air Pollution and Hypertensive Disorders of Pregnancy, Public Health Service of U.S. Department of Health and Human Services, North Carolina, USA, 2019
- Opinion of the European Economic and Social Committee on ‘Emissions from road transport – concrete measures to overcome stagnation’ (Own-initiative opinion) (2009/C 317/04) Rapporteur: Mr IOZIA
- Országos Közegészségügyi Intézet: Az egyes légszennyezők legfontosabb egészségkárosító hatásai, Tudományos háttéranyag, 2005 <https://pm10.kormany.hu/download/3/21/70000/OKI%20L%C3%A9gszennyező%20anyagok%20hat%C3%A1sai.pdf>
- RATCLIFFE, J. H. (2004): Geocoding crime and a first estimate of a minimum acceptable hit rate. *International Journal of Geographical Information Science*, 18(1), 61–72.
- SAMEER ET AL. (2005): WHO air quality guidelines global update, Proceedings, Bonn, Germany, 18-20 October 2005) [https://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0008/147851/E87950.pdf](https://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0008/147851/E87950.pdf) (last accessed 09.12.2021)
- Székesfehérvár Megyei Jogú Város Önkormányzatának Egészségfejlesztési Terve 2019-2024 (Health Promotion Plan Of The Municipality Of Székesfehérvár. [https://www.szekesfehervar.hu/upload/editor/2019/Onkormanyzat/dukumentumok/koncepcio\\_konceptiak/Egeszsegfejlesztési\\_Terv\\_2019\\_2024.pdf](https://www.szekesfehervar.hu/upload/editor/2019/Onkormanyzat/dukumentumok/koncepcio_konceptiak/Egeszsegfejlesztési_Terv_2019_2024.pdf)
- World Health Organisation: Air Pollution [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1) (Last access 2021.09.11)



# Webes Erdészeti Rendszer (WER) fejlesztése

Rekecki Dóra<sup>1</sup> – Ács Norbert<sup>2</sup> – Kiss János<sup>3</sup> – Holik Attila<sup>4</sup> –  
Czímber Kornél<sup>5</sup>

<sup>1</sup> webGIS fejlesztő, TopoLynx Kft, rekecki.dora@topolynx.hu

<sup>2</sup> webGIS fejlesztő, TopoLynx Kft, PhD hallgató, Soproni Egyetem, acs.norbert@topolynx.hu

<sup>3</sup> elnök, MERD - Magánerdőkért Egyesület

<sup>4</sup> szaktanácsadó, MERD - Magánerdőkért Egyesület

<sup>5</sup> egyetemi docens, Soproni Egyetem, ügyvezető, TopoLynx Kft, czimber.kornel@uni-sopron.hu

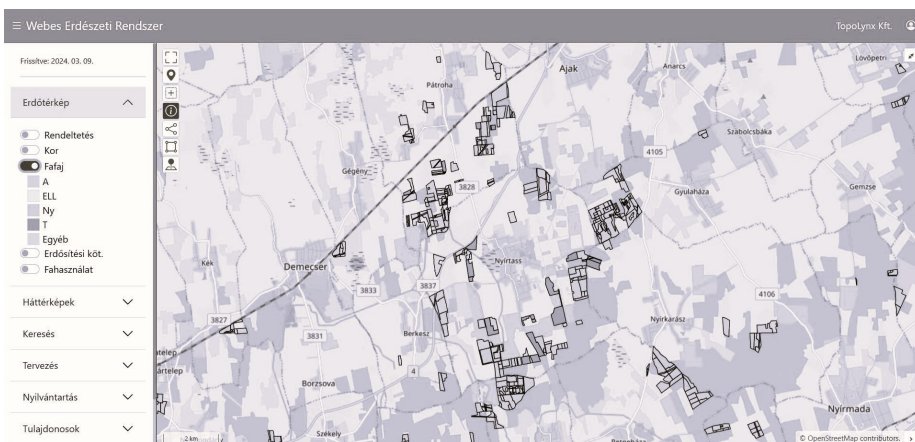
**Abstract:** A cikkben bemutatjuk egy webes erdészeti rendszer fejlesztését. A rendszer az ország erdeinek közel felét kezelő magánerdőgazdálkodók, szakirányítók, szakszemélyzet munkáját hivatott segíteni. A rendszer webes térinformatikai alapon nyugszik. Aktuális, a Nemzeti Földügyi Központtól közvetlenül lekért erdőrészlet adatokat kezel, és intuitív módon segíti az erdőgazdálkodó szakemberek napi és időszaki feladatait. A rendszer felépítése során számos komponens alkalmazása segítségével tudunk egy gyors, áttekinthető, felhasználóbarát felületet biztosítani a rendszer felhasználói számára, akik mind az irodában, mind a terepen elérhetik az alkalmazás számos funkcióját, beleértve a térképi és leíró adatok megjelenítését, szakmai tervezéseket, nyilvántartási adatok áttekintését.

## Bevezetés

A Webes Erdészeti Rendszer (*WER*) egy olyan erdészeti szakmai rendszer, amelyet magánerdőgazdálkodók, szakirányítók és szakirányító vállalkozások, az erdészeti szakszemélyzet, tulajdonosok, vízügyi dolgozók, nemzeti parkok tudnak napi szinten hatékonyan használni. A fejlesztés célja egy olyan webes alapokon nyugvó, mind mobil eszközökről, mind asztali számítógépekről elérhető rendszer, amely felhasználóbarát módon nyújt lehetőséget különböző erdészeti információk – legyen az helyzeti vagy leíró – lekéréséhez és erdészeti tevékenységek tervezéséhez, nyilvántartásához. A rendszeren belül számos felhasználói vagy hozzáférési szint érhető el, amelynek eredményeként a bejelentkezés után a felhasználó egyedi funkciókészletet kap: a saját adatait, és a hozzá tartozó erdőrészleteket, csoportokat érheti el. A felhasználó hozzáfér a jogosultsági körébe tartozó erdőrészletekhez és a kezelő elemekhez.

Bejelentkezés után a felhasználó egy választható térképi háttéren látja az erdőrészleteit, amelyet különböző hasznos tematikáknak tud színeztetni. Valamennyi megjelenő erdőrészletről részletes leíró adatokat tud elérni, amelyek több adattáblából jönnek, egy-a-több kapcsolattal.

A jelenleg elérhető erdészeti funkciók közül elkészült a fahasználati tervezés, amelynek során különböző szűrők alkalmazásával összeállított erdőrészlet és fahasználati lehetőségek listából lehet dolgozni. A lista segít fahasználati sorok, valamint fahasználati tervek részletes elkészítésében, módosításában. A fahasználati



1. ábra Webes Erdészeti Rendszer kezdőfelülete

tervezés létrehozásakor a leíró lap alapján ajánlásokat és ellenőrzéseket adunk a kitöltéshez, ezáltal elősegítjük a könnyebb és automatizált kitöltést. Fontos kimenete ennek a modulnak az erdészeti hatóság által rendszeresített formanyomtatványok előállítás.

## Anyag és módszer

A fejlesztés során számos kliens és szerver oldali komponenst alkalmaztunk, amelyek elősegítik a felhasználók számára a hatékony működést, valamint megjelenítést. A rendszer alapját JavaScript, HTML és CSS elemek képezik. A reszponzív megjelenítést Bootstrap 5 keretrendszer biztosítja, hogy több különböző méretű eszközről is használható legyen az alkalmazás. Okostelefon, laptop, valamint tablet eszközökkel is megfelelően használható.

A térképi megjelenítés gerincét OpenLayers segítségével hoztuk létre. A webalkalmazásban elérhető számos alapfunkció, többek között: nagyítás, kicsinyítés, vonal-, valamint területmérés, pontos helymeghatározás, információkérés. Az erdőrészletek esetében WFS rétegeket alkalmaztunk, annak érdekében, hogy számos szempont szerint kliens oldalon tudjunk kartografálni. A rétegek alatt megjeleníthetők alaptérképek, amelyhez ingyenesen elérhető megoldásokat alkalmaztunk: Open Street Map, Bings Map, valamint Bings Map Hibrid. Fontos fejlesztés, hogy az erdőrészletek vektoros és leíró adatok rész offline is működik, ezáltal erdőben, internetes lefedettség nélkül is használható az alkalmazás.

Az erdőrészlet leíró adatokat az NFK (Nemzeti Földügyi Központ) szolgáltatja ORACLE adatbázison keresztül VPN segítségével, ahonnan a magánerdőgazdálkodók adatait saját PostgreSQL adatbázisunkba emeljük át. A térinformatikai adatokat POSTGIS segítségével importáljuk és Geoserverrel publikáljuk. Az adatok importálása a szerver oldalon PHP modulokkal történik jellemzően négy hetes rendszerességgel. Az importálás megőrzi a korábbi állapotokat, tehát az erdőrészlet



2. ábra Erdőrészletek és a leírólap megjelenítése mobil eszközön műholdfelvétel háttérrel

múltja visszakövethető. Az adatbázis jelenleg néhány ezer erdőrézlet adatait tartalmazza, amely folyamatosan bővül.

Az adatok védelme érdekében számos jogosultsági szűrőnek kell megfelelni azok eléréséhez. Ennek érdekében kialakítottunk egy komplex, mégis rugalmas és átlátható alrendszert a felhasználói jogosultságok, szintek és csoportok kezelésére, hogy minden felhasználó a megfelelő adatokhoz férhessen hozzá. Jelenleg erdőgazdálkodó, szakirányító vállalkozás, erdészeti szakszemélyzet, koordinátor, valamint tulajdonos szerepkör érhető el. Ezen felül lehetőség van felhasználói csoportok létrehozásához. Egy felhasználó több csoport tagja is lehet.

A bejelentkezést követően töltjük le a felhasználó adatait a webböngésző tárhelyébe, ezután a webalkalmazásban akár internet nélkül is használható minden funkció, amelynek következtében terepen offline körülmények között is futhat az alkalmazás. Egy felhasználó esetében számos adat kerül ilyenkor tárolásra a helyi gépen.

Összesítve az adatokat, a leírólapon átlagosan 100 adatot, felhasználatonként 8, felhasználati soronként 5 adatot jelent. Ezek az értékek egy erdőrézletre vonatkoznak. A legtöbb erdőrézlettel rendelkező felhasználónknak több mint 250 táblája van, amely esetben több, mint 28 000 adat letöltését és offline tárolását jelenti a bejelentkezéskor a lehető legrövidebb idő alatt.

Az adatokat komplex objektumokban tároljuk, amelyeket csak lekérdezéskor jelenítünk meg. A komplexitás főként abból ered, hogy nem fix adatszerkezettel dolgozunk, ugyanis az adatok száma teljes mértékben egyedi, szinte minden esetben változó számú.

A kliens oldali terhelés csökkentése érdekében a térképen csupán minimális adatot jelenítünk meg. Különböző gombok segítenek abban, hogy színek alapján több típusú információt is megjeleníthessen a felhasználó. Lehetőség van rendeltetés, kor, fajfaj, erdősítési kötelezettség, valamint fahasználati mód alapján megjeleníteni a térképen az erdőrészeket. Ezen kívül a műholdképes háttérkép esetében a megfelelő láthatóság érdekében változik a megjelenítés.

## Eredmények

A WER alkalmazásban lehetőség van különböző erdészeti tevékenység tervezésére és nyomon követésére. A funkciókat folyamatosan fejlesztjük, számát bővítjük. A fahasználati tervezés esetében a felhasználó képes meglévő tervek és sorok listázására, szűrésére. Az erdészeti szakszemélyzetek hozzáadhatnak fahasználati sorokat és terveket.

A megfelelő adatok kiválasztása után ajánlásokat adunk a használat módjára, a területre, az erélyre, valamint a térfogatra a leírólap alapján, annak érdekében, hogy a munkafolyamat gyorsabb, és egyszerűbb legyen a felhasználó számára. A kiválasztott erdőrészek esetében letölthető a bejelentő lap, a műveleti lap, valamint megnyitható a listából a leírólap is.

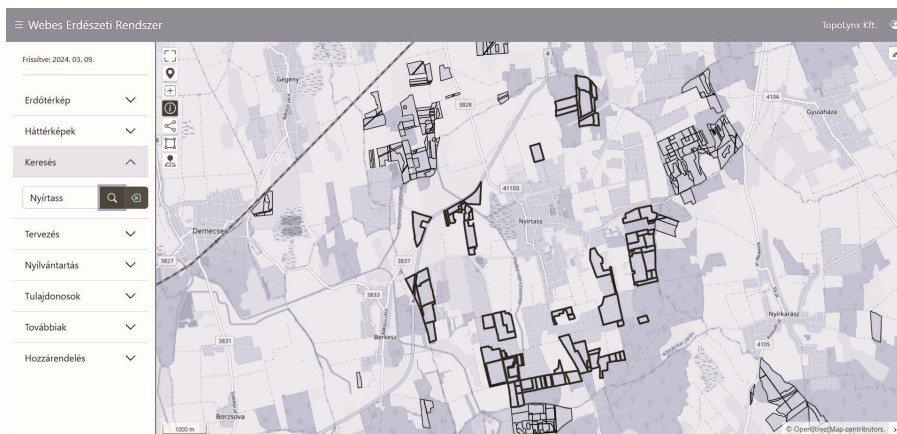
Az OpenLayers segítségével különböző gyorsgombokkal is felszereltük a WER felületét. Megemlíthetjük a megjelenítéssel, információ kéréssel kapcsolatos, valamint terepi munkák megsegítését szolgáló funkciókat. A térképen megtalálható lépték, valamint a kurzort követve a WGS84, és az EOY koordináta. Lehetőség van a térképet nagyítani és kicsinyíteni gombok segítségével is, valamint teljes nézetre állítani a webalkalmazást. Gyorsan elérhető a *Kezdőképernyő* is, amely segítségével megjelenik a hozzánk tartozó erdőrészek elhelyezkedéséből számított egyedi térképénezet.

Erdőresztlet	Gazdálkodó	Szakszemélyzet	Használat	Érintett terület [ha]	Év	Utasítás	Benyújtva
<input checked="" type="checkbox"/>	Nyírtass 57/C	8036122	Tudásfák Kft.	TI	18.83	2024	Nincs leírás
<input checked="" type="checkbox"/>	Aranyosapáti 35/A	8036122	Tudásfák Kft.	TI	18.83	2024	Nincs leírás
<input checked="" type="checkbox"/>	Balkány 42/E	8036122	Tudásfák Kft.	TRV	16.54	2024	Nincs leírás
<input checked="" type="checkbox"/>	Balkány 62/C	8036122	Tudásfák Kft.	TRV	0.50	2024	Részletes leírás
<input checked="" type="checkbox"/>	Zsáka 81/H	8015811	Tudásfák Kft.	NFGY	1.30	2024	Nincs leírás
<input checked="" type="checkbox"/>	Rohod 16/A	8036122	Tudásfák Kft.	TI	6.86	2024	Nincs leírás

Tételek: Zsáka 81/H NFGY (2024)					
Erdőresztlet	Sorsszám	Fajfaj	Erély [%]	Térfogat [m³]	
<input checked="" type="checkbox"/>	Zsáka 81/H	1	A	15	2
<input checked="" type="checkbox"/>	Zsáka 81/H	2	KST	8	17

3. ábra Fahasználati tervezés: listázás és szűrés



4. ábra Keresés eredménye Nyírtass településre

A terepi munkák esetében különösen hasznos lehet a *Helymeghatározás* lehetősége is, amely a tesztelések alapján erdős területen is kiválóan működik. A területen történő mérésekre is van lehetőség: a *Vonalmérés* esetében méter pontossággal, a *Területmérés* esetében két tizedes pontossággal hektárban történik.

Egyes felhasználók nagyon sok erdőrészletet kezelnek. A kialakított intelligens *Keresés* funkcióval megkönnyítettük a felhasználók számára a megfelelő térképi megjelenítést, amely többlépcsős módon működik. Lehetőség van településre, tagra, részletre, valamint alrészletre keresni. A megadott információk alapján a térkép azon részére nagyítunk, amely megfelel a keresés eredményének.

A *Kiválasztás* esetében ki tudjuk jelölni az erdőrészleteket, amelyekkel később további feladatokat tudunk végezni, többek között a Szakirányító vállalkozások hozzárendelését erdőrészletekhez. Az *Információ* gombra kattintva pedig be tudjuk kapcsolni azt a lehetőséget, amellyel a kiválasztott erdőrészletek leírólapját megnyithatjuk.

A *Koordinátor* szerepkörrel rendelkező felhasználóknak lehetősége van csoportkezelésre. Létrehozhat különböző jogosultsággal rendelkező csoportokat. Jelenleg az erdőgazdálkodói csoport, valamint a szakirányítói profil érhető el. A csoportok létrehozásán kívül az adatbázisunkban szereplő erdőgazdálkodók felhasználóként hozzárendelhetők a WER felületéhez, amelynek során a megadott e-mail címen minden őket érintő változásról értesítést kapnak.

## Következtetések

Az alkalmazás nagy előnye, hogy a legfrissebb hivatalos erdőrészlet adatokat nyújtja az erdőgazdálkodással foglalkozó magán-erdő tulajdonosoknak, szakirányítóknak, gazdálkodóknak. A webes rendszernek köszönhetően telepítés nélkül képesek elérni az erdőrészletek térképi és leíró adatait, tervezni és nyilvántartani a fahasználatokat, erdősítéseket.

A jövőbeli fejlesztéseket illetően számos már folyamatban lévő, és tervezett funkcióval fog bővülni a Webes Erdészeti Rendszer. Többek között megemlíthetjük az erdősítés tervezését, a teljeskörű offline használatot, diagramkészítés az erdőrészletek monitoringjához, vagy a fatömegbecslést. Célunk, hogy könnyen kezelhető, átlátható felületet hozzunk létre a lehető legtöbb lehetőséggel a modern erdőgazdálkodás támogatásáért.

### **Köszönetnyilvánítás**

Köszönetet mondunk a Magánerdőkért Egyesületnek a rendszer fejlesztésének elindításáért, a szakmai irányításért és a fejlesztés támogatásáért. Köszönjük a Nemzeti Földügyi Központnak az erdészeti adatok elérhetőségének biztosítását és a VPN beüzemelésében nyújtott segítségét.

# Identification of hydrothermal alteration zones and rare metal-bearing granites utilizing remote sensing data: A case study from the Um Salim-Mueilha area, Egypt

Ali Shebl<sup>1,2</sup> – Árpád Csámer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Mineralogy and Geology, University of Debrecen, Hungary

<sup>2</sup> Department of Geology, Faculty of Science, Tanta University, Egypt

**Abstract:** Remote sensing data primarily enhance precise tonal discrimination, facilitating detailed lithological mapping for rare metal-bearing granites in the Mueilha area, Eastern Desert, Egypt. Various image processing techniques such as false color combinations (FCCs) and band ratios were applied to ASTER, Landsat 8, Sentinel 2, and ALI. Additionally Sentinel 2 data were utilized to detect the main linear features and their density for the granitic body. Our research has identified Mueilha granite as a rare-metal-bearing granite.

*Keywords:* geological mapping; rare-metal-bearing granite; remote sensing

## Introduction

Remote sensing has been extensively utilized in the exploration of mineral deposits, with a focus on detecting associated hydrothermal alteration zones (ABDELWAHED ET AL. 2021; BEDINI – CHEN, 2022; KHEDR ET AL. 2023; POUR ET AL. 2018; SHEBL ET AL. 2021). These zones can be differentiated based on the unique spectral characteristics of the detected mineral(s) in the visible near-infrared (VNIR) and shortwave infrared (SWIR) regions, making remote sensing datasets a fundamental tool in such studies. Lithium (Li), fluorine (F), zirconium (Zr), niobium (Nb), tin (Sn), tantalum (Ta), tungsten (W), lead (Pb), uranium (U), thorium (Th), and rare earth elements (REE) have long been important sources of these and other mineral resources found in Egyptian granites, including albitized granites (ABDELKADER ET AL. 2022). While several rare metal deposits have undergone enrichment through later-stage metasomatic hydrothermal albitization processes, which are frequently associated with extensively dissected structural zones, the majority of these deposits are still primarily linked to magmatic activity (ABDELKADER ET AL. 2022).

## Geological Setting, Materials and Methods

The study area is situated in the Eastern Desert of Egypt (*Figure 1*). It is predominantly covered by ophiolitic *mélange*, which consists mainly of allochthonous ophiolitic fragments mixed in a sheared matrix, along with metavolcanics,

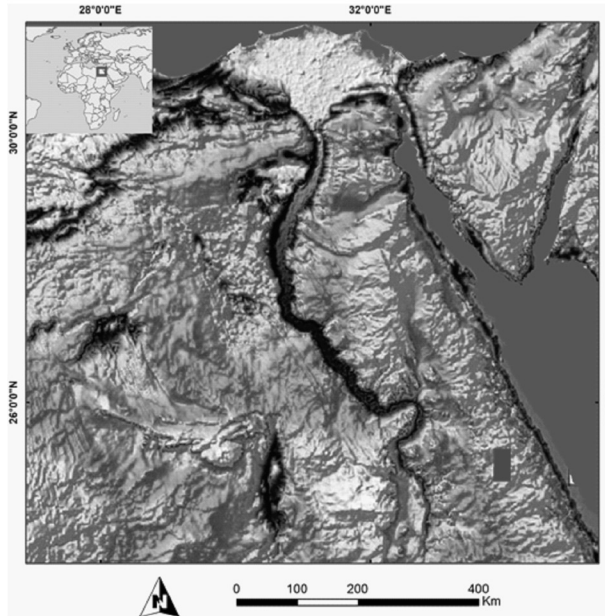


Figure 1. Location map of the study area

metagabbro-diorites, and granitic rocks (SHEBL ET AL. 2023, 2022; ZOHEIR ET AL. 2019). The studied Pluton exhibit buff to pinkish color, mostly without or poorly developed foliation and intrude the the ophiolitic group, island arc metavolcanic, and metavolcaniclastic rocks and Metagabbro-diorite complexes especially in the north western and south eastern parts of the study area. It circular to subcircular and chiefly composed of alkali-feldspar granites, granite porphyries, and scarcely albitite, like Gabal Mueilha which has a prominent sharp contacts with the surroundings appeared even from remote sensing data and aerial photographs.

## Results

Our results indicate reasonable lithological discrimination and hydrothermal alteration mapping utilizing ASTER, Landsat 8, Sentinel 2, and ALI bands (*Figure 2 and 3*). The outcomes of the primary hydrothermal alteration pattern (as illustrated in details in (SHEBL ET AL. 2023)) indicate that the wide representation of hydroxyl-bearing alteration and iron oxides (*Figure 3*). When compared to geological maps, hydroxyl-bearing alterations are predominantly found in serpentinites. Metavolcanics show signs of alteration from iron oxides and hydroxyl-bearing minerals. The known mineral deposits are largely situated within these altered zones. Mueilha granite was represented as iron-bearing spots due to the dominance of iron-bearing minerals and hydrothermal alteration actions through the pluton making it a target for further exploration.



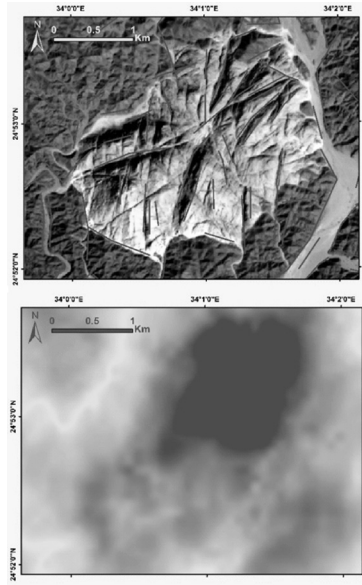


Figure 2. a) Lithological discrimination of Mueilha granite using (a) Sentinel 2 FCC 12-6-2 in RGB with automatically extracted lineaments (b) and its density

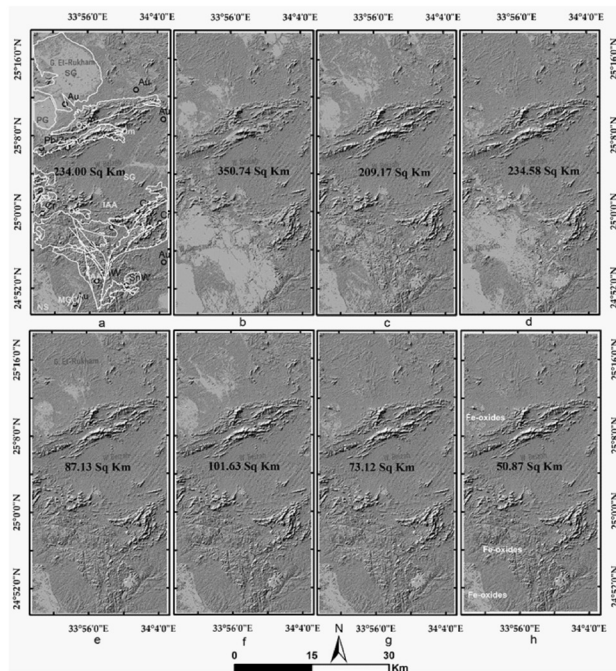


Figure 3. Areal differences of iron oxides-bearing rocks (green color) detected utilizing (a) ASTER, (b) Landsat 8, (c) Sentinel 2, and (d) ALI. Intersected results using (e) ASTER and Landsat 8, (f) ASTER and Sentinel 2, (g) ASTER and ALI, and (h) the four sensors dropped over shaded relief map

## Conclusion

The current research investigated Mueilha region of Egypt's Eastern Desert using ASTER, Landsat 8, Sentinel 2, and ALI data. The study's findings successfully distinguish Mueilha pluton and its structural dissection as shown by several extracted lineaments reflecting it as high density zone.

## References

- ABD EL-WAHED M. – ZOHEIR, B. – POUR, A.B. – KAMH, S. (2021): Shear-related gold ores in the wadi hodein shear belt, south eastern desert of egypt: Analysis of remote sensing, field and structural data. *Minerals*, 11, 474. <https://doi.org/10.3390/min11050474>
- ABDELKADER, M.A. – WATANABE, Y. – SHEBL, A. – EL-DOKOUNY, H.A. – DAWOUD, M. – CSÁMER, Á. (2022): Effective delineation of rare metal-bearing granites from remote sensing data using machine learning methods: A case study from the Umm Naggat Area, Central Eastern Desert, Egypt. *Ore Geol. Rev.*, 150, 105184. <https://doi.org/10.1016/J.OREGEORE.2022.105184>
- BEDINI, E. – CHEN, J. (2022): Application of PRISMA satellite hyperspectral imagery to mineral alteration mapping at Cuprite, Nevada, USA. *J. Hyperspectral Remote Sens.*, 124–130.
- KHEDR, M.Z. – AL DESOUKY, A.A. – KAMH, S. – HAUZENBERGER, C. – ARAI, S. – TAMURA, A. – WHATTAM, S.A. – MORISHITA, T. – LASHEEN, E.S.R. – EL-AWADY, A. (2023): Petrogenesis of Gerf Neoproterozoic carbonatized peridotites (Egypt): Evidence of convergent margin metasomatism of depleted sub-arc mantle. *Lithos*, 450–451, 107192. <https://doi.org/10.1016/J.LITHOS.2023.107192>
- POUR, A.B. – PARK, T.Y.S. – PARK, Y. – HONG, J.K. – ZOHEIR, B. – PRADHAN, B. – AYOABI, I. – HASHIM, M. (2018): Application of multi-sensor satellite data for exploration of Zn-Pb sulfide mineralization in the Franklinian Basin, North Greenland. *Remote Sens.*, 10, 1186. <https://doi.org/10.3390/rs10081186>
- SHEBL, A. – ABDELLATIF, M. – BADAWI, M. – DAWOUD, M. – FAHIL, A.S. – CSÁMER, Á. (2023): Towards better delineation of hydrothermal alterations via multi-sensor remote sensing and airborne geophysical data. *Sci. Rep.*, 13, 7406.
- SHEBL, A. – ABDELLATIF, M. – ELKHATEEB, S.O. – CSÁMER, Á. (2021): Multisource Data Analysis for Gold Potentiality Mapping of Atalla Area and Its Environs, Central Eastern Desert, Egypt. *Miner*, 11, Page 641 11, 641. <https://doi.org/10.3390/MIN11060641>
- SHEBL, A. – KUSKY, T. – CSÁMER, Á. (2022): Advanced land imager superiority in lithological classification utilizing machine learning algorithms. *Arab. J. Geosci.*, 159(15), 1–13. <https://doi.org/10.1007/S12517-022-09948-W>
- ZOHEIR, B. – EL-WAHED, M.A. – POUR, A.B. – ABDELNASSER, A. (2019): Orogenic gold in transpression and transtension zones: Field and remote sensing studies of the barramiya–mueilha sector, Egypt. *Remote Sens.*, 11, 2122.

# Fejlesztések a Terület Monitoring Rendszer alapellenőrzéseiben a 2023-as tapasztalatok tükrében

Sipőcz Jázmin<sup>1</sup> – Gudmann András<sup>2</sup> – Henits László<sup>3</sup> – Kuczy Csaba<sup>4</sup> –  
Szerletics Ákos<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Térinformatikai kutató, Ulyssys Kft., sipocz.jazmin@ulyssys.hu

<sup>2</sup> Térinformatikai kutató, Ulyssys Kft., gudmann.andras@ulyssys.hu

<sup>3</sup> Térinformatikai kutató, Ulyssys Kft., henits.laszlo@ulyssys.hu

<sup>4</sup> Projektvezető, Ulyssys Kft., kuczy.csaba@ulyssys.hu

<sup>5</sup> Osztályvezető, Magyar Államkincstár, Közvetlen Támogatások Főosztálya,  
szerletics.akos@allamkincstar.gov.hu

**Absztrakt:** Az Európai Unió Közös Agrárpolitika (KAP) reform eredményeként Magyarországon 2023-tól a mezőgazdasági támogatások ellenőrzését a Területi Monitoring Rendszer (TMR) látja el. A rendszer az Európai Űrügynökség (ESA) Sentinel-1-es és Sentinel-2-es műholdfelvételeit, valamint az Egységes Kérelmek igényléseit felhasználva, az adott év során megadott időpontokban állít elő növénykategória térképeket. A TMR első évének tapasztalatai alapján világossá vált, hogy a nagy pontosságú (>89%) osztályozási eredmények ellenére, illetve a bővülő jogszabályok ellenőrzése miatt további fejlesztések szükségesek. Így jelentős módosításra került az osztályozáshoz felhasznált növény kategóriarendszer, valamint korrigálva lett az alapellenőrzési feladatok (növényhasznosítások, parcella inhomogenitások és nem támogatható területek detektálása) eljárásaihoz használt szabályrendszer is. A változtatások a 2024-es évtől kezdve élelednek a rendszerben.

## Bevezetés

Az Európai Unió 2021/2116. rendelete alapján 2023-tól hatályba lépett a 2023–2027-es időszakra szóló Közös Agrárpolitika (KAP) új keretrendszere, aminek értelmében az egyes tagállamok kifizető ügynökségeinek kötelező Területi Monitoring Rendszert (TMR) működtetni (INTERNET1). Ennek a rendszernek a célja, hogy a mezőgazdasági területalapú támogatásokat rendszeresen ellenőrizze, helyszíni vizsgálat nélkül. Ezáltal az egyes kérelmeket pontosítsák, valamint hatékonyabban történjen azok ellenőrzése is, így gyorsítva a kifizetés folyamatát.

2023.01.01-től Magyarországon is elkezdte a működését a TMR, ami az Európai Űrügynökség Sentinel-1-es és Sentinel-2-es műholdfelvételei és a benyújtott Egységes Kérelmek adatai alapján végez ellenőrzéseket. Az alapellenőrzések kivitelezéséhez a rendszer a begyűjtött műholdképek osztályozásával országos térképeket állít elő megadott időpontokban. Az osztályozáshoz felhasznált algoritmus a Random Forest, amely segítségével körülbelül havi rendszerességgel (az aktív mezőgazdasági hónapokban) készül pixelszintű osztályozási eredmény. Az osztályozás az országot lefedő 30 km × 30 km-es FORCE (INTERNET2) csempékből kialakított 43 csempecsoporton történik, majd a különböző eredményrétegek alapján (címké, valószínűség, valószínűségi többlet fedvény stb.) végzi a rendszer az alapellenőrzéseket. A 2023-as évben mintegy 1,25 millió parcellát vizsgált a

rendszer. Az osztályozáshoz összesen 22 növénykategóriába soroltuk az ezekhez a parcellákhoz tartozó több, mint 500 hasznosítási kódot. Ezzel a kategóriarendszerrel az év utolsó, szeptemberi futtatása során pixelszinten ~94%, míg parcellaszinten ~89% összpontosságot sikerült elérni.

A TMR ellenőrzési feladatai közé nem csak a növénykultúrák azonosítása tartozik, hanem vizsgálja az egyes parcellák inhomogenitását, valamint detektálja a nem támogatható területeket is. Mindezek alapján kaphatnak értesítéseket a támogatást igénylők, amennyiben a vizsgálat eredménye nem felel meg a benyújtott igénylésnek (INTERNET3). 2023-ban összesen nagyjából 27 ezer jelzés került kiküldésre, ami megfelelt a kitűzött 2–3%-os irányzatnak.

Az utolsó ellenőrzés lefutását követően, megvizsgáltuk az egyes hónapok osztályozási és ellenőrzési eredményeit. A kedvező eredmények ellenére megállapítottuk, hogy voltak olyan esetek, amikor téves jelzést adott vissza a rendszer. A nagy pontosságú osztályozási eredmény mellett is, a létrehozott térképek és azok interpretációja is tartalmazott hibákat. Ezek a hibák fakadhatnak az egyes kategóriákon belüli nagymértékű heterogenitásból, az egyes kategóriák fenológiai hasonlóságából, valamint a nem kellően részletes ellenőrzési szabályrendszerből is. Ezekből kiindulva, készülve a 2024-es évre, a kategóriarendszer és az ellenőrzési szabályrendszer továbbfejlesztésébe kezdtünk, hogy a TMR működését hatékonyabbá és pontosabbá tegyük, ezáltal minimalizálva a téves jelzések kiküldését.

## **Anyag és módszer**

A 2023-as évben a gazdák összesen 514 db hasznosítási kód közül választhattak, amelyeket a pixelszintű képosztályozások elvégzéséhez 21 növénykategóriába soroltunk. Ezek a következők: „cukorrépa”, „egyéb”, „erdő”, „fás kultúrák”, „gyep”, „gyógynövény-fűszernövény”, „kukorica”, „lucerna”, „nád”, „napraforgó”, „őszi kalászos”, „olajtök”, „pihentetett terület”, „repcé”, „rizs”, „szója”, „szőlő”, „szántóföldi zöldség”, „takarmánynövények”, „tavaszi kalászos” és „zöldségfélék-szamóca”. Azonban az egyes támogatási jogcímek pontosabb vizsgálhatósága miatt és az osztályozás pontosságának növelése érdekében (hibajelzések számának csökkentése) szükség volt a TMR növény kategóriarendszer továbbfejlesztésére. Az újragondolt kategóriarendszer kialakításakor az volt a célunk, hogy elegendő darabszámú, minél homogénebb csoportokat hozzunk létre, amelyekben belül az egyes növénykultúrák fenológiai fázisai, térbeli alakjuk (pl. bokor/cserje/fa), elhelyezkedésük a parcellákon (ültetvényes-e, vetési/ültetési távolság), valamint a hozzájuk tartozó NDVI idősorok időbeli lefutása nagymértékben hasonlítson. Ugyanakkor törekedtünk arra, hogy a különböző jogcímekben meghatározott növényeket lefedjük, lehetőleg egy vagy több kisebb kategóriával, biztosítva azok önálló ellenőrizhetőségét (17/2023 AM rendelet 29. §). Emellett figyelembe vettük a 2023-as év növényazonosítás ellenőrzéseinek eredményeit, hogy a vizsgált hónapok során az adott hasznosítási kód mennyi hibajelzést indukált és melyik kategóriával

keveredett leginkább. Így alakítottunk ki új csoportokat, mint a „bab”, a „burgonya”, a „gyümölcsös”, a „köles”, a „szemes fehérjetakarmány” és a „tökgfélék”. Ezenkívül új kategória lett az „indiánrizs”, amit szintén egy kapcsolódó jogcím vizsgálhatóságának érdekében hoztunk létre, mivel eddig egy csoportban volt a rizszel, amire viszont eltérő támogatás jár (17/2023 AM rendelet 21. §). Az új kategóriák létrehozása mellett átcsoportosítottuk az egyes hasznosításokat, aminek a következtében több korábbi kategória megtartása feleslegessé vált, így ezeket megszüntettük. Ezek közé sorolható az az „egyéb”, a „gyógynövény-fűszernövény”, a „szója”, a „szántóföldi zöldség” és a „takarmánynövények” csoportja. Az így kialakult új kategóriarendszer végül 23 növénykategóriát tartalmaz (1. táblázat).

A hasznosítások ellenőrzése mellett a TMR feladatai közé tartozott már a 2023-as év során a nem támogatható területek vizsgálata is, például a mesterséges felszínek, napelemek és vízfelületek parcellán belüli feltérképezése. Ezek közül

1. táblázat Az új kategóriarendszer áttekintése

Növénykategória	Igénylés darabszám	Összterület (ha)
Őszi kalászos	345659	1372972
Gyep	225793	721880
Kukorica	214895	779155
Napraforgó	135039	587553
Lucerna	98854	246161
Szőlő	43729	38173
Fás kultúrák	38337	51461
Repce	27829	167940
Pihentetett terület	27557	38089
Tavaszi kalászos	16539	46463
Erdő	14432	37491
Zöldségfélék	10288	18881
Bab	9968	52391
Gyümölcsös	5444	8625
Szemes fehérjetakarmány	4287	25894
Burgonya	3899	4409
Tökgfélék	3527	4292
Köles	1551	3906
Cukorrépa	1547	13426
Olajtök	854	3725
Nád	423	2444
Rizs	392	2086
Indiánrizs	217	204

nagymértékű heterogenitással bír a mesterséges felszínek csoportja, mivel magas és alacsony albedójú mesterséges felszíneket is tartalmaz. Ezt a 2023-es eredmények is tükrözték, hiszen az osztályozási eredményekben is keveredett más felszínborítási/területhasználati kategóriákkal. Ez abból fakad, hogy ebbe az osztályba soroltuk az összes mesterséges objektumot a napelemek kivételével, így azok keveredtek többek között a mezőgazdasági területeken található csupasz talajokkal vagy magas albedójú felszínekkel, mint pl.: fóliasátrakkal, üvegházakkal és szikes területekkel. Ezáltal felmerült az igény, hogy tovább bontsuk ezt a kategóriát, ezáltal könnyebben tudjuk differenciálni az egyes jelzéseket. Így ezen csoporton belül elkülönítettük a magas albedójú és az alacsony albedójú területeket, a Sentinel-2 vörös és zöld sávja alapján. A magas albedójú felszínek közé sorolhatóak jellemzően a gyáracsarnokok, ipari létesítmények pixeljei, míg az alacsony albedójú kategória esetén a beton, aszfaltfelületek, lakóházak pixeljei.

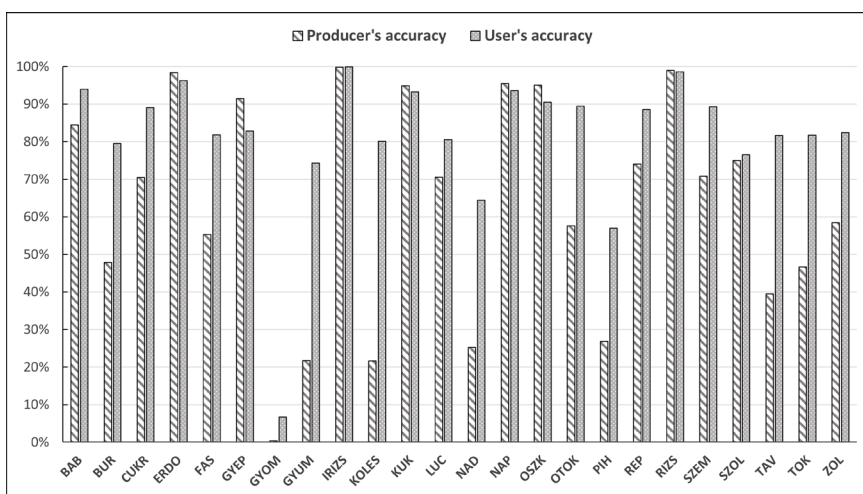
Az olyan osztályozási hibák kiküszöbölésére, amiket az új kategóriarendszer sem oldott fel, létrehoztuk az úgynevezett tévesztési mátrixot, ami az egyes kategóriák leggyakoribb tévesztéseit tartalmazza. A táblázat célja, hogy elkerüljük a téves jelzések kiküldését, azáltal, hogy az ellenőrzések során nem vesszük figyelembe a mátrixban megjelölt tévesztéseket. Például téves azonosítás eredhet abból, hogy az ültetvények sorközeit gyepesítik a gazdák, így a rendszer sok esetben gyep kultúrát fog csak érzékelni az ültetvény helyett. Ez kiküszöbölendő, így az ilyen esetekben nem vesszük figyelembe a gyep által indukált hibajelzéseket.

A 2023-as év eredményeink hatására a fentebb bemutatott elemzési oldalon végzett változtatások mellett az alapellenőrzési folyamat – hasznosítások ellenőrzése, a parcella inhomogenitásának elemzése és a nem támogatható területek vizsgálata – fejlesztése is szükségessé vált, hogy minél megbízhatóbb jelzéseket küldhessünk a gazdáknak. A növényhasznosítások és inhomogenitások ellenőrzése egy új, szűrt rétegen történik, ami a rendszer által megbízhatónak értékelt pixeleket tartalmaz. Ez a réteg úgy készül, hogy meghatározásra kerül a valószínűségi rétegekből kategóriákként egy statisztikai mérőszám. Ezt a mérőszámot, mint küszöbértéket használjuk fel az alacsony valószínűséggel rendelkező pixelek kiszűrésére. Az eredmények kiértékeléséhez a jelzőlámpa módszert használtuk, ami háromféle jelzéssel illetheti az egyes igényléseket: zöld, sárga vagy piros. Amennyiben a parcella legalább 50%-án az igénylésnek megfelelő növényt detektálunk a vizsgált rétegen, akkor zöld jelzést kapott, amíg a parcella felén az igényléstől eltérő növényt találtunk ekkor a jelzés piros volt. Ugyanakkor amennyiben az adott parcellán található leggyakoribb növénykategória területe nem éri el az 50%-ot, úgy sárga jelzést adott a rendszer, így ezeknél további vizsgálat szükséges. Ezt a jelzőlámpa-módszert lecserélve, kialakítottunk egy részletesebb szabályrendszert, figyelembe véve már a parcellák területét és a rajtuk található prediktált pixelek a számát is. Így eltérő feltételek alapján vizsgáljuk azokat a parcellákat, amik területe legalább 8 pixel, mint amik annál kisebbek vagy egyáltalán nem tartalmaznak egész pixel. A 8 pixeles határ az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontjának ajánlásával

összehangban került kiválasztásra területi határnak (INTERNET4). Továbbá a keverék kultúrák ellenőrzésének a folyamata is fejlesztésre került, hogy a rendszer ne egy hasznosításként kezelje ezt a növénykultúrát, hanem ezentúl figyelembe vegye, a gazdák által megadott keverék összetételét. Az inhomogenitás vizsgálat során olyan parcellákat keresett a rendszer, ahol egyidejűleg több hasznosítás is jelen van, valamint az igényléstől eltérő hasznosítás azonos a szomszédos parcella igénylésével. További feltétel, hogy a területük legyen minimum 8 pixel és a parcellán kívül is minimum ekkora rész legyen található. Itt olyan változtatással éltünk, hogy a rendszer vizsgálja meg az adott parcella területét is és különböző módon detektáljon inhomogenitást egy 16 pixelnél kisebb parcella esetén. Az utolsó alapellenőrzési feladat során, eddig a nem támogatható területnek minősült, ha a parcella területén belül minimum 4 nem támogatható kategóriának minősülő pixelt találtunk. Ide sorolható az alacsony/magas albedójú mesterséges terület, a vízfelszín vagy a napelem. Ezt a vizsgálatot úgy módosítottuk, hogy figyelembe vettük, melyik nem támogatható kategória található a területen, illetve azon belül mekkora annak a területe (egybefüggően 7 vagy 8 pixel).

## Eredmények

A fent említett módosításokkal országos szimulációs futtatásokat készítettünk a 2023-as évre vonatkoztatva. Elsőkörben az új növény kategóriarendszert teszteltük, ami pontosabb eredményeket mutatott, mivel pixel és parcellaszinten is nőtt az összpontosság értéke. Számszerűsítve, pixelszinten sikerült 94,5% pontosságot, míg parcellaszinten 91,4% pontosságot elérni, ami javulást jelent az eredeti kategóriarendszerhez képest. Az 1. ábrán láthatóak egyes kategóriák pontosságai, amely alapján azt lehet megfigyelni, hogy az újonnan bevezetett osztályok közül magas pontosság (>80%) értékek csak a „bab” és az „indiánrizs” kategóriákra jellemzőek. Ugyanakkor a szimulált ellenőrzési eredmények azt mutatták, hogy

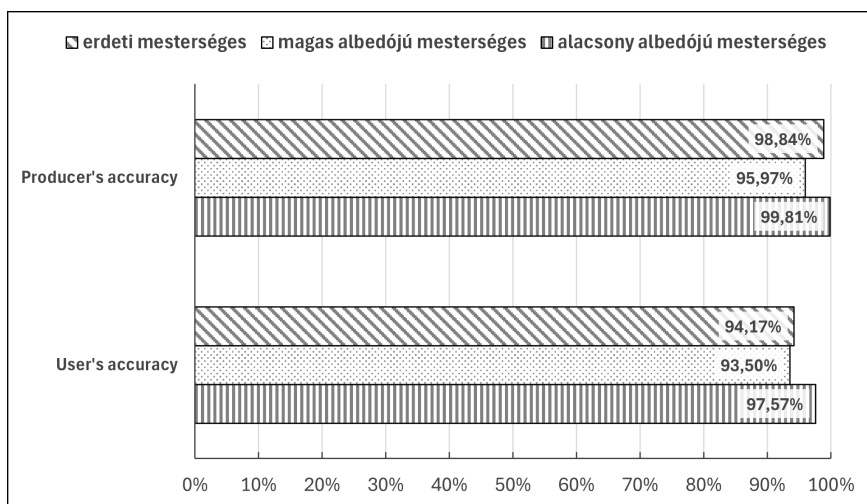


1. ábra Az új növénykategóriarendszer pixelszintű pontosság értékei

ezekkel a változtatásokkal csökkenthető a téves jelzések száma és növelhető a rendszer megbízhatósága a növényazonosítások és az inhomogenitás vizsgálat során. Továbbá az egyes jogszabályok önálló vizsgálhatósága is lehetővé vált, így ez a kategóriarendszer lesz a 2024-es TMR alapja.

A mesterséges felszín kategória szétbontásával készített osztályozás pixelszintű eredménye figyelhető meg a 2. ábrán. A magas albedójú mesterséges alcsoport esetén alacsonyabb pontossági értékeket kaptunk vissza, ugyanakkor az alacsony albedójú mesterséges kategória pontosság értékei tovább nőttek. Ezzel a módosítással alapvetően megvalósult, hogy jobban differenciálódjanak a mesterséges felszínek még városokon belül is, így ezeknek a kategóriáknak a sajátos tévesztései az ellenőrzések során kezelhetővé váltak.

Az alapellenőrzési folyamatokhoz létrehozott tévesztési mátrix és a szabályrendszer fejlesztéseinek hatására, mindegyik ellenőrzési feladat során sikerült növelni a zöld jelzések számát, ahogy azt a 2. táblázatban látható arányszámok is tükrözik. Ez darabszámban kifejezve, a növényhasznosítások során 1234074 db, az inhomogenitás esetén 1242925 db és a nem támogatható területek vizsgálatakor 1247800 db az igénylésnek megfelelő parcellát jelent a módosítások után. A keverék kultúrák ellenőrzésének a módosításával, a zöld jelzések számát is sikerült 3606-ra növelni, a korábbi 3464 helyett, ami több mint 3%-os növekedést jelent.



2. ábra A korábbi mesterséges kategória pontosság értékeinek összevetése a szétbontott mesterséges kategóriák pontosságával

2. táblázat Az zöld jelzések arányainak az alakulása az egyes alapellenőrzések során

	Zöld jelzések 2023	Zöld jelzések a fejlesztések után
Növényhasznosítás	98,40%	98,80%
Inhomogenitás	99,44%	99,52%
Nem támogatható területek	99,98%	99,99%



## Összegzés

Az említett fejlesztések összességében javulást eredményeztek a monitoring rendszer teljesítményében és megbízhatóságában. Az új növény kategóriarendszerrel az osztályozás összpontossága pixel és parcellaszinten is már 91% fölé nőtt, illetve az ellenőrzési folyamatok során csökkent a téves jelzések aránya. Továbbá megvalósult az egyes támogatási jogcímek önálló vizsgálhatósága, valamint a mesterséges kategória sikeres szétbontásából kifolyólag, a rendszer pontossága is tovább nőtt. Az alapellenőrzési feladatok elvégzéséhez felhasznált szabályrendszerek fejlesztésével és a megalkotott tévesztési mátrix felhasználásával szintén sikerült 0,1–0,4%-os javulást elérni a piros jelzések minimalizálásának érdekében. Mindezek eredményeképpen a 2024-es TMR várhatóan még megbízhatóbb módon fog működni, aminek köszönhetően a mezőgazdasági támogatások kezelése és elosztása is hatékonyabban valósulhat meg.

## Internetes források

INTERNET1 – <https://jogkodex.hu/doc/2266520>, Letöltés ideje: 2024. április

INTERNET2 – <https://force-eo.readthedocs.io/en/latest/>, Letöltés ideje: 2024. április

INTERNET3 – <https://www.mvh.allamkincstar.gov.hu/-/teruleti-monitoring-rendszer-mitlattak-a-muholdak-juliusban->, Letöltés ideje: 2024. április

INTERNET4 – <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/14/2195>, Letöltés ideje: 2024. április



# UAV-alapú, többkamerás rendszerrel készített felvételekből generált SfM modellek pontosságvizsgálata városi környezetben

Szabó Gergely<sup>1</sup> – Nagy Loránd Attila<sup>2</sup> – Damak Ferenc<sup>3</sup> – Bertalan László<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabó.gergely@science.unideb.hu

<sup>2</sup> PhD-hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, nagy.lorand@science.unideb.hu

<sup>3</sup> DRONE2B (MyActionCam Magyarország Kft.)

<sup>4</sup> Egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, bertalan@science.unideb.hu

**Absztrakt:** Napjainkban a nagy felbontású téradatak gyűjtésének egyik széles körben elterjedt módszere az UAV-alapú légitelvezés. A függőleges felületekre irányuló adatgyűjtésre a döntött kameraszögű felvételezés ad lehetőséget. A városi területeket célzó modellezés esetén fontos, hogy az épületek minden oldaláról készüljenek döntött kamerás felvételek, így lehetővé téve az adathiány mentes modellek létrehozását. Hagyományos kamerák alkalmazásával ez a legtöbb esetben jelentősen megnöveli a felvételezési időt, hiszen az eltérő irányban döntött képek különböző repülések során készülnek el. Az ilyen módon történő felvételezés hatékonyságának növelése érdekében alkották meg a több döntött kamerát magukba foglaló kamerarendszereket.

Vizsgálatunk során egy Share PSDK 102S V3, öt kamerás rendszer felhasználásával készült nadír és oblique felvételekből Structure from Motion (SfM) módszerrel generált modellek pontosságát és minőségét vizsgáltuk. Az adatgyűjtés Budapesten a Hősök terén történt, a felvételezés a Szépművészeti Múzeum és a Mücsarnok épületeire is kiterjedt. Az adatok feldolgozását az Agisoft Metashape szoftverben végeztük el. A kameraszögek kombinálásával négy projektet hoztunk létre, ezek közül az első mind az öt kamerából, a második csak a döntött kamerákból, a harmadik a nadír, az előre és a jobbra néző kamerákból, míg a negyedik csak az előre és jobbra döntött kamerákból származó képeket tartalmazza. A létrehozott modellek vizsgálatához több típusú referencia-adatot alkalmaztunk, így pl. Share 6100X full-frame kamerából származó felvételeket is. Ezek esetében az SfM feldolgozás különböző beállításai teljes mértékben megegyeztek a vizsgált projektek esetében alkalmazottakkal. Ezen kívül a vizsgálathoz felhasználtunk egy ALS-, valamint egy TLS-alapú pontfelhőt, illetve egy repülőgépes felvételezésből származó ortofotó-mozaikot is.

A vizsgálat további részében földi illesztő pontokat (GCP) tervezünk bevonni, így vizsgálva azok számának és térbeli helyzetének pontosságra gyakorolt hatását a különböző kamera kombinációk esetén.



# Vegetációs fenofázisok osztályozhatósága multispektrális UAS felmérés alapján

Szabó Loránd<sup>1,\*</sup> – Bertalan László<sup>1</sup> – Szabó Gergely<sup>1</sup> –  
Grigorszky István<sup>2</sup> – Somlyai Imre<sup>2</sup> – Dévai György<sup>2</sup> – Nagy Sándor Alex<sup>2</sup> –  
Holb Imre János<sup>3,4</sup> – Szabó Szilárd<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>2</sup> Hidrobiológiai Tanszék, Debreceni Egyetem, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>3</sup> Kertészettudományi Intézet, Debreceni Egyetem, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

<sup>4</sup> Növényvédelmi Intézet, ELKH Agrártudományi Kutatóközpont, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

\* szabó.lorand@science.unideb.hu

**Abstract:** The significance of aquatic ecosystems is increasingly recognized, considering their conservation, recreational, and economic value. However, their sustainable management is complex and challenging, requiring a thorough understanding. Monitoring the condition and changes of habitats is crucial, which can be facilitated by analyzing the organisms and vegetation present in the area. To further refine the classification process, it may be important to disaggregate classes into phenophases, which can be supported by examining the Jeffries-Matusita distances. In the case study presented of the Rakamazi Nagy-Morotva, a multispectral UAS-based survey was conducted to assess the separability of classes. The results indicate that higher accuracy cannot be achieved with classes disaggregated into phenophases. However, based on the separability analysis, it may be worth considering the separation of only a few classes where high separability values are achieved, thus allowing for the production of more detailed land cover maps while maintaining thematic accuracy.

## Bevezetés

A vízi élőhelyek jelentősége egyre nő, hiszen természetvédelmi, rekreációs és gazdasági potenciállal is rendelkeznek (BIGGS ET AL. 2017). Ezek komplex megértése nélkül nehéz fenntartható módon kezelni a víztesteket (DAS ET AL. 2022). A víztestek használhatósága nagymértékben függ a természetes állapotuk ismeretétől és a bennük zajló változások és folyamatok mértékétől. Az élőhelyi viszonyokat jól jellemzik a területen jelen lévő organizmusok és vegetáció (DÖMÖTÖRFY ET AL. 2003). Ezeknek a sokfélesége értékes információt szolgáltat, amelyek megszerzése kihívást jelentő és időigényes feladat. Ahogy egy terület hidrológiája és ökológiája változik, néhány társulás elmozdulhat eredeti élőhelyéről, míg mások nagy számban, akár invazív módon is új területeket hódíthatnak meg viszonylag rövid idő alatt (TYLER ET AL. 2018).

Az osztályozási pontosság javítása állandó feladat a modellalkotók számára, különösen a távérzékelés területén. A felszínborítás pontosabb osztályozásának érdekében átfogó megközelítés szükséges a különböző adatforrások integrálásához és a kifinomult algoritmusok alkalmazásához. A jobb osztályozási teljesítmény elérhetőbb jobb bemeneti adatok használatával, azaz jobb térbeli felbontással (SZABÓ ET AL. 2020, 2019). A magasabb térbeli felbontás részletesebb felszínborítás-adatai

jobb osztályozhatóságot tesznek lehetővé. Pilóta nélküli légi járművek (Unmanned Aerial Systems; UAS) alkalmazásával nagy térbeli felbontást tudunk elérni nehezen megközelíthető területeken is. A spektrális sávok számának növelése szintén lehetőséget ad az osztályozási teljesítmény javítására. A látható spektrum mellett, ha bevonjuk az infravörös spektrumot, a vegetáció és a vízfelület azonosítása rendkívül hatékony (KELLARIS ET AL. 2019). A spektrális adatok kiegészítése olyan további adatokkal, mint magassági adatok és a spektrális, illetve textúra indexek tovább pontosíthatják az osztályozási folyamatot. Ezek a kiegészítő adatok további információkat szolgáltatnak, amelyek javítják a felszínborítás osztályozásának pontosságát (LIKÓ ET AL. 2023).

A környezetünk mélyebb megértése érdekében fontos az osztályozott felszínborítási kategóriák finomított kategorizálásának végrehajtása. A vegetációs genotípusok fenofázisokra, azaz alkategóriákra bontása a vizuális megjelenés és élettani szakaszok alapján lehetőséget nyújthat az osztályozási teljesítmény javítására. Az egyes osztályok szétválaszthatóságáról pedig a Jeffries-Matusita távolságok vizsgálatával kaphatunk értékes információt (DALPONTE ET AL. 2013).

Tanulmányok azt bizonyítják, hogy konzisztens környezetben, például művelés alatt álló területeken, vagy erdőterületeken genus szintű osztályozás mellett különböző fenofázisok is azonosíthatók (JING ET AL. 2009; PERSSON ET AL. 2018; WALTER 2020). Bár a mocsári területek kevésbé konzisztensek, mint a fent említettek, tanulmányok mégis foglalkoztak hasonló osztályozással. Az UAS-ek használatával hosszú távú vízi élőhely monitoringot végezhetünk, beleértve az áradásokat, a vízminőséget, a vízmélységet és a vegetáció borítását (ALVAREZ-VANHARD ET AL. 2020; DENG ET AL. 2022; DÍAZ-DELGADO ET AL. 2019; ELTNER ET AL. 2021; MANFREDA ET AL. 2018). Míg bizonyos tanulmányok hierarchikus megközelítést alkalmaztak az alkategóriák osztályozására (AHMED ET AL. 2017; JIAO ET AL. 2019; S. GARCIA ET AL. 2019; WALKER ET AL. 2010; XING ET AL. 2023), egyik sem foglalkozott a változó fenofázisok elkülönítésével.

A genotípusok és fenofázisok komplexitásának széles körű megismerése javíthatja a vízi ökoszisztémákat érintő ökológiai tényezők megértését és hatásaikat a környezeti folyamatokra. A térbeli, spektrális és kiegészítő adatok integrációja, az alkategóriák finomításával együtt, javíthatja az osztályozási eredmények pontosságát és megbízhatóságát (BURAI ET AL. 2010, 2015).

## **Esettanulmány**

A következő esettanulmányban a Rakamazi Nagy-morotván végzett multispektrális UAS alapú felmérés legfontosabb eredményeit mutatjuk be az egyes felszínborítási osztályok szétválaszthatósága alapján. A felmérést egy DJI Matrice 210 eszközzel és egy Parrot Sequoia multispektrális kamerával készítettük. Célunk volt a mintaterületen található növényzet genus szintű lehatárolása hét osztályban (nád, gyékény, kolokán, sulyom, tavirózsa, fűz és víz), továbbá a vizuális és élettani

sajátosságok alapján elhatárolható fenofázisokra tovább bontottuk az osztályainkat 13 kategóriába.

Az osztályok szétválaszthatóságát a Jeffries-Matusita (JM) távolságok alapján vizsgáltuk, az elemzéshez az értékek négyzetgyökét használtuk, így a maximálisan szétválasztható osztályok 1,41-es értéket vettek fel, és minél kisebb az érték annál kevésbé különíthető el két kategória az osztályba sorolás alkalmával. A hét kategória esetében a víz kategória bizonyult a leginkább szétválaszthatónak, mivel spektrális tulajdonságai szignifikánsan eltérnek a vegetációtól. Legrosszabb értékeket a nád és fű (1,33), a nád és kolokán (1,35), illetve a sulyom és kolokán (1,37) esetében kaptunk. A 13 kategória esetében a víz ismételt maximális szétválaszthatóságot (1,41) mutatott a többi kategóriával szemben, továbbá a tavirózsa egyik fenofázisa szintén maximális értéket ért el a tavirózsa másik fenofázisától, illetve a sulyom három fenofázisa közül kettőtől eltekintve. Szintén magas értékek (>1,40) jellemzik a sulyom két fenofázisát illetve a gyékény egyik fenofázisát, egyedül a gyékény két fenofázisának szétválaszthatósága marad el ettől (1,31). Ettől rosszabb szétválaszthatóságot csak a kolokán három fenofázisa között tapasztaltunk (1,22–1,24).

Az osztályozási eredmények tükrében megállapítottuk, hogy hét kategóriával magasabb általános pontosságot értünk el (96,1%), mint 13 kategóriával osztályozva (85,4%), tehát a fenofázisokra bontás nem eredményez magasabb általános pontosságot. Azonban a szétválaszthatósági vizsgálatok alapján megfontolandó lehet csupán néhány osztálynak a szétválasztása, ahol magas JM értékeket értünk el, ezáltal a tematikai pontosság megtartása mellett részletesebb felszínborítás térképek előállítására nyílhat lehetőség.

## **Köszönetnyilvánítás**

A cikkben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében, az RRF 2.3.1 21 2022 00008 projekt támogatásával valósult meg.

## **Irodalomjegyzék**

- AHMED, O.S. – SHEMROCK, A. – CHABOT, D. – DILLON, C. – WILLIAMS, G. – WASSON, R. – FRANKLIN, S.E. (2017): Hierarchical land cover and vegetation classification using multispectral data acquired from an unmanned aerial vehicle. *Int. J. Remote Sens.* 38, 2037–2052. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1294781>
- ALVAREZ-VANHARD, E. – HOUET, T. – MONY, C. – LECOQ, L. – CORPETTI, T. (2020): Can UAVs fill the gap between in situ surveys and satellites for habitat mapping? *Remote Sens. Environ.* 243, 111780. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111780>
- BIGGS, J. – VON FUMETTI, S. – KELLY-QUINN, M. (2017): The importance of small waterbodies for biodiversity and ecosystem services: implications for policy makers. *Hydrobiologia* 793, 3–39. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-3007-0>

- BURAI, P. – DEÁK, B. – VALKÓ, O. – TOMOR, T. (2015): Classification of Herbaceous Vegetation Using Airborne Hyperspectral Imagery. *Remote Sens.* 7, 2046–2066. <https://doi.org/10.3390/rs70202046>
- BURAI, P. – LÖVEI, G. – LÉNÁRT, C. – NAGY, I. – ENYEDI, E. (2010): Mapping aquatic vegetation of the Rakamaz-Tiszanagyfalui Nagy-morotva using hyperspectral imagery. *Landsc. Environ.* 4, 1–10.
- DALPONTE, M. – OERKA, H.O. – GOBAKKEN, T. – GIANELLE, D. – NAESSET, E. (2013): Tree Species Classification in Boreal Forests With Hyperspectral Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 51, 2632–2645.
- DAS, M. – DAS, A. – SEIKH, S. – PANDEY, R. (2022): Nexus between indigenous ecological knowledge and ecosystem services: a socio-ecological analysis for sustainable ecosystem management. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29, 61561–61578. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15605-8>
- DENG, T. – FU, B. – LIU, M. – HE, H. – FAN, D. – LI, L. – HUANG, L. – GAO, E. (2022): Comparison of multi-class and fusion of multiple single-class SegNet model for mapping karst wetland vegetation using UAV images. *Sci. Rep.* 12, 13270. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17620-2>
- DÍAZ-DELGADO, R. – CAZACU, C. – ADAMESCU, M. (2019): Rapid Assessment of Ecological Integrity for LTER Wetland Sites by Using UAV Multispectral Mapping. *Drones* 3, 3. <https://doi.org/10.3390/drones3010003>
- DÖMÖTÖRFY, Z. – REEDER, D. – POMOGYI, P. (2003): Changes in the macro-vegetation of the Kis-Balaton Wetlands over the last two centuries: a GIS perspective. *Hydrobiologia* 506–509, 671–679. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000008598.56151.5e>
- ELTNER, A. – BERTALAN, L. – GRUNDMANN, J. – PERKS, M.T. – LOTSARI, E. (2021): Hydro-morphological mapping of river reaches using videos captured with UAS. *Earth Surf. Process. Landf.* 46, 2773–2787. <https://doi.org/10.1002/esp.5205>
- JIAO, L. – SUN, W. – YANG, G. – REN, G. – LIU, Y. (2019): A Hierarchical Classification Framework of Satellite Multispectral/Hyperspectral Images for Mapping Coastal Wetlands. *Remote Sens.* 11, 2238. <https://doi.org/10.3390/rs11192238>
- JING, X. – WANG, JIHUA, HUANG, W. – LIU, L. – WANG, JINDI (2009): Study on Forest Vegetation Classification Based on Multitemporal Remote Sensing Images, in: Li, D. – Zhao, C. (Eds.), *Computer and Computing Technologies in Agriculture II*, Volume 1, IFIP Advances in Information and Communication Technology. Springer US, Boston, MA, pp. 115–123. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0209-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0209-2_13)
- KELLARIS, A. – GIL, A. – FARIA, J. – AMARAL, R. – MOREU-BADIA, I. – NETO, A. – YESSON, C. (2019): Using low-cost drones to monitor heterogeneous submerged seaweed habitats: A case study in the Azores. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 29, 1909–1922. <https://doi.org/10.1002/aqc.3189>
- LIKÓ, S.B. – HOLB, I.J. – OLÁH, V. – BURAI, P. – SZABÓ, S. (2023): Deep learning-based training data augmentation combined with post-classification improves the classification accuracy for dominant and scattered invasive forest tree species. *Remote Sens. Ecol. Conserv.* n/a. <https://doi.org/10.1002/rse2.365>
- MANFREDA, S. – MCCABE, M.F. – MILLER, P.E. – LUCAS, R. – PAJUELO MADRIGAL, V. – MALLINIS, G. – BEN DOR, E. – HELMAN, D. – ESTES, L. – CIRAULO, G. – MÜLLEROVÁ,



- J. – TAURO, F. – DE LIMA, M.I. – DE LIMA, J.L.M.P. – MALTESE, A. – FRANCES, F. – CAYLOR, K. – KOHV, M. – PERKS, M. – RUIZ-PÉREZ, G. – SU, Z. – VICO, G. – TOTH, B. (2018): On the Use of Unmanned Aerial Systems for Environmental Monitoring. *Remote Sens.* 10, 641. <https://doi.org/10.3390/rs10040641>
- PERSSON, M. – LINDBERG, E. – REESE, H. (2018): Tree Species Classification with Multi-Temporal Sentinel-2 Data. *Remote Sens.* 10, 1794. <https://doi.org/10.3390/rs10111794>
- S. GARCIA, A. – DE F. N. VILELA, V.M. – RIZZO, R. – WEST, P. – GERBER, J.S. – ENGSTROM, P.M. – R. BALLESTER, M.V. (2019): Assessing land use/cover dynamics and exploring drivers in the Amazon's arc of deforestation through a hierarchical, multi-scale and multi-temporal classification approach. *Remote Sens. Appl. Soc. Environ.* 15, 100233. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.05.002>
- SZABÓ, L. – BURAI, P. – DEÁK, B. – DYKE, G.J. – SZABÓ, S. (2019): Assessing the efficiency of multispectral satellite and airborne hyperspectral images for land cover mapping in an aquatic environment with emphasis on the water caltrop (*Trapa natans*). *Int. J. Remote Sens.* 40, 4876–4897. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1579383>
- SZABÓ, L. – DEÁK, B. – BÍRÓ, T. – DYKE, G.J. – SZABÓ, S. (2020): NDVI as a Proxy for Estimating Sedimentation and Vegetation Spread in Artificial Lakes—Monitoring of Spatial and Temporal Changes by Using Satellite Images Overarching Three Decades. *Remote Sens.* 12, 1468.
- TYLER, T. – HERBERTSSON, L. – OLSSON, P.A. – FRÖBERG, L. – OLSSON, K. – SVENSSON, Å. – OLSSON, O. (2018): Climate warming and land-use changes drive broad-scale floristic changes in Southern Sweden. *Glob. Change Biol.* 24, 2607–2621. <https://doi.org/10.1111/gcb.14031>
- WALKER, W.S. – STICKLER, C.M. – KELLNDORFER, J.M. – KIRSCH, K.M. – NEPSTAD, D.C. (2010): Large-Area Classification and Mapping of Forest and Land Cover in the Brazilian Amazon: A Comparative Analysis of ALOS/PALSAR and Landsat Data Sources. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 3, 594–604. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2010.2076398>
- WALTER, A.C. (2020): Discrimination of Maize Genotypes through Multi-temporal Object-based Remote-sensing Classification of Unmanned Aircraft System Images (Thesis).
- XING, H. – NIU, J. – FENG, Y. – HOU, D. – WANG, Y. – WANG, Z. (2023): A coastal wetlands mapping approach of Yellow River Delta with a hierarchical classification and optimal feature selection framework. *CATENA* 223, 106897. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106897>



# Talajtani adatok applikáció alapú gyűjtése és valós idejű integrálása GIS környezetbe

Takáts Tünde<sup>1</sup> – Balog Kitti<sup>2</sup> – Takács Katalin<sup>3</sup> – Mészáros János<sup>4</sup> –  
Pásztor László<sup>5</sup> – Árvai Mátyás<sup>6</sup>

<sup>1</sup> tudományos segédmunkatárs, ELKH ATK Talajtani Intézet, takats.tunde@atk.hun-ren.hu  
PhD hallgató, ELTE TTK, Földtudományi Doktori Iskola  
ELTE IK, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet

<sup>2</sup> tudományos főmunkatárs, ELKH ATK Talajtani Intézet, balog.kitti@atk.hun-ren.hu

<sup>3</sup> tudományos főmunkatárs, ELKH ATK Talajtani Intézet, takacs.katalin@atk.hun-ren.hu

<sup>4</sup> tudományos főmunkatárs, ELKH ATK Talajtani Intézet, meszaros.janos@atk.hun-ren.hu

<sup>5</sup> tudományos tanácsadó, ELKH ATK Talajtani Intézet, pasztor@rissac.hu

<sup>6</sup> tudományos főmunkatárs, ELKH ATK Talajtani Intézet, arvai.matyas@atk.hun-ren.hu

**Absztrakt:** Aktuális talajadatok gyűjtésére és a digitális tematikus térképek naprakészen tartására egyre növekvő igény mutatkozik Magyarországon is. Az adatgyűjtési projektek azonban jelentős szakmai, pénzügyi és logisztikai erőforrásokat igényelnek, és többéves ciklusokban kivitelezhetők, melyre korlátozottak a lehetőségek. A közösségi tudomány és a nyitott tudomány szerepe ezért egyre fontosabbá válik az adatgyűjtési folyamatban, mivel rövid idő alatt akár jelentős adatmennyiség érhető el, reprezentatív térbeli lefedettséggel az önkéntesek bevonásán keresztül. A HUN-REN ATK Talajtani Intézet csatlakozott ezekhez a kezdeményezésekhez, és az eddigi két „citizen science” programmal, az „Alsóban az Élet”-tel és a "Ne csak a felszín (L)ásd!"-dal kapcsolatos tapasztalatokat és fejlesztéseket mutatjuk be jelen cikkben. A talajtani alapadatok gyűjtésével kapcsolatos egyik újítás volt, hogy a programban használt kérdőívet Google Forms alapokról Survey123 applikáció alapúra ültettük át, ami lehetővé teszi az adatok hatékony, valós idejű gyűjtését, helymeghatározását, elemzését, és további alkalmazását térinformatikai szoftverekben. Ezen felül a létrejött adatbázis azonnali és közvetlen kommunikációt tesz lehetővé az irodában és a terepen lévő kollégák között. Másik újításként bővítettük a programban elérhető önkéntesek körét az applikáció angol nyelven történő elérésének biztosításával, ezzel tovább növelve a potenciálisan beérkező adatszámot. Az ily módon gyűjtött, előszűrt és „tisztított” adatok alkalmasak lehetnek tematikus térképek pontszerű adatainak kiterjesztésére kidolgozott geostatistikai becsülő modellek validáló adataként, vagy akár független adatforrásként is, pl. talajegészséggel kapcsolatos tematikus térkép megalkotásához.

## Bevezetés

Napjainkban egyre növekvő igény mutatkozik az adatbázisok és az ebből levezetett térképi megjelenések naprakészen tartása iránt. Ez a digitális talajtérképek esetében is megfigyelhető, azonban az alapadatok előállítás és folyamatos frissítése időigényes és költséges feladat. Az utóbbi évtizedekben folyamatosan nő az érdeklődés és a törekvés hazánkban is a talajtani adatok megújítására. Ez idáig a legismertebb és leggyakrabban használt talajtérkép az Agrotopo (VÁRALLYAY ET AL. 1979; VÁRALLYAY ET AL. 1980), mely alapját az 1934-ben kezdődő felvételezésből származó, 1:25 000-es méretarányú Kreybig-féle Átnézetes Talajismereti Térképsorozat képezi (PÁSZTOR ET AL. 2010). Emellett számos hazai talajinformációs adatbázis létezik, úgymint az Országos Környezeti Információs Rendszerhez kapcsolódó Talajdegradációs

Információs Rendszer (OKIR TDR, SZABÓ ET AL. 2013), valamint a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM, TIM Szakértői Bizottság, 1995). Európai szinten harmonizált adatfelvételezés valósult meg a Land Use and Coverage Area Frame Survey (LUCAS) (TÓTH ET AL. 2013) projekt keretein belül. Ezek a nagy térbeli lefedettséget kínáló adatbázisok szolgálnak alapul a napjainkban elérhető legfrissebb és legújabb módszertannal készült digitális talajtérképekhez. Az egyes talajtulajdonságokat bemutató tematikus térképek, jelenleg a DOSoReMI.hu (Digital, Optimized, Soil Related Maps and Spatial Information in Hungary; azaz Digitális, Optimalizált, Általános értelemben vett Talajtérképek és Térbeli Információk) (PÁSZTOR ET AL. 2020) weboldalon érhetők el.

Az adatgyűjtési projektek jelentős szakmai és pénzügyi erőforrásokat igényelnek, emellett komplex szervezést kívánnak. Ebből adódóan az utóbbi években felértékelődött a 'nyitott tudomány' (open science), mint a tudományos kutatások szempontjából is fontos és releváns adatnyerési lehetőség. Ennek speciális válfaja az ún. 'közösségi tudomány' (citizen science), amelyben célzott programokkal valósítható meg az adatok széleskörű gyűjtése. A lakosság megfigyelései, tapasztalatai és esetleges mérései szolgáltatják az adatokat akár rövid időtávon belül, nagy mennyiségben és térbeli lefedettséggel. Az utóbbi években talajtani vizsgálatokra fókuszálva is megvalósult több tematikus közösségi tudomány program (földigiliszta előfordulási sűrűség – IANNONE ET AL. 2012; a feltalaj kémiai jellemzői és talajtextúra – DELLA CHIESA ET AL. 2019; földigiliszta, valamint ízeltlábú monitoring mezőgazdasági területeken – BILLAUD ET AL. 2020). Az adatokat – feldolgozásuk során – harmonizálni kell a meglévő adatbázisok adatminőségével, azonban független adatforrásként és modellek validálásában is használhatók talajtérképezési feladatok kivitelezésében. A citizen science programok megvalósításához és a közösségi adatgyűjtéshez a HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani Intézet (HUN-REN ATK TAKI) is csatlakozott, először 2021-ben az „Alsóban az Élet” kampánnyal (ÁRVAI ET AL. 2023), majd 2022 őszétől a „Ne csak a felszínt (L)ásd!” közösségi tudományos programmal (TAKÁTS ET AL. 2024).

Jelen cikkben a két említett program során szerzett tapasztalatokat és az ezek által felvetett fejlesztéseket mutatjuk be. Az elmúlt év során végbement legnagyobb újítás, hogy a jelenleg is futó „Ne csak a felszínt (L)ásd!” talajadat gyűjtő felületet ArcGIS Survey123 applikáció alapra helyeztük, mely segítségével a beérkező információk valós időben egy GIS rendszerű téradat struktúrába integrálódnak.

## **Anyag és módszer**

Az első hazai, széleskörben meghirdetett, a talajállapot felmérését célzó közösségi tudomány programot 2021-ben indítottuk el a Talajtani Intézetben (ÁRVAI ET AL. 2021a,b; TAKÁTS ET AL. 2022). Az „Alsóban az Élet” program a nemzetközileg is ismert és elterjedt „Soil Your Undies” magyar adaptációja. A program során elsődleges célunk a hazai talajok egészségi állapotára való figyelemfelhívás volt,

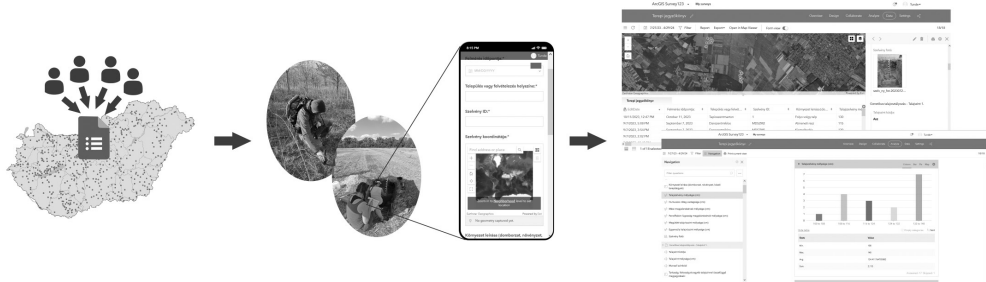
melyet egy jellemző indikátor, a talaj mikrobiológiai aktivitásának felmérésével, a lakosság bevonásával valósítottunk meg. A mikrobiológiai aktivitást egy pamut anyag (NACHIMUTHU ET AL. 2007; SANYAL ET AL. 2020); esetünkben egy standard alsónemű 60 nap alatt, a talajlakó élőlények által történő bontásának mértéke alapján vizsgáltuk, melyet a bomlatlan alsónemű százalékos arányában határoztunk meg. Minél nagyobb arányban bomlott el az alsónadrág, annál aktívabb volt a talajélet, amit a talajegészség fokmérőjének tekintettünk. Az „Alsóban az Élet” kampány során az adattisztítás után mintegy 1077 pontról kaptunk talajéletre vonatkozó becslő információt.

2022 őszén elindítottuk a „Ne csak a felszínt (L)ásd!” jelenleg is futó közösségi tudományos programot, melynek célja, hogy egy mini talajszelvény kiásásával, otthon is megtalálható eszközök segítségével és egyszerűen elvégezhető, videotámogatott vizsgálatokkal információkat kapjunk olyan alap talaj tulajdonságokról, mint a humuszos réteg vastagsága, a talaj kémhatása, fizikai félesége, kalcium karbonát tartalma, valamint arról, hogy van-e talajéletre utaló jel (talajlakó élőlények).

Az adatok gyűjtése mindkét esetben Google Forms felületen valósult meg. Az „Alsóban az élet” program során a résztvevőknek egy szigorú segédlet alapján előre meghatározott módon készített fotót kellett feltölteniük a lebomlott alsónadrágról, valamint ehhez kiegészítő információként demográfiai és az elásás helyszínével kapcsolatos kérdésekre kellett választ adniuk. A „Ne csak a felszínt (L)ásd!” programban a demográfiai adatokon kívül a már korábban felsorolt talajtulajdonságokról kérdeztük a résztvevőket.

Ahhoz, hogy a későbbiekben a beérkezett adatokat fel tudjuk használni a térképezési feladatok során, az egyik legfontosabb információ az adatok térbelisége volt. Ugyanakkor ez jelentette az egyik legnagyobb problémát is. Az adatok feldolgozása során azzal szembesültünk, hogy a kísérlet helyszínének földrajzi koordinátáit több, eltérő formátumban kaptuk meg (EOV, WGS koordináták) vagy egyáltalán nem kaptunk koordinátát, csak cím formátumú adattal (település név, utca, házsám) határozták meg a szelvény helyét.

Mivel a „Ne csak a felszínt L(á)sd!” programot egy folyamatosan nyitott programnak, éveken keresztül történő adatgyűjtésre, nem pedig meghatározott idejű kampánynak terveztük, ezért szükséges volt a térbeli adatgyűjtés módszerének fejlesztése/pontosítása. Erre biztosított megoldást az ArcGIS Survey123 telefonos applikáció (HENNIG ET AL. 2023), amelyet már sikeresen alkalmaztak több közösségi tudományos projekt során (LAMOUREUX – FAST 2019; HANNING ET AL. 2022; MILLARD ET AL. 2024) (*l. ábra*). Az ArcGIS Survey123 alapú kérdőív alkalmazásához ArcGIS licence szükséges. Mind a terepi adatgyűjtésnél, mind pedig a közösségi tudományos programoknál fontos szempont, hogy gyorsan kitölthető, kéznél lévő kérdőív álljon rendelkezésre és a válaszok egy előre definiált keretrendszerbe érkezzenek be, minimalizálva ezzel a szubjektivitást. Ennek elősegítésére a felület rengeteg olyan funkcióval rendelkezik, amely a kérdőív összeállítása során segíti a fejlesztő feladatát, illetve a kitöltés során az adatgyűjtő dolgát is megkönnyíti. A kérdések



1. ábra Applikáció alapú adatgyűjtés folyamatai

lehetnek egyszerű kérdések, melynél meg tudjuk határozni milyen választ várunk pl. szám, szöveg, dátum, vagy akár egy e-mail cím, lehet feleletválasztós (egy vagy több lehetőség), de akár választhatunk legördülő listát is. Továbbá lehetőség van csatolt fájl feltöltésére (kép, hang). A számunkra legfontosabb, térbeli információ megadása során lehetőséget biztosít arra, hogy a kitöltéskor az alkalmazás használja a készülék helyadatait, vagy akár egy térképen is bejelölhető a kísérlet helyszíne. Továbbá meghatározhatjuk, hogy az általunk gyűjteni kívánt információ pont, vonal vagy poligon. A válasz lehetőségeknél határozhatunk meg különböző feltételeket, amelyeket az applikáció vegyen figyelembe a válaszadásnál, adott esetben írjon ki hibüzenetet. Ezenkívül a felület nagy előnye más hasonló alkalmazásokhoz képest, hogy a kérdőívünket akár többnyelvűre is készíthetjük. Amennyiben egy terepi mérés jegyzőkönyvének készítéséről van szó, az elkészült kérdőívet meg tudjuk osztani egy zárt csoporttal, kollégáinkkal, akik a felülethez tartozó mobil alkalmazás letöltése után bármikor újabb adatot fel tudnak tölteni. Azonban, ha egy közösségi tudományos program során készítünk kérdőívet, akkor egy QR kód vagy link megosztásával bárki, böngészőből is tud feltölteni adatot.

A Survey123 minden egyes feltett kérdéshez készít statisztikát a válaszokból, és az eredményeket diagramok segítségével jeleníti meg. A gyűjtött adatokat az online felületen egy térképen jeleníti meg, rákattintva egy-egy válaszra, esetünkben pontra, a hozzá tartozó teljes attribútum táblát megjeleníti a feltöltött fájlokkal (pl. képekkel) együtt. A beérkezett adatokat több formátumban is exportálhatjuk (pl. csv, shp, kml vagy akár fájl geodatbázisban) ezzel könnyítve a további munkánkat, hiszen így tovább tudunk dolgozni akár ArcMAP-ben, ArcGIS Pro-ban vagy QGIS-ben is.

## Eredmények

A HUN-REN ATK TAKI-ban a „Ne csak a felszint (L)ásd!” közösségi tudományos program kapcsán merült fel az igény egy olyan kérdőív készítő felület használatára, amely a földrajzi koordinátákat is képes gyűjteni pl. mobiltelefon helyadataiból, megkönnyítve ezzel az önkéntes résztvevők számára a válaszadást, majd az adatfeldolgozást. 2023 októberében publikáltuk először a közösségi tudományos program Survey123 alapú kérdőívét. Az applikációban az elvégzendő feladatok

pontos leírása mellett beágyazott videók is segítik a résztvevők bevonását a projektbe. A szubjektív válaszok elkerülése érdekében a lehető legpontosabb válaszadási lehetőségeket adtuk meg, valamint ellenőrző szabályok is beállításra kerültek. 2024 márciusában egy frissítés keretében már angol nyelven is elérhető a kérdőív, így a Magyarországon élő külföldiek is szabadon csatlakozhatnak a programhoz.

Az intézeten belül két kisebb projekt keretében a Survey123 alkalmazás további tesztelése is megtörtént. Dánszentmiklóson két mezőgazdasági táblán ástott talajszelvények leírásához szükséges információk digitális gyűjtését és terepi jegyzőkönyvezését végeztük el sikeresen az applikáció segítségével. Az egyes talajsintek vastagságának meghatározása, valamint a hozzájuk tartozó megfigyelések (pl. Munsell-skála szerinti talajszín meghatározás, fizikai féleség, mésztartalom) és a műszeres mérések (pl. pH, nedvességtartalom, elektromos vezetőképesség) eredményének rögzítése volt a cél.

Az applikáció jól alkalmazható terepi műszeres mérés mellett kiegészítő információk gyűjtésére is. Monteforte Cilentoban, (Campania régió, Olaszország) egy olajfaültetvényen végezett terepi ASD Field spektrométerrel való mérés során a mérési ponthoz tartozó koordináta rögzítése szintén a fenti alkalmazás segítségével valósult meg.

## **Következtetések**

Eddigi tapasztalataink alapján a Survey123 nagy segítséget nyújt a térbeli információk gyors, egyszerű és hatékony gyűjtése során. Lehetővé teszi a beérkezett adatok gyors elemzését és további alkalmazását térinformatikai szoftverekben. A beküldött adatok valós időben jelennek meg a fejlesztői oldalon az adatbázisban, így a terepen és az intézetben dolgozó kollégák között azonnali kommunikációra/konzultációra van lehetőség a beérkezett információ helyességéről, fizikai jelenlét nélkül. Ezáltal csökkenthetők az adminisztrációs hibák és növelhető a munka hatékonysága. Az adatfelvételezés során az alkalmazás használata biztosítja a biztonságos adattárolást, továbbá kiküszöbölhető a terepi jegyzőkönyv sérülése, olvashatatlanná válása, esetleges eltűnése. Azonban fontos azt is megjegyezni, ha egésznapos jegyzőkönyv-készítésre használjuk az alkalmazást, érdemes a mobiltelefonhoz külső akkumulátor segítségét igénybe venni.

## **Köszönetnyilvánítás**

A cikkben bemutatott kutatás az NKFIH K-131820 számú OTKA projekt, valamint az NKFIH-2021-1.2.4-TÉT-2021-00031 projekt támogatásával valósult meg.

## Irodalomjegyzék

- ÁRVAI M. – LÁSZLÓ P. – TAKÁTS T. – KOVÁCS Zs. A. – PÁSZTOR L. (2021a): „Alsóban az élet” – a hazai talajok egészségi állapotát jellemző mikrobiológiai aktivitást feltérképező közösségi tudomány program előzetes eredményei országos szinten. In: X. Magyar Földrajzi Konferencia = 10th Hungarian Geographical Conference: absztraktkötet. Budapest: A Földgömb az Expedíciós Kutatásért Alapítvány, 167 p.
- ÁRVAI, M. – TAKÁTS, T. – KOVÁCS, Zs. A. – TAKÁCS, K. – BALOG, K. – LÁSZLÓ, P. – IMRÉNÉ TAKÁCS, T. – MÉSZÁROS, J. – PÁSZTOR, L. (2023): Az „Alsóban az élet” című hazai talajállapotot célzó közösségi tudomány program első tapasztalatai és eredményei. *Agrokémia és talajtan*, 72 (1), pp. 25 – 43, <https://doi.org/10.1556/0088.2022.00136>
- BILLAUD, O. – VERMEERSCH, R. L. – PORCHER, E. (2020): Citizen science involving farmers as a means to document temporal trends in farmland biodiversity and relate them to agricultural practices. *Journal of Applied Ecology*, 58(2). pp. 261–273. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13746>
- DELLA CHIESA, S. – LA CECILIA, D. – GENOVA, G. – BALOTTI, A. – THALHEIMER, M. – TAPPEINER, U. – NIEDRIST, G. (2019): Farmers as data sources: Cooperative framework for mapping soil properties for permanent crops in South Tyrol (Northern Italy). *Geoderma*, 342. pp. 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.02.010>
- HENNIG, S. – VOGLER, R. – PÁNEK, J. (2023). Survey123 for ArcGIS Online. In *Evaluating Participatory Mapping Software*. pp. 167–188.
- HENNIG, S. – ABAD, L. – HÖLBLING, D. – TIEDE, D. (2022): Citizen science and geomorphology: the citizenMorph pilot system for observing and reporting data on landforms. *Environmental Research Letters*, 17(8), 085004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8235>
- IANNONE, B. V. – UMEK, L. G. – WISE, D. H. – HENEGHAN, L. (2012): A simple, safe, and effective sampling technique for investigating earthworm communities in woodland soils: implications for citizen science. *Natural Areas Journal*, 32(3). 283–292. <https://doi.org/10.3375/043.032.0305>
- LAMOUREUX, Z. – FAST, V. (2019): The tools of citizen science: An evaluation of map-based crowdsourcing platforms. *Spatial Knowledge and Information Canada*, 7(4), 1.
- MAILLARD, O. – MICHME, G. – AZURDUY, H. – VIDES-ALMONACID, R. (2024): Citizen Science for Environmental Monitoring in the Eastern Region of Bolivia. *Sustainability*, 16(6), 2333. <https://doi.org/10.3390/su16062333>
- NACHIMUTHU, G. – KING, K. – KRISTIANSEN, P. – LOCKWOOD, P. – GUPPY, C. (2007): Comparison of methods for measuring soil microbial activity using cotton strips and a respirometer. *Journal of Microbiological Methods*, 69(2). pp. 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2007.02.002>
- PÁSZTOR, L. – LABORCZI, A. – TAKÁCS, K. – ILLÉS, G. – SZABÓ, J. – SZATMÁRI, G. (2020): Progress in the elaboration of GSM conform DSM products and their functional utilization in Hungary. *Geoderma regional*, 21, e00269.
- PÁSZTOR, L. – SZABÓ, J. – BAKACSI, Z. (2010): Digital processing and upgrading of legacy data collected during the 1: 25 000 scale Kreybig soil survey. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 45(1), pp. 127–136.



- PINO, V. – McBRATNEY, A. – O'BRIEN, E. – SINGH, K. – POZZA, L. (2022): Citizen science & soil connectivity: Where are we? *Soil Security*, 9, 100073, <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100073>
- ROSSITER, D. G. – LIU, J. – CARLISLE, S. – ZHU, A. X. (2015): Can citizen science assist digital soil mapping? *Geoderma* 259–260, pp. 71–80, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.05.006>
- SANYAL, D. – RAHHAL, A. – WOLTHUIZEN, J. – BLY, A. (2021): Identifying diversity and activities of soil microbes using pigmentation patterns on buried cotton strips: A novel approach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(17). pp. 2074–2087. <https://doi.org/10.1080/00103624.2021.1908328>
- SZABÓ, J. – SZABÓNÉ KELE, G. – HAVAS, Á. – PODMANICZKY, L. – PIRKÓ, B. – DOMBOS, M. – LÁSZLÓ, P. – KOÓS, S. – BAKACSI, ZS. – LABORCZI, A. – VASS-MEYNDT, SZ. – PÁSZTOR, L. Az Országos Környezeti Információs Rendszer Talajdegradációs Alrendszere. In: Dobos, Endre; Bertóti, Réka Diana; Szabóné, Kele Gabriella (szerk.) *Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában: Talajtani Vándorgyűlés*. Budapest, Magyarország: Talajvédelmi Alapítvány, Magyar Talajtani Társaság (2013) 580 p. pp. 471–481, 11 p.
- TAKÁTS T. – ÁRVAI M. – KOVÁCS ZS. A. – MÉSZÁROS J. – TAKÁCS K. – LÁSZLÓ P. (2022). Az „Alsóban az élet” című közösségi tudomány program első eredményei. *Mezőhír: Országos Agrárinformációs Szaklap*. 26(2). pp. 60–62.
- TAKÁTS, T. – LÁSZLÓ, P. – TAKÁCS, K. – MÉSZÁROS, J. – KOVÁCS, Z. A. – KOÓS, S. – BALOG, K. – PÁSZTOR, L. – ÁRVAI, M. (2024). Citizen Science Programs as Scientific Data Collection Approach of Soil Medium. *Copernicus Meetings*. (No. EGU24-16755).
- TIM Szakértői Bizottság (1995). *Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer: Módszertan*. Földművelésügyi Minisztérium Növényvédelmi és Agrárkörnyezetgazdálkodási Főosztály, Budapest.
- TÓTH, G. – JONES, A. – MONTANARELLA L. (2013). The Lucas Topsoil Database and derived information on the regional variability of cropland topsoil properties in the European Union. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(9), 7409–7425. <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3109-3>
- VÁRALLYAY, GY. – SZŰCS, L. – MURÁNYI, A. – RAJKAI, K. – ZILAHY, P. (1979) Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe I. Agrokémia és talajtan, 28 (3–4). pp. 363–384. ISSN 0002-1873
- VÁRALLYAY, GY. – SZŰCS, L. – MURÁNYI, A. – RAJKAI, K. – ZILAHY, P. (1980) Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe II. Agrokémia és talajtan, 29 (1–2). pp. 35–76. ISSN 0002-1873



# Cirkuszvölgyek digitális terepmodell (DTM) alapú elemzése a Rila-hegység (Bulgária) példáján

Tamás Telbisz<sup>1,2</sup> – Márton Krasznai<sup>1</sup> – Emil Gachev<sup>2,3</sup> – Alexander Gikov<sup>4</sup> – Zsófia Ruszkiczay-Rüdiger<sup>2,5,6</sup>

<sup>1</sup> ELTE Természetföldrajzi Tanszék, [tamas.telbisz@ttk.elte.hu](mailto:tamas.telbisz@ttk.elte.hu)

<sup>2</sup> University of Bucharest, Romania

<sup>3</sup> Climate, Atmosphere and Water Research Institute, Bulgarian Academy of Sciences

<sup>4</sup> Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences

<sup>5</sup> Földtani és Geokémiai Intézet, HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont

<sup>6</sup> CSFK MTA Centre of Excellence, Budapest, Hungary

**Absztrakt:** A cirkuszvölgyek, más néven: kárfülkék, a magashegységek völgyfőiben kialakuló, jég által túlmélyített formák. Növekedésüket befolyásolja a hőmérséklet, a napsugárzás (kitettség és napos órák száma), a csapadék (mennyisége, szállítási iránya) és a szél időbeli és térbeli mintázata, így a cirkuszvölgyek morfológiai jellemzői alapján a paleoklimára következtethetünk. A Rila-hegység Bulgária leginkább eljegesedett magashegysége volt a pleisztocén során, amiről 200 cirkuszvölgye, glaciális tavai, U alakú gleccservölgyei és a morénák tanúskodnak. Jelen tanulmány célja a cirkuszvölgyek morfológiai paramétereinek vizsgálatára alkalmas GIS eszközök tanulmányozása, valamint tesztelésük a Rila cirkuszvölgyeinek elemzése során. Eredményeink szerint a Rila cirkuszvölgyeinek területe 0,06 és 4,04 km<sup>2</sup> között, vertikális kiterjedésük pedig 104 és 704 méter között változik. A cirkuszvölgyek darabszámra és össz-térfogatra az északi és északkeleti irányokban fejlődtek ki legjobban, ami korlátozott felhőborításra, illetve nyugatias szelekre utal a kárfülkék kifejlődésének idején. A formák fejlettségének jellemzésére a térfogat, illetve az ebből számítható átlagmélység az egyik legmegfelelőbb paraméter.

## Bevezetés

A cirkuszvölgyek, más néven: kárfülkék, a magashegységek völgyfőiben kialakuló, jég által túlmélyített formák. Növekedésük leginkább a völgyfőkben felhalmozódó hó és jég mennyiségétől, dinamikájától és az eljegesedés időtartamától függ. Ezeket a paramétereket pedig a hőmérséklet, a csapadék mennyisége, a szélirány, valamint a napsugárzás beesési szöge és időtartama összetett módon befolyásolja. A cirkuszvölgyek elsősorban az eljegesedési időszakok kezdetén és végén meghatározó jelentőségűek egy adott területen belül. A cirkuszvölgyek mérete és elhelyezkedése (iránya, tengerszint feletti magassága) alapján az egykori éghajlatra következtethetünk, mivel kialakulásuk viszonylag érzékenyen reagál az éghajlat változásaira (BARR – SPAGNOLO 2015).

A ChronoCaRP projekt (<https://chronocarp.unibuc.ro/>) keretében többek között a Déli-Kárpátok és Bulgária cirkuszvölgyeinek morfológiai jellemzőit és korát vizsgáljuk, amelyek közül itt most a Rila-hegységre vonatkozó eredményekből mutatunk be néhányat. A Rila Bulgária legmagasabb hegysége, főcsúcsa a Muszala (2925 m). A pleisztocén jégkorszakok idején, különösen az utolsó glaciális maximum idején eljegesedése jelentős mértékű volt, mintegy 430 km<sup>2</sup>-t borított ekkor a jég

(KUHLEMANN ET AL. 2013). A hegység magasabb részein planációs felszínek ismerhetők fel 2400–2600 méter tengerszint feletti magasságban. A hegység fő felépítő kőzetei a mélységi magmás kőzetek, illetve a metamorf szilikátos kőzetek. A hegység északi részén a főgerincek csapás iránya hozzávetőleg NY-K-i, míg a déli részen DNY-ÉK-i.

A jelen tanulmányban elsősorban azt vizsgáljuk, hogy a cirkuszvölgyeket miként lehet digitális terepmodellek (DTM) alapján GIS-környezetben lehatárolni és hogy milyen morfológiai paraméterek számíthatók ez alapján. Munkánk során a LI ET AL. (2024) által kidolgozott eszköztárat (*ACME2 toolbox*) használtuk, és a kiszámított paramétereket a Rila-hegység példáján teszteltük. A cirkuszvölgyek fejlettsége igen változatos lehet, ezért ennek jellemzésére egy új morfológiai jellemzőt kerestünk, ami GIS környezetben egyszerűen számítható és könnyen értelmezhető. Az egyik kiemelten fontos jellemző a cirkuszvölgyek égtáj szerinti eloszlása. Ezzel kapcsolatban három kérdést is feltettünk: hogyan függ az égtájtól a cirkuszvölgyek darabszáma, átlagos mérete, illetve össz-térfogata.

## Adat és módszer

A kárfülkék mérettartományát tekintve (0,06–4 km<sup>2</sup> a Rilában), a digitális terepmodellek szempontjából nincs szükség különlegesen nagy felbontású adatokra, ezért mi 10 m felbontású Terra-Sar-X adatot használtunk, de akár a 30 m felbontású SRTM is megfelelhet hasonló vizsgálatokhoz. A domborzatmodellt egy 3 cella sugarú átlagszűrővel simítottuk a vizsgálatok kezdetén.

Következő lépés a cirkuszvölgyek lehatárolása volt. Tekintve, hogy a cirkuszvölgyek alakja igen változatos, sokszor “szabálytalan”, a fejlődés különböző fokain állnak és a peremük nem vízszintes, ezért az automatikus lehatárolásuk rendkívül nehéz feladat (jóval nehezebb, mint például a karsztos töbrök lehatárolása), ezért egyelőre nem ismert erre vonatkozó eljárás.

A cirkuszvölgyek lehatárolása tehát kézi módszerrel történt, az árnyékolt domborzat, a lejtőszögtérkép, a szintvonalak és úrfelvételek alapján. Bár a kárfülke egy lefelé nyitott felszínforma, az elemzésekhez zárt poligont kell megadni, megjelölve a kárfülke “kijárat pontját”. Erre a pontra több definíció is létezik, de a legegyszerűbb, hogy a vízhalózat kifolyási pontja alapján adjuk meg ezt a pontot, így mi is ezt az eljárást követtük.

Az elemzéseket ArcMap 10.8 szoftver segítségével végeztük. Az ACME2 eszköztár (LI ET AL. 2024) működik ebben is, de ArcGIS Pro környezetben is. Az eszköztár teljes bemutatása itt nem célunk, csak megjegyezzük, hogy 49 morfológiai paramétert számol a teljes eszköztár, amelyek a kárfülkék helyzetével, méretével, alakjával, lejtőviszonyaival, tszf. magasságával, tengely-jellemzőivel és vízgyűjtőjével kapcsolatosak. A tengely-jellemzőkbe az irányon kívül a tengely menti magassági profilra illesztett görbék matematikai jellemzői is beletartoznak.



1. ábra Cirkuszvölgy térfogatának és átlagmélységének számítása keresztmetszetben ábrázolva. Magasság ( $=Z_{max} - Z_{min}$ ), lejtőszög és átlagmélység jellemző értéke plató, illetve hegyoldali helyzetben lévő fejletlen kárfülkék esetén.

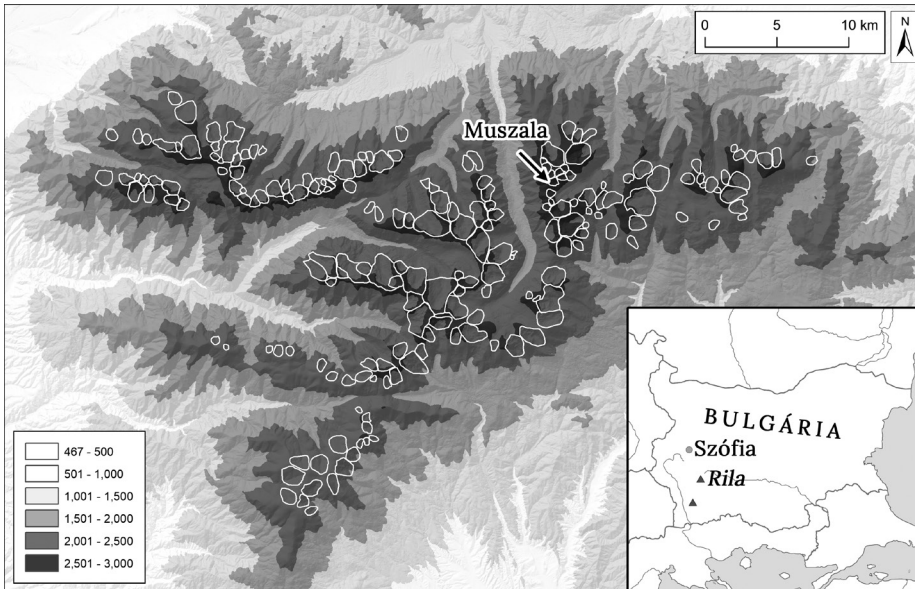
Saját számításaink a következő lépéseket tartalmazták az ACME2 toolbox mellett:

- **Lejtőkategóriák meghatározása a cirkuszvölgyek tipizálására.** Az ACME2 toolbox-hoz hasonlóan meghatároztuk a  $20^\circ$ -nál lankásabb pixelek arányát (ezt tekintve a cirkuszvölgy *talpának*, noha a  $20^\circ$  valójában már elég meredek), valamint a  $33^\circ$ -nál meredekebb pixelek arányát (ezt tekintve a cirkuszvölgy *peremi falának*). Ez alapján úgy kategorizáltuk a cirkuszvölgyeket, hogy “TIPIKUS” egy cirkuszvölgy, ha van talprésze és peremi fala is. Szám szerint, ha a  $20^\circ$ -nál lankásabb pixelek aránya több, mint 15% és a  $33^\circ$ -nál meredekebb pixelek aránya is több, mint 15%, akkor kerül a “TIPIKUS” kategóriába a cirkuszvölgy. “NINCSTALP” egy cirkuszvölgy, ha a lankás pixelek aránya kevesebb, mint 15%, és “NINCSFAL” egy cirkuszvölgy, ha a meredek pixelek aránya kevesebb, mint 15%.
- **Cirkuszvölgyek térfogatának és átlagmélységének meghatározása.** Ezt úgy kaphatjuk meg, hogy “befedjük” a cirkuszvölgyet a körvonala mentén egy interpolációs művelettel. A jelen vizsgálat során Natural Neighbor interpolációt alkalmaztunk erre a célra. Ezután a cirkuszvölgy térfogata (V) úgy számítható, mint a felső burkoló és az alsó burkoló (vagyis a tényleges felszín) közti térrész térfogata (1. ábra). Ezt lehet pixelenként számolni és összegezni, de könnyen belátható, hogy a térfogat egyenlő az alapterület, valamint a felső burkoló és az alsó burkoló átlagmagasságának különbségével. Ezzel kapcsolatban feltehető a kérdés, hogy a burkoló felszín átlagmagasságának számításához szükséges-e az interpoláció, vagy elég csak a körvonal pontjaiból átlagot számolni. Erre a kérdésre az Eredmények fejezetben válaszolunk. Ha pedig a térfogat megvan, akkor az átlagmélység egyenlő a térfogat osztva a forma alapterületével.

## Eredmények

### *A cirkuszvölgyek száma, mérete*

A Rila-hegységben kereken 200 darab cirkuszvölgy található, amelyek elhelyezkedését a 2. ábra mutatja.



2. ábra Cirkuszvölgyek a Rila-hegységben

Acirkuszvölgyek jellemző méreteit az 1. táblázat foglalja össze. Megállapítottuk továbbá, hogy a méretparaméterek között többnyire elég szoros a korreláció van ( $R > 0.73$ ). Mivel a magassághoz tartoztak a legalacsonyabb korrelációs együtthatók, ezért ez a paraméter függ legkevésbé szorosan a többitől. A terület viszont döntő mértékben meghatározza a kárfülke térfogatát és “kockaméretét” is ( $R = 0.93$  mindkét esetben). Hatványfüggvények alkalmazása esetén a korreláció még szorosabb, ami 1D-s, 2D-s és 3D-s alakparaméterek összevetése esetén teljesen indokolt.

### A cirkuszvölgyek kitétsége

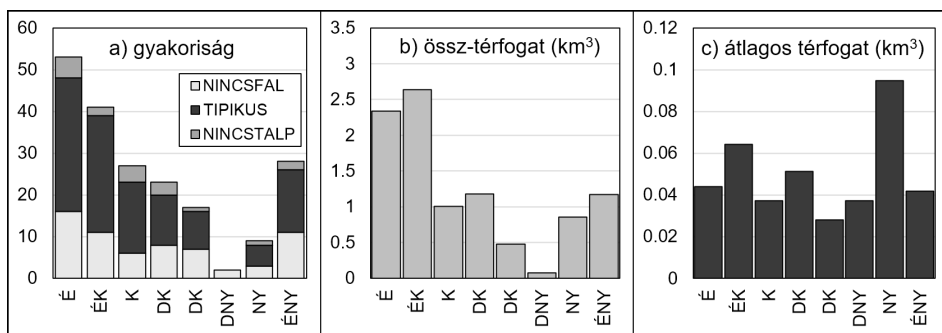
A hegységben a legtöbb cirkuszvölgy kitétsége északi és északkeleti (3. ábra). Emellett a lejtő-kategorizálás szerinti “TIPIKUS”, azaz jól fejlett cirkuszvölgyek aránya is ezekben az irányokban a legmagasabb (60, illetve 68%), bár a “TIPIKUS”

1. táblázat A Rila cirkuszvölgyeinek méretjellemzői.

$$\text{Magasság} = Z_{\max} - Z_{\min}$$

$$\text{Kockaméret} = \sqrt[3]{\text{Hossz} \times \text{Szélesség} \times \text{Magasság}} \text{ (ACME2 alapján)}$$

	Hossz (m)	Magasság (m)	Terület (km <sup>2</sup> )	Kocka-méret (m)	Valós térfogat (km <sup>3</sup> )
Átlag	974	329	0.7950	632	0.0486
Medián	908	321	0.5750	601	0.0210
Szórás	436	113	0.7167	239	0.0733
Minimum	241	104	0.0624	209	0.0056
Maximum	2619	713	4.0439	1435	0.5604

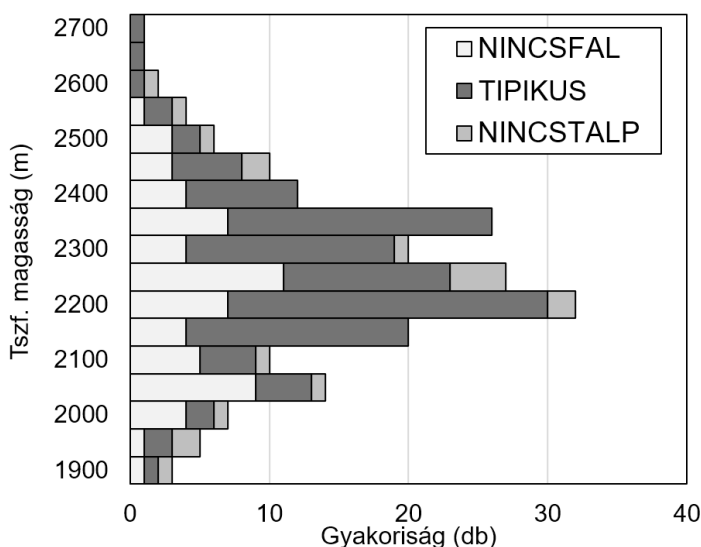


3. ábra Cirkuszvölgyek irány szerinti megoszlása a Rilában: a) darabszám; b) össz-térfogat; c) átlag-térfogat szerint

cirkuszvölgyek aránya a keleti irány esetén is hasonlóan magas (63%). Ha az össz-térfogatot nézzük, akkor is messze ezek az irányok az uralkodók. Említést érdemel még, hogy az északkeleti irányban nemcsak nagy számban vannak a kárfülkék de viszonylag nagyok is. Meglepetésre viszont, ha az “átlag-méretet” nézzük, akkor a nyugati irány az első, mivel ebbe az irányba viszonylag kevés, ám nagyra nőtt cirkuszvölgy található.

#### *A cirkuszvölgyek tengerszint feletti magassága*

A cirkuszvölgyek talpszintje mindegyik esetben 1900 m tszf. magasság felett helyezkednek el (4. ábra). Legnagyobb gyakoriságban a 2150–2400 m zónában találhatjuk őket, és lényegében a “TIPIKUS” cirkuszvölgyek is itt érik el legmagasabb arányukat. A többi cirkuszvölgy között a “NINCSFAL” típusból szinte minden zónában több (vagy ugyanannyi) van, mint a “NINCSTALP” típusból.



4. ábra A cirkuszvölgyek talpszintjének magassági eloszlása a Rilában

### *A cirkuszvölgyek fejlettsége*

Ha azt kívánjuk jellemezni, hogy az adott cirkuszvölgy mennyire “mar bele” a felszínbe, akkor a magasság ( $Z_{max}-Z_{min}$ ) tapasztalataink szerint nem megfelelő paraméter, mert a meredek hegyoldalon kialakult, de gyengén fejlett cirkuszokra is magas értéket ad. Hasonlóképpen a különféle lejtőkategória alapú osztályozások ezt a típust nem jól különítik el. Ezért az egyes formák alapos áttanulmányozása után arra a következtetésre jutottunk, hogy az általunk használt **átlagmélység**, illetve a **térfogat** tükrözi jól a cirkuszvölgyek fejlettségét, ráadásul ez egy könnyen értelmezhető paraméter. Ha a formák abszolút mérete helyett az “alakjukra” vagyunk kíváncsiak, akkor az átlagmélységet a mélységgel lehet normálni (osztani), a térfogatot pedig a “kockaméret a köbön” értékkel érdemes normálni ( $kockaméret = \sqrt[3]{Hossz \times Szélesség \times Magasság}$ ).

#### *Módszertani eredmények/tapasztalatok*

- Az ACME2 toolbox egy gondosan megírt eszköz, a Python kódja is jól áttekinthető. Ennek ellenére a lejtőszögek kategóriák értékei valamiért nem passzolnak az általunk független eszközökkel számolt értékekkel. Ennek okát egyelőre nem sikerült felderíteni. Továbbá az elemzés utolsó, különálló lépése, ami vízgyűjtő-arányokat számít, nem futott le többszöri kísérletezés ellenére sem. Megállapítottuk azt is, hogy a domborzatmodell “minőségére” is érzékeny bizonyos fokig az ACME2, mert volt olyan terület, amelyre csak simítás után futott le az eszköz.
- A kárfülke irányát kétféleképpen számolja az ACME2: egyrészt a kárfülke összes pixelének kitétségéből átlagolva (kör-statisztika figyelembevételével), másrészt a tengely állása alapján. A tengelyt a kifolyási pont és terület felezése alapján határozza meg az eszköz. Megállapítottuk, hogy a kétféle tengelyirány-számítás nagyon szorosan korrelál egymással ( $R=0.99$ ), de azért nem teljesen egyezik. E munka során az összes pixelt figyelembe vevő értéket használtuk a számításainkban, de a fentiek alapján a tengely alapú számítás sem okozott volna szignifikáns eltéréseket.
- Az átlagmélység számítása kapcsán felmerült kérdés, hogy szükséges-e a burkoló felszín interpolációja, vagy elég csupán a körvonal pontjai alapján kiszámítani a burkoló átlagmagasságát. Mind a kétféle módszerrel meghatározva a burkolófelszín átlagmagasságát azt az eredményt kaptuk, hogy a kétféle eljárással kapott értékek között  $R=0.99$  a lineáris korreláció, vagyis általánosságban elegendő a jóval egyszerűbb és gyorsabb körvonalpontok alapján történő átlagolást alkalmazni.

#### **Következtetések**

Az ACME2 egy jól használható eszköz a cirkuszvölgy-morfometriai elemzésekben. Ezenkívül tömören néhány morfológiai, illetve paleoklíma következtetést említünk az alábbiakban:



A Rila területén a fejlettség igen különböző fokán álló cirkuszvölgyekkel találkozhatunk. A cirkuszvölgyek kitétségét a Rila-hegységben erősen befolyásolja a fő gerincek csapásiránya, de a paleoklíma szerepe is kimutatható. Az északi és északkeleti kitétség dominanciája arra utal, hogy a cirkuszvölgyek kialakulása idején jelentős szerepe volt az eltérő besugárzásnak (ami azt sugallja, hogy a napsütéses órák száma relatíve magas lehetett), valamint a szélnek, ami nyugati irányból fújva a keleti oldalakra fújhatta a hó egy részét, segítve ezzel a keleti (illetve északkeleti) oldalon lévő kárfülkék fejlődését.

A Rila planációs felszínei szintén hatást gyakorolnak a cirkuszvölgyek alakjára (mélységére, fejlettségére), ám a közettani felépítés nem okoz markáns különbségeket a cirkuszvölgyek morfológiai jellemzőiben.

### **Köszönetnyilvánítás**

A kutatást a ChronoCaRP projekt támogatta (*Climate- and tectonics-related surface processes in the Southern Carpathians and Northern Balkan Mountains. A geochronological approach at different timescales.* PNR-III-C9-2022 - 18, no. 760055/23.05.2023, CF 253/29.11.2022.).

### **Felhasznált irodalom**

- BARR, I.D. – SPAGNOLO, M. (2015): Glacial cirques as palaeoenvironmental indicators: Their potential and limitations. *Earth-Science Reviews*, 151: 48–78. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.10.004>
- Gachev, E. (2017): High mountain relief in marble in Pirin Mountains, Bulgaria: structure, specifics and evolution. *Revista De Geomorfologie*, 19(1), 118-135. <https://doi.org/10.21094/rg.2017.012>
- KUHLEMANN, J. – GACHEV, E. – GIKOV, A. – NEDKOV, S. – KRUMREI I. – KUBIK, P. (2013): Glaciation in the Rila mountains (Bulgaria) during the Last Glacial Maximum. *Quaternary International*, 293: 51–62. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.06.027>
- LI, Y. – EVANS, I.S. – SPAGNOLO, M. – PELLITERO, R. – BARR, I.D. – ELY, J.C. (2024): ACME2: An extended toolbox for automated cirque metrics extraction. *Geomorphology*, 445: 108982. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108982>



# Az ingatlankataszter nemzetközi adatharmonizációjának lehetőségei

Utasi Zoltán

Főiskolai docens, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Földrajz és Környezettudományi Intézet,  
utazo74@gmail.com

**Absztrakt:** A földhasználat kategorizálása többféle szempont és módszer alapján valósítható meg, így az egyes szakterületeknek, illetve területi egységeknek (pl. országoknak) eltérő szabványaik alakultak ki. Jelen tanulmány az adatharmonizáció egy lehetséges módját mutatja be, amely az ingatlankataszteren alapul. Két fokozatban történt a feldolgozás: elsőként két szomszédos ország, Magyarország és Szlovákia hagyományos ingatlankatasztereit egyesíti, majd az Európai Unió CORINE rendszerét alapul véve tesz javaslatot egy közös szabványra.

## Bevezetés

A felszínborítottság kategorizálására eltérő szabványok léteznek, amelyek különböző módon ábrázolják ugyanazon területet, nemzetközi viszonylatban pedig még hasonló adottságú területek hasonló szempontú osztályozásában is jelentős eltérések lehetnek, mint például a tanulmány alapjául szolgáló Tokaji Borvidék esetében. A Magyarországra és Szlovákiára kiterjedő terület nyilvántartása azonos történelmi alapokról indulva eltérő utat járt be. A minősítés eltér a különböző célú rendszereknél: az ingatlankataszter a földhasználat jogi állapotát tartalmazza, így nem mindig egyezik a valós felszínborítottsággal, míg a főként távérzékeléssel gyűjtött adatok alapján történő osztályozás (pl. CORINE) az aktuális állapotot mutatja (INTERNET3). A felbontásban (a legkisebb ábrázolt terület mérete) is jelentős különbségek vannak: az ingatlankataszternél lényegében nincs alsó mérethatár, míg a CORINE esetében 4 km<sup>2</sup>. Az Európai Unió célul tűzte ki a térinformatikai adatharmonizációt az INSPIRE alapelveiben (INTERNET1), amelyek gyakorlati megvalósítása a tagországok hatáskörébe tartozik. Az adatharmonizáció megvalósításának egy lehetséges módját mutatja be ezen tanulmány, amely két szinten történt meg: az első lépés az ingatlannyilvántartás hagyományos kategóriáinak egyeztetése, majd ezt követően a már létező, az Európai Unióra kiterjedő CORINE szabványaihoz történt meg az illesztés. A bemutatott megoldási lehetőségek nem kizárólagosak, vitaalapot szolgálhatnak. Mivel jelen tanulmány a földhasználatra fókuszál, így az épületek nyilvántartása (amelyek adatharmonizációja szintén megtörtént) nem kerül ismertetésre.

## **Anyag és módszer**

A feldolgozás alapjául egyrészt a hivatalos ingatlananyilvántartási rendszerek szolgáltak, lehetőség szerint az aktuális állapotnak megfelelően, míg a CORINE adatbázisából a legfrissebb (2018-as) felmérés került felhasználásra.

### ***Az ingatlannyilvántartás a történelmi előzmények tükrében***

Az ingatlan-nyilvántartás Magyarország és Szlovákia esetén közös történelmi múltat tekint vissza, mivel az első két, illetve részben a harmadik kataszteri felmérés az Osztrák Birodalom, illetve az Osztrák-Magyar Monarchia keretein belül történt (HAZAY – SZALONTAI 1973). Az első világháborút lezáró békeszerződések feldarabolták az addig egységes országterületet, az utódállamok saját szabványokat vezettek be, így napjainkra jelentős különbség alakult ki közöttük. Míg Magyarországon lényegében az eredeti rendszert folytatták és fejlesztették (APAGYI – MIHÁLY 2005), addig Szlovákiában ezt már csak az „E” nyilvántartás őrzi (INTERNET2). Magyarország esetén nagy problémát jelent az új felmérések hiánya, a ma használt digitális változat döntő részben a régi papírtérképek vektorizálásával készült (NIKLASZ 1992), településenként és fekvésenként (belterület, külterület, zártkert) egymástól függetlenül, így ezek határán általánosak a topológiai hibák, tartalmi pontatlanságok. Az ingatlan-kataszteri térképek tartalmazzák a földrészlethatárokat valamint ahol szükséges, a parcellák további tagolását a földhasználat módja, illetve a termőföld minősége alapján, továbbá a kapcsolódó adatokat (helyrajzszám, minőségi és használati típusok), az épületek alaprajzát és néhány adatát (típus, funkció, házszám). Az egyéb tartalmak erősen hiányosak (pl. névrajz) vagy teljesen hiányoznak (domborzat, földmérési azonosítópontok). Magyarországon a történelmileg kialakult földrészlethatárokat tartalmazó rendszert frissítik a változásoknak megfelelően, melynek során az eredetileg megállapított helyrajzszámokhoz igazodnak. Szlovákiában két párhuzamos nyilvántartás létezik, az ún. „C”, illetve „E” rendszer. A feldolgozás során is használt „C” kataszter az aktuális állapotot mutatja, míg az „E” rendszer lényegében a kommunista időszak birtokátrendeződése előtti állapotokat tartalmazza, amely jelentősen eltérhet az aktuális állapottól (főként a külterületen). Megtartását a rendszerváltás utáni birtokrendezés indokolta, a kárptótlási folyamatban volt szerepe; a hivatalos adatbázis tartalmazza (INTERNET2).

### ***Az állományok egyesítése***

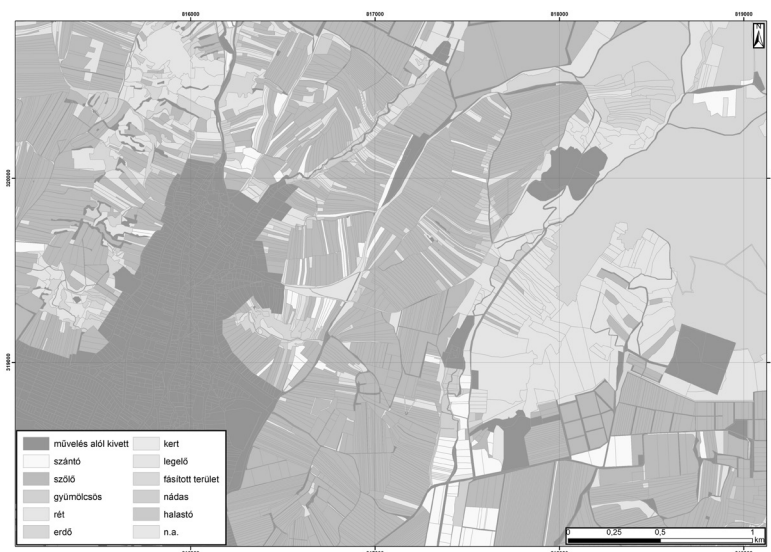
A magyar és a szlovák adatok mindkét országban a hivatalos adatbázisból származnak, előzetes feldolgozásuk és javításuk külön, az adott ország szabványainak megfelelően történt. Mivel mindkét ország saját nemzeti vetületi rendszert használ – Magyarországon az EOVS (Egységes Országos Vetület), míg Szlovákiában az S-JTSK (Súradnicový systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej) rendszer használatos a polgári alkalmazásokban – a térképek transzformálásra kerültek az Európai Unió által javasolt ETRS 1989 vetületi rendszerbe. Az állományok egyesítését

az országhatáron fellépő topológiai hibák javítása követte, melyek zömmel a transzformáció során fellépő torzulásra visszavezethetők és kis mértékűek, de egyes helyeken több tíz méteres rések és átfedések is jelentkeztek. Ennek oka az adatbázisok eltérő aktualitása volt: Sátoraljaújhely térségében a Ronyva folyó szabályozása miatt területcserékre került sor, amelyet a magyar adatbázis nem tartalmazott.

### ***A földhasználati kategóriák adatharmonizációja***

A földhasználat adatharmonizációja két szinten valósult meg: az első az ingatlankataszteri nyilvántartás szempontjait tükrözi, míg a második a felszínborítottság európai uniós sztenderdjéhez, a CORINE adatstruktúrájához történt az alkalmazkodás (INTERNET3).

Az ingatlankataszter egyesítésénél lehetőség szerint megtartásra kerültek az eredeti kategóriák. A fő osztályozási szempont a művelési ág: a mezőgazdaságilag hasznosított területek (amelyekből Magyarországon 9, Szlovákiában 5 típus van – ezek megfeleltethetők egymással) és a művelés alól kivett területek (*1. ábra*). Ez utóbbi kategória tényleges használatát külön attribútumként tartalmazza az adatbázis (pl. udvar, folyó, beépített terület, stb.) – a szlovák rendszer mezőgazdaságilag nem hasznosított földterületeinek használatát is ezen attribútum tartalmazza. Lényegében a kevésbé részletes szlovák rendszer lett a magyar rendszerhez igazítva, ezáltal biztosítva a minél kisebb adatvesztést (*1. ábra*). A magyarországi részen ezen felül megtartásra kerültek a művelés alól kivett területek tényleges használatára vonatkozó pontosító információk, illetve a mezőgazdasági területek minőségére vonatkozó határvonalak és adatok – Szlovákiában ez utóbbiakra vonatkozó adatok nem álltak rendelkezésre.



*1. ábra Az ingatlankataszter művelési ágain alapuló kategorizálás (kivágot a mintaterületből, saját szerkesztés)*

A második lépés a CORINE-nal való összehangolás. Mivel a cél a minél részletesebb és pontosabb megfeleltetés volt, ezért a nemzeti szintű CLC50 adatbázis (BÜTTNER ET AL. 2004) szolgált alapul, lehetőség szerint a legalacsonyabb (5. szintű) kategóriáig egyeztetve. Az adatharmonizáció a mezőgazdaságilag hasznosított területek esetén a legpontosabban, más esetekben kisebb-nagyobb változtatásokra volt szükség a kategóriákba sorolásnál (3. ábra). Törekedtünk a szubjektivitás csökkentésére, de ennek ellenére egyes esetekben vita tárgyát képezheti az osztályozás.

A mezőgazdaságilag hasznosított területek CORINE kategóriával való megfeleltetésénél figyelembe kell venni, hogy konkrét növényfajtára vonatkozó adat nem szerepel az ingatlannyilvántartásban, így ez alapján nem lehetséges a részletesebb bontás:

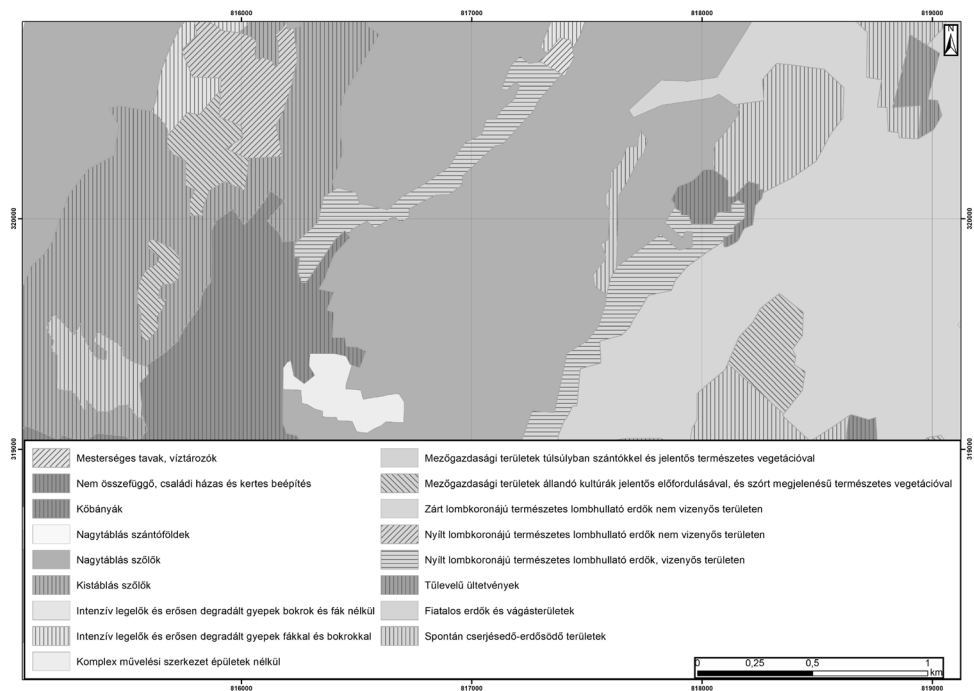
- A szántók esetében az ingatlankataszter nem tartalmazza sem a termesztett növény fajtáját, sem az öntözhetőség lehetőségét, így ezeket a leginkább a 2.1. (szántóföldek) kategóriával lehet megfeleltetni, ennél részletesebb lebontás nem lehetséges.
- A szőlők a 2.1.1. kategóriával egyezik meg, a részletesebb bontás (nagy- vagy kistáblás művelés) nem tehető meg.
- A gyümölcsösök pontosan megfeleltethetők a 2.2.2 kategóriának.
- A rét intenzív használat alatt álló terület, mely termőképességét rendszeres beavatkozással fokozzák, így a 2.3.1. kategóriába került, míg a természetközeli, extenzíven hasznosított legelők a 3.2.1. kategóriával azonosíthatók.
- Az erdő a 3.1. kategóriának feleltethető meg. Megjegyzendő, hogy az ingatlan-nyilvántartástól független erdészeti kataszter pontos információkat tartalmaz a fafajokról, illetve egyéb minőségi és mennyiségi jellemzőkről (pl. eredet, lombkorona záródása, vízellátottság, stb.), így ennek felhasználásával elvileg akár a 4. szintig is lehetne kategorizálni. Magyarországon önálló kategória a fásított terület, mely itt a 3.2.4.1. besorolást kapta.
- A kert a 2.4.2. (komplex művelési szerkezet) kategória leírásával mutatja a legnagyobb hasonlóságot.
- Nádason az ingatlankataszterben csak a gazdaságilag hasznosított területeket értik. Mivel a CLC50 legrészletesebb kategóriája a 4.1.1.1. (édesvízű mocsarak) egyaránt lefedi a természetes és erős antropogén behatás alatt álló területeket is, így itt bevezetésre került két 5. szintű kategória: 4.1.1.1.1. (természetes édesvízű mocsarak) és 4.1.1.1.2. (nádasok) kategória. A művelés alól kivett területek mocsár kategóriája ez előbbivel lett megfeleltetve.
- A halastó megegyezik az 5.1.2.2.2. kategóriával.

A művelés alól kivett kategóriában a tényleges használat megjelölése rendkívül változatos és következetlen: a mintarület magyarországi részén 178, szlovákiai részén 24 típus van meghatározva, de más magyarországi területek ismeretében nem túlzás a több százas érték. Ráadásul többféle meghatározás is kapcsolódhat ugyanazon földrészlethez, amelyek közül az egyik általában a fő használati (beépítési) módra

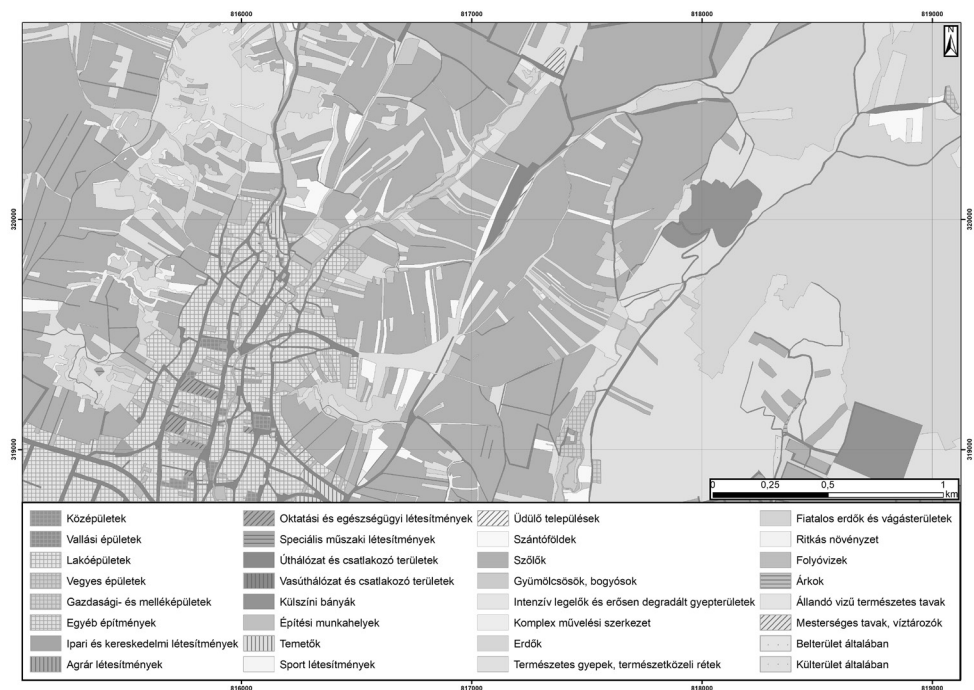
utal (pl. épület és udvar), míg a további adatok pontosítják ezt (pl. polgármesteri hivatal). Ezért készült egy összefoglaló táblázat, amelyben egyedileg történt meg a minél részletesebb CLC50 kategóriába történő besorolás – ez újabb mintaterületek feldolgozásánál felhasználható, bővíthető. Egy részük viszonylag egyértelműen megfeleltethető (úthálózat, külszíni bánya, park, temető, stb.), míg más esetekben kisebb vagy nagyobb mértékű az eltérés a CLC50 definícióihoz képest. Fontos megjegyezni, hogy az épületek, illetve használat alapján történő csoportosítás csak abban az esetben volt kivitelezhető, ha ezt az adatot az ingatlankataszteri térkép tartalmazta (pl. telephely, malom, stb.). Minden egyéb esetben a fő épület típusa alapján történt a besorolás (lásd a későbbiekben). Néhány csoport, amelyek számos típust magukba foglalnak, a fontosabb rendezőelvek szerint (a teljesség igénye nélkül):

- 1.2.1.1.1. (ipari és kereskedelmi létesítmények): telephely, üzemi terület, üzlet, stb.
- 1.2.1.1.2. (agrár létesítmények): termelőszövetkezet, állattartó telep, pincészet, stb.
- 1.2.1.2. (speciális műszaki létesítmények): minden, a közművekkel kapcsolatos objektum
- 1.4.2.1. (sport létesítmények): sportpálya, sípálya
- 1.4.2.2. (szabadidő területek): lényegében minden szabadidő tevékenységnek helyet biztosító terület, mely nem tartozik az előző kategóriába (kemping, szabadtéri múzeum, emlékhely, stb.)
- 3.3.3. (ritkás növényzet): főként a mezőgazdasági területekbe ékelődő, de nem hasznosított típusok (kopárság, vízmosság, nyiladék, vízállás, stb.)
- 5.1.1.1. (folyóvizek): méretre való tekintet nélkül minden természetes vízfolyás ebbe a kategóriába került

A legnagyobb eltérés a beépített területek (1.1. kategória) tekintetében mutatkozik. A CORINE elsősorban a beépítés sűrűségét veszi alapul, míg ezen feldolgozás a telken található főépület típusát veszi alapul. Főépület alatt azt az épületet értjük, amely a beépítés jellegét adja: például egy átlagos családi házas telken a lakóépület mellett található melléképületek is – ez a telek a lakóépületek kategóriába kerül, de ha a melléképület önmagában áll egy telken (pl. garázsor), akkor a gazdasági- és melléképület kategóriába. Amennyiben több, főépületnek tekinthető épület áll egy telken, úgy az erősorrend (azaz a kategóriába sorolás) a következő logikát követi (melyek egyben az újonnan bevezetett kategóriák): középületek (1.1.3.1.), vallási épületek (1.1.3.2.), lakóépületek (1.1.3.3.), üzemi épületek (1.1.3.4.), üdülőépületek (1.1.3.5.), vegyes épületek (1.1.3.6.), gazdasági- és melléképületek (1.1.3.7.) valamint egyéb építmények (1.1.3.9.). Felmerül, hogy ezek közül néhány összevonható lenne a CORINE létező kategóriáival, de mivel nem pontosan fedik egymást, ezért ettől eltekintettünk. (Például a középületek egy része (pl. polgármesteri hivatal) nem illeszthető az ipari- és kereskedelmi létesítmények közé). Ugyan egyes esetekben elvileg lehetőség lenne az épület típusa alapján a pontos



2. ábra Felszínborítottság a CLC50 alapján (kivágat a mintaterületből, saját szerkesztés)



3. ábra Az ingatlankataszter módosított CLC50 kategorizálással (kivágat a mintaterületből, saját szerkesztés)



megfeleltetésnek, de ehhez egyrészt egyedileg kellene minden épületet ellenőrizni (csak részben automatizálható), másrészt a szubjektivitás így sem küszöbölhető ki teljesen, viszont a továbbiakban nem zárható ki a kategorizálás módosítása.

## **Eredmények**

Az ingatlankataszterek felépítése, adattartalma nagy változatosságot mutat, szabványosítása hazai és nemzetközi szinten is jelentős kihívás. Az Európai Unió CORINE felszínborítottsági adatbázisa nemzetközi szinten egységes elvek alapján kategorizál, így a nemzeti (részletesebb, ugyanakkor heterogénebb) tartalmak szabványosításához ez szolgálhat alapul. A tanulmány arra tesz kísérletet, hogy bizonyítsa, az ingatlankataszteri rendszerek harmonizációja megvalósítható egy közös platform alapján. A cél a szubjektivitás kiküszöbölése volt, de a kategorizálás ismertett módszerein van lehetőség változtatni szakmai konszenzus alapján – ezen értelemben a publikáció egyfajta vitaindító szerepet is játszhat.

## **Irodalomjegyzék**

APAGYI GÉZA – MIHÁLY SZABOLCS (2005): A magyarországi kataszter jelene és fejlesztési irányai. <http://www.foldhivatal.hu/content/view/150/102/>

BÜTTNER GYÖRGY – MAUCHA GERGELY – BÍRÓ MÁRIA – KOSZTRA BARBARA – PATAKI RÓBERT – PETRIK OTTÓ (2004): National land cover database at scale 1:50,000 in Hungary. EARSel eProceedings. 3.

HAZAY ISTVÁN – SZALONTAI LÁSZLÓ (1973): Országos felmérés és műszaki földrendezés. Tankönyvkiadó, Budapest, 595 p.

NIKLASZ LÁSZLÓ (1992): A jövő útja – az ingatlankataszter automatizálása. Geodézia és Kartográfia, 44. évf. 5. sz, Budapest, pp. 6-15.

## **Internetes források**

INTERNET1 – <https://inspire.ec.europa.eu/> (letöltés ideje: 2024.03.20.)

INTERNET2 – <http://www.geotb.sk/zakladne-pojmy> (letöltés ideje: 2023.10.30.)

INTERNET3 – <https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-part1> (letöltés ideje: 2023.10.30.)



# GDi Ensemble FutureGIS térinformatikai-szimulációs modellkörnyezet és szolgáltatáscsomag kialakítása

Vízhányó József

Solution Consultant, GDi Magyarország Kft. 1134 Budapest, Váci út 33./9.  
jozsef.vizhanyo@gdihu.hu

Projekt szerződésszáma: 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2021-00195

A FuturGIS célja, hogy a térinformatikai adatkezelést és elemzést összekösse a folyamatszimulációs eszközökkel, és ennek eredményeként létrejött adatokat megjelenítse és elemezhetővé tegye. Ezt az értelmezést egyértelműen ki kell terjeszteni, a két érintett tudomány és információtechnológiai szakterület (a térinformatika és a folyamatszimuláció) integrációjára.

- A térinformatika különböző entitások térbeli elhelyezkedésének, kölcsönös térbeli kapcsolatainak és leíró adatainak a tudománya, amely a térbeliség informatikai adatbázis alapú leképezésével számtalan elemzési, adatkezelési és szemléltetési feladat ellátására alkalmas.
- A folyamat szimuláció központi eleme az időtengely, és a rajta megjelenő események. Az entitásokkal történő egymás utáni események dinamikusan kialakuló, átalakuló, megszűnő kapcsolatokat hoznak létre az entitások között. A folyamat az események sorozatából áll össze, egyazon rendszerben, amit modellnek nevezünk. Egymással párhuzamosan többféle folyamat is végbemehet. Ezek bonyolult kölcsönhatásban állhatnak egymással, amelyek csak az időbeli lefutás modellezésével érthetők meg maradéktalanul. A szimuláció folyamatai általában a rendszer egy statikus állapotából indulnak, és eseményről-eseményre, időben előrehaladva mutatják meg a modell jövőbeli állapotait.

A fenti definíciók alapján jól látható, hogy a két rendszer a valóság különböző dimenzióinak modellezésére fókuszál, és ezen dimenzió(k) perspektívájából fejtik fel és vezetik le az összefüggéseket

- A térinformatika fókuszában a tér áll. Minden modell alapja a tér, mely szervezi és rendezi a létező valóság darabkáinak informatikai rendszerben generalizált modelljét.
- A folyamatszimuláció fókuszában az idő áll. Az idő és a kauzalitás. Az események egymásutániséga, ok-okozati összefüggései. A valóság modellezéshez

konceptualizált és határvonalaival definitív módon meghatározott darabkái itt nem koncentrálnak a létező tér elemeire, egy entitásként kezelhetünk cselekvőt vagy cselekvést. A modell által leírt rendszer, lényegében a „folyamat” mely események sorozata.

Az adott projektben az ArcGIS térinformatikai szoftverkörnyezetét kötöttük össze a WITNESS modellező szoftverrel.

Az adatkapcsolat lehetősége révén az ArcGIS és a WITNESS képesek adatokat megosztani egymással. Például a térbeli információk, mint például földrajzi adatok vagy térképek, könnyen integrálhatók a WITNESS szimulációs környezetébe. Ezáltal a felhasználók képesek lehetnek valós idejű, térbeli kontextussal támogatott szimulációkra és elemzésekre.

Ez az integráció lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy komplex üzleti döntéseket hozzanak a WITNESS szimulációs eredményeinek és az ArcGIS térbeli adatoknak a kombinációjával.

A folyamat szimulációs modell felépítése a térinformatikai adatbázis alapján lehetővé teszi a valósághűbb és pontosabb szimulációkat. A térbeli adatok beépítése a modellezés folyamatába lehetővé teszi a környezet térbeli jellemzőinek figyelembevételét, ami kulcsfontosságú lehet például logisztikai vagy üzleti folyamatok tervezése esetén.

# Reptéri futópálya állapotának többszenzoros drónos felmérése – első tapasztalatok

Vörös Fanni<sup>1</sup> – Vas Tímea<sup>2</sup> – Dudás Zoltán<sup>2</sup> – Gajdos Máté<sup>2</sup> –  
Kovács Béla<sup>3</sup> – Varga Zsófia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék

<sup>2</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék

<sup>3</sup> ELTE IK Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet

**Absztrakt:** Tanulmányunkban nagyfelbontású RGB-, hő- és LiDAR-érzékelők lehetséges reptéri alkalmazásaival kapcsolatos tapasztalatainkat mutatjuk be. Olyan módszertan kifejlesztése a cél, amely segítheti a reptéri műveleteket, beleértve a futópályák biztonságát fenyegető vadon élő állatok kockázatának kezelését, az infrastruktúra karbantartását és az idegen tárgyak (FOD) felderítését. A többféle szenzorokkal felszerelt drónok betekintést nyújtanak a felszíndiagnosztikába, segítve a futópályák állapotának értékelését, fokozhatják a repülőterek biztonságát és adatokat szolgáltathatnak a meglévő légiforgalmi irányítási eljárások támogatásához. Célunk, hogy interdiszciplináris együttműködés és új módszerek révén forradalmasítsuk a reptéri műveleteket, a biztonsági és védelmi protokollokat, felvázolva egy hatékonyabb reptéri ökoszisztéma felé vezető utat.

## Bevezetés

Ma még szigorúan óvjuk a légiközlekedés egyik legösszetettebb infrastruktúráját, a repülőtereket a drón repülésektől. Az azonban már egyértelműen prognosztizálható, hogy a technológiában rejlő lehetőségek néhány éven belül lehetővé teszik a kis- és nagyméretű drónok integrált működését a reptéren, különböző feladatok elvégzésére (MARTINEZ ET AL. 2021; EDELMAN ET AL. 2023). A Nemzeti Közszolgálati Egyetemen légiközlekedéssel foglalkozó tanszékeink 2022 óta futó „Integrated Model Airport” (IMA) kutatás fókuszpontja a pilóta és pilóta nélküli légi járművek együttes működési lehetőségeinek feltárása a reptéren. Kutatásunk egyik célkitűzése, hogy megvizsgáljuk, hogy egy rendszeres forgalmat bonyolító reptéren a drónokat milyen feladatokra, milyen időszokban és milyen biztonsági feltételek mellett lehet alkalmazni. Az IMA adatai és forgalmi állapota egy meglévő reptéren alapulnak, nevezetesen az LHSN reptéren (Szolnok, Magyarország), amely elsődlegesen a katonai forgalom számára nyitott.

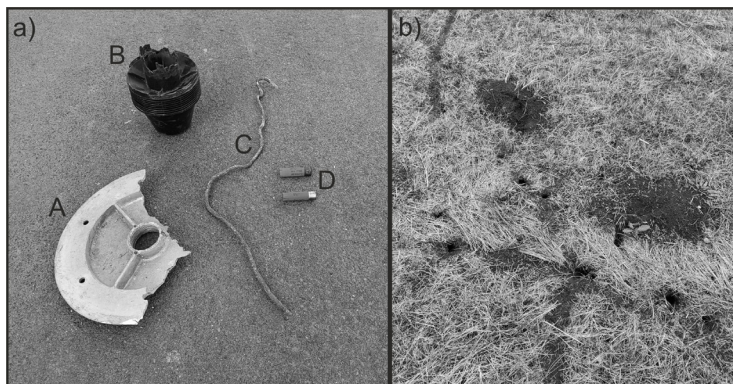
A reptér környezeti elhelyezkedését tekintve is érdekes és bőven hordoz magában madárveszélyt. Északról a Holt-Tisza szegélyezi, mely révén jelentős a vízimadár állomány, amely a futópálya fel- és leszállóirányára hatással van. Keleti irányból nagy kiterjedésű mezőgazdasági területek találhatóak, amely gazdag élelemforrást biztosít a különböző mezei rágcsálóknak. Ennek révén (hasonlóan sok más reptérhez pl.: LHBP [x]) az empirikus tapasztalataink alapján az LHSN

repülőtéren is jelentős a rágcsáló jelenlét. Üregeik szerte a munkaterület környékén megtalálhatóak. Ezen rágcsálók jó élelemforrást biztosítanak a ragadozó madaraknak, így jelentős varjúállomány figyelhető meg a környéken. A madárfigyelés fenntartásához és a madárveszély csökkentéséhez elengedhetetlen a rágcsálók számának kontroll alatt tartása, amelynek első fázisa egy alapos felmérés-feltérképezés. A mai modern drónokra szerelt különböző távérzékelő szenzorok lehetőséget nyújtanak az utak, kifutópályák állapotának felmérésére, a szilárd felületek repedéseinek megfigyelésére is. A repülés egyik célja egy referencia adatbázis létrehozása volt az előre tervezett karbantartási munkák hatékonyabbá tétele érdekében. Tudásunk szerint Magyarországon korábban nem végeztek ilyen kutatást, illetve nem hoztak létre ilyen adatbázist, különösen katonai repülőtereken nem. Ezek a felmérések segíthetnek az idegen tárgyak (Foreign Object Debris, FOD) felderítésében is: ezek bármilyen tárgyak lehetnek, amelyek képesek kárt okozni a légi járműben, illetve sérülést okozhatnak a személyzet számára, pl. törmelék, szennyeződés, elhagyott szerszámok, poggyászarabok, vagy akár állati tetemek (INTERNET1).

## Anyag és módszer

Az LHSN reptéren lerepült és felmért futópálya területe 17,835 hektár volt, amely a teljes futópálya kb. fele. A repülőtér elhelyezkedése számos vadon élő állat- és növényvilággal kapcsolatos kockázatot rejt magában. Ezek feltérképezése, és a FOD-ok detektálása volt a repülés célja (1. ábra).

A repüléshez egy RTK-s DJI Matrice 350-as drónt használtunk, amelyre RGB (Zenmuse P1), LiDAR (Zenmuse L1) és hőkamerát (Zenmuse H20T) raktunk. A FOD detektáláshoz négy különböző anyagú, méretű (1. táblázat) és színű objektumot helyeztünk el a futópályán, míg a pálya mellett nagyon sok kisebb-nagyobb güzü lyuk és járat található. A FOD-ok méretei az 1. táblázatban láthatók: az A egy szegélyfény lámpa alkatrésze (sárga), B egy traktorszűrő (fekete műanyag), C egy drót darab (szürke fém) és a D két sorét töltényhüvely (piros).



1. ábra a) A futópályára elhelyezett FOD-ok, és b) a pálya mellett található güzü járatok és halmok

1. táblázat A FOD-ok kiterjedése

méret (mm)	x	y	z
<b>A</b>	335	240	35
<b>B</b>	160	160	210
<b>C</b>	675	10	10
<b>D</b>	65	20	23

2. táblázat Az egyes szenzorokhoz tartozó repülések paraméterei

szenzor	GSD (cm/pixel)	magasság (m)	sebesség (m/s)	felvételek száma (db)
<b>L1</b>	0,83	30	3,5	736
<b>H20T</b>	4,44	50	3	2227
<b>P1</b>	0,63	50	5,1	968

Mivel téli időszakban történt a repülés (2023. december 9-én), a kora reggeli órákban a felszálló köd jelentett problémát, később pedig a lemenő nap (fény hiánya), így a repülések sorrendjét is ehhez, illetve a szenzor előzetesen feltételezett „hasznosságához” igazítottuk. Először a LiDAR kamerával mértük fel a területet, majd a termális, végül az RGB szenzorral (repülési paraméterek a 2. táblázatban).

A Magyarországon hatályos polgári drón műveletekről szóló jogszabályok elérhetők több drónos oktatással, képzéssel, operatív felhasználással foglalkozó cég felületén (INTERNET2 és INTERNET3). A katonai repülőtéren történő repülés azonban további engedélyek, elemzések beszerzését tette szükségessé. Ilyen volt a katonai légiforgalmi szolgálat hozzájárulása, a légtér biztonságos felhasználását célzó kockázatelemzés elvégzése, ami elengedhetetlen feltétele volt a repüléseink céljára szolgáló eseti légtér kijelölésének. A terület speciális jellege miatt, nevezetesen, hogy a repülésre kijelölt légtér és a felszállás helye „no drone” zóna területére esett, szükséges volt a DJI drónokban szoftveresen letiltott területet a repülés időszakára feloldani. Az eseti légtérről szóló határozatot elküldve a DJI-nak ők egyedileg az adott drónra lekapcsolhatják a korlátozást, így a drón képes a motorindításra és felszállásra akár a futópálya közepén is. A másik nehézséget a repülőtéren katonai mivolta adta, ezért a repüléshez a katonai légiforgalmi szolgálat engedélye mellett az üzembentartó számára is prezentálni kellett egy műveleti koncepciót (ConOps), amelyben több tényezőt (pl. a földi és a légi kockázatot) is figyelembe vettünk, valamint a repülőtéren esetleges felhasználására (pl.: légikutató-mentő szolgálat riasztása) is megvoltak a követendő eljárásaink (INTERNET4 és INTERNET5).

A feldolgozáshoz többféle szoftvert és módszert alkalmaztunk: az ortofotók és DEM-ek előállításához DJI Terra-t. Pontfelhő analíziséhez a QGIS-ben elérhető LASTool-t (‘lasground’, ‘lasheight’, és ‘lasclassify’ algoritmusok alkalmazásával), a felszín (DEM) analíziséhez szintén a QGIS-ben elérhető GDAL csomagokat használtunk. A gázdetektáláshoz a termális felvételeket a FlirTools és a DJI Thermal Analysis szoftverekkel vizsgáltuk. A FOD-ok vizsgálatához elsődlegesen

színkereső algoritmusokat alkalmaztunk, ezeket az A és D objektumokon tudtuk nagy hatékonysággal alkalmazni. Kétféleképpen közelítettük meg a feladatot: az egyik esetben először létrehoztunk egy vektoros pontréteget az objektumok pixeleiből, majd a QGIS-'Sample raster values' algoritmus segítségével összegyűjtöttük a két FOD átfedő raszterpixeleinek sávértékeit. Az eljárást mind az RGB-, mind a LiDAR-ortomozaikok alapján elvégeztük, majd mindkét esetben meghatároztuk a testekre jellemző átlagos, minimális és maximális értékeket. A színösszeállítás eredményei alapján a Raszter-kalkulátor segítségével mindkét ortomozaikra lefuttattuk a kiválasztási szabályrendszert. A másik esetben ellenőrzött és gépi tanulási osztályozási algoritmusokat alkalmazva, a QGIS SCP plugin segítségével vizsgáltuk ezek eredményességeit a 'Legkisebb távolság' (Minimum Distance), a 'Spektrális szög' (Spectral Angle Mapper) és a 'Random Forest' algoritmus futtatásával. Ezen eredmények osztály és modellszintű pontosságát egy-egy referenciaretéggel összevetve értékeltük. A referenciareteg létrehozásához a főkomponens elemzés elsőszintű eredményeit használtuk kiindulásként. A képelemzést egy éldetektálást megvalósító megoldással zártuk, amelyhez egy egyedi Python kódot alkottunk az OpenCV segítségével.

## Eredmények

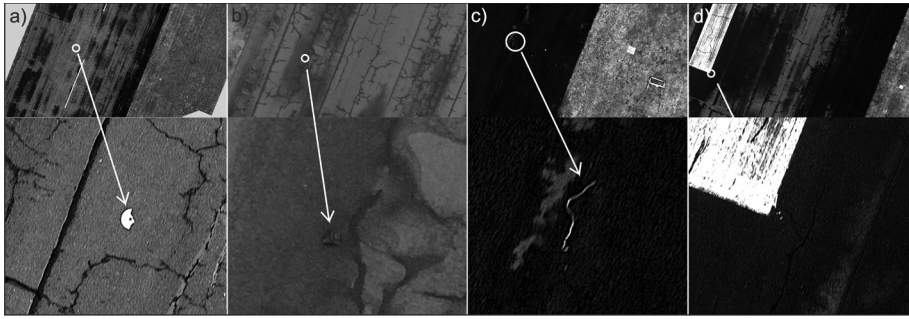
Az elkészült domborzatmodellt megvizsgálva látható, hogy a futópálya felülete enyhe lejtést mutat, amely természetesen a vízelvezetés szempontjából elvárt.

**FOD keresés:** A fent említett dőlt felszín miatt a magasság-alapú osztályozások csak kisebb területen adtak eredményt. Hasonlóképp az alakzat/élfelismerés sem végezhető el teljes pontossággal, hiszen az úthibák és javításaik adott esetben ugyanakkorák, vagy akár nagyobbak, mint a FOD-ok (pl. töltényhüvely). Ezeknél a zárt alakzatok keresése/mejelenése némiképp segített.

A LiDAR-alapú elemzések nagyon hasonló eredményeket adtak, mint az RGB alapú DEM-ek (ld. később). A pontfelhőt elemezve a fenti problémákba ütköztünk – némileg jobb eredmény érhető el az intenzitás, reflektivitás értékek alapján történő válogatás révén, ám itt is további felvételekre lenne szükség, mivel a rosszabb fényviszonyok nem voltak optimálisak. Emiatt, illetve szín-, és esetleg az anyagtulajdonságai miatt hiába volt nagyobb méretű a B FOD, mégsem különült el.

Az RGB kamerával az összes FOD felismerhető, függetlenül a méretüktől (2. ábra). A vizuális kiértékelés abszolút használható, de a színes FOD-ok (A és D) algoritmusokkal is megtalálhatók, még ha nagyon kicsik is. A C-t sajnos élfelismeréssel nem lehet megtalálni – ha az útpálya úthibák nélküli lenne, akkor a szabálytalan alakja könnyebben felismerhető lenne, vagy ha jobban elütne a színe, amely eltérő fényviszonyok mellett szintén tovább vizsgálendő. Ugyanez a színprobléma jelentkezik a B FOD esetében is. Lejtőszögtérképet gyártva viszont az A és B objektum is elkülöníthető az úthibáktól (zárt alakjuk miatt). A és D szín-alapú osztályozással emelhető ki a pályából. Ezen két esetben nem csak a FOD-ok,





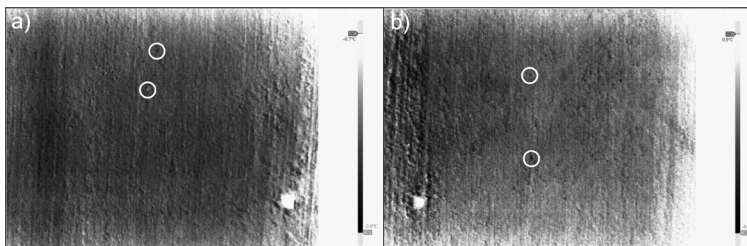
2. ábra A FOD-ok az RGB felvételeken

hanem egyéb elemek is előjönnek (főleg a felfestések), valószínűsíthetően az időjárási viszonyok miatt. A méretbeli különbségek egyértelművé teszik a kapott eredményeket, ám ettől függetlenül más viszonyok között a módszer nagyobb pontosságot is el tudna érni. A színkeresési módszernek óriási előnye, hogy szépen kimutatja a különböző típusú úthibákat: máshogy jelennek meg a „rég” repedések és a javítottak. Az éldetektálással is csak az A objektumot lehetett megtalálni – viszont azt bármekkora kivágtnál.

A hőkamerás felvételek se voltak teljes mértékig hatékonyak: mivel hideg időben történt a repülés, a hagyományos képelemzési módszerekkel nem működött a FOD keresés: a szoftver nem tudta teljes terjedelmében létrehozni az ortofotót, csak a futópálya széléről és az emellett földterületről, mivel annyira nagy volt a hasonlóság. „Egyedi” vizsgálatokkal azonban a nagyobb repedéseket és három FOD-ot is azonosítani lehetett, ám sokkal több munkával.

**Güzü detektálás:** Itt is nagyon hasonló eredményeket adott a LiDAR alapú feldolgozás, mint az RGB, így részletesen az RGB alapján kapott eredményeket mutatjuk be. A güzü lyukak detektálásakor az előállított lejtő-, TRI- és érdességi rétegek, valamint a magassági eltérések egyaránt alkalmasnak bizonyultak.

A termális képek ebben az esetben már jól használhatóak voltak: a túrások (az akkori képalkotási körülmények között) hűvösebb termális értékeket mutattak, valószínűleg a nem/bolygatott talaj miatt. Előfordultak azonban olyan pontok (túrások), amelyek épphogy melegebbek: egyrészt lehet amiatt, hogy ezek nagyon frissen ásott halmok (még nem hűlt ki), vagy pedig egy esetleges állati jelenlétet is mutat (3. ábra).



3. ábra Güzü halmok a termális felvételeken

## Diszkusszió

Arra a következtetésre jutottunk, hogy a módszertant tovább kell vizsgálni, és az eredményeket különböző meteorológiai körülmények között is meg kell vizsgálni. Bár a LiDAR-ral nagy pontosságot lehet elérni (még a kis magasságkülönbségek is mérhetőek), mégis nehéznek bizonyult az objektumok különválasztása. Emellett az adatgyűjtés folytatásaként pontosabb referenciaellenőrzéseket szeretnénk végezni, amit az eddigi szenzorok mellett egy multispektrális kamera méréseivel egészítünk ki. Jelenleg nehéz és időigényes volt a túlzott felszíni eltérések minden esetére referenciát készíteni. Összességében úgy találtuk, hogy a LiDAR intenzitásértékek elemzése előnyösebb a magassági értékekhez képest. Az intenzitásértékek eltérései összefüggést mutattak az útfelület nedvességtartalmával, a javított és a javítatlan repedésekkel, de azt is látni kell, hogy az RGB-elemzések is hasonlóan jól teljesítettek ezen a területen. A pontos módszertan, különösen az automatikus válogatás azonban további vizsgálatokat igényel. Továbbá meg kell vizsgálni, hogy a sötét műanyag anyagok hogyan viselkednek a LiDAR jellel szemben a különböző meteorológiai körülmények között (elnyelik-e azt), vagy csak a felvételezési szög megváltoztatásával ezen jelenleg tapasztalt hatás csökkenthető-e. A felületi diagnosztika során a szabályos objektumok azonosítása céljából a térbeli elemzést célzó algoritmusok eredményei részben használhatók, mivel ezek zárt, összefüggő alakzatokként jelennek meg az eredményekben, ellentétben a többnyire nem zárt úthibákkal. Az útfelületen található FOD-k vizsgálatát a termális kamerával napsütéses időszakban is szeretnénk kipróbálni, ami az anyagok eltérő felmelegedése miatt segíthetné a tereptárgyak és a felszín megkülönböztetését (és talán segíthet a vékony, szabálytalan fém FOD-ok kiszűrésében és láthatóvá tételében is). A pálya melletti mező és az állatállomány termikus elemzését változó meteorológiai körülmények között is meg kell vizsgálni, különösen a bemutatott, földalatti alagutak jelenlétére vonatkozó összefüggések tekintetében.

Összességében úgy érezzük, hogy mindhárom érzékelő olyan eredményeket szolgáltatott (3. táblázat), amelyek segíthetik a repülőtéri biztonsági célú felhasználásukat, de a multispektrális kamerával szerzett tapasztalatok is fontosak lehetnek. A pontosabb módszertan és módszertani ajánlások kidolgozásához azonban további mérési forgatókönyvekre és adatgyűjtésre van szükség.

3. táblázat A FOD keresés sikeressége a különböző szenzorokkal. D=detektálható, N=nem detektálható és NA=nincs adat

FOD/szenzor	L1	P1	H20T
A	D	D	D
B	N	D	D
C	N	D	N
D	N	D	NA

## Konklúzió

Kísérleti tanulmányként téli időszakban elvégeztünk egy felmérést, amely referenciaként szolgál a további mérésekhez, és segít adatokat gyűjteni a különböző időjárási körülmények között várható hatásokról és eredményekről. A gazdaságossági és használhatósági szempontokat figyelembe véve (lehetőleg minél kevesebb repüléssel és érzékelővel) elmondható, hogy az eddigiek alapján az RGB kamera mérettől és egyéb külső tényezőktől (pl. időjárás és fény) függetlenül alkalmas FOD és güzü lyukak észlelésére. A tapasztalatok alapján érdemes lenne még a területet multispektrális kamerával is felmérni a jobb eredmény érdekében, illetve egyéb időjárási és repülési körülményeket is kipróbálni. A repülőtéri alkalmazások szempontjából (különösen a katonai felhasználás tekintetében) érdemes megjegyezni, hogy a drónok piacán domináns DJI cég más kérdéseket is felvet. Ezért érdemes lenne megvizsgálni az adott szenzorok kompatibilitását más drónrendszerekkel is.

## Köszönetnyilvánítás

A TKP2021-NVA-29 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

A TKP2021-NVA-16 azonosítószámú „Alkalmazott katonai műszaki-, had-, és társadalomtudományi kutatások a nemzetvédelem, nemzetbiztonság területén a Hadtudományi és Honvédtisztképző Karon”). A projekt az Integrált-mintarepülőtér kiemelt kutatási terület Virtual Airport (VA) kutatócsoport kutatóinak munkájaként az Innovációs és Technológiai Minisztérium, mint Támogató finanszírozásával valósult meg.

## Felhasznált irodalom

- EDELMAN, H. – STENROOS, J. – QUERALTA, J.P. – HÄSTBACKA, D. – OKSANEN, J. – WESTERLUND, T. – RÖNING J. (2023): Analysis of Airport Design for Introducing Infrastructure for Autonomous Drones. Facilities, 41(15-16), 85-100. doi:10.1108/F-11-2022-0146.
- MARTINEZ, C. – SANCHEZ-CUEVAS, P.J. – GERASIMOU, S. – BERA, A. – OLIVARES-MENDEZ, M.A. (2021): Sora Methodology for Multi-Uas Airframe Inspections in an Airport. Drones 5, doi:10.3390/drones5040141.

## Internetes források

- INTERNET1 – <https://skybrary.aero/articles/foreign-object-debris-fod>, Letöltés ideje: 2024. április.
- INTERNET2 – <https://legter.hu/blog/dron-torveny-2021-erthetoen-szakertoktol>, Letöltés ideje: 2024. április.

INTERNET3 – <https://www.djiars.hu/blog/a-dronozas-szabalyai-37>, Letöltés ideje: 2023 szeptember.

INTERNET4 – <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99800004.kor>, Letöltés ideje: 2024 április.

INTERNET5 – [https://eur-lex.europa.eu/eli/reg\\_impl/2019/947/oj](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2019/947/oj), Letöltés ideje: 2024 április.

# POSZTEREK

## A szélsőséges vízháztartású szántóföldi területek térképezési lehetőségei műholdas és hatósági adatforrások alapján

Birinyi Edina<sup>1,2</sup> – Hollós Roland<sup>3,4,5</sup> – Kristóf Dániel<sup>2</sup> – Barcza Zoltán<sup>4</sup> – Kern Anikó<sup>6</sup>

<sup>1</sup> ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földtudományi Doktori Iskola, bedina@student.elte.hu

<sup>2</sup> Lechner Tudásközpont, Földmegfigyelési Operatív Központ, Űrtávérzékelési Osztály

<sup>3</sup> ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Környezettudományi Doktori Iskola

<sup>4</sup> ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék

<sup>5</sup> HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont

<sup>6</sup> ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK Földrajz és Földtudományi Intézet, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék és Űrkutató Csoport

*Kulcsszavak: aszály, belvíz, vízvisszatartás, műholdas távérzékelés, XGBoost*

Az Alföld rendszeresen belvízzel érintett területein gyakran akár ugyanabban a vegetációs időszakban is jelentkezik aszály. A 2022. évi aszály még inkább felhívta a figyelmet a tájban történő vízvisszatartás szükségességére és lehetőségére.

Jelen tanulmányunkban kétféle megközelítést felhasználva teszünk kísérletet olyan területek kijelölésére, ahol a két vízháztartási szélsőség a legszámottevőbben előfordult az 2000–2023, illetve a 2015–2023 közötti időszakot alapul véve. A térképezéshez 1 km<sup>2</sup>-es rácsot alkalmaztunk, amelynek celláira vetítve kétféle megközelítés került definiálásra. Egyrészt, távérzékelési oldalról, a Lechner Tudásközpont nagyfelbontású optikai űrfelvételekből származtatott relatív belvízgyakorisági térképét, illetve a közepes felbontású, augusztusra vonatkozó aszálygyakorisági térképét elemeztük együttesen. Másik megközelítésként a Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszerbe (MKR) beérkezett, aszályra és belvízre vonatkozó kárigények kerültek felhasználásra. Vizsgálataink során emellett többváltozós statisztikai elemzést is végeztünk az MKR-be beérkezett kárigények megbízhatóságának vizsgálata és a meteorológiai, valamint a talajváltozókkal kapcsolatos összefüggések feltárása céljából.

*Munkánk a KDP-2020 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a 993788 pályázati program finanszírozásában, az OTKA FK-146600, és a TKP2021-NVA-29. számú projekt részeként, az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.*



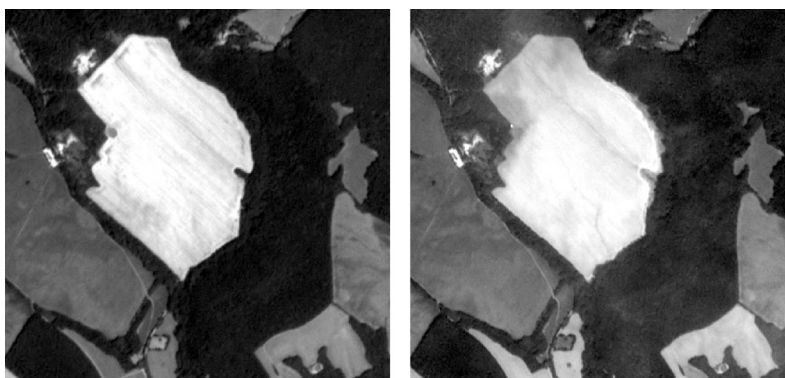
# Detection of potential illegal activities in Slovakia based on remote sensing data

Daniel Szatmári<sup>1\*</sup> – Ján Feranec<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Geography of the Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia

\* e-mail: daniel.szatmari@savba.sk

The number of satellite-based remotely sensed datasets available for identification of land use/cover changes has increased markedly since the launch of the first Landsat satellite, and many change detection techniques have been developed and applied. The most progressive ones combine remote sensing data with data from environmental databases, thematic maps and field surveys. Human impact on landscape generally causes categorical changes in its use: change of one type of landscape to another, e.g. arable land to built-up areas. Legal interventions are typically planned and documented in various official records. However, the landscape is ever more frequently attacked by illegal human interventions, which may pose significant environmental and social risks in different areas, such as human health, economy or aesthetics, and their tracking may be difficult because of remoteness, difficult access, etc. Their identification and spatial localization are fundamental prerequisites for solving potential problems; therefore, looking for methodological procedures for monitoring these phenomena is crucial. The aim of this contribution is to present the initial results of the development and testing of an approach to identify land use/cover changes caused by potential illegal activities based on remote sensing data, using selected parts of Slovakia as an example. The solutions presented will document the possibilities to identify illegally ploughed protected meadows and illegal clear-cuts of non-forest tree vegetation in the agricultural landscape (*Fig. 1*).



*Fig. 1. A clear-cut of non-forest woody vegetation in an agricultural landscape identified in PlanetScope satellite imagery (Planet Team (2022). Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA. <https://api.planet.com>)*

To identify potential illegal activities, NDVI values were tested for each experimental site using an algorithm that evaluates the sum of changes in the time series. For areas disturbed by illegal activities, the sum of the NDVI changes of the extracted area is less than the sum of the NDVI changes of the corresponding buffers.

*This work was supported by the Slovak Scientific Grant Agency VEGA under Grant No. 2/0043/23, “Detection of landscape diversity and its changes in Slovakia based on remote sensing data in the context of the European Green Deal”.*



# **Soil Erosion and Severity class analysis based on RUSLE model: A case study of Mai Nefhi watershed, Eritrea**

Tsegay Bereket Menghis<sup>1</sup> – Endre Dobos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Geography and Geoinformatics, University of Miskolc, Hungary, tsegay.bereket.menghis@student.uni-miskolc.hu

<sup>1</sup> Department of Agricultural Engineering Mai-Nefhi College of Engineering and Technology, Eritrea, tsegaybm4@gmail.com

<sup>2</sup> Institute of Geography and Geoinformatics, University of Miskolc, Hungary, University professor, dobosendre@gmail.com and endre.dobos@uni-miskolc.hu

Soil erosion is a critical environmental issue with far-reaching implications for land degradation and agricultural productivity. In the context of Eritrea, where soil erosion poses significant challenges to agricultural productivity and environmental sustainability, this study focuses on the Mai Nefhi watershed to gain valuable insights into erosion dynamics. Employing the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) model in conjunction with geographic information Systems (GIS), this study aims to comprehensively assess soil erosion parameters derived from GIS data, including rainfall erosivity (R), soil erodibility (K), slope length and steepness (LS), cover management (C), and support (P), we conducted a detailed analysis to quantify soil erosion rates and classify severity classes. Our investigation discovered spatial analysis variations in erosion rates, covering from minimal erosion (0–0.34 t/ha/yr) to severe erosion (15.49–43.41 t/ha/yr), delineating areas highly susceptible to erosion risks. A severity map with five severity classes was created for the watershed: low (below 0.34), moderate (0.341–2.04), high (2.041–6.12), very high (6.121–15.49), severe (15.491–43.41) in which the values are in ton/ha/yr. These findings offer critical insights for targeted conservation interventions and informed land management practices, essential for safeguarding the watershed's ecological integrity and enhancing agricultural resilience. Through a multidisciplinary approach integrating GIS technology and soil sciences principles, this study contributes to advancing our understanding of soil erosion dynamics in the study area, facilitating evidence-based decision-making for sustainable resources management and agricultural development projects.

*Keywords: Soil Erosion, RUSLE, GIS, Severity class, Eritrea*



# MELLÉKLETEK



**GDi Magyarország Kft.**

1134 Budapest, Váci út 33/9.

+361 428 80 40

[www.gdi.hu](http://www.gdi.hu)

Ajánlatért keresse kollégáinkat a következő e-mail címen:

[sales@gdi.hu](mailto:sales@gdi.hu)



**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](http://www.envirosense.hu)

[info@envirosense.hu](mailto:info@envirosense.hu)

Tel.: +36/30-266-2984

## TopoLynx Kft. Bemutató

A TopoLynx Kft. 2016-ban alakult, de alapítóiknak közel 30 éves tapasztalata van GIS szoftverek és algoritmusok fejlesztésében. Az alapítók régóta dolgoznak együtt, első asztali GIS termékük a 2000-es évek táján ért el nemzeti sikereket, második mobil GIS térképező és adatgyűjtő szoftverük 2008-körül nemzetközileg lett sikeres. 2016-ban új céges keretek között folytatták a fejlesztést, részben felújították a korábbi szoftvereket, részben új fejlesztésekbe, új platformok meghódításába kezdtek. Jelenlegi szoftvertermékeik a következők:

A **topoXmap** egy nagy tudású asztali GIS szoftver, vektoradatok előállítására, szerkesztésére, térbeli elemzésére optimalizált, amely kiegészül leíró adatok, raszteres adatok, műholdképek, ortofotók és felületmodellek kezelésével. A szoftver eszközöket biztosít tematikus térképek létrehozásához és valós idejű topológikus szerkesztéséhez, digitális képek feldolgozásához, osztályozásához, ortofotók és háromdimenziós felületmodellek előállításához. Tartalmaz 3D megjelenítőt, térkép nyomtatást, objektum-relációs adatbázis-kezelőt és jelentéskészítőt.

A **topoXplore** egy mobil GIS alkalmazás helyalapú adatgyűjtésre, felmérésre és térképezésre - feldolgozási intelligenciával. Egyaránt alkalmas GIS szakemberek és kevésbé képzett személyzet számára, és használható egy vállalati szintű GIS infrastruktúra integráns részeként vagy önálló adatgyűjtő és feldolgozó eszközként.

A **topoXpress** hatékony, többplatformos, nagy tudású GIS szoftver és felmérési alkalmazás. Támogatja a terepi adatgyűjtést offline és az irodában történő online adatfeldolgozást intuitív és rezponzív felhasználói felülettel, hordozható felhőhozzáféréssel, gyors tematikus térképezéssel, GNSS felméréssel, kitűzés és CoGo funkciókkal. Topológikus szerkesztés, felületmodellezés, raszter elemzés, okos űrlapok is elérhetők négy platformon (Windows, Android, Mac, iOS).

TopoLynx **webes** fejlesztések széleskörűek, lefedik az egyszerű webes térképmegjelenítést és komplex szerkesztéseket. Az alkalmazások számosak, ingatlan tulajdoni nyilvántartás, nemzeti parki nyilvántartás, precíziós mezőgazdálkodás, erdőgazdálkodás, komplex városi fakataszter, műholdas monitoring rendszer.

**dotXpert** egyik legújabb fejlesztésünk, mely légi és földi lézeres pontfelőket képes feldolgozni, funkciói a pontszűrés, domborzat és borított felszín kinyerés, épületek, egyes fák detektálása. A parancssori működésen kívül 3D megjelenítést, vágást és szerkesztési eszközöket is tartalmaz.

További információk: [www.topolynx.hu](http://www.topolynx.hu)



- when it has to be **right**



A Leica Geosystems legfontosabb ismertetőjegye a térbeli adatok pontos mérését, gyors modellezését, könnyű elemzését és megjelenítését biztosító eszközök széles kínálata. Cégünk földmérés vagy mérnöki tervezés területén, építő- vagy nehéziparban, energia, vagy gyártóiparban dolgozó szakemberek számára - egyet jelent a megbízható megoldásokkal. A precíz és pontos műszerek, kifinomult szoftverek és megbízható szolgáltatások révén a Leica Geosystems nap mint nap értéket szolgáltat azok számára, akik világunk jövőjét formálják.

### ***A földmérés úttörői – A cég kialakulása***

A Leica Geosystems története majdnem 200 évvel ezelőttre nyúlik vissza, amikor 1819-ben megalapították a Kern & Co. vállalatot. Valamivel több, mint 100 évvel később egy kis heerbruggi textilüzemben Heinrich Wild kifejlesztette a T2 modellt, amely a világ első valóban hordozható, optomechanikus elven működő teodolitja lett. A feltaláló ezzel a műszerrel lefektette a modern méréstechnika alapjait. A Wild Heerbrugg névre elkeresztelt induló vállalkozás néhány évvel később bemutatta a világ első légi kameráját, a C2-es modellt, valamint a B2-t, amely a világ első analóg fotogrammetriai plottere lett. Az elmúlt kétszáz év folyamán cégünk számos átalakuláson átesett, mire világelső lett az innovatív felmérőeszközök gyártásában. Lelkesedésünk az innováció iránt, a vállalkozó szellem, valamint a minőség iránti lankadatlan elkötelezettség együttese Heinrich Wild elképzelését időtállóvá tette sok-sok évtizeden keresztül. Ennek köszönhetően a svájci, Heerbrugg-i székhelyű Leica Geosystems mára globális vállalként a világ több, mint 120 országában szolgálja ki sikeresen ügyfelei igényeit. Leica Geosystems - Part of Hexagon Group, Sweden.

### ***Küldetésünk, értékeink***

Termékeink és szolgáltatásaink iránti bizalom alapja a megbízhatóság, az eszközök által biztosított érték, valamint a kiemelkedő ügyféltámogatás.

Meggyőződésünk, hogy még a világ legjobb termékeivel, megoldásaival is legfeljebb 50%-ban járulhatunk hozzá Partnereink sikeréhez. A másik 50%-ot az emberi tényező adja. Ezért fordítunk kiemelkedő figyelmet szervezetünk felépítésére, folyamatos megújítására. Az immár két évszázados Leica minőséget szeretnénk abban is tükrözni, hogy minden lényeges üzletágban, szervezeti funkcióban kizárólag az adott területen tevékenykedő, magasan képzett, dedikált munkatársak állnak Partnereink rendelkezésére. Nem kereskedőként, hanem partnerként tekintünk magunkra, ezért folyamatos együttműködést biztosítunk a megoldásaink mellé legyen szó terméktámogatásról, szervizről, vagy oktatásról.

## *Megoldásaink*

Az elmúlt években rengeteg új fejlesztéssel rukkoltunk elő. Nem titkolt célunk, hogy az egyik legszélesebb, egy gyártótól és forgalmazótól származó mérés technikai portfóliót szeretnénk nyújtani ügyfeleinknek.

A Leica Geosystems alkalmazás specifikus fejlesztései lehetővé teszik, hogy személyre szabott megoldást kínálhassunk a belépő szinttől egészen a legfejlettebb technológiákat igénylő projektekig.

Portfóliónkba megtalálja:

- GNSS megoldások széles választékát az egyszerű, úgymond alap kiépítéstől egészen a legmagasabb szintű képalkotó műholdvevőkig
- Méltán híres manuális teodolitokat és motorizált tanuló robotmérőállomás utódjaikat
- Lézerszkennereket szintén meglehetősen széles portfólióban. Ügyfeleink belépő szintű statikus térszkennertől az autóra szerelhető mobil eszközökön át a légi képalkotó szkennerek közül választhatja ki a neki legmegfelelőbbet.
- Végül, de nem utolsó sorban az építőipari vonal- és forgólézereket, kézi távmérőket, szintezőket stb.

Cégünkkel és megoldásainkkal kapcsolatban keressen minket bátran.

*Blog: [www.svajcipontosan.com](http://www.svajcipontosan.com) | Website: <http://www.leica-geosystems.com> | Facebook | Instagram : @leicageosystemsmagyarorszag*

# SZPONZOROK ÉS KIÁLLÍTÓK



HM ZRÍNYI  
GEOINFORMÁCIÓS ÉS TORBORZÁSTAMOGATÓ  
KÖZHASZNÚ NON-PROFIT KORlátolt FELELŐSÉGŰ TÁRSASÁG



CAD / Inform

