AZ ELMÉLET ÉS A GYAKORLAT TALÁLKOZÁSA A TÉRINFORMATIKÁBAN XIII.

THEORY MEETS PRACTICE IN GIS

Szerkesztette:
Dr. Abriha-Molnár Vanda Éva

Technikai szerkesztők:
Abriha Dávid,
Czomba Péter,
Juhász Bálint Bence,
Nagy Loránd Attila,
Papp Melitta,
Pataki Angelika

Lektorálta:
Dr. Négyesi Gábor

A kötet a 2022. november 3–4. 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
2022

Tartalomjegyzék

Előadások

Solange Paola Acosta Santamaría – Budayné Bódi Erika – Fehér Zsolt Zoltán – Dózsa Anna – Tamás János – Nagy Attila – Csajbók József – Kutasy Erika Tünde: LiDAR, thermal and multispectral UAV surveys settings and outcomes on small plot experiment of winter oat under foliar fertilization treatments 7

Árvai Valentin – Albert Gáspár: Növényzet alapján korrigált Sentinel-2 adatokból számított vasásvány indexek osztályozási pontosságának tesztelése random forest osztályozási módszerrel 17

Balaton Regina Hanna – Pődör Andrea: A csákvári Szent Vince Otthon kedvesnővéreinek temető parcellájának felmérése, térképezése, térinformatikai adatbázis létrehozása 25

Bálint Béla: Trimble Connect. Együttműködés egyszerűen a közös adatkörnyezetben (CDE) – bárhol és bármikor – online és offline 33

Balla Dániel – Gede Mátyás: Az openrouteservice.org lehetőségeinek bemutatása egy komplex webes útvonaltervező alkalmazással 41

Balla Dániel – Kiss Emőke – Mester Tamás: Vízminőségi adatok értékelési és megjelenítési lehetőségei egy WebGIS alkalmazás segítéségével 49

Benő András – Kocsis Mihály – Szatmári Gábor – Laborczi Annamária – Szabó Brigitta – Bakacsi Zsófia – Pásztor László: A LUCAS és TIM adatbázisok fizikai talajtulajdonságainak térbeli összehasonlítása 59

Berke József – Enyedi Attila – Teschner Gergely – Kozma-Bognár Veronika: Multispektrális UAV érzékelők sötét zaj értékeinek magasabb szintű képfeldolgozási folyamatokra gyakorolt hatása 67

Birinyi Edina – Kern Anikó – Kristóf Dániel – Barcza Zoltán: Nagyfelbontású kukorica és napraforgó állapot-térképezés a Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszerben: a 2022-es aszály hatása 75

Mahsa Bokharaeian – Reza Naderi – Arpad Csamer: Numerical simulation of Mudflow by SPH method 83

Czimber Kornél – Miszori Krisztián – Pallos Péter – Mnyerczán András: Erdőterületek UAV alapú légi lézeres felmérése és kiértékelése 89

Czomba Péter – Túri Zoltán – Vass Róbert: Felső-tiszai mederzátonyok szemcseösszetételének vizsgálatatávérzékelt adatokkal (Esettanulmány) 95

Decsi Bence – Koncsos László – Kozma Zsolt – Ács Tamás: Felszíni- és felszín alatti vizek kapcsolatának gradiens alapú elemzése a Duna vízgyűjtőn 101

Dobai András – Dobos Endre: Hegy és dombvidéki kisvízgyűjtőkön kialakuló árhullámok elleni védekezés támogatása térinformatikai módszerekkel 109

Dobos Nóra – Varga Orsolya Gyöngyi – Túri Zoltán: Fenológiai vizsgálatok napraforgómintákon Sentinel-2 műholdfelvételek felhasználásával 117
Mohammad Dowajy – Lovas Tamás – György Szabó: Comparative study of Spatial Interpolation Methods for Creating Digital Elevation Models from Lidar point clouds 123
Eke Zoltán – Kiss Levente – Havasi István: Ha kétszer mérek ugyanott szonárral, ugyanazt az eredményt kapom? 133
Abdelmajeed Adam Elrasheed Ali – Szabó Szilárd: Comparing the Capability of Landsat 8 and Landsat 9 in lithological mapping utilizing Random forest algorithm 141
Mohamed Fawzy – Anna Czinkoczky – György Szabó: Object Based Image Analysis Assessment for Urban Applications Using VHR Satellite Images 143
Gadó Béla: Közösségi térképezés által létrehozott téradatok pontossági vizsgálatának módszertani ismertetése 151
Gyenizse Péter – Pap Norbert –Kitanics Máté – Szabó Tibor: Napkelte és napnyugta adatainak modellezése történelmi események rekonstrukciójához 155
Juhász Bálint Bence – Szabó Szilárd: Gépi tanulási módszerek alkalmazása a zöldfelületek azonosításában Debrecen példáján 163
Juhász Dániel: A talajvíz minőségének állapotfelmérése Mezőkövesd település példáján 169
Kajári Balázs – Bozán Csaba – Boudewijn van Leeuwen: Belvíz idősoros elemzése konvolúciós neurális hálózattal Sentinel-2-es műholdfelvételeken 177
Kiss Nikolett Éva – Fehér Zsolt Zoltán – Nagy Attila – Budayné Bódi Erika – Pásztor Dávid – Magyar Tamás – Nikl András – Quang Hop Tran – Tamás János: A mélytanuló algoritmusokkal támogatott, gépjárművel végzett, fotogrammetriai alapú térbeli adatgyűjtés lehetőségei a precíziós mezőgazdaságban 185
Kiss Veronika Flóra – Török Zsolt Győző: A térképolvasás oktatásának fejlesztése: változatlan alapismeretek a hazai általános iskolai atlaszokban? 191
Kupásné Szalóki Annamária – Szabó Loránd – Burai Péter – Bacsó Zsófia Réka –Tomor Tamás – Csige László: Bogyóminta vizsgálat különböző távérzékelési módszerek alkalmazásával a mádi borvidék területén 199
Bálint Magyar – Sándor Tóth – Roland Horváth – György Szabó: Effects of multi-resolution DEM products on parameters of cross-correlation based geocoding algorithm in case of different terrain types 205
Mari László – Imecs Zoltán – Telbisz Tamás: Erdőborítottság változásai az Erdélyi-szigethegység Natúrpark (Parcul Natural Apuseni) területén 215

Miszori Krisztián – Óvári Ágnes – Czimber Kornél: Zöldterületi geoinformatikai nyilvántartó és elemző rendszer fejlesztése 221
Mohammad Reza Ojani – Mehdi Ghajar Sepanlou – Mohammad Ali Bahmanyar – Majid Danesh – Szabo Szilard: Spatial changes of phosphorus pollution in river and different land uses drainage. Case study: Bostankar wetland 231
Nagy Loránd Attila – Szabó Gergely – Bertalan László: Eltérő módon történő UAV-felvételezésből származó fotogrammetriai modellek összehasonlító pontosság-vizsgálata 233
Németh Gergő – Gyenizse Péter – Lóczy Dénes: Vizes élőhelyek tájtörténeti elemzése geoinformatikai módszerekkel 239
Felix Michael Oguche – Attila Nagy – Ephraim Michael – John Jiya Musa – Erika Buday-Bódi – Tamás Magyar – Mehmood Ali – Zsolt Zoltán Fehér: Development of an agricultural sensor hub for dynamic data assimilation of real-time irrigation control 247
Papp Melitta – Szabó Szilárd – Abriha Dávid: WorldView–2 és WorldView–3 felvételek értékelése képosztályozáson keresztül 255
Pataki Angelika – Szabó Szilárd: Műholdadatokból származtatott talajnedvességadatok vizsgálatának nehézségei 261
Pecsmány Péter – Hegedűs András – Vágó János – Szalontai Lajos: Medencék azonosítása éghajlati jellegzetességeik alapján, műholdfelvételek elemzésével 265
Ali Shebl – Maher Dawoud – Amr S. Fahil – Mohamed A. Abdelkader – Árpád Csámer: Lithological Discrimination Utilizing Advanced Land Imager: A Case Study From The Egyptian Eastern Desert 271
Stenzel Sándor: Térszkenner használata az UVATERV Zrt. munkáiban 279
Szabó György: A pénzügyi kockázat topográfiája: A térinformatika döntéstámogatási funkciójának megjelenése a pénzügyi világban 283
Szentpéteri László – Bajdik János: Multibeam szonárok belvízi alkalmazási lehetőségei 291
Djamila Talbi – Zoltán Gál: Localization Behaviour of the THz Radio Communication Based on Unsupervised Machine Learning 293
Tran Quang Hop– Rakonczai János – Pásztor Dávid – Fehér Zsolt Zoltán: A változó klíma hatására megváltozó hidrológiai rendszer modellezése a Berettyó vízgyűjtőjén 301
Ungvári Zsuzsanna – Gede Mátyás: Új kurzusok a Geoinformatika mesterképzésben 311
Utasi Zoltán: Az integrált kataszter alkalmazási lehetőségei a településrendezésben 317
Varga Zsófia – Vörös Fanni – Pál Márton – Kovács Béla – Jung András – Elek István: Osztályozási módszerek és új megoldások teljesítményének és pontosságának összehasonlítása UAV-alapú, közel valós idejű adatfeldolgozás céljából 325

Varga Zsolt – Czédli Herta – Kézi Csaba Gábor: Debrecen felszínmozgásának vizsgálata az országos szintezési hálózat alapján 339
Vass Róbert: A hullámtéri érdesség változásának vizsgálata a Felső-Tisza Lónya menti szakaszán 347
Virág Martin – Molják Sándor – Hőgerl Bence – Sütő László: Turistautak eróziós mérése LiDAR szkenner és légi fotogrammetria segítségével 355
Ubaid Akhtar – László Bertalan: Area Change Detection in Sikkim Himalayan Glaciers from the year 2000 To 2017 using Remote Sensing and GIS Tools And Techniques 361
Horváth, Viktor Győző – Barsi, Árpád: AI-based image compression methods in crowd-sourced street imagery segmentation 371
Kalamkas Yessimkhanova – Mátyás Gede: Leveraging Google Earth Engine for climate change mapping: Kazakhstan's case study 381

Poszterek
Balogh Richárd – Pirkhoffer Ervin – Czigány Szabolcs: Digitális terepbejárás a geológia ösvényein 383
Pacskó Vivien – Belényesi Márta – Barcza Zoltán: Műholdfelvételeken végzett referenciaadat-hordozhatósági vizsgálatok első eredményei 385
Steinmann Vilmos: Komplex hidrológiai és felszínfejlődési modell földi mars-analóg területek vizsgálatához 386

Mellékletek 387
Szponzorok és kiállítók 393

LiDAR, thermal and multispectral UAV surveys settings and outcomes on small plot experiment of winter oat under foliar fertilization treatments

Solange Paola Acosta Santamaría[1] – Budayné Bódi Erika[2] – Fehér Zsolt Zoltán[3] – Dózsa Anna[4] – Tamás János[5] – Nagy Attila[6] – Csajbók József[7] – Kutasy Erika Tünde[8]

[1] MSc student, University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Water and Environmental Management, solangep.acostas@unilibrebog.edu.co
[2] assistant lecturer, University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Water and Environmental Management, bodi.erika@agr.unideb.hu
[3] senior lecturer, University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Water and Environmental Management, feher.zsolt@agr.unideb.hu
[4] MSc student, University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Water and Environmental Management, dozsanna@gmail.com
[5] full professor, University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Water and Environmental Management, tamas@agr.unideb.hu
[6] associate professor, University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Water and Environmental Management, attilanagy@agr.unideb.hu
[7] associate professor, Institute of Crop Sciences, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, University of Debrecen, csj@agr.unideb.hu
[8] associate professor, Institute of Crop Sciences, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, University of Debrecen, kutasy@agr.unideb.hu

Abstract: Five Hungarian winter oat (*Avena sativa L.*) varieties were involved into small-plot field experiment to examine abiotic stress under three different (Si, S, Si&S) foliar fertilization treatments. Wide range of in situ and laboratory measurements were carried out describing the status of the crop at its different phenological stages. Besides these, UAV surveys with multispectral, thermal and LiDAR payloads were executed eight, four and four times, respectively. Data provided by UAV surveys can effectively support studies in which spatiality and multi-factorability in terms of the abiotic parameters are considerable. Present study focused on the different UAV surveys and their outcomes highlighting both the good practices to be followed and the solutions to be improved or avoided.

Introduction

In the recent years, the interest of UAV's surveys applied for environmental and agricultural aspects has been increasing because of their high practicality and non-invasiveness application (Coelho et al. 2019). Drones are often utilized in farms to help the farmers as part of precision agriculture to modernize the way in which people see the agriculture.

This kind of high-technology solutions can collect data on crop yield, livestock health, soil quality, nutrient assessments, weather, and rainfall patterns fulfilling the accuracy rate requirement of precisional agriculture (Riczu et al. 2015). Drones equipped with diverse sensors, can scan the crops using visible and near-infrared light to monitor its health over the time and their response to several variables.

Vegetation indexes such as NDVI (Normalized difference vegetation index) and NDRE (normalized difference red edge index) are applied to crops as well due to the relationship between the reflectance spectra, absorbance value and the physiological parameter of the plants, nevertheless, they need a correct determination of the phenological stage and further analysis in order to identify the healthiness of a crop. Coelho et al. (2019) found that NDVI index has a great sensitivity to water deficit, which exhibits a direct correlation to irrigation level up to 95% of the evapotranspiration rate.

By the other hand, oat (*Avena sativa L.*) has been grown firstly as an animal crop but since the 19th century, it has been accepted as part of the human diet, several studies show that it's an excellent source of valuable nutrients which contributes to the human nutrition (Alemayehu et al. 2022) like an excellent lipide profile and high amount of fibre (Capouchova et al. 2020), reason of its high significance worldwide. However, the nutritional qualities of the varieties change between them, which could have influence in their response and its behavior towards external parameters such as climatic conditions and furthermore the application for different kind of products like the fertilizers.

Previous study (Csajbók et al. 2022; Kutasy et al. 2022) revealed that there was an influence of the fertilization treatment on physicochemical parameters such as pH and electric conductivity, also NDVI maps showed an incipient difference of the plant's health trough the time between the compositions of the fertilization. Several studies show the effects of fertilization in grains like oat, (Chwil 2014) shows that the application increase the yield and quality parameters as well as the amino acid composition of proteins.

In October of 2021, seven varieties of winter oat were evaluated under the direction of Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management of the University of Debrecen in which three foliar fertilization treatments (S, Si, Si&S) and one control block were considered in an aleatory way with three repetitions, for that purpose, UAV's surveys and laboratory measurements were done and correlated each other to investigate the possible tolerance of the varieties towards the abiotic stress with the different treatments. The results showed that it's possible to find a correlation between the physicochemical parameters and the vegetation indexes obtained using the UAV however, a deeper study was needed to verify the results and investigate the real association among the variables. In the frame of this study, we present a) the settings of the drone surveys and evaluate how adequate they were, b) certain outcomes of the survey.

Materials and Methods

Study area

The study area is in the campus of the Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management of the University of Debrecen. The area is 60 m * 12 m. The research group had collected soil samples to gain soil physical and chemical information and to reveal heterogeneity. The area has filled soils from elsewhere, and the general slope of the area is towards west. One control block and three foliar fertilization treatment experiment blocks were formed. The main chemicals in the treatments were silicon, sulphur, and a complex both with silicon and Sulphur, respectively (*Fig. 1*).

The parcels for varieties, opposing to previous year's study (Csajbók et al. 2022; Kutasy et al. 2022) were not randomized this time. The small-plot field is surrounded by residential area from two sides (*Fig. 2*).

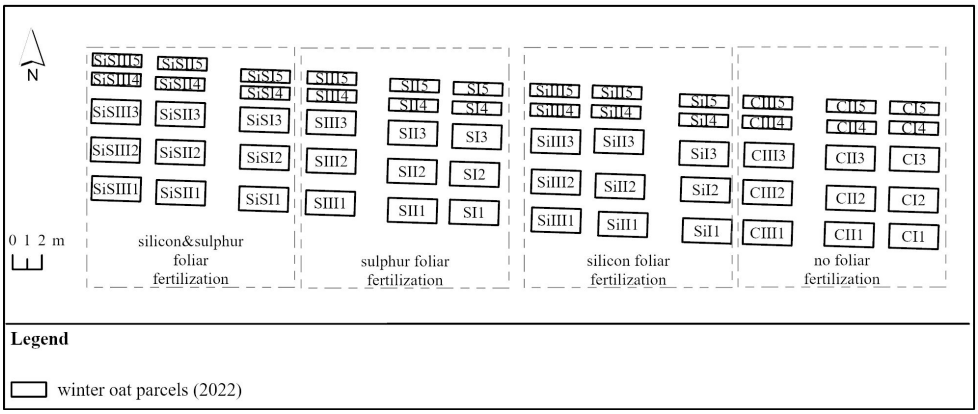


Figure 1. Location of the winter oat small-plot experiment in 2022

Figure 2. Photo of the site taken on 7th June 2022 during drone survey

Table 1. UAV survey scheduling (M – multispectral (NDVI/NDRE imaging), T – thermal imaging, L – LiDAR survey, harv. – harvested)

	10th May	17th May	23rd & 24th May	31st May	7th June	14th June	20th & 21st June	27th June	*7th July*
M	x	x	x	x	x	x	x	x	*harv.*
T	x		x		x		x		
L	x		x		x		x		

Before harvesting winter oat of small plot experiment dated on 7th July 2022 NDVI/NDRE imaging was carried out eight times, while thermal imaging and LiDAR surveys were accomplished four times during period of May and June 2022 (*Table 1*).

DJI Matrice 300 RTK with LiDAR payload and Thermal camera

DJI Matrice 300 RTK and DJI Mavic 2 Zoom, were used in the study. The first one was equipped with various sensors in our surveys named as Zenmuse L1 LiDAR with integrated RGB Surveying Solution supplied with high-accuracy IMU (Inertial Measurement Unit), and DJI Zenmuse H20T which thermal camera measures in the spectral range from 8000 to 14000 nm.

The LiDAR (Light Detection and Ranging) is an active remote sensing system that can be used to map structure over a wide area, including vegetation height, density and other features throughout the area. LiDAR uses laser light to measure the light reflected from the ground or landforms, so that the difference in the time of light emission and reflection can be used to calculate the height of the land surface (Štroner et al. 2021; Diara – Roggero 2022).

In this survey, the ground sample distance (GSD) was 0,68 cm/pixel, the generated point cloud density was 1886 point/m^2, the IMU was calibrated, and terrain following was turned off. The survey was executed at 25 m height, the take-off speed and the speed of the survey was 5 m/s and 3 m/s, respectively. In the advanced setting the side overlap for LiDAR sensor was 20%, while for the visible range it was 80%. During the flight the course angle was 358°, 25 m wide margins were added, and the payload setting was 240 KHz.

Data processing was done applying post-processed kinematic (PPK) techniques based on RINEX data provided by the GNSS base station located in the building of the Institute of Water and Environmental Management. After correction, data was processed in DJI Terra software (*Fig. 3*).

By the other hand, a drone-mounted thermal camera converts the heat reflected from plants and objects into an image that we can see, which can benefit agriculture in many ways. The camera can provide a wide range of information about plants, such as their physiological condition or the need for irrigation in each stand, but most importantly, it can give us an indication of the health of the crop before it is visible to the human eye, so that we can prevent unexpected damage in time (Messina – Modica 2020).

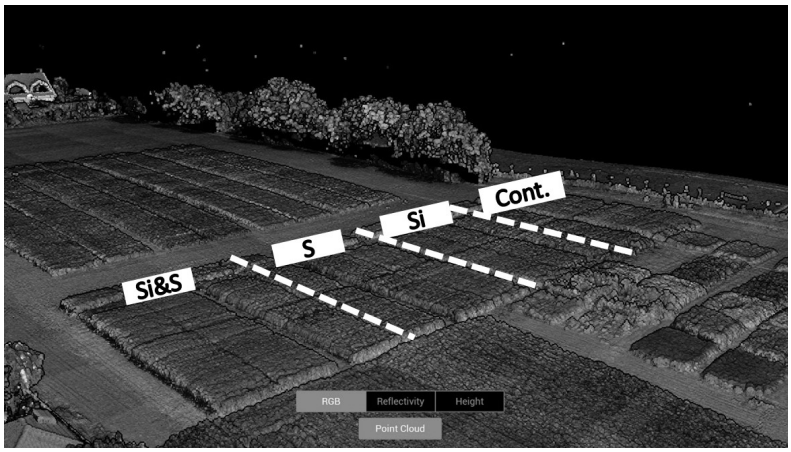


Figure 3. The LiDAR generated DSM of the winter oat parcels created from the UAV flight on 7th June 2022 (DJI Terra view). Si&S – silicon and sulphur foliar fertilization treatment block, S – sulphur foliar fertilization treatment block, silicon foliar fertilization treatment block, Cont. – control block

In the settings, 25 m height was ordered for flight altitude which provided 4,80 cm/pixel (GSD) spatial resolution. The take-off speed was 6,7 m/s, and speed was 1,6 m/s in the imaging phase, no elevation optimization was applied. The side overlap ratio was 70%, while the frontal overlap ratio was 80 % and the course angle was 357° and we enabled 5 m for margin.

The raw thermal images were converted from JPEG to GeoTIFF format with actual temperature values in °C dimension and assigned metadata to the images, including GPS coordinates of the time of capture and the 3D position of the camera. Then these GeoTIFF formatted images were processed in Pix4D Mapper which is a unique photogrammetry software specifically for drone data.

DJI Mavic 2 Zoom with Sentera Double 4K sensor

For multispectral analysis DJI Mavic 2 Zoom drone was used equipped with a Sentera Double 4K sensor. The sensor can be used to measure NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) by filtering red and NIR waves (near-infrared reflectance), hence photosynthetic activity of the crop can be measured, and drought levels can be monitored. On the other hand, NDRE index can also be measured with the sensor, which is important for several reasons, as it provides a clear picture of the inland water stains in the area, and it can give an earlier insight into the development of potential diseases or vegetation stress (Giordan et al. 2020).

The drone surveys were executed at an altitude of 20 m. The overlap was 60 %, GSD was 0,6 cm/pixel, the speed was 2 m/s, the direction for 80°, the boundary buffer for 0 m (~0,5 images), the gimbal pitch value for –90° were set in the Field Agent application. The duration of the mission was approximately seven minutes meanwhile 3*73 photos were generated.

GIS work

The resulting images were all processed in the Pix4D Mapper software. The ArcGIS Pro software was used for obtaining and for further process the plant height, the thermal and the NDVI and NDRE maps of each date. First georeferencing of all raster layers were carried out in ArcGIS Pro. Height data was generated by subtracting LiDAR-generated DSM data of 10th May 2022 from each further occasions DSMs. The resulted 8 NDVI, 8 NDRE, 4 thermal and 3 height maps were input value rasters for Zonal Statistics as Table tools containing all the offered statistical parameters: mean, sum, minimum, maximum, minority, majority, median, standard deviation, variety, 90% percentile, providing in zone data for each individual parcels of winter oat. All the tables were joined to the vector layer of parcels and then was exported to MS Excel where basic statistical reports were prepared.

Results and Discussion

There are several ways to utilize UAV data for analysis depending on what the certain study focuses on: the treatments or the variety of winter oat or both. Generally, for the entire crop mass, it can be stated that the survey on 24th May is considered as pre-flowering phenological phase, the survey on 7th June as flowering phase while the survey on 21st June as a post-flowering phase. A pre-harvest survey would have been recommended to monitor the entire phenological phase of the winter oat in each treatment. *Figure 4* presents the crop height values generated from the LiDAR data of 24th May, 7th June and 21st June for each treatment. The maximum crop height was at the end of its vegetation period only except for the control block, which reached its top height earlier, close to 7th June. This can be caused due to the treatment since the crop could maintain more water and perform longer and healthier phenological phases.

The thermal image survey on 7th June 2022 indicates that the crop temperature values vary between 15,39 °C and 30 °C, while the temperature of surfaces with limited or no surface cover can exceed 55 °C. Spatially, based on this data,

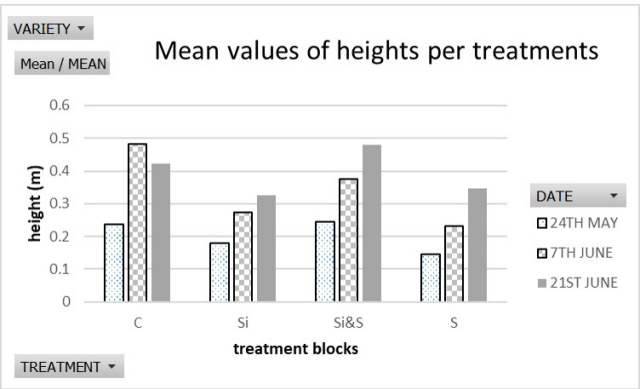


Figure 4. Mean height values for each treatment blocks on 24th May, 7th June, 21st June 2022

a considerable heterogeneity is formed. More information on abiotic characteristics of the field must be involved to reveal its reasons and a more detailed, e.g. parcel-level phenological stage (BBCH) monitoring is recommended.

The resulted thermal images do not cover all the parcels hence data for the entire first repetition in the control block and parts from the second repetition cannot be analysed (*Fig. 5*). The setting for thermal imaging needs to be revised in future studies. Moreover, this must be considered during further analysis.

There are 8 NDVI outcomes, similarly to NDRE, which mean a significant amount of rasters to present as maps, hence map-pair for comparison is presented by *Figure 6*, and *Figure 7-8* supposed to provide information on the mean values and the average amount of variability (STD values).

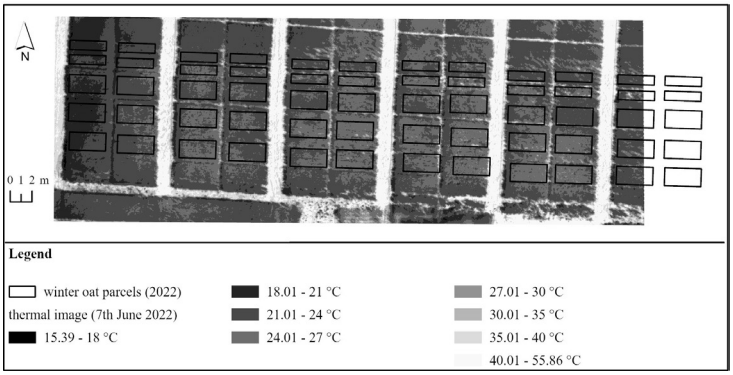


Figure 5. Thermal map of the small-plot experiment field on 7th June 2022

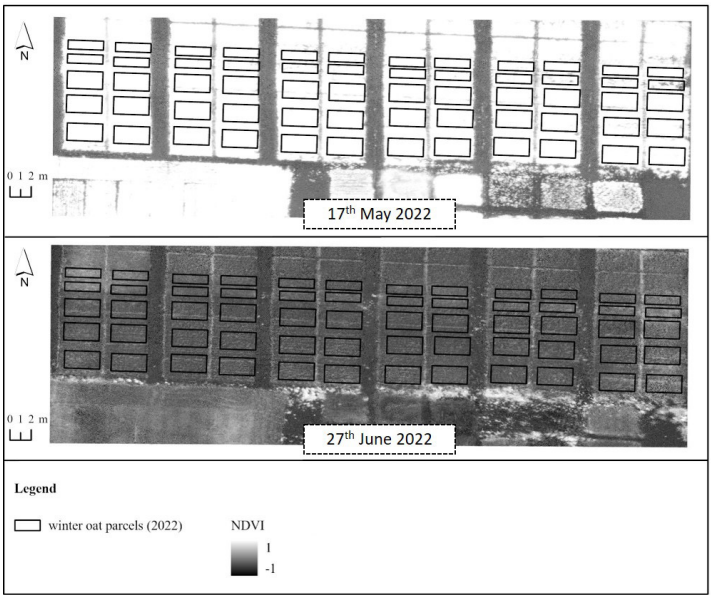
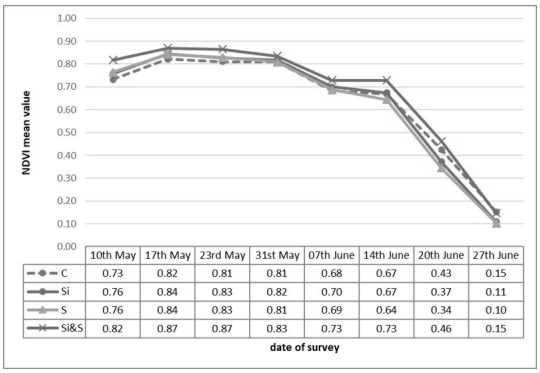
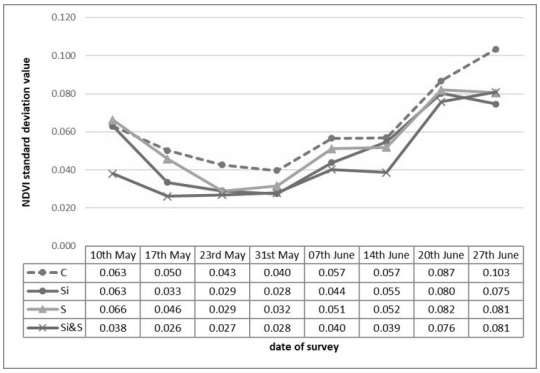


Figure 6. UAV supported NDVI maps of winter oat small-plot experiment on 17th May and 27th June 2022, respectively



	10th May	17th May	23rd May	31st May	07th June	14th June	20th June	27th June
C	0.73	0.82	0.81	0.81	0.68	0.67	0.43	0.15
Si	0.76	0.84	0.83	0.82	0.70	0.67	0.37	0.11
S	0.76	0.84	0.83	0.81	0.69	0.64	0.34	0.10
Si&S	0.82	0.87	0.87	0.83	0.73	0.73	0.46	0.15

Figure 7. NDVI mean value curves of winter oat small-plot experiment for each treatment block



	10th May	17th May	23rd May	31st May	07th June	14th June	20th June	27th June
C	0.063	0.050	0.043	0.040	0.057	0.057	0.087	0.103
Si	0.063	0.033	0.029	0.028	0.044	0.055	0.080	0.075
S	0.066	0.046	0.029	0.032	0.051	0.052	0.082	0.081
Si&S	0.038	0.026	0.027	0.028	0.040	0.039	0.076	0.081

Figure 8. NDVI standard deviation value curves of winter oat small-plot experiment for each treatment block

Changes in the phenological phases can be tracked by the NDVI curves. By the end of May it was a pre-flowering phase with NDVI value above 0,7, while early June was flowering stage with NDVI values of around 0,64–0,7, and after 14th June was the last principal growth stage when NDVI values drastically decreased reaching even 0,1.

There is no significant difference among the mean NDVI values of the different treatments. The highest values are related to the S&Si combined treatment. Among the standard deviation values of the NDVIs the highest was the control block, while the Si&S treatment block has the lowest values (*Fig. 8*).

Conclusions

The different foliar fertilization treatments have effects detectable via UAV data during analysis. In this experiment the Si&S combination caused the most advantages changes in crop in terms of height, temperature and NDVI. However, involvement of other data and further analysis are needed for determination of the possible small heterogeneity in the soil-water-plant system of this small-plot experiment field.

Taking all measurements into account, UAV measurements have an undeniable advantage in terms of spatial coverage but can also be among the most frequently carried out measurements in terms of time (Nagy et al. 2021). In addition, it is non-invasive and helps to minimise field work in cropland, orchard, forests, etc. management (Nagy – Tamás 2013). In the very example of this winter oat experiment the weekly temporal resolution for NDVI and NDRE mapping is sufficient while increase of frequency of the thermal and LiDAR imaging is advised to get a more detailed track of the change in biomass and to learn more about the thermal behaviour of the crop. Though, in this study the climatic properties were not described the above-mentioned measurements can be scheduled accordingly to the meteorological conditions. Besides atmospheric data, time-series data describing soil parameters can be a useful wing of such research (Nagy – Tamás 2009). The timing of UAV measurements was harmonised with other field measurements and sample collections which can ease analysis of different parameters carried out by different tools and techniques.

Acknowledgement

Project no. TKP2021-NKTA-32 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

Alemayehu, G.F. – Forsido, S.F. – Tola, Y.B. – Amare, E. (2022): Optimization of nutritional and sensory properties of fermented oat-based composite beverage. Heliyon, 8(2), 12 p.

Capouchová, I. – Burešová, B. – Paznocht, L. – Eliášová, M. – Pazderů, K. – Konvalina, P. – Satranský, M. – Dvořáček, V. (2020): Antioxidant activity and content of selected antioxidant compounds in grain of different oat cultivars. Plant Soil Environ., 66, pp. 327–333.

Chwil, S. (2014): A study on the effects of foliar feeding under different soil fertilization conditions on the yield structure and quality of common oat (Avena sativa L.). Acta Agrobot., 67, pp. 109–120.

Coelho, A.P. – de Faria, R.T – Leal, F.T. – Barbosa, Jde A. – Dalri, A.B. – Rosalen, D.L. (2019): Estimation of irrigated oats yield using spectral indices. Agric. Water Manag., 223, pp. 1–8.

Csajbók, J. – Buday-Bódi, E. – Nagy, A. – Fehér, Z.Z. – Tamás, A. – Virág, I.C. – Bojtor, C. – Forgács, F. – Vad, A.M. – Kutasy, E. (2022): Multispectral Analysis of Small Plots Based on Field and Remote Sensing Surveys – A Comparative Evaluation. Sustainability, 14, 19. p.

Diara, F. – Roggero, M. (2022): Quality Assessment of DJI Zenmuse L1 and P1 LiDAR and Photogrammetric Systems: Metric and Statistics Analysis with the Integration of Trimble SX10 Data. Geomatics, 2, pp. 254–281.

Giordan, D. – Adams, M.S. – Aicardi, I. (2020): The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for engineering geology applications. Bull. Eng. Geol. Environ, 79, pp. 3437–3481

Kutasy, E. – Buday-Bódi, E. – Virág, I.C. – Forgács, F. – Melash, A.A. – Zsombik, L. – Nagy, A. – Csajbók, J. (2022): Mitigating the Negative Effect of Drought Stress in Oat (Avena sativa L.) with Silicon and Sulphur Foliar Fertilization. Plants, 11, 30, 19 p.

Messina, G. – Modica, G. (2020): Applications of UAV Thermal Imagery in Precision Agriculture: State of the Art and Future Research Outlook. Remote Sens., 12, 26 p.

Nagy, A. – Tamás, J. (2009): Integrated airborne and field methods to characterize soil water regime. [In: Celkova, A. (ed.) Proceedings of peer-reviewed contributions, Transport of water, chemicals and energy in the soil-plant-atmosphere system] Institute of Hydrology, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, 412–420.

Nagy, A. – Tamás, J. (2013): Non-invasive water stress assessment methods in orchards. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44(1), pp. 366–376

Nagy, A. – Szabó, A. – Farkasné Gálya, B. – Tamás, J. (2021): Real-time spectral information to measure crop water stress for variable rate irrigation scheduling. In: Stafford, J.V. (szerk.) Precision agriculture ’21. Wageningen Academic Publishers, pp. 427-433.

Riczu, P. – Nagy, A. – Tamás, J. – Lehoczky, É. (2015): Precision weed detection using terrestrial laser scanning techniques. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46(1), pp. 309–316.

Štroner, M. – Urban, R. – Línková, L. (2021): A New Method for UAV Lidar Precision Testing Used for the Evaluation of an Affordable DJI ZENMUSE L1 Scanner. Remote Sens., 13, 4811.

Növényzet alapján korrigált Sentinel-2 adatokból számított vasásvány indexek osztályozási pontosságának tesztelése random forest osztályozási módszerrel

Árvai Valentin[1] – Albert Gáspár[2]

[1] PhD hallgató, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, Eötvös Loránd Tudományegyetem, valentin356@gmail.com
[2] egyetemi docens, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, Eötvös Loránd Tudományegyetem, albert.gaspar@gmail.com

Absztrakt: A növényzettel fedett területek geológiai jellemzőinek, illetve geológiai anomáliák műholdfelvételekből történő kinyerésére általában a képfeldolgozási módszerek két részterületére helyezik a hangsúlyt. Egyrészt olyan növényzeti tulajdonságokat kiemelő indexek vizsgálatára, amelyeket a témában még nem teszteltek, másrészt új, multispektrális, illetve hiperspektrális műszerekből nyert nagy felbontású adatok használatára. Ebben a tanulmányban a romániai Hátszegi-medence egy mintaterületét vizsgáljuk meg, ahol a geológiai jellemzők távérzékeléssel történő térképezése a jelenleg is zajló földtani kutatások segítségére lehet. A vizsgálat a múlt évtizedben pályára állított Sentinel-2 műhold felvételét feldolgozva, egy olyan algoritmus (a Forced Invariance Method) implementációjával történt, ami a szerzők szerint képes a növényzet alatti litológia felfedésére. Jelen tanulmány eredményei megerősítik, hogy a módszer a vizsgált területen valóban képes kis mértékben javítani a geológiai osztályozáson.

Bevezetés

A növényzeti fedettség a kezdetektől problémát okoz a litológiai információk kinyerésében. Ennek a problémának az orvoslására jelenleg két részleges megoldás létezik. Egyrészt bizonyos sáv arányok használatával ki lehet fejezni néhány ásványtípust a növényzetre gyakorolt hatásuk alapján. A másik gyakrabban alkalmazott módszer a FIM (Forced Invariance Method) alkalmazása.

A témában több cikk is megjelent az elmúlt években. Hede et al. (2015) új növényzeti indexet fejlesztettek ki, hogy az ásványlelőhelyek által okozott anomáliákat képesek legyenek detektálni. Emellett van olyan tanulmány is, amelyben a szerzők Crippen – Blom (2001) FIM algoritmusát használják, hogy a talaj sótartalmának meghatározásához használt légifelvételről a növényzet okozta „zajt" csökkentsék (Liu et al. 2018). Szintén ezt az algoritmust használták már az Atlasz hegység Marokkóba eső kisebb szegmensének litológiai osztályozásának javítására is (Bachri et al. 2019). A jelen tanulmányban is ezt a módszert alkalmaztuk, majd az így kapott sávokból kalkulált vasásvány-indexekkel geológiai osztályozást végeztünk a random forest osztályozó algoritmussal.

Anyag és módszer

A kutatás mintaterületéül a Hátszegi-medence nyugati része, valamint a Ruszka-havas hegycsoport keleti nyúlványainak egy része szolgál. A kutatás szempontjából ezek, a sűrűbb növényzettel fedett területek érdekesek, ugyanis ezeken a területeken a növényzet miatt az osztályozás rosszabb minőségű.

A kőzetek osztályozásához a jelen tanulmányban alkalmazott munkamentben szükség volt a területről készült geológiai felvétel vektoros formájára, amelyben a kőzettípusok csoportosítva vannak és csoportonként saját indexel rendelkeznek.

Geológiai alapként a Romániai Földtani Intézet által kiadott 1: 50 000-es méretarányú térképek szolgáltak (Harta Geologică a României la scara 1:50.000), amelyek azonban nem litológiai, hanem formáció szintű kategóriákat ábrázoltak. A terület két geológiai felmérési szelvényre esik. Nagyobb részét a Hátszegi szelvény (Lupu et al. 1993) fedi le, míg a tőle nyugatra lévő szelvény (Bautar) (Georgescu et al. 1979), csak néhány száz métert. Ez a két szelvény két különböző térképezési időszakban készült, a Bautari szelvény 1979-ben, míg a Hátszegi 1993-ban. Mindkét szelvény több terepi geológiai felmérés alapján készült és korkülönbségük miatt a jelkulcsuk is különböző.

A munkafolyamat része volt a vektorizálás is, amelynek során a jelkulcsi elemeket a leírásuk alapján litológiai kategóriákra bontottunk. A területen 18 kőzettípust (osztályt) határoztunk meg a geológiai térképek alapján (*1. ábra*). A vektorizálás a QGIS szoftverben történt.

Index	Kőzettípus	Osztály
qh_2	lejtőtörmelék, hordalékkúp törmelék	1
qh_1	terasz lerakódás 2-4 méteres magasságban	1
qh_1^{pr}	proluviális törmelék	1
qp_3-qh	árvíz üledékek	1
qpf_7	terasz lerakódás 15-20 méteres magasságban	1
m_2^l	márgák, homokok és kövületes meszes homokkövek, tufa közberétegzések – Delineşti formáció	2
Pg-m_1	szürke agyagok, vörös homok és konglomerátumok	3
Pg	homok és kavics	4
ma_2Pg_1	konglomerátum, breccsa, durva homokkövek, lila és fekete aleurit széntartalmú közberétegzésekkel	5
ma_2	konglomerátum, homokkő, aleurit, vulkanoklasztitok, lávák és andezit tufák	6
cp_2-ma_1	márgák/agyagok + - aleurit, homokkövek, homokos kalkarenitek és mikrokonglomerátumok. flis fácies, uralkodóan disztális. (Pui Formáció)	7
cp_2	márga / agyag +- aleurit, homokkő és meszes homokkő, finom- és középszemcsés rétegekben. disztális flis üledék	8
st-cp_2	márgák / agyagok, mészmárga és márgás, aleuritos, szürke, fehéres és helyileg kvarcos homokkő. Selfperemi és hemipelágikus fáciesek	9
c	karbonátpala + dolomit	10
gn	gneisz	11
a	amfibolit	12
sqt	kvarcit/kvarcit rendszerek biotittal	13
sscl	szericites-kloritos palák	14
msgr	gránátos (alamandinos) csillámpala	15
msst	gránát és sztaurolit	15
mtb	bázikus metatufit	16
Pc_3A	granitoid	17
pgnbi	paragneisz és biotit	18

1. ábra A kialakított kőzetosztályok

A vektoros állományok mellett az input oldalon vannak az osztályozandó képfelvételek is. Ehhez egy, a Sentinel-2 műhold által a mintaterületről februárban készített (2021.02.25.) felvételt használtunk, amelyen a hóborítottság minimális volt. A felvételnek a már előfeldolgozott L2A típusú termékét használtuk, amely átesett légköri korrekción, illetve a domborzat árnyékoló hatásának korrekcióján.

A geológiai osztályozáshoz a Sentinel 2 sávjai esetében leginkább az bizonyult korábban eredményesnek, ha a vasásvány-indexek alapján történik az osztályozás (Albert – Ammar 2021). Az osztályozáshoz emiatt a felvételből először a vasásványok indexét számítottuk ki, majd a már említett FIM metódussal simítottuk. A vasásványok indexeinek számítását egy Landsat-8 – Sentinel-2 adatkontinuitási vizsgálatát végző cikkben (van der Werff – van der Meer 2016) foglalták össze, megadva a formulát a Sentinel 2 sávjaihoz is. E tanulmány alapján összesen hat vasásvány-indexet választottunk ki: Fe^{2+}, Fe^{3+}, FeO, vas-szilikátok, gossan, és a laterit. Az elkészített vasásvány-indexek rasztereinek (elő)feldolgozása alapvetően öt részből áll. Először egy sötét pixel korrekciót hajtunk végre sávonként, amelynek során megkeressük a felvétel adott sávjának legkisebb értékű pixelét, majd ezt az értéket kivonjuk az összes pixelből. Ezzel bizonyos mértékben korrigálható a legköri zaj (az L2A-típusú felvételen ez már korrigálva van, így ez a lépés nem változtatott jelentősen a felvételeken).

A következő lépés a növényzeti index, vagyis az NDVI számítása. Az eredeti cikkben ehhez a Landsat TM (Landsat-5) közeli infravörös sávjának (4), valamint a vörös sávjának (3) 4/3 arányát használták. A Sentinel-2 felvételei esetén ez a 8-as és a 4-es sáv arányának felel meg.

A növényzeti index (ni.) kiszámítása után sáv-arányonként a ni. és az adott vasásvány szkattergramját vizsgáljuk meg és kiértékeljük.

Meghatározzuk az adatokra legjobban illeszkedő görbét (ni. csoport átlag). Mivel a szimpla átlag görbe nem elég sima futású, így ezzel tovább szűrhetjük az esetleges kiugró értékeket. A görbe így minden ni. csoportra tartalmaz egy értéket.

Minden növényzeti csoport ezután átesik egy un. simító eljáráson, amellyel a növényzetnek az adott vasásvány értékeire kifejtett hatását csökkentjük, távolítjuk el. Az új kép pixelei az alábbi képlet segítségével kapnak új értéket (Crippen – Blom 2001):

$$\mathrm{Px}_{\mathrm{new}} = \mathrm{Px}_{\mathrm{original}} \times \left(\frac{\mathrm{Px}_{\mathrm{target}}}{\mathrm{Px}_{\mathrm{curve}}}\right)$$

Az osztályozáshoz a gépi tanulás alapú random forest algoritmust használtunk a Sentinel adatok feldolgozásához készült Sentinel-toolbox programban. A programban paraméterként az osztályozáshoz felhasználandó pixelek számát (a program ennek a dupláját használja tesztelés végett), valamint a létrehozandó osztályozó fák számát lehet meghatározni. Előbbit az alapértelmezett 1000-en, míg a fák számát a tesztek alapján legjobbnak tűnő 128-ban határoztuk meg.

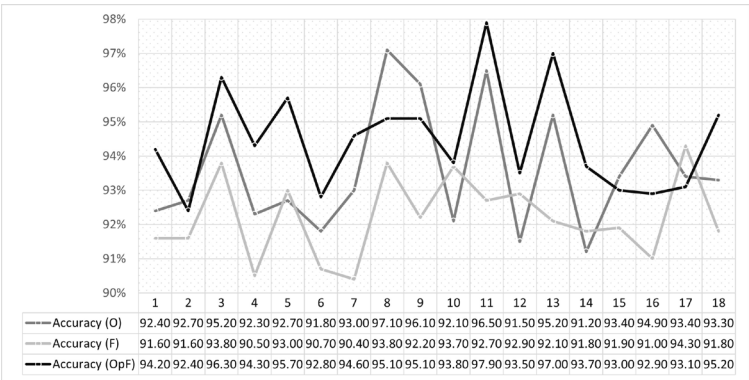
Eredmények

Az eredmények kiértékeléséhez a „simítatlan”, a „simított” vasásvány-indexek, illetve a két típus közös osztályozása készült el, hogy összevethető legyen, mely kőzettípusok esetén ad jobb, illetve melyekben ad rosszabb eredményt a FIM (Forced Invariance Method) alkalmazása.

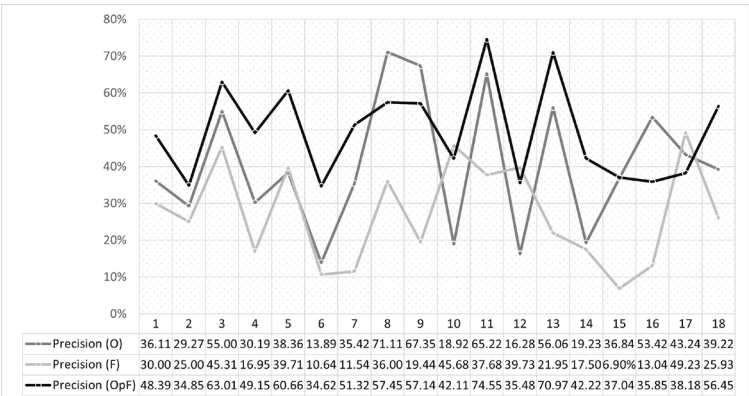
A kiértékelést a Sentinel-toolbox osztályozásokhoz tartozó műveletével végeztük, ami a TP-TN-FP-FN (True positive, True negative, False positive, False negative) értékekből automatikusan számítja a pontosság értéket (Accuracy) a precizitást (Precision) és ezek mellett a teljes adathalmaz osztályozási pontosságát.

A grafikonokon (*2.* és *3. ábra*) az „O” betű az eredeti (simítatlan; közepes szürke) adattal végrehajtott osztályozást, az „F” betű a módosított (simított; világos szürke) adattal, míg az „OPF” betűvel jelölt (fekete) a két adathalmazzal közösen végrehajtott osztályozás indexeként szolgál.

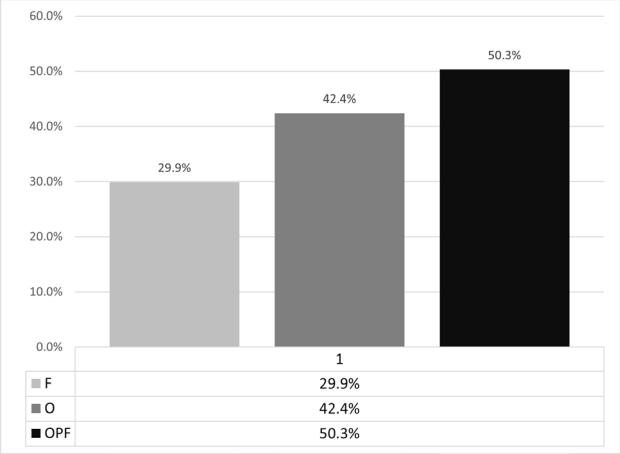
Az *3.* és *4. ábrán* látható, hogy a legrosszabb osztályozási eredményt a simított adat (F) érte el. Illetve, hogy a simított és simítatlan adathalmazok összevonása eredményes.



2. ábra Az osztályozások pontossága



3. ábra Az osztályozások precizitása



4. ábra Az osztályozások teljes pontossága

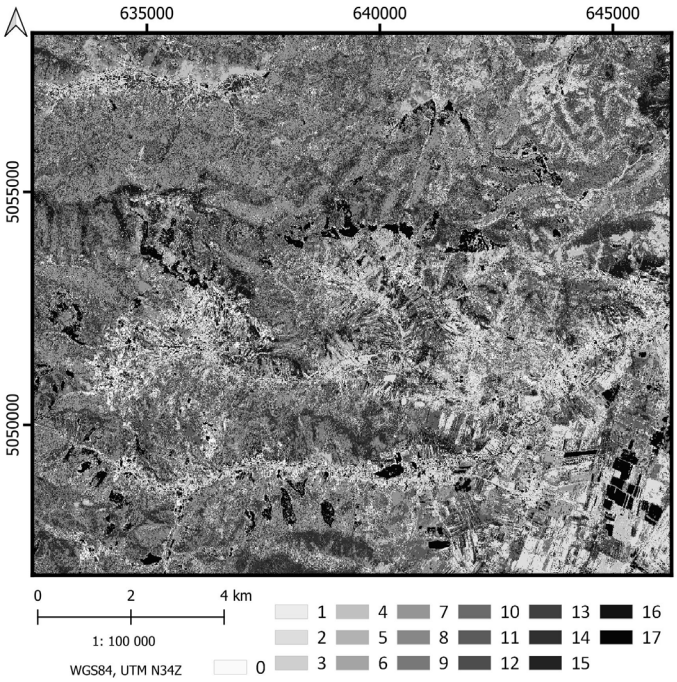
A pontosság és precizitás grafikonokon egyaránt látszik, hogy a simított (F) adatok néhány kőzettípus esetében (10 – karbonátpala + dolomit, 12 – amfibolit, 14 – szericites, kloritos palák, 17 – granitoid) jobb eredményt adnak. Ezek a magasabb indexel rendelkező osztályok főként a mintaterület hegyvidéki és völgyvidék közti átmeneti területen lévő kőzettípusokat (palák) jelölik, leszámítva a 17-es osztályt, amely vulkáni eredetű kőzet és a mintaterület déli részének hegyvidéki kőzettípusa.

Ezen túl nagy különbség mutatkozik a simított vasásvány halmaz hátrányára a 8, 9, 11, 13, 15, 16 csoportokban. Az alacsony indexű csoportban a relatív könnyű osztályozás miatt a két típus szinte együtt halad – kisebb eltéréssel (precizitás 0–10%; pontosság 2–3%).

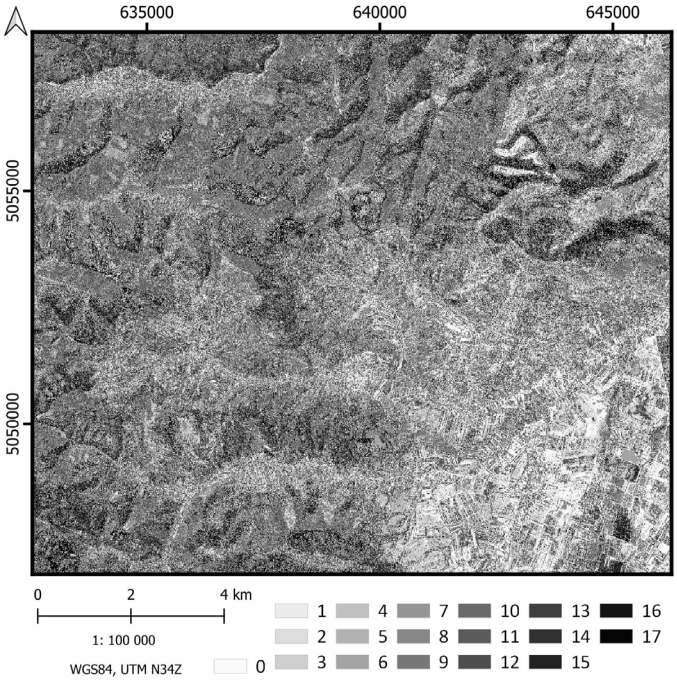
A szkattergrammok alapján az alacsonyabb csoportokban (sávokra visszavezetve) az alacsonyabb vegetációs indexű pixelek a sáv átlagnál magasabb csoport átlaggal rendelkeznek, ezért lejjebb kerülnek. A magasabb vegetációs index osztályok pixelei pedig ezzel ellentétesen feljebb (kb. a negyedik-ötödik sávig).

A vegetációs besorolás, illetve a mintaterületen a hegyvidékkel összekötött vulkanikus kőzetek között tehát van logikai korreláció (hegyvidékek sűrű erdővel borítottak). Ebből következne, hogy a közepes/magas területek, illetve közepes, magas indexű kőzettípusok esetében az osztályozás minősége javul. Ez részben látszik a már említett 10-13-14-17es sávok esetében, de köztük még van visszaesés. A visszaesésre magyarázat lehet az FIM metódusról szóló cikkben tárgyalt eset, amely szerint bizonyos esetekben az sűrű vegetációval fedett területet lefedő pixelek a vegetáción kívül nem tartalmaznak más információt. Ebben az esetben a terület a simítással zajos lesz (*6. ábra*). Magyarázatot adhat a 10-12-14-es csoportok eredményére is, ugyanis az hegyvidék-völgyvidék átmeneti növényzete kevésbé zárt lombú. Ezzel a megmagyarázható lehet tehát az általános osztályozási teljesítmény.

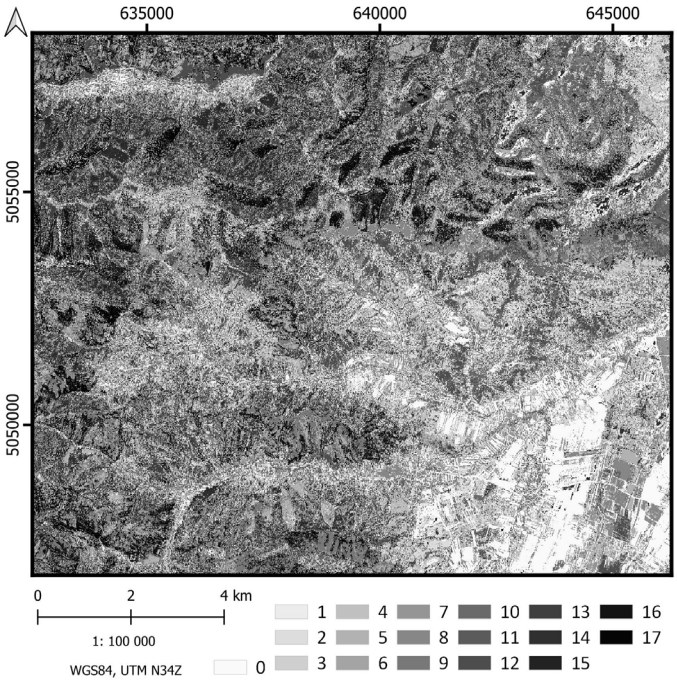
Mindazonáltal a két adathalmaz mixe összességében jobb eredményt ért el hat csoportot leszámítva, ebből két esetben szignifikáns a romlás mértéke (*3. ábra*).



5. ábra A módosítatlan adatokból készült osztályozás. (A színek a kőzetosztályokat jelölik)



6. ábra A simított adatokból készül osztályozás (A színek a kőzetosztályokat jelölik)



7.ábra A simított és módosítatlan adatokból készült osztályozás (A színek a kőzetosztályokat jelölik)

Ezek alapján tehát levonható az a következtetés, hogy több esetben a módosítatlan adathalmazon túlmenően tartalmaz információt a simított változat. A *4. ábrán* látható a teljes osztályozás pontossága, amely szerint körülbelül 8%-ot javult az eredeti adathalmaz a módosítottal kiegészülve. Az osztályozás eredményei az *5-7. ábrákon* láthatóak. Az *6. ábrán* egyértelműen kivehető az említett, FIM metódus okozta zajosság.

Konklúzió

Ha az eredmények helyesen értelmezettek, az adatok romlását a mintaterület jellege, valamint az adatok pontossága okozza. Ezen logika mentén jobb felbontású, vegetációs időszakon kívül készült felvételekkel jobb eredmény érhető el. Más, kevésbé összefüggő – több információt tartalmazó – növényzettel rendelkező területen szintén szignifikáns javulás érhető el. Emellett több időszakban készült különböző felvétel és a simított sávok bevonásával valószínűleg szignifikánsan javulna az osztályozás pontossága és precizitása.

Felhasznált irodalom

Albert, G. – Ammar, S. (2021): Application of random forest classification and remotely sensed data in geological mapping on the Jebel Meloussi area (Tunisia). Arab J Geosci, 14, 2240. https://doi.org/10.1007/s12517-021-08509-x

Bachri, I. – Hakdaoui, M. – Raji, M. – Teodoro, A. C. – Benbouziane, A. (2019): Machine Learning Algorithms for Automatic Lithological Mapping Using Remote Sensing Data: A Case Study from Souk Arbaa Sahel, Sidi Ifni Inlier, Western Anti-Atlas, Morocco. International Journal of Geoinformation, 8, 248.

Crippen, R. E. – Blom R. G. (2001): Unveiling the Lithology of Vegetated Terrains in Remotely Sensed Imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 67, pp. 935–943.

Georgescu, M. – Vlad, V. – Lupu, M., – Maier, O. (1979): Harta geologică a României scara 1:50.000, foaia Băuțar. Institutul Geologic al României.

Hede, K.N.H. – Kashiwaya, K. – Koike K. – Sakurai S. (2015): A new vegetation index for detecting vegetation anomalies due to mineral deposits with application to a tropical forest area. Remote Sensing of Environment, 171, pp 83–97.

Liu M. –Ji M. –Buchroithner M. (2018): A Case Study of the Forced Invariance Approach for Soil Salinity Estimation in Vegetation-Covered Terrain Using Airborne Hyperspectral Imagery. International Journal of Geoinformation, 7, 48.

Lupu, M. – Popescu, G. – Munteanu, T. – Pop, G. – Bindea, G. – Stelea, I. – Munteanu, E. (1993): Harta geologică a României scara 1:50.000, foaia Hațeg. Institutul Geologic al României.

van der Werff, H. – van der Meer, F. (2016): Sentinel-2A MSI and Landsat 8 OLI Provide Data Continuity for Geological Remote Sensing. Remote Sensing, 8(11), 883.

A csákvári Szent Vince Otthon kedvesnővéreinek temető parcellájának felmérése, térképezése, térinformatikai adatbázis létrehozása

Balaton Regina Hanna[1] – Pődör Andrea[2]

[1] Bsc hallgató, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet, reginahannabalaton@gmail.com
[2] egyetemi docens, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar, Geoinformatikai Intézet, podor.andrea@amk.uni-obuda.hu

Absztrakt: Az alábbi cikkben egy temetőkataszter felmérését és a ráépülő síradatbázis felépítését ismertetjük. A feladat a csákvári Szent Vince Otthon kedvesnővéreinek temetőparcellájának felmérése, térképezése és térinformatikai adatbázis létrehozása volt. A térinformatikai adatbázisban a megfelelő egyedekhez tartozó adatok hozzárendelése és a megfelelő képek csatolása is megtörtént.
Az adatbázis és a felmérés elsődleges célja, hogy a későbbiekben alapot szolgáltasson a parcella rekonstrukciós munkálataihoz.

Bevezetés

Az emberiséget már a kezdetektől foglalkoztatta az élet és a halál kapcsolata, ezért már az őskorban jelentős szerepet töltött be a temetkezés, amely a későbbiekben további jelentős fejlődésen ment keresztül napjainkig. A különböző csaták, háborúk, járványok idején sajnos számtalanszor előfordult a tömegsírokba való temetkezés, mely során az elhunytak azonosítása a későbbiekben jelentős problémákat okozott.

A temetőt, mint fogalmat akként a helyként definiáljuk, ahol az elhunytak örök nyugalomra lelhetnek. Magyarországon kétfajta típusa kerül megkülönböztetésre: a köztemetők és az egyház által működtetett temetők.

Napjainkban a fejlődő technológiáknak köszönhetően egyre több helyen kerül bevezetésre a temetők nyilvántartásának egy digitális változata, kataszter vezetésének formájában. Amennyiben a már meglévő adatok ilyenkor átvezetésre kerülnek, rengeteg új lehetőség nyílik a nyilvántartást végzők, és a hozzátartozók számára is (Márkus 2009). Ilyen például az is, hogy a sírok azonosítása lokálisan a térben is lehetővé válik, amely egy nagyobb temető esetében hatalmas előnyt jelent. Könnyebben követhetővé vállnak a hozzátartozók adatai is, amennyiben például egy sír elévülne, vagy bármilyen egyéb probléma merülne fel vele kapcsolatban.

A térinformatika és a nyilvántartások kapcsolata a már a kezdetektől összekapcsolható, hisz a GIS szoftverek kifejezetten a nagy mennyiségű információ minőségi adatokká való menedzselésével foglalkoznak (Balla et al. 2021; Dobesova 2016).

Ezen kapcsolat a fennálló megvalósítandó temető-nyilvántartási rendszer és a GIS szoftver közt jelentős mértékben egyszerűsítheti az adatok kezelését, menedzselését és további funkciók is könnyedén bevezethetővé válnak ezáltal.

A papír alapon vezetett nyilvántartási adatok, melyekre építhető a nyilvántartó rendszer sok esetben nehezítik a feldolgozás menetét, hisz az egyházi nyilvántartások és a temetői verziók sok esetben jelentős mértékű eltéréseket mutatnak, ezen felül még rengeteg elírás is található ezekben.

Anyag és módszer

A felmérés

UAV felmérés a DJI Phantom 4 drónnal

A felmérés 2021. október 22-én történt. Az illesztőpontok helyét a terepen az Leica GS18 T RTK GPS-el határoztuk meg, megjelölésükhöz az ortofotón is szemléletesen láthatóan neonnarancssárga festéksprayt alkalmazva „x" jelöléssel. A mérés során a GNSS (Global Navigation Satellite System) mérési típusok közül az RTK (Real Time Kinematic) folyamatos, valós idejű helymeghatározási módszert alkalmazva lett bemérve az említett műszerrel az illesztőpontok pontos helye (Duleba et al. 2021)

A felmérés végrehajtása a lombhullató növények lombkoronájának elvesztése után történt. A légifényképek elkészítéséhez és a repülés végrehajtásához a DJI Phantom 4 drónt használtunk. A repülés megkezdése előtt körbejártuk az érintett területet, majd a fentebb leírt módon meghatároztuk az illesztőpontok helyzetét a terepen, hisz ezek elengedhetetlenek a feldolgozás során az ortofotó előállításához a légifényképekből.

A légifényképek elkészítéséhez a repülés magasságát a helyszín faborítottsága miatt 30 méterre határoztuk meg, a repülés végrehajtásához pedig egy előre meghatározott repülési tervet alkalmaztunk, amely az *1. ábrán* kerül szemléltetésre.

1. ábra A repülési tervről készült kép a folyamat közben

Pótfelmérés

Az előzetes feldolgozás során nyilvánvalóvá vált, hogy vannak olyan pontok, amelyek nem láthatóak az ortofotón és a pontfelhőből sem menthetőek ki, mert benőtte őket pár tujabokor. Emiatt nyilvánvalóvá vált, hogy szükség lesz egy pótmérésre, de mivel csak pár pont hiányzott a nyilvántartás teljeskörű létrehozásához, ezért a már meglévő, ortofotóról levett ponthoz viszonyítva ortogonális mérést hajtottunk végre a pontok helyzetének meghatározásához. A pótmérés végrehajtására 2022. március 9-én került sor.

A keresztek teljes mértékben egy sorban helyezkedtek el, így az ordináta értékek minden pont esetében nulla értékűek voltak. A mérés során az érintett területekről mérési jegyzőkönyv készült.

A fényképek, amelyek hiperhivatkozásként jelennek meg az adatbázisban a felmérés napján készültek. A képek sorrendje és így a keresztek sorszámozása is a repülési terv irányához kapcsolódva lettek meghatározva és sorszámozva. A fényképek az adatbázis attribútum táblájához kerültek csatolásra, mint megjelenő hiperhivatkozások, akárcsak a keresztek további leíró adatai.

A képek elkészítéséhez a Huawei P30 Lite okostelefon kameráját használtuk. A fényképek sorszámozását a későbbi munkafolyamat felgyorsítása érdekebében a helyszínen végeztük el.

Feldolgozás

Az irodai feldolgozás folyamata több elemből tevődött össze. A szeretetotthon dolgozói által összegyűjtött analóg adattenger kiválogatásával kezdődött.

Mindezek után az ortofotó előállítása következett a légifényképekből, amely az adatbázis grafikus alapjául szolgál. Ennek befejeztével kezdődött az adatbázis építése, majd a későbbiekben felbukkanó hiányzó, rosszul kivehető részek pótlása a kiegészítő mérésekből.

A. Adatok válogatása

Az adatokat a csákvári Katolikus Szeretetszolgálat Szent Vince Otthon dolgozói rendekre bontva küldték el, melyben összesen 19 rend szerepelt, melyek az alábbiak voltak:

- Civilek
- Isteni Megváltó Leánya Kongregáció
- Irgalmas Nővérek Páli Szent Vince Szeretet Leányai
- Kalocsai Iskola Nővérek
- Krisztus Király Nővérek Társulata
- Anunciata Nővérek
- Miasszonyunkról Nevezett Szegény Iskolanővérek Szeged
- Szent Orsolya Rend Orsolyaita Nővérek
- Assisi Szent Ferenc Leánya Ferences Nővérek
- Szervita Nővérek Magyar Kongregációja
- Keresztes Nővérek

- Szent Domonkos-Rendi Nővérek Kongregációja Domonkos Nővérek
- Premontrei Női Kanonokrend
- Angers-i Jó Pásztor Szeretetéről Nevezett Miasszonyunk Kongregációja Jópásztor Nővérek
- Szatmári Irgalmas Nővérek
- Szent Erzsébet Rend
- Angolkisasszonyok
- Örökimádó
- Jézus Szíve Népleányai Társaság

A kapott adatokat hosszas időn keresztül, többszöri áttekintés után lettek párosítva a temetőben rögzített adathalmazhoz, így született meg a csatolható attribútum adatok táblázata. Az adatok szelektálása, és rendszerezése során a munkát jelentős mértékben befolyásolta az, hogy az adatbázisban szerepeltek egyező nevek és hozzájuk tartozó halálozási dátumok. További problémát jelentett, hogy a temetőben több helyen hiányoztak a táblák, melyek adatvesztést okoztak. Az másik problémát a néveltérések jelentették, mivel a különböző nyilvántartásokban egy adott időpillanatban ugyanaz az a név máshogy lett rögzítve, így nehézséget okozott ugyanannak a személynek az azonosítása a terepen található sírfelirat és az adatbázisokban található névváltozatok miatt.

B. A geoadatbázis létrehozása

A geoadatbázis megtervezése és létrehozása az ESRI által forgalmazott ArcGIS szoftvercsomag ArcMap programjában történt. A létrehozott geoadatbázisban egy poligon felületet jelöli a sírokat, melyben a parcellák lehatárolása található soronként, a pont réteg, a keresztek középpontját jelöli. A pont felülethez az alábbi attribútum adatokat lettek rögzítve:

- id
- parcella id
- sor száma
- sorszám
- név
- elhunyt
- élt (x évet)
- kép

Amennyiben egy ponthoz, több elem tartozik, azokban az esetekben ezek az oszlopok többszöröződnek, általában egy vagy két elhunyt tartozik egy ponthoz, de vannak olyan esetek, amikor négy.

A leíró adatok adattípusai közt a kapcsoló elem, a név. A kép oszlop szöveg típusú. Az id oszlopra azért volt szükség, mert a kapcsolóelemek számait pontok választják el (például az első egyed esetében a kapcsolóelem: 4.1.1.).

Ezek után az előre kiválogatott, rendszerezett attribútum adatokat, melyeket egy Excel fájlban tároltunk relációs adatbázisként kapcsoltuk a létrehozott térbeli adatbázishoz.

2. ábra Keresztek helyének szerkesztése és a leíró adatok kitöltése

A kapott adatok többszörös ellenőrzést követően kerültek kapcsolásra a temetőben rögzített adathalmazhoz, Az adatok szelektálása, és rendszerezése során a munkát jelentős mértékben befolyásolta az, hogy a halmazban szerepeltek egyező nevek és hozzájuk tartozó halálozási dátumok. További problémát jelentettek a hiányzó táblák.

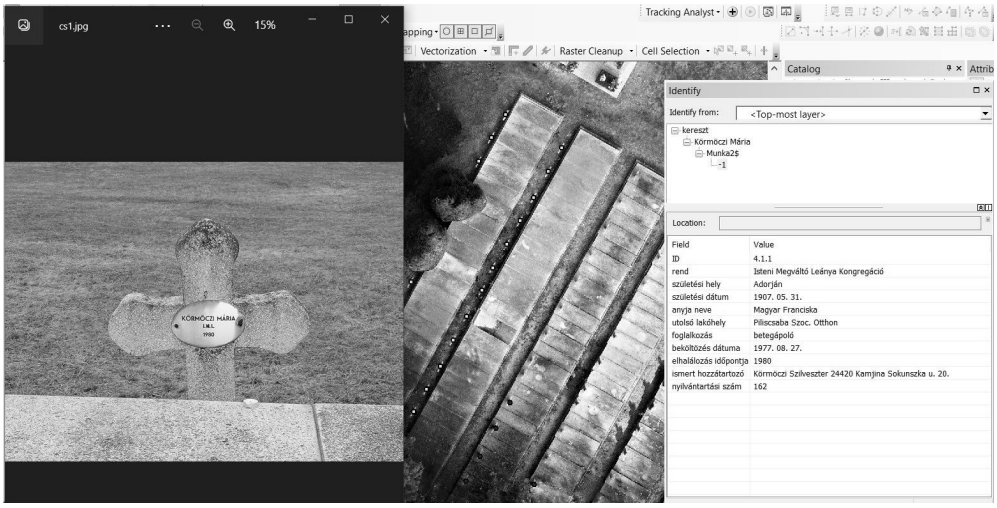
A csatolható leíró adatok táblázatának elemei a következőek:

- ID
- név
- rend
- születési hely
- születési dátum
- anyja neve
- utolsó lakóhely
- foglalkozás
- beköltözés dátuma
- elhalálozás időpontja
- ismert hozzátartozó
- nyilvántartási szám

Eredmények

A projekt eredményének tekinthető egy friss, naprakész, valós adatokat tartalmazó, könnyedén átlátható és bármikor szerkeszthető, bővíthető térképi alappal rendelkező adatbázis, amely remek alapot adhat a hozzátartozók és a szeretetotthon dolgozói számára a meglévő sírkert rekonstruálásához (*3. ábra*).

A megjelenő képeknek köszönhetően megtekinthető a sírok jelenlegi állapota, illetve a hozzájuk tartozó adatok.



3. ábra A projekt eredménye

Konklúzió

A GIS szoftverekkel segítségével működtetett digitális temetőkataszterek napjainkban rengeteg előnyt és lehetőséget jelentenek a felhasználók számára,

Az adatbázisok könnyen és átláthatóbban kezelik az adatokat, a papír alapú adatbázisokhoz képest. A kezelésük egyszerűbb, a frissítés könnyebb, így naprakésszé tehetőek, a hozzátartozók számára is kereshetővé válnak.

Természetesen az így létrehozott geoadatbázis könnyen publikálható a webre, és a megfelelő frissítést követően a sírok állapotváltozása is nyomon követhető. Mindehhez a meglévő adatbázis jól felhasználható, csak az alaptérképként szolgáló drónos felvétel frissítése szükséges.

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetünket kifejezni a Mikovinyi Szakkollégiumnak, mely támogatta munkánkat, valamint Lehoczky Máténak a terepi mérés során nyújtott segítségéért.

Felhasznált irodalom

Balla, D. – Zichar, M. – Tóth, R. – Kiss, E. – Karancsi, G. – Mester, T. (2020): Geovisualization techniques of spatial environmental data using different visualization tools. Applied Sciences, 10(19), 6701.

Dobesova, Z. (2016): Teaching database systems using a practical example. Earth Science Informatics, 9(2), 215–224.

Duleba E. – László, G. – Tóth, Z. (2021): Establishment of GNSS calibration network. In: Csuka, I. – Simon, Gy. (szerk.) AIS 2021-16th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas – Proceedings Székesfehérvár, Magyarország : Óbudai Egyetem pp. 93–96, 4 p.

Márkus, B. (2009): Térinformatika, NyME GEO jegyzet.

Trimble Connect
Együttműködés egyszerűen a közös adatkörnyezetben (CDE) – bárhol és bármikor – online és offline

Bálint Béla

okl. építőmérnök, BIM szakmérnök, Trimble Connect Support Engineer, Construsoft Kft, Budapest, balintb@construsoft.hu, www.trimbleconnect.hu

Abstract: Collaboration made easy: Connect the right people to the right data at the right time with Trimble Connect, a cloud-based common data environment (CDE) and collaboration platform designed specifically for the construction industry. With Trimble Connect, everyone involved in a project can see the big picture, right down to the tiniest detail. Bring people, technology & information together to deliver what you need, when you need it. With Trimble Connect, you can collaborate with confidence, using data so accurate that every person, phase, and process work together seamlessly-optimizing the entire plan, design, build, and operate lifecycle.

Bevezetés – Construsoft Kft.

A Construsoft Kft. építőmérnöki szoftverek terjesztésére, telepítésére, oktatására és a szakmai háttér biztosítására szakosodott, és több mint 20 éve van jelen a magyar piacon, mint a finn Trimble Solutions Corporation Tekla Structures szoftvereinek és BIM (Building Information Modeling) megoldásainak (Trimble Connect) magyarországi képviselője.

Vállalkozunk mérnöki munkahelyek (hardware és software) telepítésére, a CAD és BIM rendszerek bevezetésével kapcsolatos szaktanácsadásra, ezek betanítására, folyamatos rendszerfelügyeletére (frissítések, továbbképzések) valamint igény esetén tervezésre, projektkíséretre.

A Construsoft Kft a hollandiai székhelyű Construsoft csoport tagja, amely közel 30 európai és dél-amerikai országban látja el ezeket a feladatokat. A cégcsoporton belüli munkamegosztásnak köszönhetően munkatársaink kezdettől fogva figyelemmel kísérhették a BIM technológia nemzetközi térnyerését és részt vehettek hazai és külföldi BIM projektekben.

Célunk az építőipar termelékenységének hatékony növelése, digitalizált és modellalapú tervezési megoldásokkal. Mindez az új technológiák alkalmazása mellett csapatunk szaktudásával valósul meg.

Alapfogalmak

BIM	Building Information Model - Épületinformációs Modellezés – Virtuálisan, informatikai környezetben – a BIM feladatok céljainak megfelelő adatbázisok készítésére alkalmas épületmodell, mely részletgazdag, objektum orientált és parametrikus digitális reprezentáció. A felhasználói igényeknek megfelelő nézetek és adatok kinyerhetőek belőle.

Az BIM egy építőipari tendencia, melynek lényege a legmodernebb CAD technológiák alkalmazása a tervezési, építési és üzemeltetési folyamatok során, lehetővé téve a modell alapú projekttervezést és projektkontrollt. A BIM munkafolyamatok alapja egy olyan virtuális környezetben felépített 3D modell, amely hivatkozik a szóban forgó épület műszaki tartalmára és annak geometriai és szerkezeti értelemben vett térbeli leképzése.

Azonban a BIM jóval több szigorúan vett 3D-s modellezésnél. A BIM egy mérnöki szemlélet, amely az épülettel kapcsolatos műszaki információkat egységesíti. A BIM megoldást kínál a hagyományos munkafolyamatok adta korlátok átlépésére, javítja az együttműködést a projekt résztvevői között. Az eredmény hatékonyabb tervezés, kevesebb tervhiba, pontosabb becslés, és ütemezés; kisebb kockázat a tervezés és a kivitelezés során.

A BIM megvalósítása egyszerre jelenti tehát egy virtuális épületmodell létrehozását és a modell mérnöki szempontból hasznos alkalmazását. Ehhez a modellnek a későbbi felhasználás szempontjából is megfelelően kidolgozottnak, és strukturáltnak kell lennie. A modellekből egy közös adatkörnyezetben csak olyan információk nyerhetőek ki, amelyeket az eredeti állomány már tartalmaz.

Felhő alapú adattárolás	Az informatika fejlődésével a BIM számára is elérhetővé vált a teljes digitális tervezés minden területre. Ezek a fejlesztések öt fő irányelv terén mentek végbe, az irányelvek a következőek: felhő alapú együttműködés, e-mail kommunikáció lecsökkenése, a projekt koordináció és ütemezés korszerű alapokon történik, csökkentett papírigény, 3D modellek tervek, képek, nézetek megosztása könnyen és egyszerűen.

A fenti irányelvek felhasználásával kialakultak a tervkezelő és dokumentum menedzsment rendszerek kifejezetten az építőipar támogatására kifejlesztve. Az alkalmazások célja, hogy megkönnyítse az adatok (tervek, CAD rajzok és modellek, dokumentumok, táblázatok) tárolását és az információk áramlását. Közös jellemzőjük, hogy a tárolás felhőben történik.

CDE	Common Data Environment – közös adatkörnyezet – az egyetlen információ forrás egy adott projekthez, amely az összes kiadott dokumentum összegyűjtésére, kezelésére és terjesztésére használnak a csapatok központilag irányított folyamatban.

1. ábra

A közös adatkörnyezet az egyetlen központi információ forrás, ahol megtalálhatóak a dokumentációk, CAD rajzok, 3D modellek és a nem grafikus adatok. Az adatokhoz való hozzáférés a projektben résztvevő minden szereplő számára lehetséges, a megfelelő jogosultságok beállítása/megadása után. Az egységes információ forrás megkönnyíti a tagok közötti együttműködést és segít elkerülni a hibákat és a redundáns adattárolásokat.

A szerepköröknek megfelelően szabályozva van a hozzáférés. Alapértelmezettem olvasási joga mindenkinek van, de a szerkesztés, változtatás vagy törlés lehetősége szűkített, jellemzően minden szakterület saját munkarészére terjed ki. A központi BIM modellnek egy tulajdonosa van, aki felel a karban tartásáért és feldolgozza benne a hozzá beérkezett új vagy változtatási igényeket.

Trimble Connect	Egy felhőalapú modern közös adatkörnyezet (CDE) és együttműködési platform, amely összekapcsolja a megfelelő embereket a megfelelő adatokkal a megfelelő időben, bármely eszközön: böngésző felületen, asztali alkalmazásban, mobil/tablet applikációban vagy a Trimble XR10 Hololens2 sisakon keresztül (*1. ábra*).

Az információmegosztó eszköz a BIM projektek adatait valós időben megosztja a beruházók, kivitelezők, tervező mérnökök, építési vállalkozók és döntéshozók között. Időt takarít meg, csökkenti a költségeket és növeli a szakterületeken átívelő együttműködés hatékonyságát.

A projekthez tartozó összes dokumentum és modell nyilvántartása, rendezése és tárolása egy helyen történik, a Trimble Connectben. A felhasználók szerepköreinek és jogosultságainak megadásával nyomon követhető a tevékenységük és a feladatok célirányos körbeküldésével a csökkenő az e-mail forgalom mellett nem szükséges a nagyméretű állományokat küldeni.

A fejlett 3D nézegetőben különböző forrásból – OPEN BIM elveket követve pl.: IFC, Tekla, Revit, DWG, DXF, DGN, SKP, IGS, STEP, Navis (NWD, NWC), LandXML,TRimBim és pontfelhő, Geospatial fájl formátumokból – származó

modelleket összekapcsolhatjuk, nézetekbe rendezhetjük és együtt tovább használhatjuk.

BIM munkafolyamatok: Kapcsolat – Együttműködés – Megvalósítás = Trimble Connect

A Trimble Connect támogatja a zökkenőmentes adat- és projektinformáció cserét, a csapatirányítást, a hatékony ütközésvezérlést és a jelentéskészítést közvetlenül a modellből. Fejlett eszközökkel lehetővé teszi egyéni metaadatok létrehozását és hozzárendelését a fájlokhoz, valamint egyéni attribútumok hozzárendelését a modellelemekhez. Számos fájlformátummal működik és hatékonyan jeleníti meg a modelleket. Egy hatékony BIM-eszköz, amely lehetővé teszi az offline munkát is.

A Trimble Connect közös adatkörnyezet számos funkciója – akár a bárki számára elérhető ingyenes licenccel is – kipróbálható.

Az összes elérhető funkció bemutatása helyett néhány kiemelkedő tulajdonsággal rendelkező fontos BIM munkafolyamatot emelnénk ki és jellemzenénk röviden a továbbiakban.

Korlátlan hozzáférés:

Nincsenek korlátozások, nincsenek modulok. Egyetlen Trimble Connect licenc tartalmazza az összes funkciót. A Trimble Connect bárhol és bármikor elérhető, az első projektek akár az ingyenesen letölthető personal licenccel is létrehozhatjuk. Az információkat elérheti a webes alkalmazáson, mobiltelefonon, táblagépen vagy egyszerűen az asztali változaton keresztül. A Trimble Connect segítségével a projektben részt vevők mindegyike ugyanazt a modellt látja, egészen a legapróbb részletekig a kezdetektől fogva a befejezésig. Összehozza az embereket, a technológiát és az információkat, hogy azt nyújtsa, amire és amikor szüksége van.

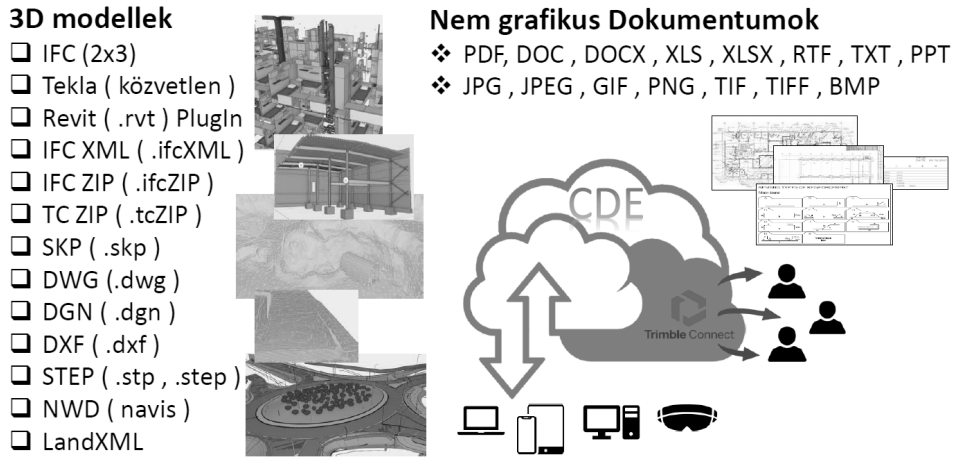
Minden eszközön elérhető:

Az adatok felhőben való tárolása lehetővé teszi, hogy bárhonnan és bármilyen eszközről be tudjunk jelentkezni és az adatokat valós időben elérni. A Trimble Connect az elsődleges felületnek a webes alkalmazást tekinti, ahol a böngésző ablakban lehet a projekteket létrehozni, beállítani és menedzselni a különböző platformokon:

- webes alkalmazás, böngésző (elsődleges, összes funkció elérhető, csak online)
- asztali Windows változat (helyi számítógép erőforrásainak hatékony kihasználása, offline is)
- tablet és mobil applikáció (mobilitás és azonnali fénykép hozzáadási lehetőség, offline is)
- Trimble XR10 Hololens2 Mixed Reality eszköz (speciális 3D alkalmazás, offline is)

Nyitottság minden fájlformátumra:

A Trimble Connect integrálja a piac legfejlettebb és leggyorsabb 2D és 3D BIM megjelenítőjét, amely számos fájlformátumot (*2. ábra*) képes megnyitni.



2. ábra

Nem számít, hogy milyen programot használ az adatok és modellek létrehozásához. A fejlett és modern 3D megjelenítőben különböző forrásból – OPEN BIM elveket követve – származó modelleket összekapcsolhatjuk, nézetekbe rendezhetjük és együtt tovább használhatjuk kiegészítve pontfelhő információ tartalommal.

- Irodai állományok: .docx,.doc (Word) .xlsx,.xls (Excel) .pptx,ppt (PowerPoint) .vsd
- 2D rajzi és kép állományok: .PDF, BMP, GIF, JPG, PNG, TIF, TIFF, RTF, TXT, 2D_DWG, 2D_DXF
- 3D modellek és rajzok: .DWG, .DXF, .DGN, IFC, IFC ZIP, Revit, Tekla, IGS, LandXML, Navisworks, SKP, STEP, TC, TRB (trimbim)
- Pontfelhő állományok: .E57, .LAS, .LAZ, Potree, .PURL, .TDX, .TZF, .XYZ (az asztali verzióban támogatott)
- Geospatial formátumok: .GDB, Geospatial.zip, .JXL, .KML, .KMZ, .SHP, .VCA, .VCE (a webes alkalmazásban támogatott)

Közvetlenül a Tekla Structures, Autodesk Revit vagy SketchUp program alól is feltölthetőek és frissíthetőek a modellek. Még az is lehetséges, hogy különböző fájl formátumú kombinációkat nyisson meg egyszerre és mentsen el egy új modellként.

A projekt teljes életciklusa alatt használható:

- Hatékony csapatirányítás és hozzáférési jogosultságok:
  A Trimble Connect lehetővé teszi, hogy szereplőket adjon hozzá egy projekthez többféle módon. Támogatja a különböző szakmai csoportok létrehozását és a szükséges jogosultságok hozzárendelését. A jogosultságok beállítása programrészenként kifinomultan szabályozható.
- A teljes projekttörténet dokumentálása:
  A Trimble Connect BIM-megoldás erőssége a projektben végzett összes tevékenység előzménye. A projekt kezdetétől kezdve minden tevékenység elmentésre kerül.

- Online és offline munkavégzés, rugalmasan alkalmazkodva a helyszínhez
- Hatékony feladatkiosztás és követés

3D modellnézet lehetőségei:

- BCF alapú kommunikáció:
  A BIM Collaboration Format igényeinek megfelelőn van lehetőségünk az egyszerű ToDo feladatok túl, szabványos leíró adatokat tartalmazó BCF alapú feladatokat létrehozni. A leíró adatok mellett van lehetőségünk nézeteket, állományokat, objektumokat vagy ütközés vizsgálat eredményét is hozzácsatolni. Végül BCF formátumban exportálni másik alkalmazások felé és azoktól a választ vissza importálni a Trimble Connect közös adatkörnyezetbe.
- Organizer, a szabály alapú új szervező csoport típus:
  Lehetőségünk van új csoporttípusok létrehozására a Szervező alkalmazásban. Az új, szabályalapú szervezőcsoport-alkotási funkció automatizálja az objektumok összekapcsolási folyamatát, lehetővé téve a felhasználó számára, hogy olyan szabályt hozzon létre, amely automatikusan létrehoz egy hierarchikus szervezőcsoportot. A szabály mentése után egy kiválasztott IFC-modell tulajdonsághoz, csoportok és alcsoportok jönnek létre, amelyekhez a modellobjektumok kapcsolódnak, melyeket a szabály szerint színezéssel is megkülönböztethetőek. A modell új verziójának feltöltése vagy az egyéni tulajdonságok szerkesztése után a szabályalapú szervezőcsoportot frissíteni lehetséges, hogy az aktuális információk jelenjenek meg a nézetben.
- 3D Model Comparison:
  IFC állományok és natív Tekla Structures modellek összehasonlítása 3D modellnézetben, asztali Windows alkalmazásban. Az összehasonlítás a feltöltött verziók vagy kettő független állomány között lehetséges. A GUID alapján végzett összehasonlítás eredménye egy új különbség modell, ahol a megváltozott objektumokat külön fóliákon találjuk meg.

Kiegészítések és bővítmények:

A OPEN BIM elveknek és a nyílt Trimble Connect API lehetőségeknek köszönhetően, amelyek alapvető értékeink közé tartoznak, beépítjük ügyfeleink kívánságait megoldásainkba, hogy az eszközök megfeleljenek a helyi piacok és ügyfeleink igényeinek.

- Dokumentum Workflow:
  A CDE #TrimbleConnect egyik bővítménye a Dokumentum munkafolyamat, amelynek köszönhetően hatékonyan hagyhatja jóvá az egyes dokumentumokat és fájlokat, és 100%-os folyamatellenőrzést kaphat a teljes projekt felett. A dokumentum munkafolyamat már tesztelhető a projekt és vállalati licenc ügyfeleink számára.
- PDF Comparison:
  A PDF alapú dokumentumok összehasonlítására van lehetőségünk a feltöltött különböző verziók esettében. Az összehasonlítás során a megegyező rajzok,

szövegek lehalványítva látszódnak, míg az eltérések külön-külön színnel kiemelve kerülnek ábrázolásra.

- Status Sharing szolgáltatás:
  A szolgáltatás alapját objektumonként egy adott időbélyeghez rendelt státusz állapot rögzítése képezi. Egy objektumhoz több állapot is tartozik, ezeket időrendben léptetve a kivitelezés folyamata egy videó formájában elevenül meg. Mindegyik platformon elérhető a Status Sharing szolgáltatás.
- Nyílt API elérhetőség és támogatás:
  A Trimble Connect API lehetővé teszi a Trimble Connect integrálását, beágyazását és bővítését. A Trimble Connect-be adatokat olvashat, írhat és frissíthet, illetve a Trimble Connect-ból kiolvashat. A Trimble Connect API-k tartalmazzák a Trimble Connect funkcióit. A Trimble Connect API-k segítségével könnyen automatizálható, bővíthető és testre szabható a teljeskörűen.

Trimble Connect

Konklúzió és kitekintés

A Construsoft csapat a BIM (Épületinformációs modellezés) és a VDC (Virtuális tervezés és kivitelezés) modellezési és folyamatmegoldások egyedülálló csomagját kínálja, amely lehetővé teszi ügyfeleink számára, hogy jelentős lépéseket tegyenek az építési folyamat digitalizálásában. Szoftvereket kínálunk az általános és részletes modellezéshez, biztosítva az építőipar számára a pontos, részletes 3D-s környezet létrehozásához szükséges összes eszközt. A szoftveres megoldások mellett tanácsadással, technikai támogatással, képzéssel, frissítésekkel és célirányos szolgáltatásokkal támogatjuk a megvalósítást és a munkafolyamatokat.

Felhasznált irodalmak

Liget Budapest BIM koncepció

BIM guidelines for vertical and horizontal construction – Massport BIM strategy

Lechner Nonprofit Kft.: BIM-Kézikönyv – Bevezetés az épületinformációs modellezésbe

BIM maturity assessment and certification in construction project team selection (Ali Alaghbandrad) - BIM Uses throughout a building lifecycle Taken from CIC (2011). https://www.researchgate.net/figure/BIM-Uses-throughout-a-building-lifecycle-Taken-from-CIC-2011_fig3_326357381

M.2 Mérnökgeodézia tervezési segédlet, 2011 MMK-GGT

dr. Siki Zoltán; A mérnöki létesítmények áttekintése, csoportosítása. A mérnöki létesítményekkel kapcsolatos alapfeladatok

Zagorácz Márk Balázs: Az épületinformációs modellezés (BIM) optimalizációja és implementációs lehetőségei Magyarországon. Ph.D. értekezés

Konrad Fugas, BIM Specialista, BIM Corner, fordította: Erős Tamás OpinionBuilders; Az ISO 19650 fogalmak egyszerű magyarázata

Joan Allen, „What's a Common Data Environment (CDE)? - Digital Builder", Weblap, 2019. https://constructionblog.autodesk.com/common-data-environment/ (elérés ápr. 20, 2021)

BIM Wiki, „Common data environment CDE - Designing Buildings Wiki", Weblap, ápr. 21, 2019. https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Common_data_environment_CDE (elérés máj. 14, 2021)

Az openrouteservice.org lehetőségeinek bemutatása egy komplex webes útvonaltervező alkalmazással

Balla Dániel[1] – Gede Mátyás[2]

[1] PhD hallgató, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, b.dnl111@gmail.com
[2] Egyetemi docens, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, saman@map.elte.hu

Absztrakt: Az openrouteservice.org (ORS) az OpenStreetMap adatbázisára alapozva számos geoinformatikai szolgáltatást kínál ingyenesen. A cikk bemutatja az ORS szolgáltatást és egy olyan komplex útvonaltervező alkalmazás készítését, amely kombinálja az útvonaltervező, a magasságiadat- és az izokrónkészítő szolgáltatásokat, elsősorban gyalogos és kerékpáros útvonalak tervezéséhez. Az elkészült JavaScript-alapú alkalmazás a szolgáltatás API-ján keresztül adatokat kér le az ORS-től, feldolgozza a GeoJSON formátumú választ és megjeleníti azt egy Leaflet alapú térképes felhasználói felületen. Az alkalmazás kezeli az útvonalra illesztett magassági adatokat is egy magassági profil előállításához, képes izokrónok és izodisztansok lekérésére és azok térképen való megjelenítésére, a térképi szakasz-, távolság- és iránymérésre, valamint szöveges mezők geokódolására és fordított geokódolásra is.

Bevezetés

A nyílt, ingyenesen hozzáférhető, térbeli adatokat szolgáltató adatbázisok és szolgáltatások, valamint a nyílt forráskódú, geoinformatikai jellegű szoftvercsomagok és függvénykönyvtárak népszerűségének köszönhetően eszközök és adatforrások rendkívüli tárháza áll rendelkezésünkre. Ezek kombinációjával új szolgáltatások, weblapok, szoftverek jöhetnek létre (legyen szó asztali, vagy mobilos környezetről), amelyek mindegyike feltehetően valamilyen extra értéket, funkciót hordoz (pl. a felhasználó az adatforrások sokaságát böngészheti és vetheti össze; egy komplex alkalmazásnak köszönhetően többféle munkafolyamatot is elvégezhet egyidőben stb.).

Áttekintés

Az OpenStreetMap egy 2004-ben indult, nyíltan hozzáférhető és szerkeszthető, térbeli adatokat gyűjtő projekt, amely adatait letölthető, API-on keresztül lekérhető és térképcsempék formátumában is elérhetővé teszi. Az OSM adatbázisát napjainkban számos weboldal, térképszolgáltatás, útvonaltervező és mobilos alkalmazás használja térképi alapként. Az OSM kollaboratív természetéből adódó, potenciálisan kérdéses adatminőséget több kutatás is vizsgálta, pl. (Mooney – Corcoran 2012), (Neis et al. 2012) és (Zielstra – H. Hochmair 2012). Ezek alapján az OSM

adatbázisa meglehetően teljes és naprakész, általában ugyanolyan részletességű vagy részletesebb, mint az akkor elérhető üzleti alapú adatkészletek. A naprakész adatbázis vélhetően az OSM népszerűségének és az azt szerkesztő felhasználók számának köszönhető, mely a 2010-es évekre jelentősen megnőtt: 2011 decemberében félmillió, míg 2022 márciusában már 8,1 millió regisztrált felhasználóval rendelkezett. Az OSM topologikus adatszerkezete Node (csomópont), Way (út/vonal) és Relation (kapcsolat) típusú elemekből tevődik össze, amelyekből ekkor egyenként 7,5 milliárd, 840 millió és 9,7 millió állt rendelkezésre (OpenStreetMap.org, 2022).

Az Openrouteservice (https://openrouteservice.org/) projekt egy 2008-ban indult, összetett, ingyenes, nyílt forráskódú webes (lokálisan is futtatható) szolgáltatás, amely a fő profilján, az útvonaltervező szolgáltatáson kívül más alszolgáltatásokat is kínál (pl. geokódoló, izokrónkészítő). Az ORS-t a Heidelberg Institute for Geoinformation Technology (HeiGIT) csoport fejleszti és tartja karban, amely a Heidelbergi Ruprecht Karl Egyetem alá tartozó GIScience Research Group része. Kínál egy átfogó webes API-t is, amely a beérkező lekérések alapján szolgáltat adatot a felhasználónak (pl. egy külön alkalmazás esetében, amely az ORS szolgáltatásból érkező útvonaladatokat használja). Az ORS az OSM adatbázisát használja térképi adatbázisként, és ezen futtatja algoritmusait, míg a magassági adatok adatforrásai a Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) és a Global Multi-resolution Terrain Elevation Data (GMTED2010) felmérések. Hét fő szolgáltatása: útvonaltervező, izokrónkészítő, idő- és távolságmátrix, geokódoló, POI, magassági adat és útvonal-optimalizáló szolgáltatás. Az útvonalakat számos közlekedési módra, eszközre ki tudja számítani (autó, kerékpár, gyalogszer, valamint kerekesszék), figyelembe véve az adott módra jellemző átlagos sebességet, az eszköznek szánt útvonalakat és azok maximális megengedett sebességét (pl. autó mehet az autópályán, kerékpár és gyalogos viszont nem), stb. (openrouteservice.org, 2022)

Az útvonaltervezés két alapvető kérdése, hogy honnan és hová tervezünk, viszont fontos az is, milyen közlekedési eszközzel, milyen potenciális útvonalakon tudunk eljutni A-ból B-be. Célja a legoptimálisabb útvonal megtalálása két vagy több pont között, amelynek kiválasztásakor az útvonal hossza és időtartama a két fő befolyásoló tényező. Rothkrantz négy típusba sorolta a meglévő útvonaltervezőket: statikus, dinamikus, probabilisztikus és hibrid útvonaltervező (Rothkrantz 2018). A webes útvonaltervezők megjelenésére nagy hatással volt az internet elterjedése, a térbeli adatok egyre jobb elérhetősége és a nyilvános tömegközlekedés fejlődése. A 2000-es évek elején különféle webes útvonaltervező szolgáltatások jelentek meg (pl. Google Directions, Transport for London). Cheung – Sengupta (2016) elemzésében összehasonlított 20 meglévő útvonaltervező alkalmazást funkciók (multimodalitás, valós idejű navigáció és információk, testreszabhatóság), használhatóság (pontlerakás lehetőségei, POI-k, geokódolás, útvonalparaméterek, útvonalak összehasonlítása) és népszerűség szempontjából (Cheung – Sengupta 2016).

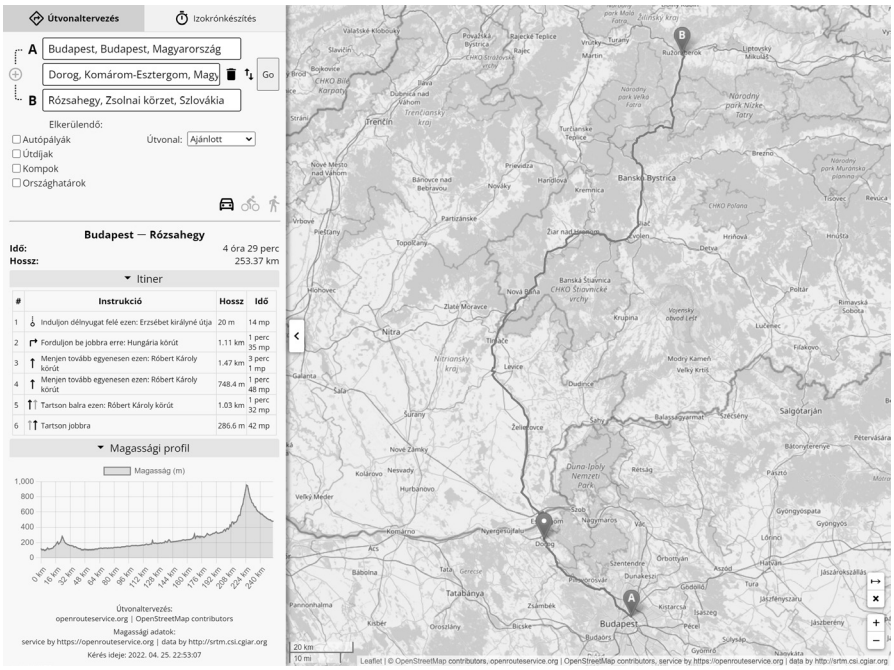
A webes alkalmazás fejlesztése

Az említett szolgáltatások és adatforrások kombinációjaként egy webes alkalmazást fejlesztettem, amely a különféle felhasználói bemenetet feldolgozza, majd az Openrouteservice szolgáltatástól a megfelelő módon lekéri, feldolgozza és megjeleníti az adatokat egy térképen. A felépítéséhez nyílt szabványokat használtam (HTML, JavaScript és CSS), amelyek alapvető építőelemei a világhálón elérhető webes tartalmaknak (Flanagan 2011). A JavaScript script nyelv használatát rendkívüli elterjedése és kompatibilitása is indokolja: a weboldalak 98%-a használja a JS-et kliens oldalon (W3Techs.com, 2022). A kliens-oldali JS programkód az alkalmazás magja, amely végrehajt minden lekérést, feldolgozza az érkező adatokat, megjeleníti azokat, valamint felel a felület interakciójáért. Ezen rendkívül elterjedt szabványoknak és a reszponzív kialakításnak köszönhetően (*responsive web design*) az alkalmazás felülete könnyen optimalizálható mobilos környezetre is, hogy kezelhetősége, olvashatósága és a felületelemek stílusa sem szenvedjen kárt. Az alkalmazás kizárólag nyílt forráskódú, külső forrásból származó elemekből épül fel. Az alkalmazás központi térképobjektuma a *Leaflet* függvénykönyvtár, amely a vektoros adatokat kirajzolja a térképre. Ezt kiegészíti két, a *Leaflet*-közösség tagjai által készített plugin: a *contextmenu* és a *PolylineMeasure*. A PolylineMeasure plugin képes a távolság- és iránymérésre (a mérést ortodróma mentén végzi). A térinformatikai feladatok elvégzésére használt kliens oldali függvénycsomag a *Turf.js* (Turf.js, 2022), míg az útvonal- és egyéb adatokat az ORS szolgáltatja az OSM adatbázisa alapján. A magassági adatok megjelenítéséért felel a *Chart.js*, amely egy adatvizualizációs függvénykönyvtár (a magassági profilt egy interaktív vonaldiagram segítségével jeleníti meg) (Downie et al. 2022). A három, háttértérképnek választható térképréteg az OpenStreetMap, az OpenTopoMap (az OSM egyik deriváltja) (OpenTopoMap.org, 2022), valamint a Stamen Terrain (maps.stamen.com, 2022). A felület mobilos környezetre is optimalizált, ezért a CSS-szabány "media query" szabályai felelnek.

Az Openrouteservice-től való adatlekérés a webes API-on keresztül történik, majd az alkalmazás megjeleníti azokat a felhasználói felületen és a térképen. A lekérés szerkezetét az alkalmazás építi fel, melyben kialakítja a lekérés autorizációs fejlécét (Header) és az útvonal-paramétereket tartalmazó üzenettestet (Body). Az ORS bizonyos végpontokon GET, de többségében POST típusú HTTP kéréseket vár, amelyeket, ha megfelelő szintaxisúak, feldolgoz. A legtöbb szolgáltatás lekérési paramétereiben megadható, milyen kimeneti formátumot szeretnénk majd kapni (pl. JSON, GeoJSON, GPX). Minden lekérés aszinkron, ebből adódóan egy független szálon fut, így a teljes alkalmazás futása nem akad meg (pl. amíg egy útvonaltervre várunk az ORS felől, a felhasználó nyugodtan interakcióba léphet az alkalmazás felületével, mozgathatja a térképet stb.).

Útvonaltervezés

Az útvonaltervezés a legösszetettebb függvényrendszer az alkalmazásban. A futás során sor kerül többfajta bemenet beolvasására és ellenőrzésére, pontok



1. ábra Az útvonaltervezés felhasználói felülete: Budapest – Rózsahegy útvonal, Dorogon keresztül, autóval (háttértérkép: © OpenStreetMap contributors)

geokódolására, az útvonalterv lekérésére, útvonalszakaszok és pontok térképi megjelenítésére és interaktívvá tételére, egyéb információk és eredmények felhasználói felületbe való dinamikus betöltésére, valamint az útvonal polyline egyszerűsítésére és magassági adatok lekérésére, azok vonaldiagramon való megjelenítésére is (*1. ábra*). A felhasználótól érkező, útvonalpontoknak szánt szöveges bemeneteket egy RegEx (Regular Expressions) objektummal értelmezi, amely a megadott regex szabály alapján eldönti, szöveges bemenetről (pl. “Pázmány Péter sétány 1/A, Budapest”) vagy koordinátapárról van-e szó (pl. “47.473892, 19.061997”). Az útvonalpontok megadása a két említett módon kívül történhet a térképen egérkurzorral való pontlerakással, valamint helymeghatározás alapján is (a készülék lokációja alapján, legyen az internetelérésből következő, vagy GNSS-vevő alapú). A geokódolást az ORS geokódoló szolgáltatása végzi. Lehetőség adódik fordított geokódolásra is (“Mi található itt?” funkció), amely a térképre jobbegérgombbal kattintva indítható.

Az ORS-től érkező válaszok GeoJSON formátumúak, így könnyen értelmezhetőek. Az útvonaltervezés során külön tömböt alkotnak az útvonalak, azokon belül a geometria (a polyline töréspontjainak koordinátapárjai) és az egyéb leíró adatok (pl. az útvonalpontok közötti szegmensek hossza és időtartama, vagy a navigáció lépései). Az útvonal a töréspontok kezdő- és zárókoordinátái alapján egy egybefüggő vonalként megjelenik a térképen. A navigáció lépései (pl. “Menjen tovább egyenesen ezen: M3 | 2.22 km | 2 perc 24 mp”) megjelennek a bal oldali itiner táblázatban, valamint az egérkurzor szakasz fölé mozgatásával egy tooltipben.

2. ábra Az útvonalra vonatkozó magassági metszet grafikonja

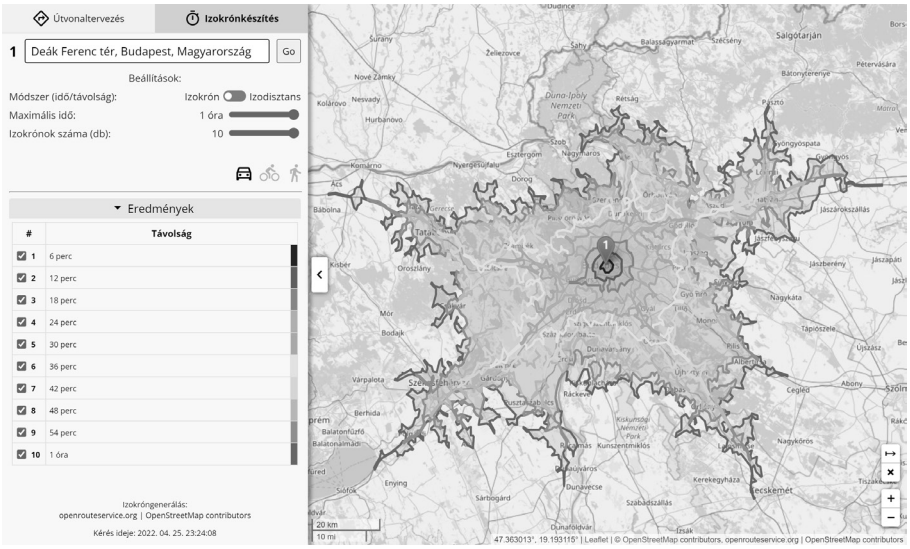
Végül a *Leaflet* térkép az útvonalhoz mozdul, méghozzá az útvonalat befoglaló téglalap sarokpontjai alapján (*bounding box*). Ez az információ, bár kiszámolható lenne a *Turf.js* függvénykönyvtár *bbox()* függvényének segítségével, a válaszban megérkezik, így azonnal felhasználható.

Magassági lekérés

A sikeres útvonaltervezés után a magassági lekérés segítségével megtudhatjuk majd, hogy az útvonal során milyen magasságváltozást kell leküzdenünk. Az ORS egyik limitációja, hogy a magassági lekérést csupán 2000 csomópontnál kevesebbel rendelkező polyline-ra tudja elvégezni. A megoldás a polyline átszámítása (egyszerűsítése), amely elvégezhető a *Turf.js along()* függvényével. Ez az átszámítás szükséges a lineáris X-osztásközű magassági profil *Chart.js*-el való megjelenítéséhez is (*2. ábra*): a nyers, ORS által generált útvonal csomópontjai nem azonos távolságokban helyezkednek el az útvonal mentén, emiatt a megjelenített vonaldiagram az X tengely mentén (távolság) változó torzulású lenne. Kényelmi, de hasznos funkció, hogy a felhasználó a vonaldiagram X tengelye mentén bárhol mozgathatja az egérkurzort (a magassági vonalon, az felett vagy az alatt is), a távolsághoz rendelt magasság felugró tooltipje mindig megjelenik a grafikonon és a térképen egy jellel együtt az útvonal mentén, ahová vonatkozik az adott magassági adat. Így könnyen megtudható, az útvonal mely részére vonatkozik az adott magassági érték, mely részén van emelkedő, esetleg lejtő.

Izokrónkészítés

Az izokrón- vagy izodisztanskészítés folyamata az útvonaltervezéshez hasonló ellenőrző függvényeket futtat, geokódol, lekéri az izokrónkészítő-szolgáltatástól az adatokat, feldolgozza és megjeleníti azokat (*3. ábra*). A felhasználó megadhatja a módszert, maximális időt vagy távolságot és a kívánt izokrónok darabszámát (mely szám a megadott időt vagy távolságot lineárisan intervallumokra osztja, max. 10 db). A GeoJSON válaszból kiolvasott poligonok az intervallumok alapján eltérő



3. ábra Izokrónkészítés: 10 db izokrón, 1 órás maximális idővel, autóval, Deák Ferenc tér középponttal (háttértérkép: © OpenStreetMap contributors)

színnel jelennek meg a térképen, az egyértelmű azonosítás érdekében. A poligonok listája megjelenik a bal oldali panelen is, amely megmutatja, melyik poligon milyen útvonalon megtett időt vagy távolságot fed le a térben. Egyes poligonok láthatósága kikapcsolható, a vizuálisan kevésbé terhelt térképen való vizsgálódáshoz.

Az OSM-hez hasonló méretű adatbázis esetében, ha egy adott középpontú izokrónt kérünk le, az algoritmusnak a lehető legtöbb útkombináción és irányban le kell futtatnia az útvonalkereső algoritmusait a háttérben, hogy megfejtse, hol éri el az útvonal az adott időhatárt. Az ORS által generált izokrónok és izodisztans poligonok általában pontosak és geometriailag helyesek, viszont néhány esetben a poligonok helyenként rendszertelenül, hiányosan (ha az adott úton nem futott az algoritmus), vagy egymás határát keresztezve jelenhetnek meg.

Összegzés

A munka során fejlesztett útvonaltervező és izokrónkészítő alkalmazás több ingyenes, nyílt forráskódú függvénycsomag kombinációjával egy olyan felületet kínál, amely az Openrouteservice.org (ORS) geoinformatikai szolgáltatásainak egy részét ötvözi, melyekhez a felhasználó számára könnyű elérést biztosít. A háttérben gyakorlatba ülteti a lekérések felépítésének módszerét és a GeoJSON formátumú válaszok feldolgozását. Központi eleme a *Leaflet* térképobjektum, amely modern szabványokra támaszkodva (HTML5, CSS3) biztosítja a mobilbarát megjelenítést és a térképpel való interaktivitást (Agafonkin 2022). Az alkalmazás funkciók szempontjából képes:

- kettő vagy három pont közötti autós, kerékpáros vagy gyalogos útvonaltervezésre,

- az útvonaltervezés paramétereinek (útvonal típusa: ajánlott, legrövidebb és leggyorsabb, elkerülendő objektumok, határok) figyelembevételére,
- az útvonalra illesztett magassági profil előállítására és interaktív bemutatására,
- itiner táblázat előállítására, amely a navigáció lépéseit tartalmazza,
- megadható középpontú izokrónok és izodisztansok lekérésére és megjelenítésére,
- térképen való többpontos szakasz- és távolságmérésre és iránymérésre,
- bármely szöveges bemenetű pont geokódolására, koordinátapár értelmezésére, valamint térképen kurzorral való vagy helymeghatározás alapú elhelyezésére,
- fordított geokódolásra ("Mi található itt?"-funkció).

Az alkalmazás nyílt forráskódú és esetlegesen továbbfejleszthető (pl.: funkció fejlesztése az útvonaltervezés során elkerülendő területek berajzolására, több közbeeső útvonalpont támogatása, útvonal menti POI-kigyűjtés, alternatív útvonalak lekérése, GPX/KML import és export).

Felhasznált irodalom

Agafonkin, V. (2022): Leaflet - a JavaScript library for interactive maps: https://leafletjs.com/. Letöltés dátuma: 2022. szeptember

Cheung, P. – Sengupta, U. (2016): Analysis of Journey Planner Apps and Best Practice Features. Manchester School of Architecture, Centre for Complexity Planning & Urbanism. Manchester: Manchester Metropolitan University. https://e-space.mmu.ac.uk/618521/ Letöltés dátuma: 2022. május

Downie, N. – Perkins, D. – Timberg, E. – Sylvestre, J. – Panzarino, Z. – Brunel, S. – Linsley, T. (2022): Chart.js - Simple yet flexible JavaScript charting for designers & developers. https://www.chartjs.org/ Letöltés dátuma: 2022. szeptember

Flanagan, D. (2011): JavaScript: the definitive guide. Peking; Farnham: O'Reilly.

Maps.stamen.com (2022): Stamen Design: http://maps.stamen.com/ Letöltés dátuma: 2022. szeptember

Mooney, P. – Corcoran, P. (2012): Characteristics of Heavily Edited Objects in OpenStreetMap. Future Internet, pp. 285–305. doi:10.3390/fi4010285

Neis, P. – Zielstra, D. – Zipf, A. (2012): The Street Network Evolution of Crowdsourced Maps: OpenStreetMap in Germany 2007–2011. Future Internet, 4(1), pp. 1–21. doi:10.3390/fi4010001

Openrouteservice.org (2022): Openrouteservice (The Heidelberg Institute for Geoinformation Technology). https://openrouteservice.org Letöltés dátuma: 2022. szeptember

OpenStreetMap.org (2022): https://www.openstreetmap.org/ Letöltés dátuma: 2022. július

OpenTopoMap.org (2022): https://opentopomap.org/ Letöltés dátuma: 2022. szeptember

Rothkrantz, L. (2018): Hybrid Dynamic Route Planners. ACM 19-th International Conference on Computer Systems and Technologies (CompSysTech'18). Rusze, Bulgária. doi:10.1145/3274005.3274012

Turf.js (2022): Turf.js Advanced geospatial analysis: https://turfjs.org/docs/ Letöltés dátuma: 2022. április

W3Techs (2022): Usage statistics of JavaScript as client-side programming language on websites: https://w3techs.com/technologies/details/cp-javascript/ Letöltés dátuma: 2022. március

Zielstra, D. – H. Hochmair, H. (2012): Comparing Shortest Paths Lengths of Free and Proprietary Data for Effective Pedestrian, Transportation Research Record 2299, pp. 41–47.

Vízminőségi adatok értékelési és megjelenítési lehetőségei egy WebGIS alkalmazás segítéségével

Balla Dániel[1] – Kiss Emőke[2] – Mester Tamás[3]

[1] Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Adattudomány és Vizualizáció Tanszék, balla.daniel@inf.unideb.hu
[2] Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, kiss.emoke@science.unideb.hu,
[3] Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, mester.tamas@science.unideb.hu

Absztrakt: Kutatómunkánk során Báránd településen a szennyvízcsatorna hálózat kiépítésének a talajvízminőségre gyakorolt hatásait kívánjuk értékelni különböző szennyezettségi indexeket felhasználva egy saját fejlesztésű ingyenesen elérhető interaktív webes felületen keresztül. A vizsgált település talajvízminőségének jellemzése érdekében 8 fontos vízkémiai paraméter aggregálásával 2 vízminőség index számítási módszert alkalmazva meghatároztuk a vizek szennyezettségi állapotát egy ingyenesen elérhető általunk fejlesztett webes alkalmazás segítségével. Megállapítottuk, hogy Báránd talajvízkészlete 5 évvel a csatornahálózat kiépítését követően is nagy területeken szennyezettnek tekinthető. Mindkét index esetében a település É-i területei mutatják a legalacsonyabb szennyezettséget, míg a középső és Ny-i területek jellemezhetők a legmagasabb szennyezettséggel. A legfőbb különbségek az adott szennyezettségi fokkal jellemezhető területek kiterjedésében mutatkoztak. A korrelációs vizsgálatok szignifikáns kapcsolatot mutattak ki, mely alapján kijelenthetjük, hogy mindkét index alkalmas a vízminőség állapotának együttes leírására.

Bevezetés

A felszín alatti vizek állapotának romlása az ipari forradalom óta globális problémaként jelentkezik, amely így a környezettel kapcsolatos kutatások fókuszpontjába került (Azzellino et al. 2019). Nemzetközi tanulmányok bizonyítják, hogy az ipari és mezőgazdasági tevékenység mellett az egyik legjelentősebb szennyezőforrás a kommunális szennyvíz, amelynek kezelése és tisztítása a fejlett és a fejlődő országok esetében is gyakran megoldatlan (Szabó 1996, 2002; Jumma et al. 2012; Ravikumar – Somashekar 2012; Machiwal – Jha 2015; Smoroń 2016;). Több kutatás megállapítja, hogy a rurális térségekben a hiányzó szennyvízkezelő rendszerek következtében a szennyvíz a talajvízbe kerül, ennek következtében e területeken a talajvíz minősége erősen leromlott (Backman et al. 1998; Szabó et al. 2010; Dević et al. 2014; Nemčić-Jurec et al. 2017). A felszín alatti vízkészletek felhasználásának aránya Európában eléri a 74%-ot, Magyarország ivóvízellátásának pedig 95%-a felszín alatti vizekből származik. Az utóbbi évtizedben Magyarországon igen komoly előrelépés történt a települési szennyvizek gyűjtésével és tisztításával kapcsolatban. A vízhálózatba és a csatornahálózatba bekapcsolt lakások arányának különbsége a 2004-es 31,5%-ról 2018-ra 13,3%-ra csökkent (KSH 2019), így néhány éven belül a másodlagos közműolló várhatóan 10% alá csökken. A megvalósuló

beruházások eredményeképp jelentősen lecsökken a talajvízrendszerbe jutó kommunális szennyvíz mennyisége, amelynek hatása az egész települési környezetre kiterjed. Ahhoz, hogy e változásoknak a mértékét, intenzitását és a várható tisztulási folyamatok időtartamát pontosan meg tudjuk határozni, folyamatos talajvízmonitoring mellett elengedhetetlen a beruházások előtti alapállapot felmérése.

A felszín alatti vizek jó és gyenge minőség közötti kategorizálására számos módszertani megközelítés született (Walker 2001; Lowe et al. 2002). Mivel a vízminőségi állapot számos fizikai, kémiai és biológiai paraméterrel írható le, a nagy mennyiségű adat jelentősen megnehezíti az értékelést és az összehasonlítást (Reisenhofer et al. 1998). A probléma megoldása érdekében Horton (1965) javasolta az első vízminőség index bevezetését 10 fontos vízkémiai paraméter alapján. A különféle szennyezettségi indexek legfontosabb előnye a kémiai, fizikai és biológiai paraméterek egyetlen számmá történő összevonása, amely a vízminőségre vonatkozó információkat közérthetővé teszi a nyilvánosság és a politikai döntéshozók számára is (Ball – Church 1980; Bouslah et al. 2017). A vízminőség indexek alapján létrehozott tematikus térképek átfogó képet adnak az adott környezeti problémáról és könnyen értelmezhetővé teszik azt a tudományos területen kívüli személyek számára is. Így a vízminőség indexek alkalmazása a felszíni és felszín alatti vizek állapotának leírása során bevett gyakorlattá vált (Liou et al. 2004; Bora – Goswami 2017; Bouslah et al. 2017; Mester et al. 2020; Judeh et al. 2021). A következő évtizedekben számos módszert fejlesztettek ki a monitoring adatok egyetlen vízminőségi mutatóba való aggregálásához (Brown et al. 1970; Backman et al. 1998; Reisenhofer et al. 1998; Pesce – Wunderlin 2000), és a vízminőségi indexek Földrajzi Információs Rendszerekben (GIS) való alkalmazásához (Zichar 2011a, 2011b).

Kutatómunkánk során Báránd településen a szennyvízcsatorna hálózat kiépítésének a talajvízminőségre gyakorolt hatásait kívánjuk értékelni különböző szennyezettségi indexeket felhasználva egy saját fejlesztésű ingyenesen elérhető interaktív webes felületen keresztül, amelynek használatával nem csak a feltöltött kutak talajvízminőségének állapotát lehet kvantitálni, hanem a feltöltött térbeli adatokat webtérképen publikálni, ezzel is elősegítve a potenciálisan szennyezett területek detektálását különböző indexek szemszögéből.

Anyag és Módszer

Mintaterület bemutatása

A vizsgált település Báránd az Alföld keleti részén, a Nagy-Sárréten a Sebes-Körös hordalékkúpjának Ny-i lábánál helyezkedik el. Lakosságszáma 2611 fő (KSH 2019). Becsléseink szerint az elmúlt évtizedekben a vizsgált település 1200 háztartásában éves szinten átlagosan 120.000 m^3 elhasznált vízből keletkező szennyvíz 30-40%-a szivároghatott a talajba. Ez a jelentős szennyezőanyag kibocsátás pedig a település talajvízkészletének erőteljes elszennyeződéséhez és a vízminőség jelentős

romlásához vezetett, amit rendszeres évenkénti mintavétellel monitoringozunk a potenciálisan szennyezett területek azonosításához (Mester et al. 2017, 2018, 2019).

Mintavétel és vízminőség index meghatározás

A vizsgálatba 40 ásott kutat vontunk be. A kutakból 2019 nyarán végzett mintavétel során a talajvízkutak felső 1 méteres vízrétegét mintáztuk meg. A minták pH és EC értékei WTW 315i mérőműszerrel, a begyűjött vízminták NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-, PO_4^{3-} tartalmát MSZ ISO 7150-1:1992, MSZ 448-18:2009 és az MSZ 1484-13:2009 alapján spektrofotométerrel határoztuk meg. A KOIps értékét Kálium-permanganáttal, a Na^+ értékét PerkinElmer 3110 AAS műszerrel mértük.

Súlyozott Vízminőség Index (WQI) és Vízminőség Állapot (WQS) (Brown et al. 1970) alapján

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

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

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

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

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

$$W_n = k/V_s$$

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

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

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

1. táblázat WQI és WQS kategóriák és a lehetséges vízfelhasználás

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

2. táblázat A szennyezettség foka Backman et al. *(1998) alapján*

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

Szennyezettségi Index Backman et al. *(1998) alapján*

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

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

C_{fi} = szennyezettségi faktor i-edik komponensre; CA_i = i-edik komponens analitikai értéke; CN_i = i-edik komponens szennyezettségi határértéke. A szennyezettségi index értékeket 5 kategóriába sorolták (*2. táblázat*).

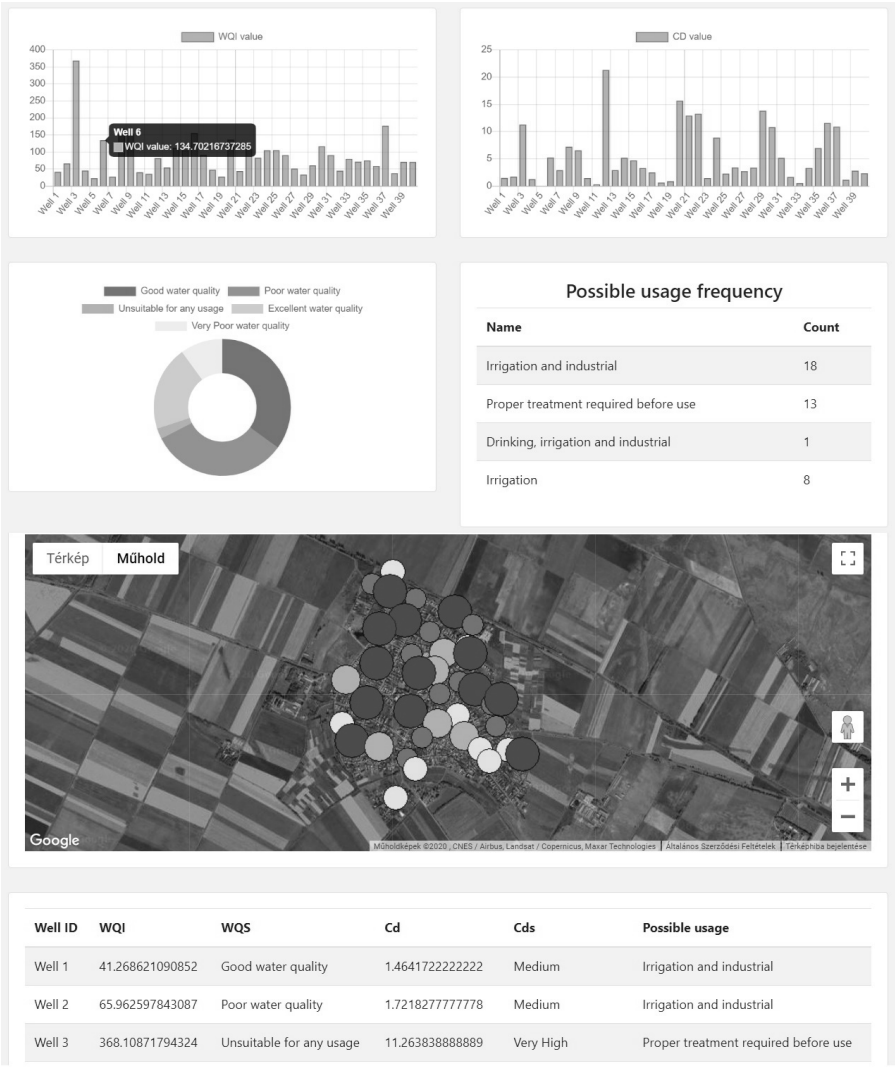
Geovizualizáció és adatfeldolgozás

Az analitikai oldal megvalósításánál öt különböző technológiát alkalmaztunk. A térkép és a földrajzi adatok vizualizációja Google Maps API V3 és KML eszközök felhasználásával történik. A vízminőségi indexek számítását egy Javascript kód végzi az előző fejezetben bemutatott képletek alkalmazásával. A számításokhoz és a geovizualizációhoz egy kitöltött MS Excel sablont kell feltölteni az analitikai oldal webes felületén. A webes felület kialakításához a Twitter fejlesztői által készített BootStrap front-end framework-öt és a Sufee Admin interaktív felületét használtuk fel.

Eredmények

Szabadon elérhetővé és felhasználhatóvá tettünk egy, az inputadatok alapján talajvízminőséget elemző és geovizualizáló analitikai webes eszközt. A munkafolyamat három részre osztható. Az első fázisban a mintaterület kiválasztását és a területen elhelyezkedő kutak azonosítását, földrajzi pozícióinak rögzítését kell elvégezni. Ezt követi a mintavétel és laboratóriumi mérés. A második fázisban egy Temaplate XLS-t kell kitölteni, amelyet feltöltve a szervere – a megadott parméterek validációja után – megtörténik a vízminőségi indexek meghatározása és geovizualizációja (*1. ábra*). A paraméterek és határértékek validációja olyan minőségellenőrzési módszereket foglal magába, amelyek segítségével a bemeneti adatok (legyen az terepen felvett vagy

később hozzáadott, mért laboradat) hibái felismerhetők és javíthatók. Ennek pozitív eredménye, hogy a vízminőség meghatározásánál a felhasználó nem fog félrevezető eredményt kapni a hibásan vagy rosszul megadott paraméterek miatt, ezáltal is törekedve a lehető legpontosabb vízminőségi besorolásra. Abban az esetben, ha a felhasználó által megadott valamelyik paraméter hibás, a szerver egy információs üzenet formájában tájékoztatja a felhasználót, hogy mely paraméterek vagy határértékek szorulnak javításra a feltöltés és az elemzés elött. A számított indexek és vízminőségi státuszok vizuális reprezentációját a Sufee Admin interaktív diagramjai biztosítják, amelyek az egyes indexek értékeit és a talajvíz kutak vízminősége alapján a lehetséges felhasználásuk %-os arányát mutatják be. A térképi felületen megjelenő adatok vizuális reprezentációját egy KML állomány biztosítja (*1. ábra*).



1. ábra A webes alkalmazás felhasználói felülete

3. táblázat A vizsgált vízkémiai paraméterek leíró statisztikája

Paraméter	Határérték	Átlag	Min	Max	Felső kvartilis	Alsó kvartilis
pH	6,5-8,5	7,2	6,81	7,90	7,42	6,97
EC (µS/cm)	300	2773,4	695	8910	3792	1511
NH_4^+ (mg L^{-1})	0,5	0,5	0,12	3,37	0,618	0,289
NO_2^- (mg L^{-1})	0,5	0,3	0,001	1,94	0,308	0,2375
NO_3^- (mg L^{-1})	50	170,7	7,61	645,5	244,85	43,09
PO_4^{3-} (mg L^{-1})	0,5	0,5	0,04	2,14	0,604	0,137
COD (mg L^{-1})	4,5	7,7	1,66	16,65	10,12	4,57
Na^+ (mg L^{-1})	200	383,7	52,14	2019,77	477,9	301,4

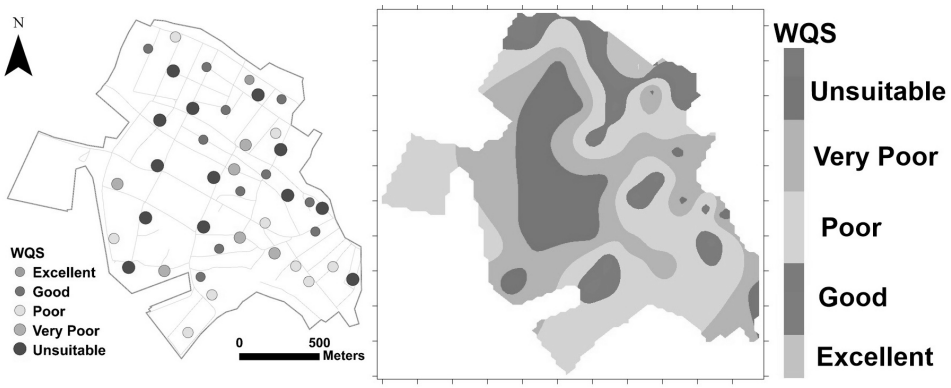
A vizsgált vízkémiai paraméterek értékelése

A szennyezettségi indexek kiszámításához szükséges vízkémiai paraméterekre vonatkozó szennyezettségi határértékek leíró statisztikáját a *3. táblázat* tartalmazza. 2019-ben, öt évvel a szennyvízcsatorna hálózat kiépítését követően a vizsgált 8 paraméterből 5 paraméter esetében (EC, NH_4^+ NO_3^- COD és Na^+) az átlagértékek is meghaladják a vonatkozó határértéket. A vizek elektromos vezetőképessége igen magas szórást mutat, a minimum értéke 695 µS/cm, míg a maximum értéke 8910 µS/cm volt. A vízminták még mindig igen magas szervesanyag tartalma jelzi, hogy az évtizedeken át zajló szennyvízkiáramlás következtében jelentős mennyiségű szervesanyag halmozódott fel a talajban és talajvízben. Az ammónium a szervesanyag lebomlását jelzi, ezáltal friss szennyezést indikál. A felső kvartilis értéke 0,618 mg L^{-1} volt, az alsó kvartilis értéke 0,289 mg L^{-1} mely még mindig szennyezettséget jelez. A nitrát esetében is jelentős különbségek mutatkoznak az egyes kutak értékei között. Az alsó kvartilis értéke szennyezettségi határérték alatt (43,09 mg L^{-1}) míg a felső kvartilis értéke közel ötszöröse volt (244,85 mg L^{-1}) a határértéknek.

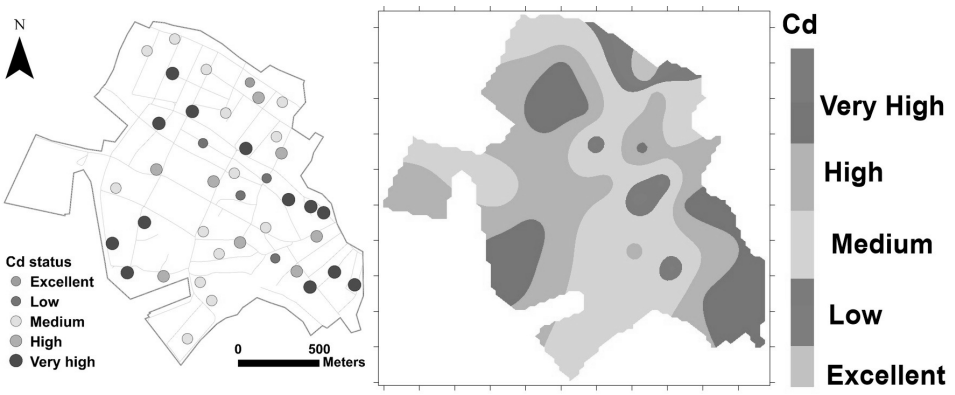
A talajvízminőség értékelése vízminőség indexek alapján

Az indexértékek 22,47 – 368,11 között alakulnak. Az indexértékek alapján meghatároztuk a vizek vízminőségi állapotát (WQS). A minták 47,5%-a a legrosszabb kategóriába került. A minták további 22,5%-a esetében gyenge vízminőséget állapítottunk meg. A vízminőség állapota csupán a minták 27,5%-a esetében volt jó és egyetlen kút esetében volt kiváló.

Azért, hogy a szennyezettség fokának térbeli alakulását is meg tudjuk állapítani, a mintavételi pontokhoz tartozó vízminőségi állapotot ponttérképen ábrázoltuk, amely során az öt kategóriát színkóddal láttuk el. Mivel a területre vonatkozóan nagyszámú minta állt rendelkezésre, így a szennyezettség alakulásának jobb szemléltetése érdekében krigeléses interpolációval elkészítettük a terület eloszlástérképét (*2. ábra*). Megállapítható, hogy a terület középső és Ny-i területei tekinthetők a legszennyezettebbnek, míg az északi területek szennyezettsége mutatja a legalacsonyabb értéket. A település D-i területei jellemzően rossz vízminőségi állapottal jellemezhetők.



2. ábra A vizsgált kutak elhelyezkedése és térbeli eloszlása Brown et al. *(1970) vízminőségi indexe alapján*



3. ábra A vizsgált kutak elhelyezkedése és térbeli eloszlása Brown et al. *(1998) szennyezettség fokának értékelésére kidolgozott indexe alapján.*

A Backman et al. (1998) által a szennyezettség fokának értékelésére kidolgozott módszer alapján kiszámoltuk az index értékeket. Az értékek 0,00 – 21,31 között változtak. Ezen index esetében is az értékek alapján a vízmintákat 5 kategóriába soroltuk. A kutak 52,5%-a az erőteljes szennyezettséget jelző kategóriába került. A kutak 35%-a közepesen szennyezettnek tekinthető és csupán a kutak 12,5%-ban alacsony a szennyezettség foka.

A szennyezettség térbeli alakulásának megállapítása érdekében az előző indexhez hasonlóan az öt kategóriát színkóddal láttuk el és az egyes kutak vízminőségi állapotát ponttérképen ábrázoltuk, valamint elkészítettük az eloszlástérképet is (*3. ábra*). A szennyezettség térbeli alakulása hasonló mintázatot mutat a Brown index-szel. A település É-i területei itt is a legkevésbé szennyezettek, ennek kiterjedése ugyanakkor kisebb méretű. A Ny-i területek erős szennyezettségét ez az index is kimutatta, ugyanakkor a település DK-i részének szennyezettsége ezen index alapján magasabb. Kialakult továbbá egy a település középső részén végigfutó zóna, ahol a szennyezettség mértéke közepesnek tekinthető.

4. táblázat A vizsgált kutak különböző Vízminőség állapotának (WQS) és szennyezettségi fokának (Cds)) száma 2019 -ben

Vízminőség állapot (WQS)	**2019**	**Rang**	**Szennyezettség foka (Cds)**	**2019**
Kiváló vízminőség	1	1	Nem szennyezett	1
Jó vízminőség	11	2	alacsony	4
Rossz vízminőség	9	3	közepes	14
Nagyon rossz vízminőség	6	4	szennyezett	8
Bármilyen használatra alkalmatlan	13	5	erősen szennyezett	13
Összesen	**40**		**Összesen**	**40**

Vízminőségi indexek összehasonlító vizsgálata

Mindkét alkalmazott index esetében 5 kategóriát használtunk a vízminőség állapotának leírására, ugyanazon paraméterek felhasználásával (*4. táblázat*). A két módszer eredményei között szignifinkáns ($p<0,01$) korrelációt mutattunk ki. Az 5. (Rang5) kategóriába mindkét index esetében 13–13 kút míg az 1. kategóriába (Rang 1) 1–1 kút került. Nagyfokú egyezést mutat a 4. kategória (Rang 4) is, ahova a WQS alapján 6, míg a Cd alapján 8 kút került. A legjelentősebb eltérés a 2–3 kategóriák között (Rang2-Rang3) van. Míg a WQS alapján 2. kategóriába 11 kút került, addig a Cd esetében csupán 4 kút. Ennek megfelelően a Cd esetében 36%-kal magasabb volt azoknak a kutaknak a száma, amelyek a 3.(Rang 3) közepes szennyezettséget jelző kategóriába kerültek.

Továbbá megvizsgáltuk, hogy mely kutak kerültek azonos kategóriába, illetve az adott kút esetében milyen különbség mutatkozik a felállított kategóriák között. 8 kút a WQS és a Cd alapján is ugyanabba a legszennyezettebb kutakat jelölő 5. kategóriába (Rang 5) került, míg 4 kút a WQS alapján 5. (Rang 5), a Cd alapján 4. (Rang 4) kategóriába került. A kutak 47,5%-a esetében a két index közötti különbség 0 volt, 35%-a esetében a +1 vagy –1 volt a kategóriák közötti eltérés. Az esetek 17,5%-ban volt 2-nél nagyobb a besorolt kategóriák közti különbség.

Konklúzió

A vizsgált település talajvízminőségének jellemzése érdekében 8 fontos vízkémiai paraméter aggregálásával 2 vízminőség index számítási módszert alkalmazva megállapítottuk a vizek szennyezettségi állapotát egy ingyenesen elérhető általunk fejlesztett webes alkalmazás segítségével. Megállapítottuk, hogy Báránd talajvízkészlete 5 évvel a csatornahálózat kiépítését követően is nagy területeken szennyezettnek tekinthető. Mindkét index esetében a település É-i területei mutatják a legalacsonyabb szennyezettséget, míg a középső és Ny-i területek jellemezhetőek a legmagasabb szennyezettséggel. A legfőbb különbségek az adott szennyezettségi fokkal jellemezhető területek kiterjedésében mutatkoztak. A korrelációs vizsgálatok szignifikáns kapcsolatot mutattak ki, mely alapján kijelenthetjük, hogy mindkét index alkalmas a vízminőség állapotának együttes leírására.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-22-4-II-DE-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

Irodalom

Azzellino, A. – Colombo, L. – Lombi, S. – Marchesi, V. – Piana, A. – Andrea, M. – Alberti, L. (2019): Groundwater diffuse pollution in functional urban areas: The need to define anthropogenic diffuse pollution background levels. Science of The Total Environment, 656, 1207–1222.

Backman, B. – Bodiš, D. – Lahermo, P. – Rapant, S. – Tarvainen, T. (1998): Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia. Environmental Geology, 36(1-2), 55–64.

Ball, R. O. – Church, R. L. (1980): Water quality indexing and scoring. Journal of the Environmental Engineering Division, 106(4), 757–771.

Bora, M. – Goswami, D. C. (2017): Water quality assessment in terms of water quality index (WQI): case study of the Kolong River, Assam, India. Applied Water Science, 7(6), 3125–3135.

Bouslah, S. – Djemili, L. – Houichi, L. (2017): Water quality index assessment of Koudiat Medouar Reservoir, northeast Algeria using weighted arithmetic index method. Journal of Water and Land Development, 35(1), 221–228.

Brown, R. M. – McClelland, N. I. – Deininger, R. A. – Tozer, R. G. (1970): A water quality index – do we dare.

Devic, G. – Djordjevic, D. – Sakan, S. (2014): Natural and anthropogenic factors affecting the groundwater quality in Serbia. Science of the Total Environment, 468, 933–942.

Horton, R. K. (1965): An index number system for rating water quality. Journal of Water Pollution Control Federation, 37(3), 300–306.

HS 1484-13:2009 Hungarian Standard Water quality. Part 12: Determination of nitrate and nitrite. Content by spectrophotometric method.

HS ISO 7150-1:1992 Hungarian Standard Water quality. Determination of ammonium. Part 1: Manual spectrophotometric method.

Hungarian Central Statistical Office (KSH) (2019): https://www.ksh.hu/docs/hun/eurostat_tablak/tabl/tps00001.html

Judeh, T. – Bian, H. – Shahrour, I. (2021): GIS-Based Spatiotemporal Mapping of Groundwater Potability and Palatability Indices in Arid and Semi-Arid Areas. Water, 13(9), 1323.

Jumma, A. J. – Mohd, E. T. – Noorazuan, M. H. (2012): Groundwater pollution and wastewater management in Derna City, Libya. International Environmental Research Journal, 6(1), 50–54.

Liou, S. M. – Lo, S. L. – Wang, S. H. (2004): A generalized water quality index for Taiwan. Environmental Monitoring and Assessment, 96(1-3), 35–52.

Lowe, M. – Wallace, J. – Kneedy, J. L. (2002): Ground Water Recharge Area and Water Quality Classification Mapping for Cedar Valley, Southwestern Utah–Tools for Land Use Planning.

Machiwal, D. – Jha, M. K. (2015): Identifying sources of groundwater contamination in a hard-rock aquifer system using multivariate statistical analyses and GIS-based

geostatistical modeling techniques. Journal of Hydrology: Regional Studies, 4, 80-110.
Mester, T. – Szabó, G. – Bessenyei, É. – Karancsi, G. – Barkóczi, N. – Balla, D. (2017): The effects of uninsulated sewage tanks on groundwater. A case study in an eastern Hungarian settlement. J. Water Land Dev., 33(4–6), 123–129.
Mester, T. – Balla, D. – Szabó, G. (2018): Evaluation of the cleaning process of groundwater following the establishment of a sewage system. IOP Conf. Ser. Earth and Environ. Sci., 191, 1–6.
Mester, T. – Balla, D. – Karancsi, G. – Bessenyei, É. – Szabó, G. (2019): Effects of nitrogen loading from domestic wastewater on groundwater quality. Water SA., 45(3), 349–358.
Mester, T. – Balla, D. – Szabó, G. (2020): Assessment of Groundwater Quality Changes in the Rural Environment of the Hungarian Great Plain Based on Selected Water Quality Indicators. Water Air Soil Pollut, 231, 536.
Nemčić-Jurec, J. – Singh, S. K. – Jazbec, A. – Gautam, S. K. – Kovač, I. (2017): Hydrochemical investigations of groundwater quality for drinking and irrigational purposes: two case studies of Koprivnica-Križevci County (Croatia) and district Allahabad (India). Sustainable Water Resources Management, 1–24.
Pesce, S. F. – Wunderlin, D. A. (2000): Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquía River. Water Research, 34(11), 2915–2926.
Ravikumar, P. – Somashekar, R. K. (2012): Assessment and modelling of groundwater quality data and evaluation of their corrosiveness and scaling potential using environmetric methods in Bangalore South Taluk, Karnataka State, India. Water Resources, 39(4), 446–473.
Reisenhofer, E. – Adami, G. – Barbieri, P. (1998): Using chemical and physical parameters to define the quality of karstic freshwaters (Timavo River, North-eastern Italy): a chemometric approach. Water Research, 32(4), 1193–1203.
Smoroń, S. (2016): Quality of shallow groundwater and manure effluents in a livestock farm. Journal of Water and Land Development, 29(1), 59–66.
Szabó Gy. (1996): Nehézfémek a talajban. Földrajzi Közlemények 120: 4 pp. 253–266.
Szabó Gy. (2002): Anthropogen Effects on Soils in Hungary. In: Jung, G (szerk.) Oldenburger Geoökologische Studien: Kulturlandschaftsgeschichte Oldenburg, Németország: Bibliotheks- und Informationssystem der Universitat Oldenburg, pp. 188–200.
Szabó Gy. – Angyal A. – Csikós A. – Bessenyei É. – Tóth E. – Kiss P. – Csorba P. – Szabó Sz. (2010): Examination of the groundwater pollution at lowland settlements. Studia Universitatis Vasile Goldis Arad - Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series) 20: 4 pp. 89–95.
Walker, G. (2001): Picking Horses for Courses: A groundwater systems framework for salinity management. Restoring the Hydrologic Water Balance in Agricultural Lands-Plant Industry Crop Adaptation Seminar. available at: www.ndsp.gov.au/catchclass/shatisf/gwclass.ht
Zichar, M. – Tóth, V. (2011a): Informatika a nyelvtudomány szolgálatában In: Cser, L; Herdon, M (szerk.) Informatika a felsőoktatásban 2011 konferencia Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem Informatikai Kar (2011b), 1, 140 p., pp. 843–848, 6 p.
Zichar M. (2012): Geovisualization based upon KML. Journal of Agricultural Informatics (3)1, pp. 19–26.

A LUCAS és TIM adatbázisok fizikai talajtulajdonságainak térbeli összehasonlítása

Benő András[1] – Kocsis Mihály[2] – Szatmári Gábor[3] – Laborczi Annamária[4] – Szabó Brigitta[5] – Bakacsi Zsófia[6] – Pásztor László[7]

[1] tudományos segédmunkatárs, ELKH ATK Talajtani Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
[2] tudományos munkatárs, ELKH ATK Talajtani Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
[3] tudományos főmunkatárs, ELKH ATK Talajtani Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
[4] tudományos főmunkatárs, ELKH ATK Talajtani Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
[5] tudományos főmunkatárs, ELKH ATK Talajtani Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
[6] osztályvezető, ELKH ATK Talajtani Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.
[7] igazgató, osztályvezető ELKH ATK Talajtani Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

Absztrakt: Az EJP SOIL projekt keretein belül merült fel a kihívás, mely szerint érdemes lenne megvizsgálni, hogy milyen módon lehet a LUCAS feltalaj adatbázist és a nemzeti talajinformációs adatbázist harmonizálni és összehasonlítani annak érdekében, hogy a későbbiekben együtt használva pontosabb és részletesebb térbeli felbontással rendelkező talajtérképeket készíthessünk Magyarország, illetve Európa területére. Az összehasonlításhoz az 1992. évi TIM adatbázist és a 2009. évi LUCAS feltalaj adatbázist használtuk fel. Elsőként a talaj fizikai tulajdonságait vizsgáltuk, mivel ezek időben kevésbé változékonyak. Ehhez mindenekelőtt a két adatbázis közötti különböző osztályozási rendszert kellett közös nevezőre hoznunk. A TIM adatbázist 0–20 cm mélységre konvertálni, a LUCAS adatbázist pedig FAO/WRB talajtextúra osztályozási rendszerről USDA rendszerre alakítani. A TIM adatbázis esetében ALR transzformációra is szükség volt. A konvertált adatbázisokból 28 környezeti segédváltozó segítségével random forest kriging interpolációval elkészítettük az egyes talajfrakciók térképeit, illetve ezek kombinálásával a talajtextúra osztályokat is. A térképek összehasonlítása lineáris regresszióval, kappa statisztikával, illetve különbségtérképek létrehozásával történt.

Bevezetés

A talajok vízáteresztő és víztartó képessége nagyban függ a fizikai féleségtől, amely így nagy hatással van a termőképességre, talajdegradációra. Az utóbbi évek extrém csapadékeloszlásának köszönhetően ez a talajtulajdonság még jobban felértékelődött, így a fizikai féleség minél részletesebb térképezése stratégiai fontosságú a mezőgazdaság számára.

Hazai részről 1992 óta a Talajvédelmi Információs és Monitoring rendszer (TIM) szolgáltat pontadatbázist a talaj fizikai féleségéről több mélységben. A Land Use/Cover Area frame Survey (LUCAS) feltalaj adatbázis 2009-től szolgáltat pontminta adatokat egész Európa területére, a talaj felső (0–20cm) termőrétegére. Az eltérő laboratóriumi módszerek és a mintavételek különböző mélységei miatt konverziókra van szükség, hogy közvetlenül összevethessük a két adatbázist és megvizsgáljuk a közöttük fennálló korrelációkat. A harmonizáció és térbeli összevonás részletesebb és pontosabb talajtérképek elkészítését teszi lehetővé Magyarországon, de hozzájárul a kontinens talajtérképeinek jobbításához is.

Cikkünkben a LUCAS és TIM adatok konverzióját és térképezését végeztük el, amely végproduktumok segítségével direkt módon összehasonlítottuk a két adathalmazt. A szemcsefrakció-térképekből talajtextúra-térképeket számoltunk, amelyek segítségével talajtextúra-távolság térképet készítettünk. Ez a térkép jól szemlélteti a két rendszer közötti térbeli egyezéseket és különbségeket.

Anyag és módszer

Kiinduló adatok

A hazai TIM adatbázis 1236 mintapontot tartalmaz több mélységből. A rendszeren belül szerepelnek erdészeti, információs és speciális pontok, amelyek különböző szempontok alapján lettek kiválasztva. A fizikai talajtulajdonságokat a rendszer indításakor 1992/1993-ban mérték, ezután már csak időben gyorsabban változó kémiai talajtulajdonságokat mértek periodikusan. A talajprofilok mélységei nagyon különbözőek.

A 2009. évi LUCAS adatbázis hazánk területére 496 mintapontot tartalmazott 0–20 cm mélységből. A pontok a Corine Land Cover (CLC) alapján kerültek kiválasztásra, annak érdekében, hogy minden felszínborítási kategóriát arányosan képviseljenek. A fizikai tulajdonságokat a TIM-hez hasonlóan egyszer mérték a rendszer indításának elején, utána a korábbi pontokra visszatérve csak kémiai tulajdonságokat mértek.

Különbségek

Az EU országai nagyon különböző talajadatbázisokkal rendelkeznek, amelyeket nem egyszerű harmonizálni. Ennek oka az eltérő mintavételi stratégiák és laboratóriumi- és klasszifikációs módszerekben rejlik. Ez az eltérés különösen erős a kelet- és nyugat európai országok között. Szükséges volt egy uniform mintavételezésre az egész EU területére, ebből született a LUCAS feltalaj adatbázis és ez szolgálhat alapul a sokszínű európai talajadatbázisok harmonizációjához.

A TIM adatbázisban a szemcsefrakciók eloszlását USDA klasszifikációs módszerrel mérték, melynek határai a következők:

Szemcse	**Méret**
Homok	2,0 – 0,05 mm
Iszap	0,05 – 0,002 mm
Agyag	< 0,002 mm

A LUCAS adatbázisban a szemcsefrakciók meghatározása FAO/WRB klasszifikáció alapján történt.

Szemcse	**Méret**
Homok	2,0 – 0,063 mm
Iszap	0,063 – 0,002 mm
Agyag	< 0,002 mm

Konverzió

Először a LUCAS FAO/WRB típusú szemcseméret határait kellett átalakítani USDA szabványra. Ehhez az R soiltexture modulon (Moeys 2018) belül a TT.text. transf nevű függvényt alkalmaztuk. Következő lépésben a minták mélységét kellett közös nevezőre hozni, a TIM adatbázis 0–20 cm mélységre konvertálásával. Ehhez R statisztikai programcsomagban a GSIF modulon (Hengl et al. 2020) belül a mass preserving splines (mpsplines) függvényt használtuk fel, így a különböző talajszintek adatait interpoláltuk 0–20 cm-re.

Az interpoláció miatt a három frakció százalékos aránya kissé torzult. Mivel a három szemcsefrakciónak együttesen 100%-ot kell adnia, Additive Log Ratio (ALR) transzformációt kellett alkalmaznunk a frakciókon. Ehhez a következő egyenleteket használtuk:

$$\hat{y}1 = \ln\frac{\text{Agyag}}{\text{Homok}} \qquad \hat{y}2 = \ln\frac{\text{Iszap}}{\text{Homok}}$$

Ezután a két adatbázis szemcsefrakciói már a megfelelő százalékos értékekkel rendelkeztek és készen álltak a térképezésre. A két faktorból raszteres térképeket készítettünk, ehhez a hasnoló kutatások módszertanát követve (Szatmári et al. 2021; Vaysse – Lagacherie 2015) random forest kriging (Breiman 2001; Liaw – Wiener 2012) interpolációt használtunk 10-szeres keresztvalidációval. Az interpolációhoz 28 környezeti segédváltozót (*1. táblázat*) használtunk fel 100 méteres felbontással. A lakott területeket, folyó és állóvizeket a NÖSZTÉP térképpel (Tanács et al. 2019) maszkoltuk.

Az ŷ1 és ŷ2 térképeket felhasználva elkészítettük a homok- iszap- és agyagfrakciók térképeit az alábbi konverziós egyenletek segítségével R-ben SpatialPixelsDataFrame formátumban.

$$Agyag = \frac{\text{Exp}(\hat{y}1)}{1 + \text{Exp}(\hat{y}1) + \text{Exp}(\hat{y}2)} * 100$$

$$Iszap = \frac{\text{Exp}(\hat{y}2)}{1 + \text{Exp}(\hat{y}1) + \text{Exp}(\hat{y}2)} * 100$$

$$Homok = \frac{1}{1 + \text{Exp}(\hat{y}1) + \text{Exp}(\hat{y}2)} * 100$$

Az így létrejött térképeket már direkt módon össze lehetett hasonlítani egymással. Ehhez lineáris regressziót használtunk scatterplot ábrákkal szemléltetve a korrelációkat (*3. ábra*).

A szemcsefrakció térképekből az R soiltexture modul TT.text függvényével talajtextúra osztályokat számoltunk a két adatbázisra. A két adatbázist összevontuk és a talajtextúra osztályok közötti távolságot egy súly-mátrix (Laborczi et al. 2016, 2019) segítségével minden pixelre kiszámoltuk. Az értékek 0 és 1 tartományban mozogtak, legrosszabbtól a legjobb egyezésig.

1. táblázat Környezeti segédváltozók

SPC faktor	Név	Felbontás	Típus
Talajklíma	Magyarország genetikus talajtérképe	100 m	Kategorikus
	Hosszú távú éves átlagos evapotranspiráció	100 m	Folytonos
	Hosszú távú éves átlagos párolgás	100 m	Folytonos
	Hosszú távú éves átlagos csapadék	100 m	Folytonos
	Hosszú távú éves átlagos hőmérséklet	100 m	Folytonos
Domborzat	Tengerszint feletti magasság	100 m	Folytonos
	Lejtőmeredekség	100 m	Folytonos
	Felszíni terület	100 m	Folytonos
	Profil görbület	100 m	Folytonos
	Teljes görbület	100 m	Folytonos
	Topographic wetness index (TWI)	100 m	Folytonos
	Topographic ruggedness index (TRI)	100 m	Folytonos
	Topographic position index (TPI)	100 m	Folytonos
	Multiscale TPI	100 m	Folytonos
	SAGA wetness index	100 m	Folytonos
	LS factor	100 m	Folytonos
	Multi-resolution index of valley bottom flatness (MRVBF)	100 m	Folytonos
	Multi-resolution ridge top flatness (MRRTF)	100 m	Folytonos
	Vertical distance to channel network (VDCN)	100 m	Folytonos
	Horizontal distance to channel network (HDCN)	100 m	Folytonos
	Channel network base level	100 m	Folytonos
	Diurnal anisotropic heating	100 m	Folytonos
	Mass balance index (MBI)	100 m	Folytonos
	Stream power index (SPI)	100 m	Folytonos
Felszínborítás	CLC 1990	100 m	Kategorikus
	CLC 2000	100 m	Kategorikus
	CLC 2012	100 m	Kategorikus
Talajképző kőzet	Magyarország földtani térképe	100 m	Kategorikus

2. táblázat Az egyes USDA talajtextúra-osztályok közötti távolság

	agyag	**agyagos vályog**	**vályog**	**vályogos homok**	**homok**	**homokos agyag**	**homokos agyagos vályog**	**homokos vályog**	**vályog**	**iszapos vályog**	**iszapos agyag**	**iszapos agyagos vályog**
agyag	1	0.71	0.6	0.39	0.33	0.7	0.6	0.48	0.35	0.49	0.72	0.63
agyagos vályog	0.71	1	0.84	0.57	0.5	0.75	0.74	0.69	0.53	0.7	0.76	0.77
vályog	0.6	0.84	1	0.64	0.55	0.69	0.75	0.78	0.58	0.76	0.67	0.72
vályogos homok	0.39	0.57	0.64	1	0.89	0.65	0.76	0.81	0.26	0.43	0.35	0.37
homok	0.33	0.5	0.55	0.89	1	0.6	0.71	0.74	0.18	0.36	0.27	0.29
homokos agyag	0.7	0.75	0.69	0.65	0.6	1	0.84	0.7	0.31	0.48	0.57	0.53
homokos agyagos vályog	0.6	0.74	0.75	0.76	0.71	0.84	1	0.8	0.34	0.52	0.53	0.53
homokos vályog	0.48	0.69	0.78	0.81	0.74	0.7	0.8	1	0.41	0.59	0.48	0.52
vályog	0.35	0.53	0.58	0.26	0.18	0.31	0.34	0.41	1	0.78	0.58	0.7
iszapos vályog	0.49	0.7	0.76	0.43	0.36	0.48	0.52	0.59	0.78	1	0.68	0.79
iszapos agyag	0.72	0.76	0.67	0.35	0.27	0.57	0.53	0.48	0.58	0.68	1	0.86
iszapos agyagos vályog	0.63	0.77	0.72	0.37	0.29	0.53	0.53	0.52	0.7	0.79	0.86	1

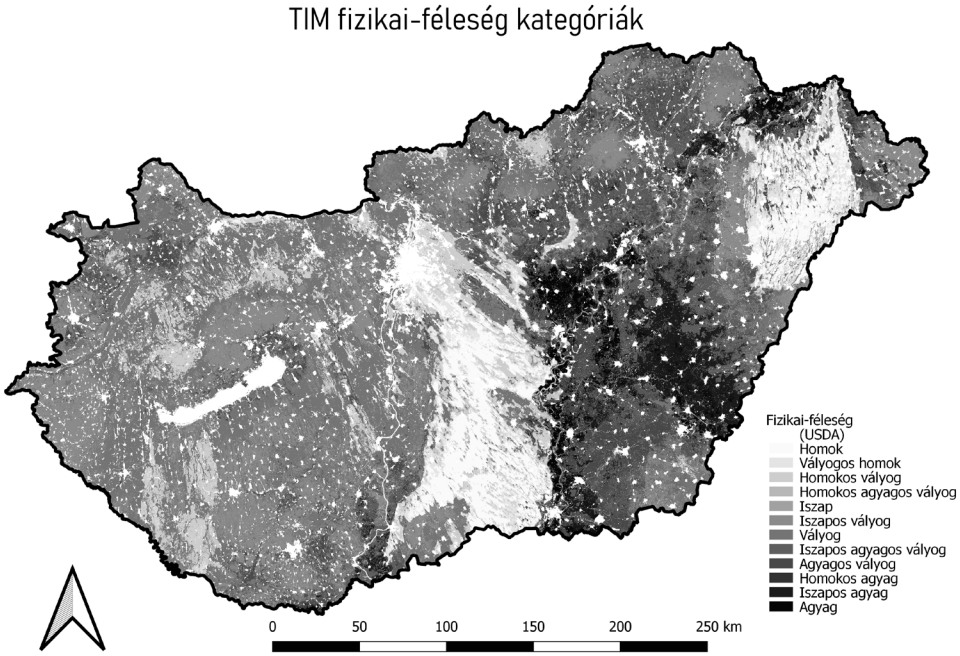
Az így kapott értékekből térképet készítettünk, mely jól szemlélteti, hogy a két adatbázis hol és milyen mértékben mutat egyezést vagy különbséget.

Eredmények

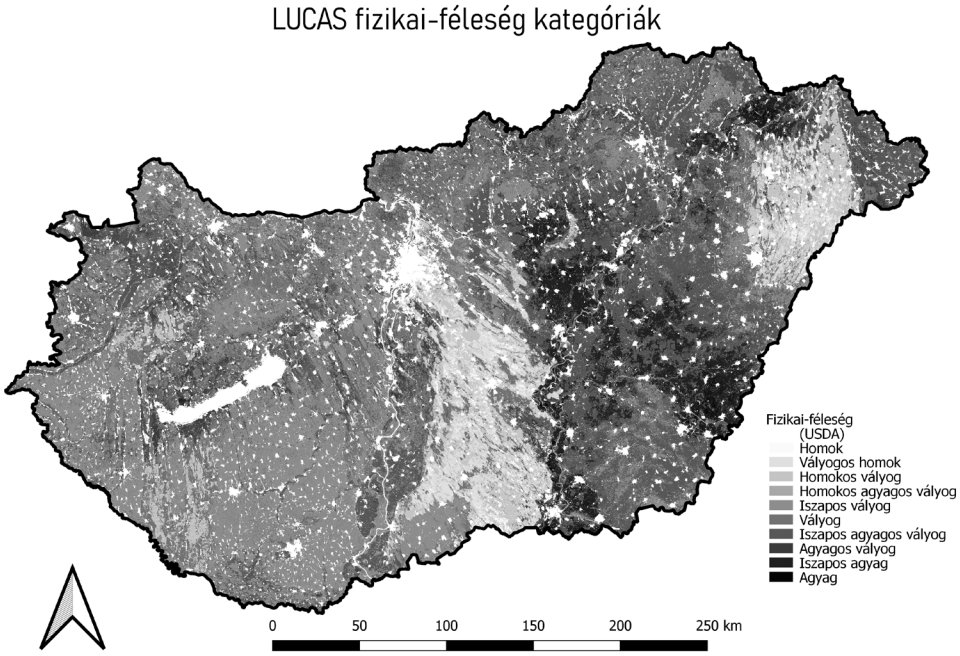
Elemzésünk során a következő térképi produktumokat állítottuk elő Magyarország területére 100 méteres felbontásban jelmagyarázattal: LUCAS fizikai-féleség térkép, TIM fizikai-féleség térkép illetve a LUCAS és TIM fizikai-féleség összehasonlító térkép, melynek jelmagyarázatánál 0 mutatja a legkisebb, az 1 a legnagyobb hasonlóságot.

A LUCAS és TIM szemcsefrakciók erős lineáris összefüggést mutatnak. A legerősebb korrelációt a homokfrakció mutatja R^2 = 0,8365 értékkel, majd az agyagfrakció R^2 = 0,7314 értékkel, a leggyengébb összefüggést R^2 = 0,7117 értékkel az iszapfrakció produkálta (*3. ábra*).

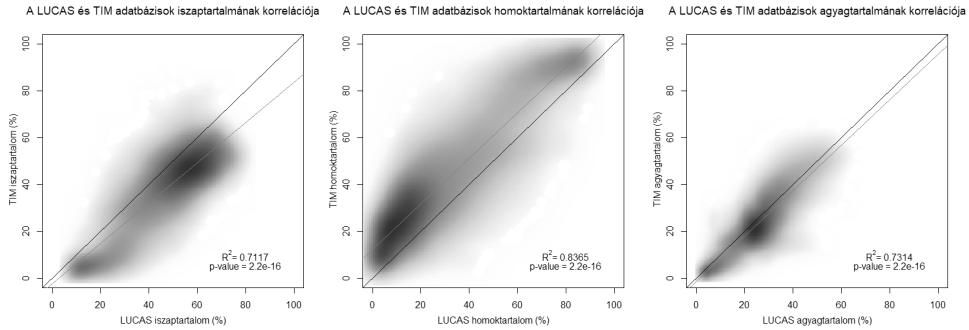
A két adatbázis talajtextúra-osztályai közötti távolság az ország területének 37%-án tökéletes egyezést mutat, 50,9%-án 0,8-nál erősebb hasonlóságot, 95,1%-án pedig 0,7-nél erősebb hasonlóságot figyelhetünk meg. A rosszabbul teljesítő területek a LUCAS adatbázis térbeli hiányosságának róhatóak fel. Összességében a talajtextúra osztályok között nagyon jó hasonlóságot állapíthatunk meg, azonban a problémás területek további vizsgálatot igényelnek.



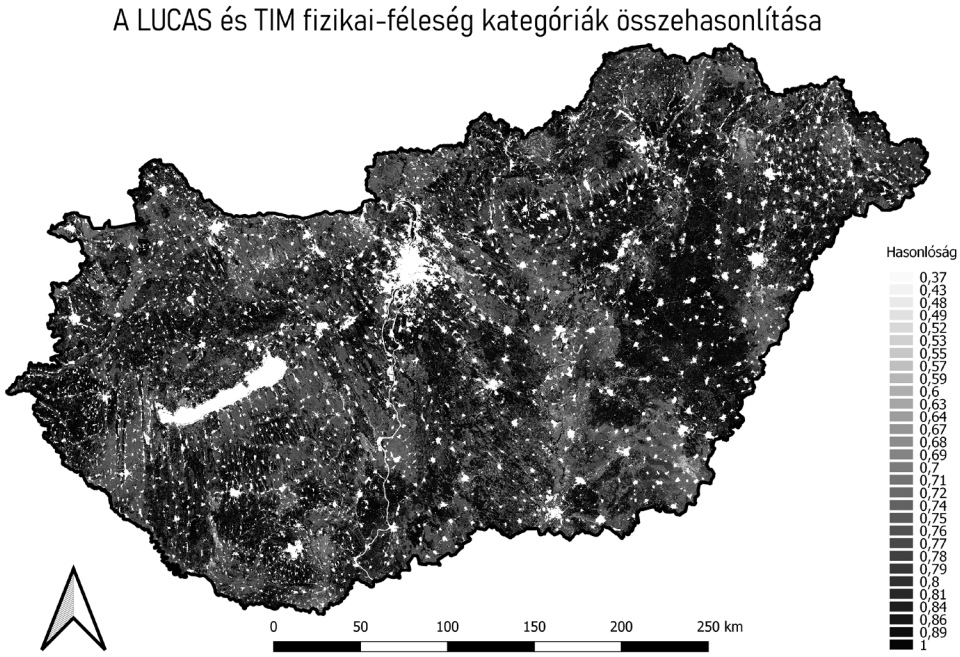
1. ábra A TIM adatbázis fizikai-féleség kategória térképe



2. ábra A LUCAS adatbázis fizikai-féleség kategória térképe



3. ábra A LUCAS és TIM adatbázisok szemcsefrakció térképei közötti korrelációk



4. ábra A LUCAS és TIM adatbázisok fizikai-féleség kategóriái közötti távolság térképe

Következtetések

Eredményeink alapján kijelenthető, hogy a LUCAS és TIM adatbázisok szemcsefrakció térképei között erősen szignifikáns korreláció figyelhető meg. A két pontadatbázis összevonható és együttesen jól használható a talajtextúra térképek térbeli felbontásának javítására és pontosítására. A két rendszer fizikai féleség térképei közötti távolságok az ország 37%-ára tökéletes egyezést, az ország 50 %-ára jó vagy kiváló egyezést mutatnak pár kisebb régió kivételével.

Felhasznált irodalom

Breiman, L. (2001): Random Forests. Machine Learning 45, 5–32. https://doi.org/10.1023/A:1010933404324

Hengl T. – Kempen B. – Heuvelink G. – Malone B. (2020): GSIF: Global Soil Information Facilities. R package version 0.5-5.1

Laborczi A. – Szatmári G. – Talács K. – Pásztor L. (2016): Mapping of topsoil texture in Hungary using classification trees. Journal of Maps, 12(5), 999–1009. doi:10.1080/17445647.2015.1113896.

Laborczi A. – Szatmári G. – Kaposi A. D. – Pásztor L. (2019): Comparison of soiltexture maps synthetized from standard depth layers with directly compiled products. Geoderma 352:360-372, doi:10.1016/j.geoderma.2018.01.020

Liaw A. – Wiener M. (2002): Classification and regression by randomForest. R News, 2, 18–22. ISSN 1609-3631.

Moeys J. (2018): The soiltexture wizard: R functions for plotting, classifying, transforming and exploring soiltexture data. CRAN. R-Project.

R Core Team (2021): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org/.

Tanács, E. – M. Belényesi – R. Lehoczki – R. Pataki – O. Petrik – T. Standovár – L. Pásztor et al. (2019): "Országos, nagyfelbontású ökoszisztéma- alaptérkép: módszertan, validáció és felhasználási lehetőségek." Természetvédelmi Közlöny, 25, 34–58. ISSN 1216–4585.

TIM (1995): Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer. Módszertan

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. Environ Monit Assess 185, 7409–7425 https://doi.org/10.1007/s10661-013-3109-3

Szatmári G. – Pásztor L. – Heuvelink G. (2021): Estimating soil organic carbon stock change at multiple scales using machine learning and multivariate geostatistics, Geoderma, Volume 403, 115356, ISSN 0016-7061, https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115356.

Vaysse K. – Lagacherie P. (2015): Evaluating Digital Soil Mapping approaches for mapping GlobalSoilMap soil properties from legacy data in Languedoc-Roussillon (France), Geoderma Regional, Volume 4, pp. 20–30, ISSN 2352-0094, https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2014.11.003.

Multispektrális UAV érzékelők sötét zaj értékeinek magasabb szintű képfeldolgozási folyamatokra gyakorolt hatása

Berke József[1,2] – Enyedi Attila[3] – Teschner Gergely[4] – Kozma-Bognár Veronika[1,2]

[1] főiskolai docens, Gábor Dénes Főiskola, Informatikai Tanszék, 1119, Budapest, Fejér Lipót utca 70., kepfeldron@gmail.com .
[2] tudományos főmunkatárs, Széchenyi István Egyetem, Digitális Fejlesztési Központ, 9026 Győr Egyetem tér 1.
[3] tudományos segédmunkatárs, Gábor Dénes Főiskola, 1119, Budapest, Fejér Lipót utca 70.
[4] egyetemi adjunktus, Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Biológiai Rendszerek és Élelmiszeripari Műszaki Tanszék

Absztrakt: Pilóta nélküli légijármű rendszerekben (UAS) leggyakrabban használt képérzékelők CMOS technológiára épülő, Bayer-mintázat alapú képek készítésére alkalmasak. Ugyanakkor megjelentek azok az eszközök is, amelyek több – leginkább 5 db – spektrálisan jól elkülöníthető sáv érzékelésére kialakított kameratömböket tartalmaznak önálló optikai és érzékelőrendszerrel, de közös vezérléssel. Legtöbbjük a látható és közeli infravörös tartományú reflektált elektromágneses hullámokat érzékelik, így tervezésük és működésük azonos fizikai törvényekre épül. Az autonóm repülések során alkalmazott képi adatfelvételezési módszerek megkövetelik a felvételezés során változó fényviszonyok és egyéb körülmények figyelembevételét az optimális képek készítéséhez. Így a felvételezési eljárások folyamatosan változtatják az expozíciós értékeket, azaz az érzékelők integrációs idejét. Az ilyen típusú képérzékelőkből kinyerhető adatok zajai közül a sötét zaj az egyik meghatározó zajtípus. Publikációnkban áttekintjük a diszkrét spektrális sávokat tartalmazó kameratömbérzékelők sötét zajának olyan paraméterek alapján történő mérését, amelyek a magasabb szintű feldolgozási folyamatok (szegmentálás, osztályozás, felismerés) meghatározó elemei. Bemutatjuk az összehasonlító elemzések eredményeit DJI Phantom 4 Multipectral típusú drónok látórendszerében alkalmazott, érzékelőtömb sötét zajának mérési adatain. Javaslatot teszünk az optimális adatfelvételezés és feldolgozás egyes elemeire vonatkozóan.

Bevezetés

A modern értelemben vett drónok elődjei az I. világháborúig nyúlnak vissza, ahol főként a katonai célú pilóta nélküli repülőgépek kifejlesztése volt a cél. Azóta számos kutatás-fejlesztési és technológiai megoldásnak lehettünk a tanúi, amelyek szoros összefüggésben voltak a kapcsolódó szakterületek aktuális innovációival. Ezen szakterületek, mint a repüléstechnika, képalkotás, képfeldolgozás, információtechnológia, műszaki-technológia, magas szintű fejlesztései rendkívüli hatást gyakoroltak a drónok és az azokhoz kapcsolódó megoldások fejlesztési irányvonalaira is.

A „drone” szót először 1934 végén, 1935 elején alkalmazták a pilóta nélküli repülőgépekre. Ennek oka az volt, hogy az alacsonyan szálló kétfedelű repülőgépeknek olyan hangja volt mintha egy méhraj repült volna el. A pilóta nélküli repülőgépekre használt leíró jellegű rövidítések 1965 körül váltak elterjedtté. Az elmúlt évek jelentős változásokat hoztak a drónok elfogadása, az iparágak

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

Hazánkban az első drónok irányítását felölelő akadémiai szintű képzés, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, állami légiközlekedési alapszak, repülésirányító és légijármű-vezető szakirányán indult 2018-ban (Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar). A védelmi célú képzés és az üzemeltetési tanfolyamok mellett igény mutatkozott olyan jellegű képzésre is, amely során a repülések tervezését, az előállított adatok magas szintű kiértékelését is oktatják, és megfelelő kompetenciát nyújtsanak a döntéselőkészítési és döntéshozási folyamatokban. Mindezek figyelembevételével a Széchenyi István Egyetem Magyarországon elsőként indította el a Drónirányító és -adatelemző szakmérnök képzését (Széchenyi Egyetem, 2021). Hazánkban az első MSc szintű drónok által szerzett adatok kiértékelését és gazdasági célú hasznosítását a Gábor Dénes Főiskola akkreditálta és indítja 2023. év keresztfélévében, mérnökinformatikus dróntechnológia és drónadat-gazdálkodás specializációk formájában.

A digitális képérzékelő 1970-ben történő megjelenése (Boyle – Smith 1970) majd a technológia gyors fejlődése és széleskörű alkalmazása előtérbe helyezte az általuk biztosított képi adatok megbízható alkalmazását. A UAV (unmanned aerial vehicle – pilóta nélküli légijárművek) eszközök fejlődése (Kozma-Bognár – Berke 2021), azok digitális képérzékelőkkel való felszerelése, valamint a vezeték nélküli technológia hatékony alkalmazása együttesen lehetővé tette, hogy a korábban költséges űr- és légifelvételezési rendszerek képi adatai kiegészüljenek UAV (továbbiakban drónok) által készített képi adatokkal. Ezáltal megnyílt egy új út a távérzékelés területén, amely eddig nem tapasztalt nagyságú geometriai felbontást (cm alatti) és közel független időbeli adatkészítési lehetőséget kínál.

Willard Sterling Boyle és George Smith 1969-ben fejlesztette ki az AT&T Bell Labsnál a CCD-t. A laboratórium a képtelefon és a buborékmemória ötleteket összekötve létrehozta az őáltaluk töltés-buborék eszköznek (Charge „Bubble" Devices) nevezett eszközt. Az eszköz töltést tudott végigvinni egy félvezető lapka

felületén. Hamarosan világossá vált, hogy az eszközt fotoeffektussal is fel lehet tölteni, így kép hozható létre. A Bell kutatói 1970-ben egyszerű lineáris eszközökben képesek voltak képet létrehozni, így megszületett a CCD. A két kutató 40 évvel később, 2009-ben megkapta a fizikai Nobel-díjat (Nobel díjak hivatalos honlap)

A drónokban leginkább egyetlen CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor – komplementer fém-oxid félvezető) típusú, alacsony energiafelhasználású érzékelőt használnak és az érzékelők Bayer mintázatot (Bayer 1976) követnek. Ez alól kivételt képeznek az emittált energia érzékelését végző kamerák (önálló vagy kameratömbben elhelyezett FIR kamerák), a drónok navigációját kiegészítő, képi adatokat nem rögzítő képalkotó érzékelők, valamint a speciális célú multispektrális kameratömbök. Míg a Bayer-mintázat létrehozása „Color Filter Array" (CFA) szűrő segítségével történik, amelyet az érzékelő tömb magában foglal, addig a multispektrális érzékelők esetén a magas minőségi követelményeket kielégítő rendszerek speciálisan az érzékelt szűk spektrális tartományra készített, egyedi optikai és kiolvasó, de a tömbön belül azonos vezérlőrendszert tartalmaznak. Ebben az elrendezésben, minden egyes érzékelő spektrálisan jól elkülönülő fényintenzitást érzékel. A látórendszerhez illeszkedő, színes kép létrehozásához külön CMOS alapú Bayer-érzékelőt helyeznek el a kameratömben általában hatodik kameraként. Ekkor ismernünk kell a CFA mintázatot és egy megfelelő algoritmust kell alkalmaznunk a hiányzó pixelek számítására (Parulski 1985). Az alkalmazott módszereket nevezzük szín interpolációs eljárásoknak. A Bayer-érzékelők esetén leginkább jelentkező érzékelő általi zajtípus a kiolvasási zaj. Ezen zajtípus feldolgozásokra gyakorolt hatásának vizsgálatára UAV érzékelők esetén külön előadásban (Berke – Kozma-Bognár, FTK2022) és publikációban (Berke – Kozma-Bognár 2022) tértünk ki.

További különbség a két rendszer között az érzékelők képi adatainak kiolvasása tekintetében a kiolvasás fizikai megvalósítása: Redőnyzár – Rolling Shutter, és a Globális zár – Global Shutter kiolvasás. Ezek szerepe jelentősen felértékelődik, amennyiben a képérzékelő működés közben mozog. UAS esetében a felvételezések közben a drón folyamatosan mozog, így a mozgás irányában torzulások lépnek fel redőny alapú kiolvasás esetén, mivel a sorok kiolvasása közben az eszköz elmozdul. A torzítás a haladási sebesség növelésével egyre nagyobb. További probléma lehet az alacsonyabb kiolvasási sebesség is, ezáltal a képkészítés gyakorisága kisebb, amely autonóm repülések esetén a teljes munkafolyamat jelentősen nagyobb felvételezési idejét jelentheti. Az *1. táblázatban* összefoglaltuk a kétféle kiolvasási mód összehasonlítható jellemzőit.

Digitális képérzékelők zajtípusai

Csak az érzékelőre jellemző zajokat hat típusba sorolhatjuk (Kriegler et al. 1969; Berke et al. 2010):

1. Sötét zaj
2. Erősítési vagy kiolvasási zaj
3. Foton zaj

4. Véletlen zaj
5. Kozmikus zaj
6. Pszeudo-zaj

A sötét zajt a kvantummechanikai hőmozgástól keletkezett szabad elektronok felhalmozódása okozza a szenzorban. Jellegzetes "grízes" zajként jelentkezik a képen és mértéke egyenesen arányos az expozíciós idővel, azaz kétszeres hosszúságú expozíció alatt nagyjából megkétszereződik a zaj is. A szenzor hőmérsékletének kb. 6-10 fokos eltérése a szobahőmérséklettől is megkétszerezi a zaj mennyiségét. Nem véletlenszerű zaj, ezért szűrhető. Kiküszöbölése a DSLR (Digital Single-Lens Reflex) vagy MILC (Mirrorless Interchangeable Lens Camera) kamerákban – "dark frame" módszerrel történik.

Erősítési (kiolvasási) zaj a szenzor kiolvasása során keletkezik. Csak a kiolvasáskor alkalmazott erősítés mértéke (ISO érték) befolyásolja. Kétszeres erősítés közel kétszeres mennyiségű zajt generál. Egy adott ISO érték mellett készült képen megjelenő kiolvasási zaj mennyisége és eloszlása állandó. Így az adott kamerára jellemző zajprofilok meghatározásával és alkalmazásával szűrhető. Mindez professzionális érzékelők esetén általában speciális szoftverekkel történik.

Foton zajt a szenzorra érkező fotonok egyenetlen "érkezési ideje" okozza. A foton zaj pszeudo-véletlenszerű, képről képre változik. Az expozíció után gyakorlatilag alig szűrhető. Rövid záridő, gyenge megvilágítás és/vagy nagy jelerősítés (magas ISO) esetén jelentkezik leginkább. Csökkenthető hosszabb expozíciós idővel, erősebb megvilágítással és alacsony ISO érték használatával.

1. táblázat A redőnyzár és a globális zár összehasonlítása UAV eszközök alkalmazásához

Jellemző	**Redőnyzár**	**Globális zár**
Pillanatkép expozíció	Nem	Igen
Sorok közötti hasonlóság	Nem	Igen
Időbeli korreláció a kép egyes tartományai között	A kép egyes területei, sorai között időbeli eltérés van	Minden képpont ugyanabban az időszeletben készül
Szinkronizálási lehetőség	Összetett Villogó fényforrást igényel, hosszabb ciklusidővel	Egyszerű Bármilyen fényforrással alkalmazható, rövid szinkronizációs idővel
Többszörös expozíció	Nincs	Van
Maximális képkészítés sebessége	Maximális elérhető (nem szinkronizált)	A maximális képkockasebesség felére csökken
Olvasási zaj	Alacsonyabb	Magasabb
Geometriai (térbeli) torzítás	Van	Nincs
Üzemciklus hatékonysága	Alacsony	Magas

Véletlen zajt a fényképezőgép elektronikájában fellépő feszültség vagy áramingadozások, elektromágneses interferencia vagy egyéb elektronikus zavaró tényezők okozhatják. A véletlen zaj képről képre más, de általában elenyészően kicsi. Kiszűrése alig lehetséges.

Kozmikus zajt a kozmikus háttérsugárzásból származó nagyenergiájú részecske okozza a szenzort érve. Fényesen világító pixel vagy sáv formájában jelenik meg. Általában nehezen vagy nem szűrhető.

Pszeudo-zajt okozhatja az egyes érzékelők eltérő érzékenysége és a szenzorra rakódó por vagy egyéb fizikai szennyeződés. Az eltérő szenzor-érzékenység okozta zaj a kamera érzékelő profilja alapján szűrhető. DSLR gépek esetén a szennyeződés okozta zaj utólag szűrhető.

Az érzékelőre jellemző zajok szűrése a fentiek alapján általában akkor lehetséges, ha a kamera nyers RAW vagy TIFF vagy DNG képi adatokat rögzít. A RAW/TIFF/DNG elnevezés a digitális kamerák érzékelőjéből közvetlenül kiolvasott nyers, feldolgozatlan képi információkat és a felvétel körülményeire, a kamera beállításaira vonatkozó metaadatokat tartalmazó digitalizált adathalmazt jelenti. A kiolvasás után a kamera módosítást nem hajt végre az adatokon. A RAW nem tartalmaz színeket, hiszen az érzékelő csak a beeső fény mennyiségét méri az elemi pontokban összegyűlt töltések nagysága alapján. A színek interpolációs algoritmusokkal alakíthatók ki, amelyekből a gépben csak egyféle van, a szoftverekben viszont több megoldás közül is választhatunk. A RAW/TIFF/DNG formátum tehát minden lényeges információt tartalmaz, ami a digitális kép kialakításához szükséges, de önmagában nem kép. Emiatt a RAW/TIFF/DNG fájlok tartalmaznak egy JPEG képet is, hogy a gép kijelzőjén közvetlenül meg lehessen nézni az eredményt és annak alapadatait (Berke et al. 2010).

Mérési eredmények

A vizsgálatok során azonos gyártó (DJI), három eltérő időpontban készített, de azonos típusú eszközét (Phantom 4 Multispectral) vizsgáltuk. Mindhárom eszköz azonos érzékelőtömböt (DJI FC6360) tartalmazott, eltérés csupán a kameravezérlő szoftverek verzióiban volt (két esetben v01.17.2029 és egy eszköznél v01.17.2023), amely esetünkben nem volt lényeges. A méréseket maximális erősítés mellett, eltérő (1/1000 – 1/10 közötti 8 fokozat) integrációs idők alkalmazásával végeztük. Minden egyes érték vizsgálata esetén háromszoros mintavételezés (felvételezés) történt. A kameratömb lényegesebb spektrális adatait a *2. táblázatban* foglaltuk össze. Mindhárom eszközben globális zár alapú érzékelő működik. A méréseket követő adatfeldolgozási vizsgálatok során intenzitás és szerkezet alapú elemzéseket végeztünk a korábbi vizsgálatokkal összhangban (Berke 2007; Berke – Kozma-Bognár 2022).

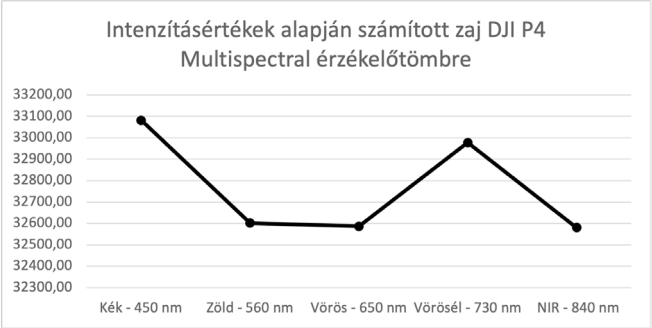
Az intenzitásértékek alapján a tömbön belül a legmagasabb zajértéket a kék és vörösél sávokban tapasztaltuk (*1. ábra*). Mindez arra utal, hogy a kék és

vörösél tartományban lévő érzékelők a leginkább zajosak. Így az eredményképek intenzitásértékek alapján történő magasabb szintű feldolgozása (szegmentálás, osztályozás, felismerés, stb.) a kék és vörösél tartományokban a legkevésbé megbízható.

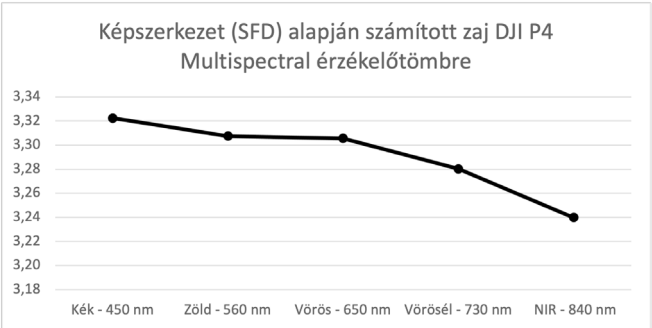
A képszerkezet alapú mérések során a tömbön belüli értékek monoton csökkennek a hullámhossz növekedésével (*2. ábra*).

2. táblázat DJI Phantom 4 Multispectral FC6360 kameratömb lényegesebb spektrális adatai (DJI Phantom 4 Multispectral User Manuel, 2019)

Spektrális tartomány elnevezése	**Spektrális tartomány (nm)**	**Sávszélesség (nm)**	**Felbontás (pixel x pixel)**	**FOV (fok)**
VIS	400-700	300	1600x1300	62,7
Kék	450	16	1600x1300	62,7
Zöld	560	16	1600x1300	62,7
Vörös	650	16	1600x1300	62,7
Vörösél	730	16	1600x1300	62,7
NIR	840	26	1600x1300	62,7



1. ábra DJI P4 Multispectral kameratömb érzékelőinek sötétzaj értékei maximális erősítés mellett intenzitásértékek alapján



2. ábra DJI P4 Multispectral kameratömb érzékelőinek sötétzaj értékei maximális erősítés mellett SFD képszerkezet értékek alapján

Összefoglalás

A kutatásaink alapján egyértelműen megállapítható, hogy a multispektrális képérzékelő tömbök mérésére használt átlagos intenzitásértékek számos esetben nem adnak egyértelmű következtetéseket a sötét zaj tekintetében. Célszerű ezekben az esetekben a képszerkezet mérésére alkalmas méréseket, elemzéseket is végezni, amennyiben a magasabb szintű feldolgozások képszerkezet alapúak. Az egyik lehetséges megoldás lehet önhasonló szerkezetre (SFD) jellemző paraméterek mérése és eredményeinek elemzése.

Köszönetnyilvánítás

A kutatási eredmények megvalósítását a SZE GINOP-3.1.1-VEKOP-15-2016-00001 és a GDF 2021. évi Tématerületi Kiválósági Program kutatási projektek támogatták.

Irodalomjegyzék

Bayer, B. E. (1976): Color imaging array. U.S. Patent 3,971,065, 1976.

Berke, J. (2007): Measuring of Spectral Fractal Dimension, Journal of New Mathematics and Natural Computation, ISSN: 1793-0057, 3/3, pp. 409-418.

Berke, J. – Kozma-Bognár, V. (2022): Erősítési zaj mérése és összehasonlító elemzése pilóta nélküli légijármű rendszerek Bayer érzékelőinek adatain, X. Magyar Számítógépes Grafika és Geometria konferencia, 2022. június 9., SZTAKI, Budapest, pp. 136–142., ISBN: 978-963-421-871-5.

Berke, J. – Kelemen, D. – Kozma-Bognár, V. – Magyar, M. – Nagy, T. – Szabó, J. – Temesi, T. (2010): Digitális képfelfeldolgozás és alkalmazásai, (v7.0, DVD melléklettel), Kvark, Keszthely, ISBN 978-963-06-7825-4.

Berke, J. – Kozma-Bognár, V. (2022): Drónok képalkotó eszközeinek összehasonlító elemzése érzékelő általi zajok alapján, XIX. FÉNY-TÉR-KÉP 2022 konferencia, 2022. március 24-25., Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, Tihany.

Boyle WS – Smith GE. (1970): Charge coupled semiconductor devices. The Bell System Technical Journal, 49(4), 587–593.

DJI Phantom 4 Multispectral User Manuel, (2019): https://www.dji.com/hu/p4-multispectral.

Drón koalíció megalakulása (2021): https://kormany.hu/hirek/megalakult-a-magyarorszagi-dron-koalicio.

Drone Industry Insights (2020): Global. Drone Market Report 2020-2025. https://droneii.com/product/drone-market-report-2020-2025.

Kozma-Bognár, V. – Berke, J. (2021): Drónok műszaki felépítésének alapjai, Történeti áttekintés fejezet, e-tananyag, Széchenyi István Egyetem.

Kriegler, F. J. – Malila, W.A. – Nalepka, R. F. – Richardson, W. (1969): Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition. Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, pp. 97–131.

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar (2017): https://hhk.uni-nke.hu/hirek/2017/11/14/ujraindul-a-hazai-pilotakepzes-a-kovetkezo-tanevtol.

Nobel díjak hivatalos honlapja, https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2009/summary/.

Parulski, K. A. (1985): Color Filters and Processing Alternatives for one-chip cameras. IEEE Transactions on Electron Devices, Vol. ED-32, NO.8, August 1985.

Széchenyi Egyetem (2021): Drónirányító és -adatelemző szakirányú továbbképzési szak leírás és jelentkezés. https://felveteli.sze.hu/droniranyito-es-adatelemzo.

Nagyfelbontású kukorica és napraforgó állapot-térképezés a Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszerben: a 2022-es aszály hatása

Birinyi Edina[1,2] – Kern Anikó[3] – Kristóf Dániel[4] – Barcza Zoltán[5]

[1] Phd-hallgató, ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskola
[2] Távérzékelési szakértő, Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft., Űrtávérzékelési Osztály, edina.birinyi@lechnerkozpont.hu
[3] Tudományos munkatárs, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Űrkutató Csoport, Budapest
[4] Osztályvezető, Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft., Űrtávérzékelési Osztály
[5] Egyetemi docens, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, Budapest

Abstract: In the summer of 2022, extreme drought events hit a large part of Europe including Hungary, with severe impacts on agricultural production. In this work, we developed a methodology for creating high-resolution, crop-specific condition maps based on Sentinel-2 optical satellite imagery, taking into account both temporal and spatial characteristics. Five spectral indices (NDVI, kNDVI, EVI, PSRI, NDMI) were used in combination by applying the Vegetation Condition Index (VCI) principle. Six categories were determined, ranging from "not affected" to "severely affected", based on the number of indices indicating unfavourable vegetation conditions. The current paper summarizes our results for maize and sunflower cultures. The resulting maps were provided to the National Food Chain Safety Office to facilitate field damage assessment.

Bevezetés

A Lechner Tudásközpont (LTK), illetve korábbi jogelődje, az egykori Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) 2012 óta készít a Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszer (MKR) keretében aszálytérképeket, jellemzően az augusztusi időszakra MODIS NDVI értékek alapján (Birinyi et al. 2019; Gazdag et al. 2019). Az MKR keretében aszálykár-enyhítési kérelemmel érintett parcellák körülbelül 80%-ának területe nem haladja meg az 5 hektárt (Birinyi et al. 2022a), ezért a térkép leginkább regionális információt nyújt, hiszen egy-egy konkrét parcella tényleges állapota a MODIS felvételek 250 méteres felbontásán általában nem vizsgálható, nem megállapítható. A parcellaszintű vizsgálatok elvégzéséhez a Sentinel-2 műholdak 10/20 méteres térbeli felbontása kedvezőbb és 2018 óta a kapásnövények teljes vegetációs időszakára rendelkezésre állnak a Sentinel-2A és 2B felvételek.

A távérzékeléses aszályvizsgálatok a korábbiakban jellemzően MODIS alapúak voltak (Thenkabail et al. 2004; Kloos et al. 2021). A Sentinel-2 felvételeken alapuló vizsgálatokat nehezíti, hogy a viszonylag rövid ideje zajló mérésekből adódóan, az archív idősor korlátai miatt a referenciaadat érdekében a kutatóknak sok esetben más műholdas szenzorokra is támaszkodnia kell, illetve a fúziós módszertanok

bizonytalansága is jelentős (Ghazaryan et al. 2020; Varghese et al. 2021, Birinyi et al. 2022b). Emellett a felhőzet és a pályaadottságok egymáshoz közeli területeken is jelentősen befolyásolják az elérhető adatmennyiséget (Birinyi et al. 2022a).

Az Országos Meteorológiai Szolgálat mérései alapján a súlyos és tartós aszály kialakulásának legnagyobb kockázata hazánkban az Alföldön van (Internet1). Ugyanakkor a 2022-es rendkívül száraz időszak kialakulása nem regionális jelenség, hanem globális hatások együttes eredménye volt (Intrenet2). A mérések szerint a 2021. július – 2022. június közötti időszakban az Alföld nagy részén 300–350 mm csapadék hullott, ami az ilyenkor megszokott csapadékmennyiség körülbelül fele. A csapadékhiányon túl az egyre gyakoribb és hosszabb hőhullámok tovább erősítik az aszályhajlamot.

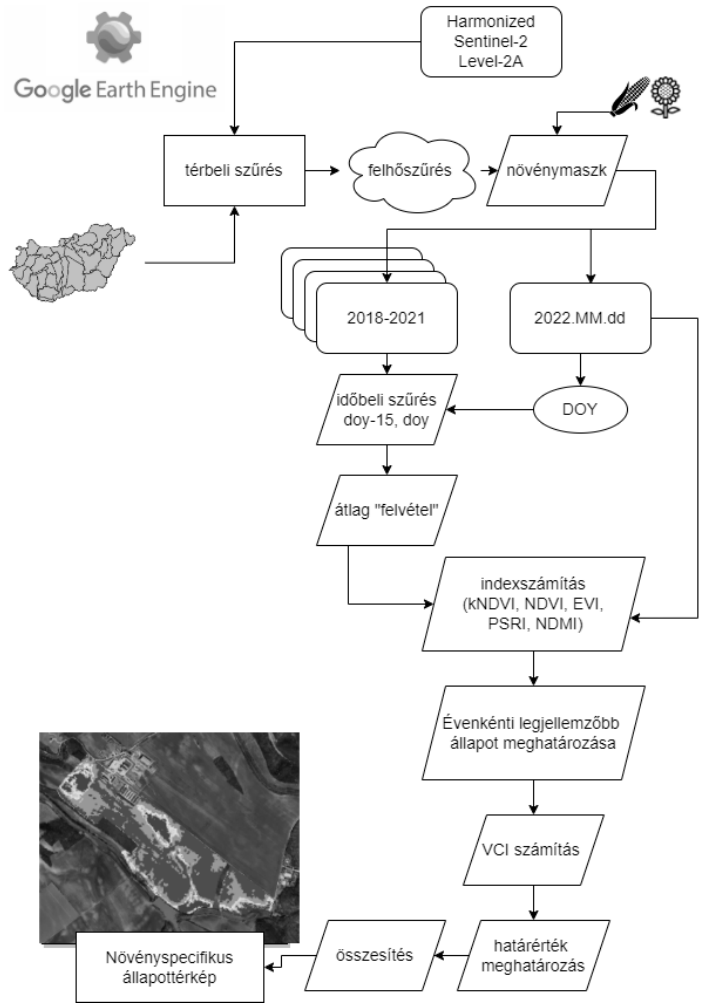
2016 óta a Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszerbe benyújtott aszály kárigények összterülete folyamatosan növekszik, 2021-ben az összes igényelhető növényre beadott kérelem meghaladta a 360.000 hektárt (Birinyi et al. 2022a). A 2022-es év súlyosságát jól mutatja, hogy csak kukoricára 2022. szeptember 5-ig több mint 357.000 hektárt, míg napraforgóra közel 522.000 hektárt igényeltek.

A nagy mennyiségű kárigény elbírálásának megkönnyítése érdekében a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (Nébih) a Lechner Tudásközpont segítségét kérte. A terepi szemlék támogatása céljából az LTK négy időpontra, kukoricára és napraforgóra az itt közölt módszertan szerint készült növényállapot-térképeket adott át.

Anyag és módszer

A térképek előállításához (*1. ábra*) a Google Earth Engine (GEE) globális felhőalapú geoinformatikai platformot alkalmaztuk (Gorelick et al. 2017). A GEE-ben elérhető ún. Harmonized Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A felvételeket használtuk fel, amely képek a 2022. január 25-i előfeldolgozási módszertan-(baseline-) váltással járó korrekciókat is tartalmazzák. Ugyanakkor a baseline-váltás utáni felvételeken a GEE-ben elérhető korábbi felhőszűrő algoritmusok nem működnek. Ezért a térképezés során a 2022-es év esetében törekedtünk a minél inkább felhőmentes, tiszta felvételek kiválasztására, szükség esetén kézzel maszkoltunk. A kiválasztott kép Júlián dátumát figyelembe véve a korábbi évek azonos időszakra vonatkozó felhőszűrt képeiből évenkénti átlag kompozitot készítettünk. Az adott területre jellemző állapotok leírása végett területi szűrést alkalmaztunk a Várallyay-féle agroökológiai zónák (stratum) (Várallyay 1980) alapján, továbbá a vizsgálni kívánt növényre vonatkozóan évenkénti területi maszkolást is végrehajtottunk. A vegetáció állapotának leírása céljából az adott éveket képviselő képekre NDVI (Rouse et al. 1974), EVI (Huete et al. 2022), kNDVI (Camps-Valls et al. 2021), PSRI (Merzlyak et al. 1999) és NDMI (Gao 1996) indexeket származtattunk. A többféle spektrális index együttes használata egyrészt a vegetációs indexek különböző időszakokban tapasztalható telítettségét hivatott

kiküszöbölni, másrészt biztosítja, hogy a vizsgálatba minél több releváns jellemzőt vonjunk be, hiszen ezek a biomassza mennyisége mellett a sárgulás mértékére és a növényzet nedvességtartalmára vonatkozó információkat is hordoznak. Ezt követően az adott területre, adott évben legjellemzőbb növényállapot meghatározására indexenként móduszt számoltunk. Az öt év értékeit indexenként sorba rendeztük az adott területre jellemző minimum és maximum érték meghatározása céljából. A Vegetation Condition Index (VCI) elvét követve a szélsőértékek segítségével a 2022-es felvételre pixelszinten VCI fedvényeket számoltunk. A VCI értékeit a szakirodalom szerint javasolt (Kogan et al. 2003) 50%-os határ alapján aszályos és nem aszályos fedvényekké alakítottuk. Az így kapott index-fedvényeket pixelszinten egyesítettük, amely alapján egy hat kategóriás rendszert kaptunk, ahol a felvett értékek tartománya a "minden vizsgált index szerint normál vagy jobb" állapotútól (nem aszályos) a "minden vizsgált index szerint rossz" állapotúig (erősen aszályos) terjed.



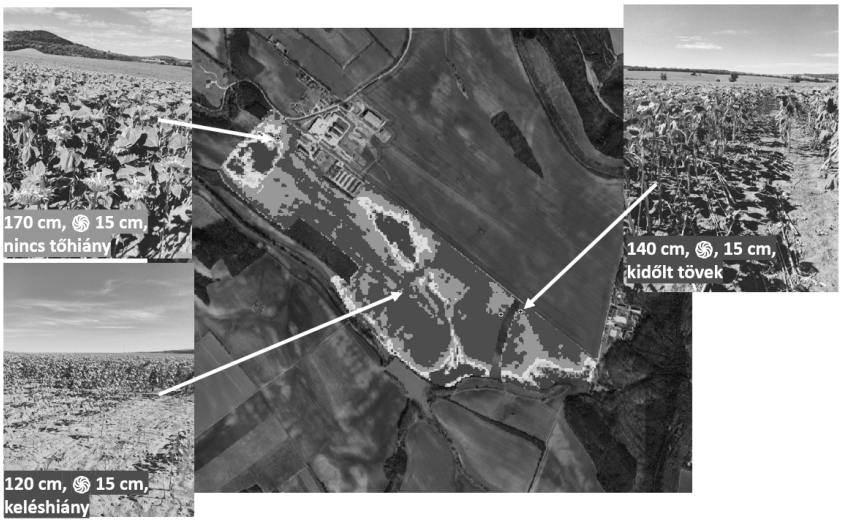
1. ábra A növényállapot-térkép előállításának folyamata

Eredmények

A kapott térképeket megvizsgálva rögtön feltűnik, hogy a leginkább aszályos térségekben igen jól elkülöníthetők az öntözött és nem öntözött területek. A parcellaszintű inhomogenitásokban gyakran megjelenik a domborzat okozta mintázat, illetve a természetes vizek, vizes élőhelyek közelsége.

Az eredménytérképek validálása és az esetleges paraméter-optimalizálás megkönnyítése érdekében öt mintaterületen tevrepi adatgyűjtést végeztünk 2022. augusztusában (*2-3. ábra*). A terepen szerzett benyomásaink és a gyűjtött adataink, felvételeink kvalitatív kiértékelése alapján általánosságban kijelenthető, a térképek jól

2. ábra Növényállapot-térkép kukorica táblákra terepi adattal



3. ábra Növényállapot-térkép napraforgó táblákra terepi adattal

leírják a biomassza állapotát, a megfigyelt eltérések az ismert helyi tényezőkkel (pld. öntözés, domborzat, talaj) logikus összefüggéseket mutatnak. Egy-egy mintaterületen megfigyeltük, hogy napraforgó kultúra esetében az erősen és közepesen aszályos kategóriák összemosódtak, túl hamar telítésbe mentek.

Következtetések, javaslatok

Eddigi terepi és vizuális kvalitatív vizsgálataink alapján általánosságban kijelenthető, hogy az eredménytérképek hely- és kultúraspecifikusan jól tükrözik a vegetáció adott időpontbeli állapotát. A napraforgó kultúrák esetében megfigyeltek nyomán a kategóriarendszer további specifikus finomítását, optimalizálását tervezzük.

A továbbfejlesztés és finomítás megalapozása érdekében emellett kvantitatív validációs adatgyűjtést tervezünk. Ennek keretében a tervek szerint mezőgazdasági szakértők bevonásával, a terepen gyűjtött adatokra alapozva aszályossági mérőszámokat állapítunk meg a terepi adatrögzítési pontokra. Ezen túlmenően a Nébih-hel folyó együttműködésünk keretében számítunk a területi szakértőktől érkező visszajelzésekre, illetve szakmai konzultációra is, amely szintén kulcsfontosságú lépés a módszertan rendszeres, operatív alkalmazása felé.

Köszönetnyilvánítás

Munkánk az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. Az elemzésben felhasznált anonim kárenyhítési kérelem-adatokat a Nébih, az azok térinformatikai elemzését lehetővé tévő geometriai adatokat a Magyar Államkincstár bocsátotta rendelkezésünkre.

Felhasznált irodalom

Birinyi, E. – Friedl, Z. – Hubik, I.– Kristóf, D. – Nádor, G. – Rotterné Kulcsár, A. – Pacskó, V. – Mikus, G. (2019): Felhőalapú adatfeldolgozás távérzékelési alkalmazásokban In: Molnár, Vanda Éva (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X. Theory meets practice in GIS Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 61–66, 6 p.

Birinyi, E. – Kristóf, D. – Kern, A. – Rotterné Kulcsár, A. – Barcza, Z. (2022a): A Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszerbe benyújtott aszály kárigények nagyfelbontású műholdfelvételekkel történő igazolhatóságának vizsgálata – kezdeti lépések. In: XXV. Tavaszi Szél Konferenciakötet (megjelenés alatt)

Birinyi, E. – Kristóf, D. – Kern, A. – Rotterné Kulcsár, A. – Barcza, Z. (2022b): A kukorica fejlődésének vizsgálata távérzékelt adatok alapján. Agrofórum – A növénytermesztők és növényvédők havilapja, 2022/3. pp. 94–97, 4 p.

Camps-Valls, G. – Campos-Taberner, M. – Moreno-Martínez, Á. – Walther, S. – Duveiller, G. – Cescatti, A – Mahecha, M. D. – Muñoz-Marí, J. – García-Haro, F. J – Guanter, L. – Jung, M. – Gamon, J. A. – Reichstein, M. – Running S.W. (2021): A unified vegetation index for quantifying the terrestrial biosphere Science Advances, 7(9).

Gao, B. C. (1996): NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment, 58, pp. 257–266.

Gazdag, Gy. – Horinka, Sz. – Móró, T. (2019): Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszer működése. 44 p. https://www.nak.hu/kiadvanyok/kiadvanyok/2992-a-mezogazdasagi-kockazatkezelesi-rendszer-mukodese/file.

Ghazaryan, G. – Dubovyk, O. – Graw, V. – Kussul, N. – Schellbergd, J. (2020): Local-scale agricultural drought monitoring with satellite-based multi-sensor time-series. Giscience & Remote Sensing 2020, 57(5), pp. 704–718. https://doi.org/10.1080/15481603.2020.1778332

Gorelick, N. – Hancher, M. – Dixon, M. – Ilyushchenko, S. – Thau, D., – Moore, R. (2017): Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, pp 18– 27.

Huete, A. – Didan, K. – Miura, T. – Rodriguez, E. P. – Gao, X. – Ferreira L. G (2002): Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment, 83(2002), 195-213. doi:10.1016/S0034-4257(02)00096-2

Kloos, S. – Yuan, Y. – Castelli, M. – Menzel A. (2021): Agricultural Drought Detection with MODIS Based Vegetation Health Indices in Southeast Germany. Remote Sensing, 13(19):3907. doi:10.3390/rs13193907

Kogan, F. – Gitelson, A. – Zakarin, E. – Spivak, L. – Lebed L. (2003): AVHRR-based spectral vegetation for quantitative assessment of vegetation state and productivity: calibration and validation. Photogramm Eng Remote Sensing, 69(8), 899–906.

Merzlyak, MN. – Gitelson, AA – Chivkunova, OB. – Rakitin, VYU. (1999): Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senes-cence and fruit ripening. Physiol Plantarum 106(1):135–141.doi:10.1034/j.1399-3054.1999.106119.x

Rouse, J.W. – Haas, R.H. – Schell J.A. – Deering D.W. (1974): Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) Third Earth Resources Technology Satellite–1 Syposium. Volume I: Technical Presentations, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., pp. 309–317.

Thenkabail, P. S. – Gamage, M. S. D. N. – Smakhtin, V. U. (2004): The use of remotesensing data for drought assessment and monitoring in Southwest Asia. Research Report 85. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

Várallyay György – Szücs L. – Rajkai K. – Zilahy P. – Murányi A. (1980): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan, 29, 77–112.

Varghese, D. – Radulović M. – Stojković, S. – Crnojević V. (2021): "Reviewing the Potential of Sentinel-2 in Assessing the Drought" Remote Sensing, 13, no. 17: 3355. https://doi.org/10.3390/rs13173355

Internetes források

INTERNET1 – https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3198&hir=Szarazsag_Magyarorszagon_2022-ben_es_a_multban
Letöltés ideje: 2022.09.27

INTERNET2 – https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok/index.php?id=3200&hir=A_2022-es_rendkivuli_szarazsag_fizikai-meteorologiai_hatter
Letöltés ideje: 2022.09.27

Numerical simulation of Mudflow by SPH method

Mahsa Bokharaeian[1] – Reza Naderi[2] – Arpad Csamer[3]

[1] Ph.D. student, University of Debrecen
[2] Associate Professor, Shahrood University of Technology,
[3] Assistant Professor University of Debrecen

Abstract: Natural disasters like landslides, avalanches, rockfalls, and mudflows, can be formed naturally or during human activities, and cause significant human and financial losses each year. Therefore, it is imperative to review and analyzes them to assess risks and limit vulnerable areas. The most important characteristics of such events are their high speed and long transmission distance. Here, to simulate and find the velocity of the flow, the mudflow diffusion method, the sediment pattern, and the final volume of the mudflow, the smooth particle hydraulic model (SPH) has been used. We also compared the results of modeling topographical mountains with their equivalent slope. Results show a 16.4% decrease in velocity in real mountains due to the presence of lowlands and elevations of the land. In this study, the Herschel-Bulkley rheological model and powerful Abaqus software are used.

Introduction

In the past few decades, landslides have received enormous attention because this phenomenon is catastrophic and has caused significant casualties and damage to property and life all over the world (Cola et al. 2008). Mudflow is a type of debris flow characterized by high clay and silt concentration. Many reasons may trigger this flow, including heavy rain, landslides under the sea, dam failure, and human activities. Mudflow can cause serious damage to river protection structures and other hydraulic infrastructures; therefore mudflow simulation is necessary to clarify the effect of flow in the operation and design of hydraulic structures in order to reduce the destructive effects (Ghadampour et al. 2013). So far, two mathematical methods have been used to describe multiphase flows like mudflows. In the first one, which is more abundant, separate equations are used to simulate the solid and liquid phases. In this case, the continuity and momentum equations are used to simulate the liquid phase, and the mass conservation equation is used to simulate sediment transport. But this method has problems integrating equations for liquid and solid phases. In the second one, the combination of water and sediments is considered a non-Newtonian fluid, in which the relationship between shear stress and shear strain rate is non-linear. Therefore, in the second method, there is no need to check the local surface tension and pore pressure distribution, and a single equation is used to calculate the non-linear viscosity and simulate mud flow behavior (Gallouët et al. 2004; Coussot

2017). Viscoelastic models are usually used as a model to describe the viscosity of non-Newtonian fluids. Viscoelastic models have different structural equations, such as Bingham, Herschel-Barkley, Casson, etc. Previous experiences related to the rheological properties show that the Herschel-Bulkley model is suitable to describe the properties of mudflow (Bisantino et al. 2010; Cochard – Ancey 2009). Numerical methods for solving free surface equations such as mudflows can be classified into two grid-based and the free-mesh method. Grid-based numerical methods were useful tools for analysis until the 20th century and were able to solve major scientific and engineering problems. But this method has problems with large deformations. In this method, the mesh may rotate and distort during large deformations. As a result, the use of this mesh increases the complexity of computer problems and decreases the accuracy of solving them. To avoid these numerical problems, a mesh-free method was developed recently. Compared to the grid-based method, this method is based on point approximation. In fact, instead of a grid, a series of nodes, which are randomly distributed, are used to solve various integrals or partial differential equations with different boundary conditions, which results in an accurate numerical solution. The smooth particle hydraulic method is one of the powerful free-mesh methods that has recently been used in the simulation of free surface problems (Huang et al. 2014).

Governing equations

SPH method

The SPH formulation has two steps: (1) kernel approximation and (2) particle approximation.

Kernel approximation represents a function with continuous form instead of integral and provides particle approximation of the problem domain using distributed particles and estimates calculable parameters in the influence domain. For example, in order to approximate the value of the function at special particle A, the average value of the function for all particles in an influence domain is used as a kernel function. The influence area (h) depends on the accuracy of the problem.

The kernel approximation of a function *f(x)* used in the SPH method is as follows:

$$f(x) = \int_D f(x')\delta(x - x')dx' \tag{1}$$

where *f(x)* is a function of the position vector *x*, and *δ(x–x')* is the Dirac delta function given by:

$$\delta(x - x') = \begin{cases} 1 & x = x' \\ 0 & x \neq x' \end{cases} \tag{2}$$

Assuming that the fluid is divided into N volume elements with density *ρ(x)*. Masses of the volume elements are $m_1, m_2, m_3, \ldots$, and positions of corresponding

centers of mass are $x_1, x_2, x_3, \ldots$. The continuous SPH integral representation for $f(x)$ can be written to discretized particle approximation as follow:

$$f\left(x_i\right)=\sum_{j=1}^{N} f\left(x_j\right)\frac{m_j}{\rho_j}W\left(x_i-x'_j,h\right) \tag{3}$$

(Liu – Liu 2003, Liu – Liu 2010)

Geological model

Usually, slurry consisting of water and kaolin is used to describe the behavior of non-Newtonian mudflow. Corresponding to the experimental results, the Herschel-Bulkley model can correctly describe the nonlinear properties of the stress tensor. In summary, this model is a combination of power-law and Bingham's model, in which stress is defined as follows:

$$\tau=\begin{cases}0 & \tau<\tau_{\mathbf{B}}\\ \tau_B+\mu_B\left(\dot{\gamma}\right)^N & \tau\geq\tau_B\end{cases} \tag{4}$$

where μ_B, and N are yield stress, equivalent dynamic viscosity, and flow behavior index. These two final parameters are usually determined based on experimental viscometer results (Papanastasiou – Boudouvis 1997).

The shear strain rate in 2-D space is as follows:

$$\dot{\gamma}=\left(2S_{ij}S_{ij}\right)^{\frac{1}{2}}=\sqrt{2\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2+2\left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2+\left(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2} \tag{5}$$

Simulation

To simulate a mudflow as a non-Newtonian fluid we used the Herschel-Bulkley model. But there is no access to this model in Abaqus Software, so we wrote a subroutine to introduce the mudflow's properties. The characteristics related to mudflow and the parameters of the Herschel-Bulkley model obtained from the laboratory results are given in the *Table 1*.

To transfer the topography of the mountain to Abaqus, we used 2 other software (SketchUp and rhino). Then we simulated how the flow propagates on the slop which is shown in *Figure 1*. For this aim, we used the SPH method.

As mentioned before, we used the SPH model which is a mesh-free method, and the calculation is based on notes. *Diagram 1* shows the velocity of the faster note 15 seconds after the start.

Table 1. Herschel-Bulkley model parameters for mudflow

n	(Pa.s$^{1/3}$) K	(Pa) τ_B	(kg/m^3) density
0/23	5/6	17	1422

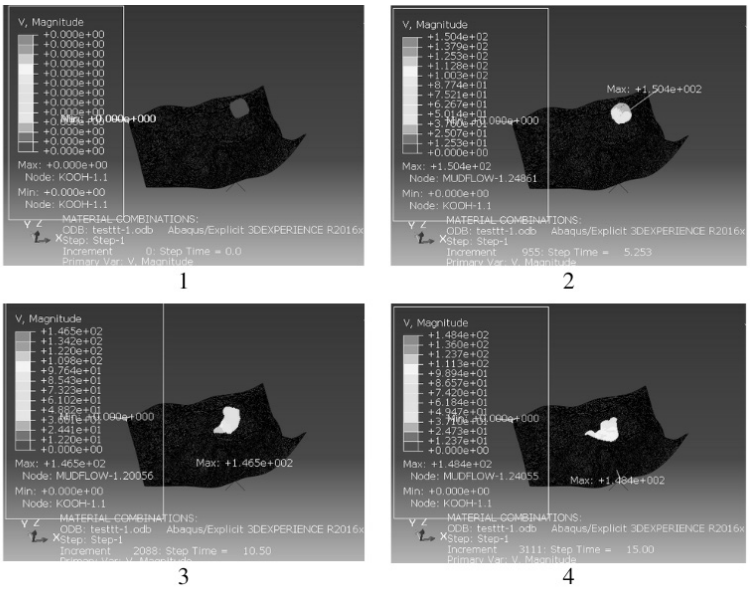


Figure 1. Numerical simulation of mudflow in (1) 0. (2) 5s. (3) 10s. (4) 15s after the start

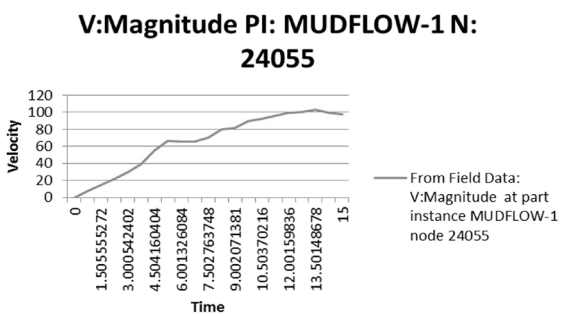


Diagram 1. Velocity-time graph

The most important parameter related to mudflow is the velocity which is affected by many factors. For example, surface friction, the topography of the mountain, the viscosity of mud, etc. To investigate the effect of elevations on the speed of flow, we repeat the simulation on a flat surface that has an equal slope to the mountain. *Figure 2* shows the results.

Diagram 2 shows the velocity of the faster particle 15 seconds after the start.

According to the results, it is clear that mudflow has higher velocity during the propagation on the simple slope, and the relation of velocity with time is linear, but when we have real topography the velocity may change in time, because of the presence of low and high areas. Also, in a real mountain, we could see the area, which is affected by mudflow, and if there is any channel that can change the direction of flow and it can be analyzed but in a simple slope, the mud just flows downhill.

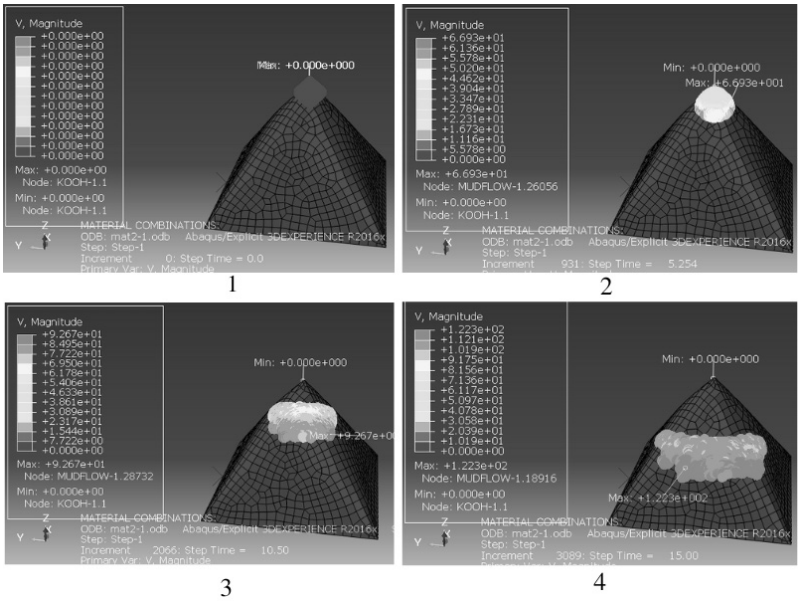


Figure 2. Numerical simulation of mudflow on the slope in: (1) 0. (2) 5s. (3) 10s. (4) 15s after the start

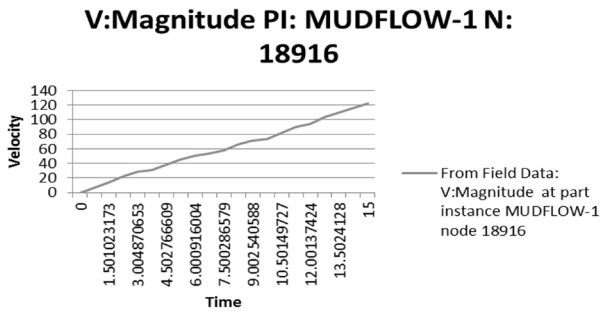


Diagram 2. Velocity-time graph for slope

Conclusion

In this paper, we used the SPH method to simulate a non-Newtonian fluid. This method has a good ability to simulate a phenomenon having considerable deformation. For this aim, we used Abaqus software which is open-source software and can use the SPH method. We can also use topography to reach accurate results and get better imaging of how the mudflow spreads. Our results show that the velocity decreased with a 16.4% value in a real mountain area compared to a simple slope. Abaqus is a good tool to simulate mudflow and other Newtonian and non-Newtonian fluid behavior, which can help us identify high-risk areas and prevent or mitigate potential damage.

Reference

Bisantino, T. – Fischer, P. – Gentile, F. (2010): Rheological characteristics of debris-flow material in South-Gargano watersheds. Natural Hazards, 54(2), pp. 209–223.

Cochard, S. – Ancey, C. (2009): Experimental investigation of the spreading of viscoplastic fluids on inclined planes. Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 158(1–3), pp. 73–84.

Cola, S. – Calabrò, N. – Pastor, M. (2008): Prediction of the flow-like movements of Tessina landslide by SPH model. In Landslides and Engineered Slopes. From the Past to the Future, Two Volumes+ CD-ROM (pp. 669–676). CRC Press.

Coussot, P. (2017): Mudflow rheology and dynamics. Routledge.

Gallouët, T. – Hérard, J.M. – Seguin, N. (2004): Numerical modeling of two-phase flows using the two-fluid two-pressure approach. Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 14(05), pp. 663–700.

Ghadampour, Z. – TALEB, B.N. – Hashemi, M.R. – Nikseresht, A.H. – Neill, S.P. (2013): Numerical simulation of free surface mudflow using incompressible SPH.

Huang, Y. – Dai, Z. – Zhang, W. (2014): Geo-disaster modeling and analysis: an SPH-based approach (pp. 184–185). Heidelberg: Springer.

Liu, G.R. – Liu, M.B. (2003): Smoothed particle hydrodynamics: a meshfree particle method. World scientific.

Liu, M.B. – Liu, G. (2010): Smoothed particle hydrodynamics (SPH): an overview and recent developments. Archives of computational methods in engineering, 17(1), pp. 25–76.

Papanastasiou, T.C. – Boudouvis, A.G (1997): Flows of viscoplastic materials: models and computations. Computers & Structures, 64(1–4), pp. 677–694.

Erdőterületek UAV alapú légi lézeres felmérése és kiértékelése

Czimber Kornél[1] – Miszori Krisztián[2] – Pallos Péter[3] – Mnyerczán András[4]

[1] egyetemi docens, Soproni Egyetem, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet / ügyvezető igazgató, TopoLynx Kft, czimber.kornel@topolynx.hu
[2] geoinformatikus, TopoLynx Kft, miszori.krisztian@topolynx.hu
[3] regionális értékesítési vezető, CHC Navigation Europe Kft, peter.pallos@chcnav.eu
[4] technikai támogatás manager, CHC Navigation Europe Kft, andras.mnyerczan@chcnav.eu

Absztrakt: A cikk ismerteti a DJI 300 pilóta nélküli légijármű és a CHC AlphaAir450 lézeres letapogatóval készült kísérleti jellegű erdőfelmérést, a mérés kivitelezését, a felmérés során szerzett tapasztalatokat, az adatok feldolgozását és eredményeit. Bár a szenzor nagyfelbontású digitális képeket is készít, az elsődleges cél a pontfelhő feldolgozása volt, azon belül a domborzatmodell, lombkorona modell, egyesfa törzsmodell és egyesfa pontfelhő szegmentálás előállítása. A cikk végén kitérünk a drón és a szenzor erdészeti alkalmazási lehetőségeire is.
Abstract: The article describes the experimental forest survey made with the DJI 300 unmanned aerial vehicle and the CHC AlphaAir450 laser scanner, the implementation of the measurement, the experiences gained during the survey, the processing of the data and the results. Although the sensor also produces high-resolution digital images, the primary goal was the processing of the point cloud, including the production of the elevation model, the canopy height model, single tree stem model and single tree point cloud segmentation. At the end of the article, we discuss the forestry application possibilities of the drone and the sensor too.

Bevezetés

A lézerszkenner adatgyűjtési technológia folyamatosan fejlődik. A legújabb szenzorok már olyan méretűek, hogy pilóta nélküli légijárművekre is felszerelhetők. Erdészeti szempontból nagy jelentőséggel bírnak ezek a hordozó eszközök és szenzorok, mert az időigényes földi felmérést, legyen szó hagyományos vagy földi lézerszkennelésről, képes kiváltani. A drón nem alkalmas arra, hogy nagy erdőtömböket felmérjen, de arra igen, hogy egy-egy erdőrészletet, vagy egy vonal mentén mintavételt végezzen. Külföldön számos szakirodalom foglalkozik az UAV alapú légi lézerszkennelés erdészeti alkalmazásával (Hyyppä et al. 2020; Puliti et al. 2020; Wallace et al. 2014; Wieser et al. 2017). Idehaza is több légi lézeres erdőfelméréssel kapcsolatos publikáció jelent meg (Király et al. 2012; Czimber et al. 2019), de drónos alkalmazás eddigi ismereteink szerint nem történt.

2022 év elején a CHC Magyarország Kft szakemberei kerestek meg azzal a lehetőséggel, hogy a CHC új, drónra szerelhető lézeres letapogatójával egy tesztmérést végezzünk erdőterületen. A tesztmérés célja a műszer lehetőségeinek megismerése, terepi tapasztalatok szerzése, az adatok kinyerése és az adatok feldolgozhatóságának vizsgálata.

A tesztmérésen túl a korábban kidolgozott lézeres feldolgozási eljárásaink bővítése is cél volt, ugyanis az új UAV tesztadatok már a légi és a földi eljárások kombinálását igénylik. Új eljárást is fejlesztettünk a feldolgozó programhoz, mely a pontfelhőben az egyes fák felismerését és teljes 3D szegmentálását hajtja végre, ezáltal pontos térbeli információkat tud nyújtani a törzs- és koronaalakról.

Anyag és módszer

Terület

Budapest közelsége miatt a Pilisi Parkerdő Zrt. kezelésében lévő Pilisszántó 26/A, 27/A erdőrészletekre esett a választás, a felvételi terület 15 ha. A területen az Ökológiai Kutatóintézet is folytat lékes felújítási kísérletet. A tesztmérésre 2022. március végén, napos, szélcsendes időben, lombtalan állapotban került sor.

Szenzor és drón

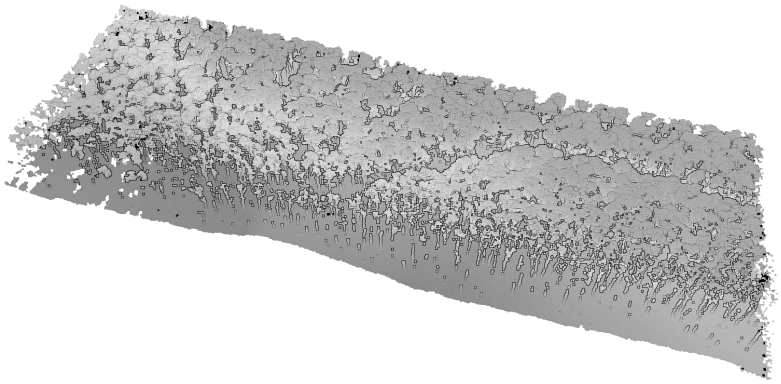
A tesztelt CHC szenzor típusszáma AlphaAir450 egy kompakt készülék, mely nagypontosságú IMU-val, GNSS vevővel, 3D lézerszkennerrel és digitális kamerával is rendelkezik. A működési távolsága akár 450 méter is lehet. 100 méteres relatív repülési magasságon 5 m/s sebességgel 280 pont/m^2 sűrűség érhető el, ami már alkalmas lehet részletes felmérésre. A beépített 26 MP-es nagyfelbontású kamera képes megfesteni a pontokat, de a képek külön is letölthetők, amelyekből ortofotó készíthető vagy képegyeztetéssel felszínmodell.

A szenzor könnyű, 0,95 kg összesen, jól megtervezett műszer (*1. ábra*). Gyorsan tudtuk illeszteni a DJI M300 kvadrokopterre, amellyel 25 perc repülési idő érhető el. Az egész szenzor egyszerűen, egy gombbal vezérelhető. A lézeres letapogató pontossága 3 cm 100 méteren. Szkennelési teljesítménye 240 ezer … 720 ezer mérés között állítható. A szenzorhoz két szoftver jár a feldolgozáshoz: CoPre és CoProcess.

A tesztmérésnél az illesztéshez egy CHC bázisállomást állítottunk fel. A bázisállomás segítségével a drón GNSS vevője differenciális módban tudott dolgozni.

1. ábra CHC AlphaAir450 lézerszkenner-kamera kézben

2. ábra Drón a szenzorral felszállás előtt és közben



3. ábra Egy felvételi sáv pontfelhőjének 3D képe

A felmérési területet a drón vezérlővel nagyon gyorsan lehetett definiálni. A terület határának grafikus körbe rajzolása és a repülési magasság megadása után a szoftver a terepen megtervezte a repülési útvonalakat és azonnal lehetett indítani a DJI M300-as drónt (*2. ábra*).

Két repülést hajtottunk végre, egyet 60 méter és egyet 100 méter relatív repülési magassággal. A szenzor rendelkezik tereptárgy magasságkövető automatikával, amely segít az alacsony repülés kivitelezésében és a fák elkerülésében. Repülés közben a szenzor élőképet tud küldeni a vezérlőre.

Feldolgozás

A repülés után gyorsan előállt a LiDAR pontfelhő és letöltöttük a 26MP-es JPEG képeket is. A lézerszkennelés eredményeit repülési sávonként egy-egy külön LAS fájlba exportálja a szoftver. Egy fájl átlagosan 1.8GB. Egy sáv 3D pontfelhőjét mutatja a *3. ábra*. A 60 m magas repüléssel 1000 pont/m^2 felvételi pontsűrűséget értünk el, természetesen ennek nagy része lombkorona pont.

A LAS állományok feldolgozása a saját fejlesztésű dotXpert szoftverrel történt. A feldolgozás lépései sorban: alacsony elszórt pontok szűrése, magas elszórt pontok szűrése, domborzatmodell előállítása hierarchikus morfológiai szűrővel, lombkoronamodell létrehozása. Ezt követte a törzsek felismerése 2–6 méteres magassági zónában.

A pontfelhő szegmentáláshoz egy új eljárást fejlesztettünk. Az algoritmus, 2–6 méteres relatív magassági tartományban pont csoportosulásokat keres. Az önálló csoportok alkotják a magpontokat, a többi pontot pedig a domborzat fölötti 1 m-es relatív magassági sávokba soroljuk. A pontok besorolása a magpontokból kiindulva történik sávonként, a következő sáv az előző sávra épül, az ott felismert pontokat terjesztjük ki egy konkurens szűrővel. Az eredmény az egyes fákhoz sorolt 3D ponthalmaz, amelyből számos jellemzőt levezethetünk, számíthatunk (magasság, koronaméretek).

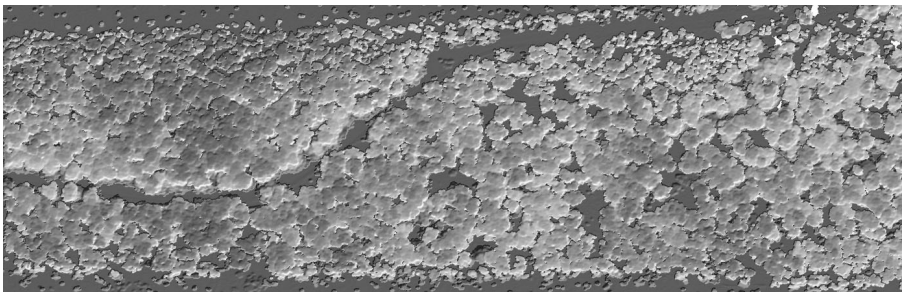
Eredmények

A felmért terület pontfelhőjének feldolgozásával számos digitális termék kinyerhető, domborzatmodell, lombkorona modell, törzstérkép, faegyedek ponthalmaza. Eredményekhez tartozik az UAV-hez igazított algoritmusok és az új pontfelhő szegmentáló eljárás, amely faegyedek 3D pontjait azonosítja.

A kinyert domborzatmodell nem csak az erdei utat, a mellette futó árkot és a völgyet mutatja, de a mikrodomborzati elemeket is, úgymint közelítő utak, tuskók (*4. ábra*). A modell pontossági vizsgálatát légi lézeres letapogatással vetettük össze és a várt 10 cm-es különbségen belül voltak a magasságok.

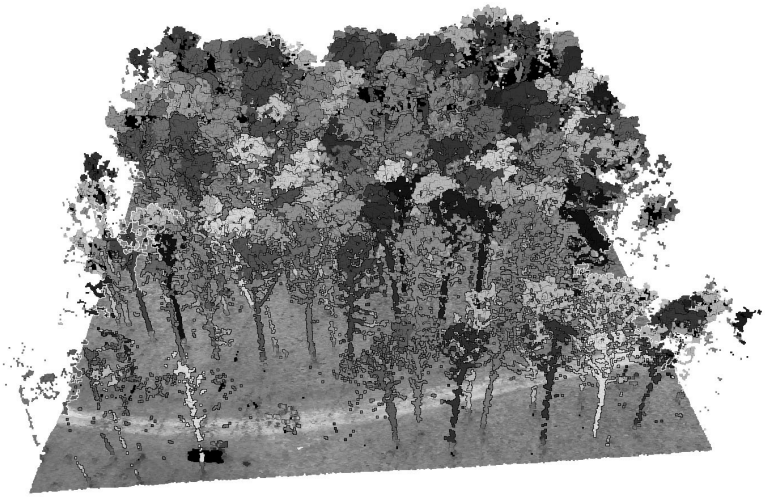
A relatív magasságokat mutató lombkoronamodell a kiemelkedő fák, a lékek helyének és az újulatnak a magasságát is megjeleníti (*5. ábra*). A légi lézeres adatokhoz képest az állomány növekedett. A növekedést faegyenként fogjuk vizsgálni.

4. ábra Domborzatmodell sok apró domborzati részletet megmutat



5. ábra Lombkoronamodellen a lékek és azon belüli újulat is látszik

6. ábra Törzstérkép és bokrok, újulat térképe



7. ábra Faegyenként szegmentált pontfelhő

A törzstérkép a 2 és 6 méter közötti törzseket kirajzoló pont csoportosulásokból készült, ez a térkép megmutatja az ebbe a relatív magassá sávba eső bokrok és újulat helyét is (*6. ábra*).

A törzstérkép magpontjaiból kiinduló szegmentálás egy faegyedhez tartozó valamennyi pontot besorolja ezáltal a faegyed magassága, koronaterülete, koronatérfogata, törzsalakja, törzs elágazása is térképezhető (*7. ábra*).

Következtetések

UAV lézeres felmérés egy erdőrészlet teljes felmérésére vagy vonalas mintavételre kiválóan alkalmas. A felméréshez szükséges egy szélesebb erdészeti út vagy rakodó egyrészt a drón fel és leszállásához, másrészt egy GNSS bázisállomás létrehozásához. A tervezés és a repülés gyorsan kivitelezhető, a gyűjtött adatok szintén könnyedén letölthetők, feldolgozhatók, melyekből pontos domborzat, lombkorona modell, ortofotó, törzstérkép és szegmentálással egyesfa törzs- és koronalak nyerhető ki.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk CHC Navigation Europe Kft-nek, valamint a Pilisi Parkerdő Zrt-nek, hogy a kísérleti felmérés lebonyolítását lehetővé tették. A pontfelhő feldolgozási eljárások továbbfejlesztése és a pontfelhő szegmentálási eljárás kidolgozása a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal Tématerületi Kiválóság Program TKP2021-NVA-13 azonosító számú projekt támogatásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

Czimber K. (2019): Erdőleltározás légi lézeres letapogatással és közel fotogrammetriával – Első tesztek eredményei. In: Molnár V. É. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X: Theory meets practice in GIS, Debrecen, Magyarország, Debreceni Egyetemi Kiadó, (2019) pp. 77–81.

Király G. – Brolly G. – Burai P. (2012): Tree Height and Species Estimation Methods for Airborne Laser Scanning in a Forest Reserve. In: N. Coops, M. Wulder (szerk.) Full Proceedings of SilviLaser 2012: 12th International Conference on LiDAR Applications for Assessing Forest Ecosystems. 492 p. Konferencia helye, ideje: Vancouver, Kanada, 2012.09.16-19. Vancouver: pp. 260–270.

E. Hyyppä – J. Hyyppä – T. Hakala – A. Kukko – M. A. Wulder – J. C. White – J. Pyörälä – X. Yu – Y. Wang – JP. Virtanen – O. Pohjavirta – X. Liang – M. Holopainen – H. Kaartinen (2020): Under-canopy UAV laser scanning for accurate forest field measurements, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 164, pp. 41–60.

S. Puliti – J. P. Dash – M. S. Watt – J. Breidenbach – G. D. Pearse (2020): A comparison of UAV laser scanning, photogrammetry and airborne laser scanning for precision inventory of small-forest properties, Forestry: An International Journal of Forest Research, 93(1), pp. 150–162.

L. Wallace – R. Musk – A. Lucieer (2014): An assessment of the repeatability of automatic forest inventory metrics derived from UAV-borne laser scanning data, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 52(11), pp. 7160–7169.

M. Wieser – G. Mandlburger – M. Hollaus – J. Otepka – P. Glira – N. Pfeifer (2017): A case study of UAS-borne laser scanning for measurement of tree stem diameter, Remote Sens., 9(11), p. 1154.

Felső-tiszai mederzátonyok szemcseösszetételének vizsgálatatávérzékelt adatokkal (Esettanulmány)

Czomba Péter[1] – Túri Zoltán[2] – Vass Róbert[3]

[1] PhD hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, czomba.peter@science.unideb.hu
[2] adjunktus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, turi.zoltan@science.unideb.hu
[3] főiskolai docens, Nyíregyházi Egyetem Turizmus és Földrajztudományi Intézet, vass.robert@nye.hu

Abstract: The aim of our present study is to develop a methodological process, with the help of which we can carry out sedimentological and granulometric tests on the sediments of riverbed reefs in a semi-automated-automated image classification process. The preliminary results of the field data collection at extremely low water levels due to the drought characteristic of the summer of 2022 will greatly facilitate a more detailed understanding of the bed conditions and sediment transport of the Upper Tisza, as well as the testing of the procedure in the experimental phase on river bed reefs built from sediments that are different from the course of the river.

Bevezetés

A 2022-es év aszállyal sújtott nyarához társuló alacsony tiszai vízállás lehetőséget nyújtott a Felső-Tisza egyes szakaszain olyan kisvízimeder és hordalékminta vizsgálatok elvégzésére, amelyekre korábban nem volt lehetőségünk. A terepmunkánk során a Kisar település mellett elhelyezkedő, a Tisza és az ún. Kis-Tisza-ág által közre zárt sziget (későbbiekben kisari sziget) körül kialakult mederzátonyon végeztünk adatgyűjtést fotogrammetriai és szedimentológiai vizsgálatokhoz.

A kutatás során két célkitűzést fogalmazunk meg:

1. Megállapítsuk, hogy a tiszaújlaki és a vásárosnaményi közúti Tisza-hidak közötti folyószakaszon a mederesés-csökkenés hogyan befolyásolja a fenékhordalék szemcseösszetételének a finomodását, valamint a folyószakasz melyik részén csökken le annyira a folyó esése, hogy nem képes továbbszállítani az 1–2 mm-nél nagyobb kavicsos hordalékot.

2. A hagyományos szedimentológiai vizsgálatok és a szemcseméret meghatározására használt térinformatikai eljárások (Purinton – Bookhagen 2019) és szoftverek (Sedimetrics) mellett egy olyan szemcseméret-meghatározásra használható módszertani eljárást készítsünk elő, amely segítségével akár terepen is könnyedén megállapítható a vizsgálat alá vont akkumulálódott hordalékösszlet szemcsemérete.

A folyók hordalékszállítását a vízben lebegtetett, az ugráltatott és a meder-feneken görgetett hordalék jellemzi, melynek változásában nagy szerepet játszik

a folyó árvizekkor megnövekedett energiája (Andorkó 1979). A tiszai hordalék minőségében és mennyiségében a folyó forrásvidékétől a kisebb mederesésű alsóbb szakaszok felé folyamatos változás mutatható ki (Sándor – Kiss 2006; Vass et al. 2017). Az általunk vizsgált szakaszon a Tisza lebegtetett hordaléktöménysége Tivadarnál 139 g/m^3, Vásárosnaménynál 342 g/m^3, míg hordalékhozama 30 kg/s és 111,2 kg/s ugyanezeken a mérési helyeken (Lászlóffy 1982). A mintaterületen – a tiszabecsi folyószakaszhoz hasonlóan – megjelenik a Tisza két fő forrásága rahói összefolyásánál 5 m/km-re csökkenő mereséshez kapcsolódó 150–200 mm átmérőjű fenékhordalék. A Visó-torkolat alatt a meder esése 2 m/km-re csökken. Ez Tiszakóród térségében, a Borsava torkolatánál 13 cm/km, és ezen a szakaszon már csak mogyorónyi nagyságú kavicsok alkotják a fenékhordalékot. A Tisza esése a Szamos gergelyiugornyai torkolatánál mindössze 8 cm/km, Tivadartól a fenékhordalék szemcseméretе már csak 0,25 mm körül van (Lászlóffy 1982).

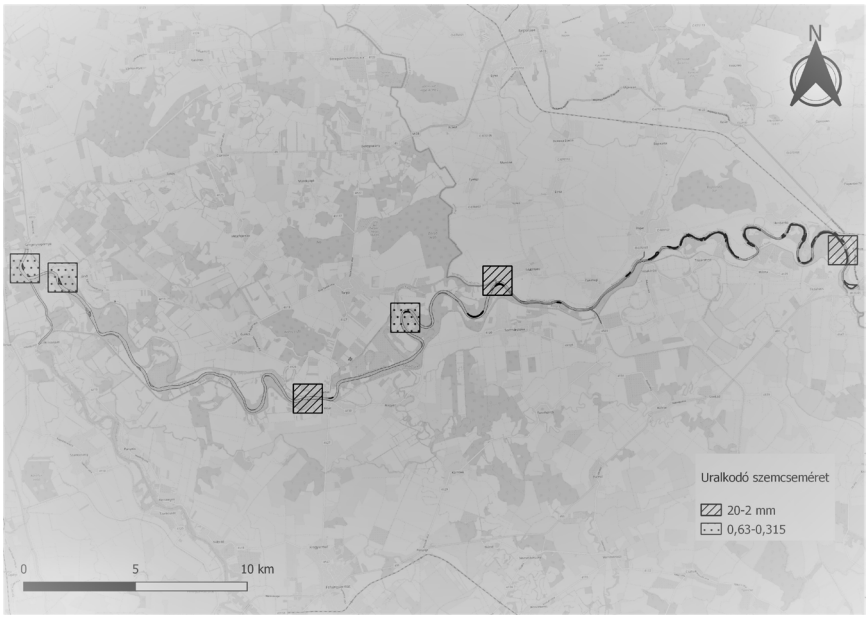
Anyag és módszer

Ezeket a megállapításokat támasztják alá az általunk a folyószakasz nyolc mederzátonyáról az elmúlt 4 évben több alkalommal végrehajtott üledékmintavételek szedimentológiai vizsgálatai is (Czomba 2019). A mintavételezések Tiszabecs, Szatmárcseke, Nagyar, Tivadar, Jánd és Gergelyiugornya közigazgatási területein elhelyezkedő mederzátonyokon történtek, A terepi mintavételezés minden esetben a mederzátonyok felső 10–15 cm-es rétegéből átlagmintavétellel történt. Az üledékminták szedimentológiai vizsgálatát mintavételenként 200 g üledékminta felhasználásával szitarázó géppel végeztük.

Eredmények

A Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóságtól kapott tiszabecsi, tivadari és vásárosnaményi vízmércék keresztszelvényei alapján átlagos mederesést számoltunk. Megállapítottuk, hogy a fenékhordalék szemcseméret-csökkenése arányosan változik a Tivadar és Vásárosnamény közötti kis esésű folyószakaszon, viszont a Lászlóffy (1982) által leírt mederesésektől eltérő eredményeket kaptunk. A Tiszabecs és Tivadar közötti 38,6 az átlagos mederesés 27,2 cm/km, míg a Tivadar és Vásárosnamény közti 21,25 km-en az esés 5,65 cm/km-re csökken. Ezek alapján a mederzátonyok szemcseméretében történő változás igazolja, hogy Tisza Tivadar térségében veszíti el azt az energiáját, mellyel képes a fenékhordalékban megjelenő 1–2 mm-nél nagyobb szemcséket továbbszállítani. Az igen alacsony vízállás mellett gyűjtött (2022. augusztus 16-án a tivadari vízmércénél mért vízállás -316 cm volt) fenékhordalék szemcseösszetétele megcáfolta a feltevésünket.

A kisari sziget körül kialakult mederzátony szemcseösszetétele a 0,8 folyókilométerrel feljebb elhelyezkedő tivadari mederzátony átlagos szemcseméretétől (0,63 – 0,315 mm: 66,86%) jelentősen durvább volt (*1. ábra*). A nagyjából 8000



1. ábra Az uralkodó szemcseméret a vizsgált mederzátonyokon

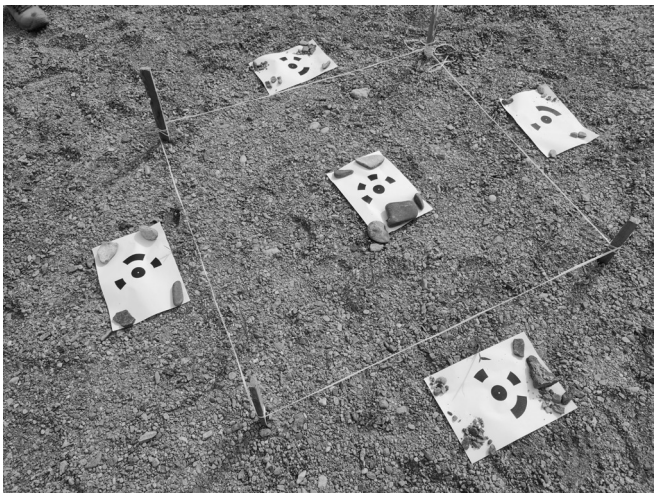
2. ábra Drónnal készült fotók a kisari sziget körül kialakult mederzátonyról (fotók: Juhász Bálint Bence)

négyzetméteres mederzátonyból egy 6500 m^2-es területet határoltunk körbe RTK GPS segítségével, melyet kisebb erek választottak el a zátony többi kisebb részétől (*2. ábra*).

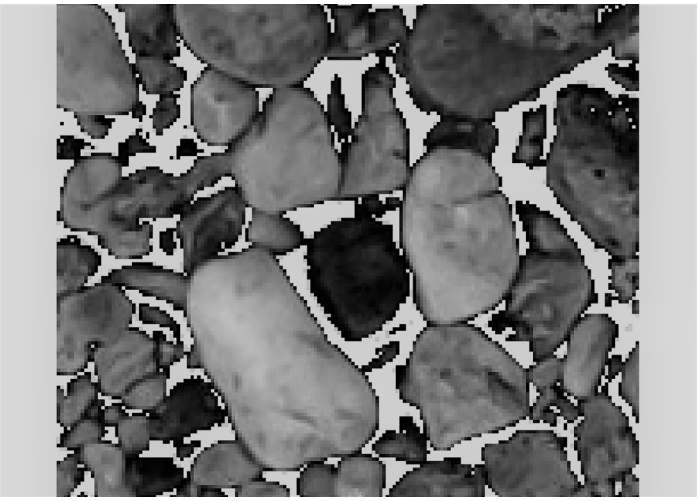
A zátonyon két 1*1 méteres kvadrátot alakítottunk ki (*3. ábra*), melyekről 1 méteres magasságból digitális fényképezőgéppel készítettünk fotókat, valamint 5 felszíni illesztőpont (GCP) földrajzi koordinátáit mértük fel RTK-val fotogrammetriai vizsgálatokhoz és az üledékminta-vételezéshez.

A fényképekből a pontfelhőket, digizális domborzatmodelleket és orto-mozaikokat Agisoft Metashape szoftverben állítottuk elő. Az így kapott ortofotó-mozaikokat további 10*10 cm-es kvadrátokra osztottuk fel. Ezek közül random mintavétellel 10 db mintavételi négyzetet jelöltünk ki, melyeken az elemzéseket megkezdtük.

Az ortofotó-mozaikok feldolgozását ArcGIS és QGIS szoftverben végeztük.



*3. ábra Az egyik 1*1 méteres kvadrát a kihelyezett felszíni illesztőpontokkal*



*4. ábra Egy 10*10 cm-es kvadrát maszkolt szemcseanyaga*

Konklúzió

A kutatás további fázisában szeretnénk egy olyan félautomata-automata képosztályozó eljárást találni melynek a segítségével megállapítható a mederzátonyok üledékösszletét alkotó szemcsék mérete, százalékos aránya, lekerekítettsége, koptatottsága. Az előzetes kutatási eredményekből azt a következtetést vontuk le, hogy a módszert elsősorban a 0,5 – 1 mm-nél nagyobb szemcseméretű üledékanyagból felépülő zátonyok esetében lehet majd sikeresen alkalmazni (*4. ábra*). A granulometriai jellemzők feltáráshoz a továbbiakban földi lézer-szkenneres (Rahmani et al. 2019) méréseket is kívánunk végezni laboratóriumi, illetve terepi körülmények között.

Köszönetnyilvánítás

Czomba Péter kutatása a Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Felhasznált irodalom

Andorkó S. (1979): Árvízvédelem, folyó- és tószabályozás, víziutak Magyarországon, OVH, Budapest.

Czomba P. (2019): Felső-tiszai mederzátonyok szemcseösszetétel vizsgálata. Országos Tudományos Diákköri Konferencia, Eger.

Lászlóffy W. (1982): A Tisza. Akadémiai Kiadó. Budapest.

Purinton B. – Bookhagen B. (2019): Introducing PebbleCounts: a grain-sizing tool for photo surveys of dynamic gravel-bed rivers. Earth Surface Dynamics, 7, pp. 859–877 DOI: https://doi.org/10.5194/esurf-7-859-2019

Rahmani H. – Scanlan C. – Nadeem U. – Bennamoun M. – Bowles R. (2019): Automated segmentation of gravel particles from depth images of gravel-soil mixtures. Computers and Geosciences, 128, pp. 1–10.

Sándor A. – Kiss T. (2006): A hullámtéri üledék-felhalmozódás mértékének vizsgálata a Közép- és az Alsó-Tiszán. Hidrológiai Közlöny, 86/2, pp. 58–63.

Vass R. – Czomba P. – Liba N. – Szabó G. (2017): Szedimentológiai és geoinformatikai vizsgálatok a Felső-Tisza hullámtéri típusterületein In: Balázs, B. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII.: Theory meets practice in GIS VI. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 409–430.

Felszíni- és felszín alatti vizek kapcsolatának gradiens alapú elemzése a Duna vízgyűjtőn

Decsi Bence[1] – Koncsos László[2] – Kozma Zsolt[3] – Ács Tamás[4]

[1] tudományos segédmunkatárs, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3., decsi.bence@emk.bme.hu
[2] egyetemi tanár, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3., koncsos.laszlo@emk.bme.hu
[3] egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3., kozma.zsolt@emk.bme.hu
[4] tudományos segédmunkatárs, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3., acs.tamas@emk.bme.hu

Absztrakt: Vízfolyásaink jelentős része felszín alatti táplálást kap a talajvízből, amely minősége így hatással van a vízfolyás minőségére, ökológiai állapotára. Célunk volt, hogy meghatározzuk azokat a területeket a vízfolyások közelében, ahol a jó ökológiai állapothoz szükséges, talajvíz minőséget szabályozó ökoszisztéma szolgáltatások potenciálja szignifikánsan nagyobb. A Duna vízgyűjtő négy tagállamában talajvízszint észlelő kutak és a kutakhoz legközelebbi vízfolyások között talajvíztükör gradienseket becsültünk. A vízfolyások tengelyétől távolodva a gradiensek jellemzően csökkentek. Meghatároztunk egy távolsági küszöböt, amelyen belül a felszíni- és felszín alatti vizek közti kapcsolat a gradiensek alapján intenzívebb. A Duna vízgyűjtő államainak többségében a vízfolyások küszöbtávolságon belüli zónáiban a területhasználati viszonyok kedvezőtlenek a jó ökológiai állapot elérése szempontjából.

Bevezetés

Számos nemzetközi stratégia és irányelv készült a felszíni vizek ökológiai állapotának megóvásának céljából, ugyanakkor ezek megvalósításának eredményei vegyesnek mutatkoznak (Voulvoulis et al. 2017). Az ökológiai állapotot leginkább a hidromorfológiai kondíciók, a tápanyagok eloszlása, a partmenti sáv területhasználati viszonyai, illetve ezek együttes hatásai befolyásolják (Lemm et al. 2021). A vízfolyások ökológiai állapotának alakulásában nemcsak a vízfolyások, illetve azok szűk környezetének környezeti tényezői játszanak szerepet, hanem a vízfolyáshoz felszín alatti vizeken (alaphozamon) keresztül kapcsolódó területek felszínborítási viszonyai is meghatározók lehetnek. Számos tanulmány bizonyította, hogy a felszíni víztestek és a talajvíz között vízforgalmi kapcsolat áll fent a hiporeikus zónán keresztül (Tripathi et al. 2021), így a vízfolyás közvetlen környezetén kívül található területek, területhasználatok is befolyásolhatják a partmenti zóna, illetve vízfolyások ökológiai állapotát (Stutter et al. 2021). Agrárterületek esetén például a műtrágyázás során kijuttatott tápanyagok egy része oldott formában a talajvízzel

képes a vízfolyás felé mozogni, míg a természetes- és természetközeli területeken (erdők, gyepek) inkább a tápanyagok felvétele, visszatartása a jellemző.

Ugyan nem általános érvényű tézisként, de megállapították, hogy bizonyos területeken a ellátó- és szabályozó ökoszisztéma szolgáltatások (ÖSz) között versengő („trade-off") kapcsolat mutatkozik (Lee – Lautenbach 2016). Így a területhasználat megválasztásának jelentősége különösen nagy azon területeken, ahol az érintett szolgáltatás típusokra egyaránt nagy a potenciál, viszont a különböző területhasználatok egymással konkuráló jellegű kapcsolatban álló ÖSz-okat nyújtanak (Riis et al. 2020). A vízi- és szárazföldi ökoszisztémák közötti átmeneti zónákat (ökotonokat) a nemzetközi irodalom partmenti sávként („riparian zone") nevezi meg, melyek magas ÖSz potenciállal bírnak: (i) szabályozó szolgáltatásaik (pl. oldott állapotú és az erodált talajszemcsékhez kötött tápanyagok szűrése, visszatartása) a megfelelő vízminőség, illetve biodiverzitás fenntartásában betöltött szerepük miatt kimagaslóan fontosak (Decsi et al. 2022), (ii) kulturális- és rekreációs szolgáltatásaik is közkedveltek (Riis et al. 2020), és (iii) felszíni vizekkel való kapcsolatuk és a talajvízjárásra gyakorolt kedvező hatásuk miatt kiváló gabona terméshozamot produkáló helyszínek is (Pinke et al. 2020).

Jelentőségük ellenére a partmenti sávok pontos definíciója, fizikai értelmezése nem konzekvens, és a témában végzett kutatások következtetései helyenként ellentmondásosak, így térbeli lehatárolásukra sincs általánosan elfogadott eljárás (Weissteiner et al. 2016). A partmenti zónák ökológia állapotával, ÖSz-aival és területhasználati viszonyaival nemzetközi tanulmányok foglalkoztak (Lemm et al. 2021), melyek többsége az Európai Környezetvédelmi Ügynökség megbízásából a Copernicus Föld-megfigyelési program keretében készült Riparian Zones (RZ2012, RZ 2018) elnevezésű állományokon alapultak (Weissteiner et al. 2016).

A fenti lehatárolási módszer hiányosságaként említhető, hogy (i) az időszakos és kisvízfolyások környezetében nem határoltak le partmenti zónákat, emellett (ii) nem vették figyelembe a felszíni- és felszín alatti vizek (FAV) közötti kapcsolatot, illetve ennek következményeit.

Elemzésünk célja volt, hogy (i) meghatározzuk azokat a fókuszterületeket a vízfolyások közelében, ahol a jó ökológiai állapot eléréséhez szükséges szabályozó ÖSz-ok potenciálja szignifikánsan nagyobb, mint más területeken; (ii) a vízfolyások környezetében meghatározott zónán belül elemezzük az aktuális és múltbeli területhasználati arányokat; (iii) végül a meghatározott területhasználati viszonyok ismeretében következtessünk a zónák által nyújtott ÖSz-okra, tárjuk fel a potenciális konfliktusokat vagy szinergiákat.

Anyag és módszer

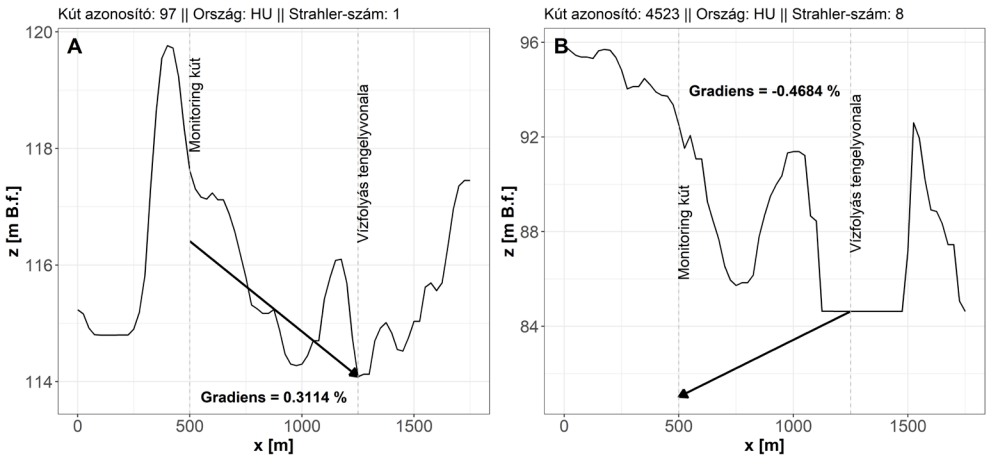
Vizsgálatunk során a talajvíz áramlási sebességét meghatározó és így a felszíni- és felszín alatti vizek közötti víz- és anyagforgalom erősségére ható horizontális talajvízgradiens alakulását elemeztük a vízfolyások és az ezekhez legközelebb eső

talajvízszint észlelő monitoring kutak között. Ehhez a monitoring kutak sokéves átlagos vízszintjeit és a kutakhoz legközelebb eső felszíni vízfolyás szelvényének mederfenék szintjeit használtuk (mederbeli vízszintek sokéves átlagának közelítéseként). Utóbbi közelítésre azért volt szükség, mert a kutak többsége esetén a legközelebbi vízfolyáshálózati elem olyan kisvízfolyás volt (Strahler-szám: 1-4 (MELTON 1959)), amelyre vízhozam és vízállás idősor nem- vagy csak a monitoring kutak kis hányadára lett volna hozzáférhető. A gradienseket az (1) összefüggés, illetve a *1. ábra* szerint számítottuk.

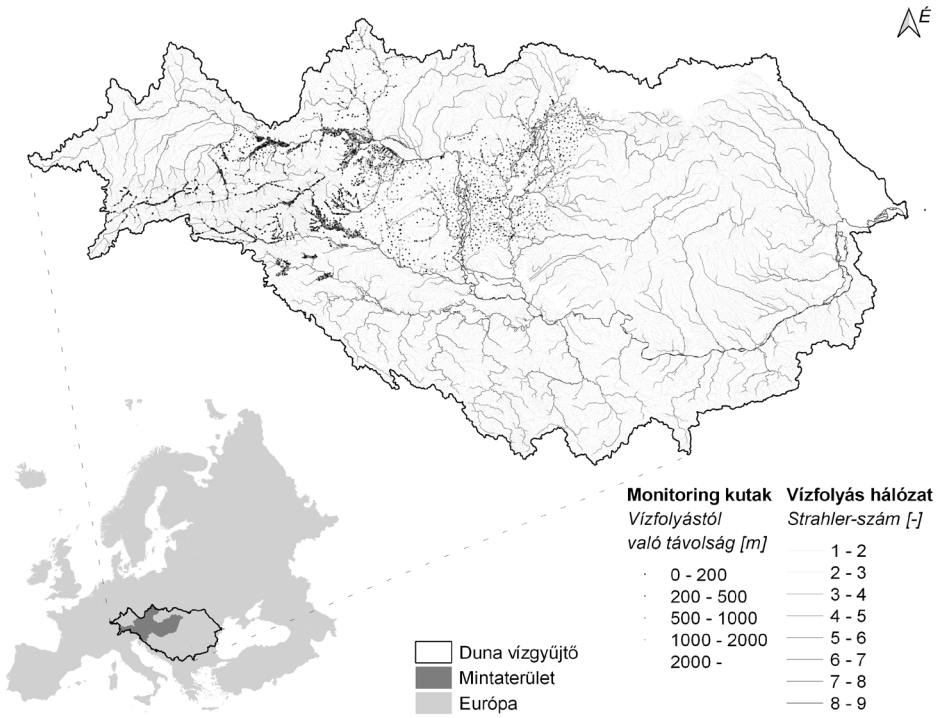
$$grad_i = \frac{z_{talajvíz,i} - z_{vízfolyás,i}}{L_i} \quad [-] \tag{1}$$

ahol $grad_i$: az i monitoring kút esetén meghatározott gradiens [-]; $z_{talajvíz}$: az i kút idősorából számított sokéves átlagos talajvízszint [m B.f.]; $z_{vízfolyás}$: az i kúthoz legközelebbi vízfolyás tengelyében tapasztalható terepszint [m B.f.]; L_i az adott kút és a hozzá legközelebb található vízfolyás közötti távolság [m]. A felszíni- és felszín alatti vizek közötti kapcsolat a szivárgás iránya szerint két csoportra bontható a fenti összefüggés alapján: a pozitív gradiensek esetén a felszín alatti vizet megcsapoló vízfolyásról (*1.A ábra*), míg negatív előjel esetén a talajvízre rátöltő vízfolyásról beszélünk (*1.B ábra*). Egy vízfolyás esetében a gradiens pillanatnyi értékétől függően mindkét állapot előfordulhat időszakosan (árhullám levonulás, majd nyári kisvizes időszak).

A gradiensek meghatározást a Duna vízgyűjtő négy tagállamában található talajvízszint észlelő kutak és a kutakhoz legközelebb eső felszíni vízfolyások esetén végeztük el (a vízgyűjtőre eső területen belül): Ausztriában, a Csehországban, Magyarországon és Szlovéniában (*2. ábra*). Az elemzésbe vont országok számát a talajvízszint monitoring hálózat adataihoz való hozzáférés korlátozta.



1. ábra Gradiens számítása két hazai monitoring kút és az ezekhez legközelebbi felszíni vízfolyás között



2. ábra Az elemzés mintaterülete, illetve a felhasznált talajvízszint észlelő monitoring kutak és felszíni vízfolyások

Közel nyolcezer kút talajvízszint idősorait dolgoztuk fel, melyek közül adatellátottsági szűrést követően közel ötezer kutat, illetve ezek sokéves átlagos vízszintjét használtuk a gradiensek meghatározásához. Azon kutakat nem vettük figyelembe a továbbiakban, amelyek idősorai nem fedtek le minimum 10 évet. A talajvízszint idősorokat az országok illetékes vízügyi szolgálatainak adatbázisaiból értük el (szabadon hozzáférhető formában vagy külön megkeresés nyomán).

A vízfolyáshálózat vektoros állományait az EU-Hydro adatbázisból (INTERNET1) származtattuk. A monitoring kutakhoz legközelebb eső vízfolyások szelvényében a mederfenék szintet az EU-DEM v1.1 domborzatmodellből kérdeztük le (INTERNET2).

A becsült gradiensek ismeretében, a monitoring kutak vízfolyástól vett távolságai és a gradiensek közötti kapcsolatot vizsgáltuk Spearman-féle rang korrelációs koefficiens (ρ) számításával. A korrelációs koefficiensek meghatározását Strahler-szám szerint csoportosított vízfolyástípusokra végeztük. Végül megvizsgáltuk, hogy a számított gradiensek statisztikai eloszlása szerint mely vízfolyástól vett távolság vagy távolságtartomány az, amelyben a számított gradiensek szélső értékei jellemzők, azaz a felszíni- és felszín alatti vizek közötti kapcsolat intenzívebb. Ehhez a gradiensek alsó- és felső kvartilisében található elemeit vizsgáltuk a vízfolyástól vett távolság

függvényében. Eszerint meghatároztuk azt a két kritikus távolságot (alsó- és felső kvartilisben), amelyen belül a gradiensek (alsó kvartilis esetén abszolútértékének) többsége meghaladja az alsó- és felső kvartilis mediánját. Ehhez 100 méterenként csoportosítottuk a számított lokális gradienseket és kiszámítottuk a részhalmazok statisztikai mutatóit. Végül a meghatározott kritikus távolságon belül elemeztük az elmúlt 30 év területhasználati viszonyainak időbeli alakulását a Corine adatbázis alapján (Internet3).

Kutatásunk jelen fázisának hiányosságai, egyben jövőbeni fejlesztési terveinket jelöli ki, hogy (i) a Duna vízgyűjtő – egyelőre – négy tagállamának talajvízszint monitoring hálózata alapján dolgoztunk, emellett (ii) a gradienseken kívül más, a fizikai folyamtok szempontjából fontos környezeti tényezőket egyelőre nem vontunk az elemzésbe, végül (iii) a gradiensek meghatározásakor a vízfolyások mederfenék szintjével közelítettük a mederbeli sokéves átlagos vízszintet.

Eredmények

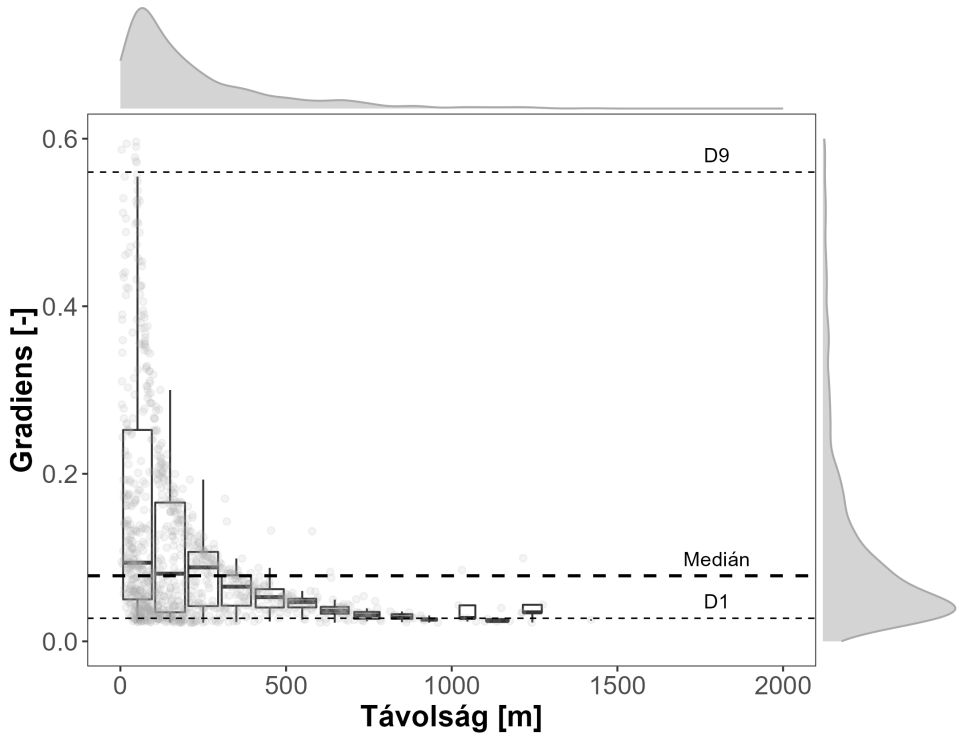
A számított gradiensek alapján megállapítható, hogy a kutak kétharmada egy FAV-t megcsapoló vízfolyáshoz, míg egyharmaduk egy FAV-t utánpótló vízfolyáshoz helyezkedik legközelebb a felszíni vízfolyás hálózat elemei közül (*1. táblázat*). Előzetes várakozásainknak megfelelően a talajvízszint monitoring kutak többsége – a nagyobb fajlagos sűrűség [km/km^2] miatt – a kisvízfolyások közelében helyezkedik el leginkább: a kutak 75%-a az 1-4 Strahler-számú vízfolyástípushoz található legközelebb. Megállapítottuk, hogy a monitoring kutak és a legközelebbi felszíni vízfolyás hálózati elem terepszintje (meder) között számított lokális gradiensek és a két pont egymástól vett távolsága között erős statisztikai kapcsolat áll fent (*1. táblázat*) a felszíni vízfolyás típusok többsége esetén (a pozitív gradiensek vonatkozásában valamennyi vízfolyástípusra teljesül, hogy $|\boldsymbol{\rho}| > 0.5$).

*1. táblázat Gradiensek kapcsolata a legközelebbi vízfolyáshálózati elemtől vett távolsággal, vízfolyástípusonként (***: p<0.001, **: p<0.01)*

Vízfolyástípus Strahler-szám	Gradiens – Távolság			
	Negatív		Pozitív	
	Elemszám	ρ (táv)	Elemszám	ρ (táv)
1	592	0.53***	1099	-0.60***
2	203	0.59***	496	-0.62***
3	156	0.49***	388	-0.62***
4	84	0.43***	324	-0.58***
5	80	0.36**	208	-0.63***
6	109	0.52***	221	-0.57***
7	119	0.69***	90	-0.71***
8	126	0.48***	141	-0.45***

A gradiensek interkvartilisében található elemek elhagyása után, az alsó- és felső kvartilisben a gradiens-távolság összefüggések szerint egyértelműen meghatározható volt az a távolság (d_{int}), amelyen belül a felszíni- és a felszín alatti víz kapcsolata intenzívebb. A d_{int} távolság a FAV-t megcsapoló vízfolyások (*3. ábra*), illetve a FAV-t utánpótló vízfolyások esetében is egyaránt 300-300 méterre adódott.

Az elmúlt évtizedekben a Duna vízgyűjtőjén számottevően nem változott az agrár- és a természetközeli területek aránya. Az agrár területek hányada Magyarországon a legmagasabb országos- és vízfolyásközeli területeken egyaránt, ugyanakkor kiemelendő, hogy az agrár-természetközeli arány itt csökkent leginkább (*2. táblázat*). Megállapítottuk, hogy a Duna vízgyűjtőn az elmúlt 30 év, illetve az aktuális területhasználati viszonyok mellett, a vízfolyások tengelyétől vett d_{int} távolságon belül területhasználati konfliktus állt és áll fent: a mezőgazdasági területek, illetve a mezőgazdasági és természetes területek egymáshoz viszonyított aránya ezeken a területeken meghaladja az országos arányokat a Duna medence államainak többségében, kivételt képzett az Osztrák Köztársaság (*2. táblázat*). Kijelenthető, hogy az aktuális területhasználati berendezkedés az agrár területek dominanciájára, így az ellátó ÖSz-okra épít a vízfolyások közelében, háttérbe szorítva a természetes területhasználatokat, illetve az azokhoz köthető szabályozó ÖSz-okat.



3. ábra A felső kvartilisben (Q4) található gradiensek és az ezekhez legközelebbi vízfolyás tengelyvonalától való távolságok kapcsolata

2. táblázat Agrár- és természetközeli területke aránya a Duna vízgyűjtő államaiban, országos viszonylatban (fent), illetve a vízfolyások dint környezetében (lent) az elérhető Corine fedvények alapján.
Megjegyzés: Dőlt betűvel a kisebb arányt tüntettük fel valamennyi időszakban országonként, Bosznia-Hercegovina területére az 1990-es Corine területhasználati fedvény nem tartalmaz információkat.

CLC Verzió	AT	BA	BG	CZ	DE	HU	HR	RO	RS	SK	SI
1990	53%	-	*176%*	*164%*	*199%*	*295%*	*83%*	*167%*	*147%*	*115%*	*56%*
	51%	-	194%	216%	203%	388%	151%	175%	149%	162%	99%
2000	52%	*52%*	*121%*	*161%*	*181%*	*265%*	*72%*	*164%*	*140%*	*103%*	*56%*
	51%	96%	194%	212%	202%	376%	151%	175%	148%	149%	99%
2006	52%	*52%*	*121%*	*160%*	*181%*	*258%*	*72%*	*164%*	*140%*	*103%*	*56%*
	50%	90%	197%	211%	201%	357%	152%	182%	141%	145%	99%
2012	52%	*51%*	*121%*	*159%*	*181%*	*250%*	*72%*	*164%*	140%	*102%*	*56%*
	50%	83%	193%	210%	187%	329%	146%	181%	*139%*	144%	97%
2018	52%	*51%*	*121%*	*159%*	*181%*	*249%*	*72%*	*164%*	139%	*102%*	*56%*
	50%	83%	193%	209%	187%	328%	146%	180%	139%	143%	97%

Konklúzió, összefoglalás

Eredményeink alapján egyértelműen meghatározható volt a vízfolyások tengelyétől egy küszöbtávolság, amelyen belül a felszíni- és felszín alatti vizek kapcsolata intenzívebb, ennek értéke a vízfolyások tengelyétől 300 méterre adódott. Megállapítottuk, hogy a Duna vízgyűjtő államainak többségében a vízfolyások küszöbtávolságon belüli zónáiban a területhasználati berendezkedés kedvezőtlen, ugyanis az országos értékeket meghaladja a mezőgazdasági területek természetközeli felszínborításhoz viszonyított aránya, ennek mértéke Magyarországon a legnagyobb. Az aktuális földhasználati berendezkedés mellett egy területhasználati jellegű konfliktus áll fent: az említett zónában található – nagy ÖSz potenciállal rendelkező – területeken elsősorban az ellátó szolgáltatások kerülnek kiaknázásra, a szabályozó szolgáltatások kárára. Ez a feltárt konflitkus egyben lehetőség is, ami számos Európai Uniós stratégia (Víz Keretirányelv, Biodiverzitás Stratégia 2030-ig) célkitűzéseinek megvalósíthatóságát befolyásolja.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki az adatgazdák számára: az Osztrák Mezőgazdasági, erdőgazdálkodási, és vízgazdálkodási Intézetének, Cseh Hidrometeorológiai Szolgálatnak, az Országos Vízügyi Főigazgatóságnak, a Szlovén Környezeti Ügynökségnek.

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

Decsi, B. – Ács, T. – Jolánkai, Z. – Kardos, M.K. – Koncsos, L. – Vári, Á. – Kozma, Z. (2022): From simple to complex – Comparing four modelling tools for quantifying hydrologic ecosystem services. Ecol. Indic. 141, 109143. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109143

Lee, H. – Lautenbach, S. (2016): A quantitative review of relationships between ecosystem services. Ecol. Indic. 66, 340–351. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.004

Lemm, J.U. – Venohr, M. – Globevnik, L. – Stefanidis, K. – Panagopoulos, Y. – van Gils, J. – Posthuma, L. – Kristensen, P. – Feld, C.K. – Mahnkopf, J. – Hering, D. – Birk, S (2021): Multiple stressors determine river ecological status at the European scale: Towards an integrated understanding of river status deterioration. Glob. Chang. Biol. 27, 1962–1975. https://doi.org/10.1111/gcb.15504

Melton, M.A. (1959): A Derivation of Strahler's Channel-Ordering System. J. Geol. 67, 345–346. https://doi.org/10.1086/626588

Pinke, Z. – Decsi, B. – Kozma, Z. – Vári, Á. – Lövei, G.L. (2020): A spatially explicit analysis of wheat and maize yield sensitivity to changing groundwater levels in Hungary, 1961–2010. Sci. Total Environ. 715, 136555. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136555

Riis, T. – Kelly-Quinn, M. – Aguiar, F.C. – Manolaki, P. – Bruno, D. – Bejarano, M.D. – Clerici, N. – Fernandes, M.R. – Franco, J.C. – Pettit, N. – Portela, A.P. – Tammeorg, O. – Tammeorg, P. – Rodríguez-González, P.M. – Dufour, S. (2020): Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation. Bioscience 70, 501–514. https://doi.org/10.1093/biosci/biaa041

Stutter, M. – Baggaley, N. – Ó hUallacháin, D. – Wang, C. (2021): The utility of spatial data to delineate river riparian functions and management zones: A review. Sci. Total Environ. 757, 143982. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143982

Tripathi, M. – Yadav, P.K. – Chahar, B.R. – Dietrich, P. (2021): A review on groundwater–surface water interaction highlighting the significance of streambed and aquifer properties on the exchanging flux. Environ. Earth Sci. 80, 604. https://doi.org/10.1007/s12665-021-09897-9

Voulvoulis, N. – Arpon, K.D. – Giakoumis, T. (2017): The EU Water Framework Directive: From great expectations to problems with implementation. Sci. Total Environ. 575, 358–366. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.228

Weissteiner, C.J. – Ickerott, M. – Ott, H. – Probeck, M. – Ramminger, G. – Clerici, N. – Dufourmont, H. – de Sousa, A.M.R (2016): Europe's green arteries-A continental dataset of riparian zones. Remote Sens. https://doi.org/10.3390/rs8110925

Internetes hivatkozások

Internet1 – https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-hydro

Internet2 – https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1

Internet3 – https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover

Hegy és dombvidéki kisvízgyűjtőkön kialakuló árhullámok elleni védekezés támogatása térinformatikai módszerekkel

Dobai András[1] – Dobos Endre[2]

[1] hallgató, Miskolci Egyetem, ecodobai@uni-miskolc.hu
[2] egyetemi docens, tanszékvezető, Miskolci Egyetem ecodobos@uni-miskolc.hu

Abstract: Flash floods resulting from extreme weather events affect the mountainous and hilly areas of Hungary. Present study shows an optional defense method against flash flood's wave in a choosen area in Borsod-Abaúj-Zemplén county in Northern-east Hungary. Our research is one stage of a multi-step research that aims to help the development of flood protection against periodic water flows and floods. Our aim with this study is to help the work of civil engineers works as well as help to optimize the design of water constructions and other relevant buildings.

Bevezetés

A hegy és dombvidéki kisvízgyűjtőkön lejátszódó nagyobb viharok árhullámai az elmúlt 50 évben elenyésző számban jelentkeztek, azonban a klímaváltozás következményeként egyre gyakrabban visszatérő jelenségek, amelyek fokozatosan egyre nagyobb terheléssel és károkozással járnak mind a természeti, mind az épített környezetben (B.A.Z megyei M.K.I jegyzőkönyv). Az extrém csapadékterhelést követő árhullámokkal szembeni védekezés fejlesztése szükséges és időszerű. Kialakításuk tekintetében a műszaki és költséghatékonyság, fenntarthatóság a legfontosabbak szempontok. Azonban a tervezést nagyban megnehezíti, hogy a jelenség ellen nem rendelkezünk térbeli felbontású adatbázisokkal, így modellezésre alkalmas hidrológia adatbázissal sem (Pirkhoffer et al. 2013). Továbbá a nagyvízi mederben használt védőgátrendszerek (homokzsák, nyúl és jászolgát, mobil árvízvédelmi falak stb.) nem alkalmazhatók hegy és dombvidéki területeken a korábban megépített alap (gát, depónia) esetleges hiánya okán (Szendrei 2020). Amennyiben mégis rendelkezésre áll depónia, úgy érdemes a hagyományos dombvidéki műtárgyak kiépítése (Balatonyi 2022; Kaliczka 1998). Az előzetes vizsgálataink a kisvízgyűjtők felszínborítási és lejtő tulajdonságok térképezési optimalizálásával és osztályozásával foglalkoztak, távérzékelési és térinformatikai eszközök ötvözésének segítségével (Horoszné Gulyás 2012; Dobai 2021). A módszertan szerint 6 db részvízgyűjtő helyezkedik el a záportározó alvízi oldalán, amelyekből 3 db bír kritikus felszíni lefolyási tulajdonságokkal. Az árvízi elöntéssel kapcsolatos feltételezések a Magyar Államkincstár kapcsolódó ún. vis maior jegyzőkönyvei és a korábbi árvízvédekezési tapasztalatok és szakvélemények

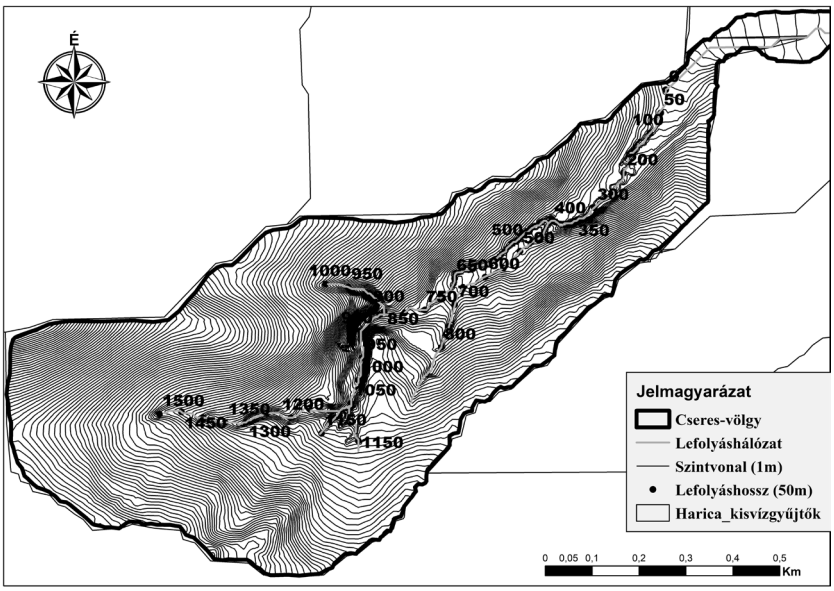
alapján megerősítésre kerültek (ÉMVIZIG 2018). Célunk a kutatással a módszertan által kijelölt egyik völgyön levonuló villámárvíz árhullámai elleni védekezés új alkalmazhatóságának vizsgálata.

Anyag és módszer

A mintaterület természetföldrajzi leírása

A vizsgált terület a Kondó települést is magában foglaló Harica-patak vízgyűjtője volt, ami a Sajó jobb parti vízgyűjtőjéhez tartozik, a Bükk-vidék keleti részén. Ezen belül a választott mintaterület a Cseres-völgy (*1. ábra*), a Tardonai-dombságon belül, a Harica-patak vízgyűjtőjének jobb partján helyezkedik el (Dövény 2010). A területet nagymértékű geológiai változatosság jellemzi, azonban a jelenkori felszínformák kialakulásában a negyedidőszaki események játszottak döntő szerepet. A jelenkorban az egész területére jellemző az intenzív felszínformálódás. A területen a kőzetet fedő agyagréteg nem homogén, benne vízzáró és vízáteresztő rétegek váltakoznak, amelyek a terület jelentős részét fedő agyagbemosódásos barna erdőtalajok alapját adják (Baros et al. 2001).

A Cseres-völgy, V-alakú 1,6 km hosszú és 665 m széles, a völgy toroknál elkeskenyedik, vízgyűjtője 0,76 km^2 (Vágó 2012). A völgy helyenként 4–5 méter mélyre bevágódott a térszínbe. Több eltérő fejlettségű eróziós árok kíséri, amelyeket a lehulló csapadék okozott, 2010 óta pedig az időszakosan (tavasztól őszig) megjelenő villámárvizek árhullámai is formálják ezeket (Lovász 2015). Az elmúlt 10 évben szinte minden évben érintett volt villámárvíz levezetésében. Az árhullám lefolyási ága a 2+200 folyam kilométer (fkm) szelvényében ömlik be a Harica-patakba.



1. ábra A Cseres-völgy szintvonallal ellátott elméleti lefolyáshálózat térképe

A mintaterületen alkalmazható árvízi védekezési mód bemutatása

Az időszakos vízfolyásokkal rendelkező területeken szükséges olyan robosztus megoldást találni, amelyek megfelelnek a villámárvízi védekezéssel szembeni kritériumoknak (stabil szerkezet, könnyű kihelyezhetőség, költséghatékonyság stb.), illetve olyan újszerű védekezési módok, amelyek már más árvízi védekezés során alkalmazásra került és bizonyította hatékonyságát. A fenti kritériumok alapján az építőiparban és a nagyvízi mederben történő árvízi védekezésben is alkalmazott ún. szádlemezes kiépítésre irányult a kutatásunk figyelme, illetve annak ideiglenesen kialakítható záportározó funkciójára. A szádfalak főként az építőiparban használatos acél, vasbeton anyagú, általában munkagödrök biztosítására használt lemezek, ún. befogott tám szerkezetek (*2. ábra*). A szádfalat egymás mellé levert szádpallókból hozzák létre, amelyek horonnyal csatlakoznak egymáshoz. Megtámasztásuk befogással, kihorgonyzással vagy dúcolással lehetséges, legelterjedtebb típus az U és Z profilú szádlemezek (Szendrei 2020).

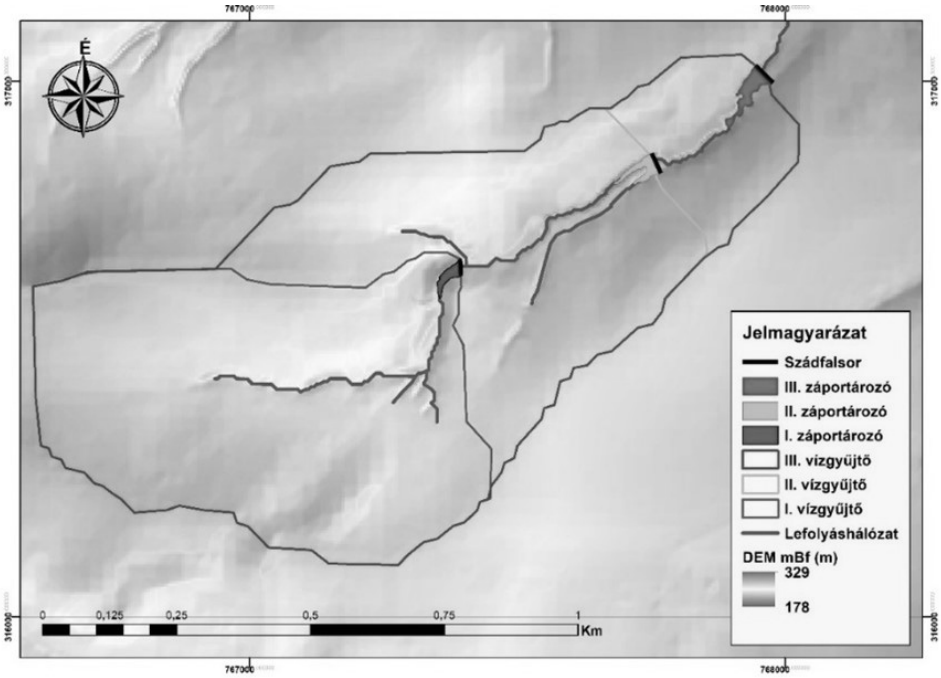
A kihelyezést geotechnikai szakvéleményének elkészítése alapján kell elvégezni a szádfalakat érő erőhatások okán (Szabó et al. 2011). Tartós kihelyezés esetén érdemes lehet a fa szádlemezek alkalmazása, ez esetben általános paraméterekkel érdemes számolni: hossza maximum 5–8 m, 2–6 m mélységig célszerű használni, azonban a talajmechanikai vizsgálatok tükrében célszerű dönteni az alkalmazásáról. Kutatásunkban a szádfalat keresztben, a völgy tengelyére és a lefolyó árvízre merőlegesen helyezzük el annak érdekében, hogy ezzel megakadályozzuk a további lefolyást és a települési árvízkárok kialakulását. A kiépítésre szánt műtárgyak funkciója nem a tartós víztározás, vagy hosszútávú vízgazdálkodási szerep, hanem az árhullám összegyülekezési idejének növelése, a főmederbe való belépésének késleltetése.

2. ábra Szádfal lemezsor kihelyezése (forrás: Havaria Kft)

Az Arcmap Hydrology eszköztárán belül található modulok alkalmazásával elkészítettük a vízgyűjtő elméleti lefolyáshálózat állományát és a Strahler-féle rendűség szerint elemeztük a vízgyűjtőn belül található víz és völgyhálózati rendszereket és az egyes részvízgyűjtők méreteit (Balatonyi 2015; Horton 1945; Yanli et al. 2011). A kísérlet elvégzéséhez a völgytalp feletti 4 méteres magasság elérését figyelembe véve, a verési mélységet maximum 4 méter mélyen állapítottuk meg. A területre kihelyezett szádfal és az előterében (felvízi oldalán) kialakult ideiglenes záporozó műszaki tulajdonságinak meghatározása (mélység, tározási mennyiség, kifolyás stb.) alaposabb vízépítési ismereteket kíván, azonban az ArcMap 10.4.1 eszköztárai segítségével a tervezett záportározó helye és méretezése optimalizálható. A domborzat modellből először 1 m-es szintközű szintvonalas térképet generáltam, amelyen kijelöltem a szádfal sor hosszát és a 4 m-es kiépítési magassághoz tartozó szintvonalakat, majd az így létrejött területet a „feature to polygon" eszközzel felületté alakítottam. Ezt követően a felületet kivágtam az eredeti raszteres domborzat modellből, majd az eredményül kapott (tározómedence) mélységét is kivontam a raszteres felületből. Az így létrejött réteg, a domborzat modellel együtt minden szükséges dimenziót (hosszúság, szélesség, mélység) magában foglal, így a medence térfogata kiszámolható. Ezeket a paramétereket az állomány attribútum táblájának depth value, count oszlopai és a domborzatmodell térbeli felbontása (5 m, length, width) tartalmazzák. A számításhoz szükséges képletet a „Field Calculator" -ba szükséges beírni az alábbiak szerint: (m (length)* m (width) * m (depth)* unitless (count), a végeredményként kapott érték köbméterben értendő és a tározó kapacitás oszlop statisztikájában leolvasható. Az eljárás TIN (Triangular Irregular Network) modell alkalmazása esetében is működik (Abdel et al. 2016).

Eredmények

A vizsgálat során különböző elhelyezésű szádfalsorok tározókapacitását vizsgáltuk, amelyek szükség esetén együtt, de külön-külön is megvalósíthatók. A három záportározó medence össz-tározó kapacitása 5750 m^3. Az első esetben (I. záportározó) a völgy katlanjában található három lefolyási ágat magában foglaló területre kihelyezhető szádfalsor tározókapacitását vizsgálatuk (*3. ábra*). A munkavégzés helye 1,2 km-re található a legközelebbi közúttól, amely elérhető a völgy déli lejtői felől, a kiépítendő szádlemezsor hossza 31 m, amely 1375 m^3 vízmennyiséget képes tározni. A területhez tartozó vízgyűjtő nagysága 0,37 km^2, amely a legkisebb méretű a vizsgáltak közül, azonban ezen a területen találhatók a legmeredekebb és legrosszabb tehát legkedvezőtlenebb lefolyású területek, amelyek esetében nincs beszivárgás egy hirtelen lehulló csapadékesemény esetében. E kiépítés hasznossága abban mérhető, hogy a völgyön keletkező árhullám erejét már a kialakulása kezdetén megtörné.



3. ábra A Cseres völgybe tervezett szádfalsorok helyei

A második esetben a völgy középső részén kialakítható II. záportározó kapacitását vizsgálatuk. A szakasz több forráság összefolyási területét foglalja magában, a munkaterület 850 m-en belül megközelíthető a völgy mentén, azonban az eléréséhez cserjézés és egyéb földmunkaf szükséges. A 41 m széles szádlemezsor kiépítését követően 2000 m^3 vízmennyiség időszakos megtartására képes. A harmadik tervezett szádfalsor (III. záportározó) a völgytalpi területekre, illetve az árhullám terülési zónájába esik. A 46 m széles szádfalsor záportározójában 2375 m^3 víz tározása lehetséges. A három vizsgált eset közül ez jellemezhető a legnagyobb tározókapacitással, valamint a megközelítés és a kivitelezés szempontjából is a legoptimálisabb lehetőség. A domborzati tulajdonságokból fakadóan a villámárvíz sebessége ezen a területen jelentősen csökken, amelyet kihasználva a szádfalsor terhelhetősége is megnő. A III. vizsgált eset jelöli ki a szükséges minimális kiépíthető védekezési szintet a település védelme érdekében. A kiépítésre szánt 4 méteres magasság meghágása, illetve a szádfalat érő terhelés csökkentése érdekében lehetőség van dupla szádfalsor kihelyezésére is, amelyek közé helyi anyagból feltöltés végezhető, megnövelve ezzel a szádfalak stabilitását is. A mintaterületen 2021 decemberében 4 db Sentek talajnedvesség szenzor került kihelyezésre, valamint a 2022 nyarán talajmintavételezés és keretes beszivárgási vizsgálat, továbbá penetrométerezés is történt, amelyek adatainak feldolgozása után pontosíthatók a tervezett műtárgyakhoz kapcsolódó műszaki adatok.

Konklúzió

A vizsgálat során megállapításra került, hogy figyelembe véve az adott völgy természetföldrajzi és egyéb (tájhasználat, geológia, talajmechanika stb.) tulajdonságait a villámárvíz elleni árhullámok elleni védekezés befogott tám szerkezetek segítségével lehetséges. Összességében elmondható, hogy a terület felmérése jelenleg még nem teljes, azonban a műszaki kivitelezés megvalósulása esetén a kapcsolódó geodéziai felméréssekkel és talajmechanikai vizsgálatokkal pontosíthatók a tározók méretei és tározókapacitás tulajdonságai. Habár gyakorlati alkalmazása még nem valósult meg, azonban a szerkezet műszaki tulajdonságai alapján elmondható, hogy a kihelyezett lemezfalsor mind szerkezeti, mind építési tulajdonságaikban megfelelnek a védekezéshez szükséges igényekben, valamint a költség – ár arány tekintetében a szádlemezes rendszerek kialakítása gazdaságos (Szendrei 2020). Mindamellett a kapcsolódó kárfelvételi jegyzőkönyvek összesített adatai alapján belátható, hogy a villámárvíz okozta helyreállításokra fordított költség tizedéből fenntarthatók ezek a rendszerek. Fontos megemlíteni, hogy a cél nem a vízgazdálkodás, hanem az árhullám erejének csökkentéséről, összegyülekezési idejének növeléséről, a főmederbe való belépésének késleltetése.

Összefoglalás

A Borsod-Abaúj-Zemplén megyében található Harica-patak völgyében szinte éves rendszerességgel alakulnak ki villámárvizet okozó viharok. A környező településeket érintő árvíz okozta károk helyreállítási költségei a kárfelvételi jegyzőkönyvekből ismertek. A településenként 10 millió forintos nagyságrendű károk, komoly terhet rónak mind a felelős minisztériumokra, mind az önkormányzatokra. Ezek alapján célszerű új módszertant és árvízi védekezési módokat kialakítani. Jelen tanulmányban a Harica-patak veszélyes felszíni lefolyási tulajdonságokkal rendelkező részvízgyűjtőiről és a kialakult villámárvizek árhullámai ellen alkalmazható védekezési mód került bemutatásra. A vizsgálat a lejtőmeredekség és a tájhasználat térinformatikai elemzésén alapul. A településeket elérő árvizek ellen lehetséges megoldásként az építőiparban használt szádlemezek segítségével ideiglenesen záportározók kialakítható ki. A vizsgálat során megállapításra került, hogy a mintaterületen a tározó medencék össz-tározó kapacitása 5750 m^3. Mivel Magyarországon a dombvidéki területek nagy része villámárvizek által érintett, így a módszertan más területeken is alkalmazható, továbbá irányadó lehet a hegy és dombvidéki vízépítési műtárgyak kihelyezését illetően (Szlávik et al. 2007).

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni a szervezőknek lehetőséget, hogy cikkem megjelenhetett a XIII. Térinformatikai Konferencia keretein belül, továbbá Konzulensemnek a szakmai tanácsaiért és dr. Vágó János kollegámnak a lektorálásért.

Irodalomjegyzék

Abdel R. E. – Islam H. E. (2016): DAM Site Selection Using GIS Techniques and remote sensing to Minimize Flash Floods in East Nile Locality (Soba Valley)-Khartoum State, International Journal of Engineering Science Invention ISSN (Online): 2319 – 6734, ISSN (Print): 2319 – 6726. www.ijesi.org, 5(12), December 2016, pp. 50–61

Balatonyi L. (2015): Árvízhozam előrejelzés optimalizálása középhegységi és dombvidéki kisvízgyűjtőkre. Pécsi Tudomány Egyetem Természettudományi Kar Földtudományok Doktori Iskola, PhD értekezés, 18 p.

Balatonyi L. (2022): Natura-based solution as water managment measure in Hungary. Modern Geográfia, 17(1), pp. 73–85, http://real.mtak.hu/137666/1/balatonyi.pdf, DOI: 10.15170/MG.2022.17.01.05

Baros Z. – Homoki E. – Juhász Cs. (2001): Bányászati hatások vizsgálata a Tardona-patak vízgyűjtőjén. Debrecen: DE Ásvány- és Földtani Tanszék, 49 p., OTDK dolgozat.

Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság: „A", jelű Előzetes Helyszíni vizsgálat jegyzőkönyvei 2010–2020. Kondó település Polgár Mesteri Hivatalának adattára, pp 4–5. Magyar Állam Kincstár 94/2015 (XII.23) sz. Korm rendelete – Vis maior rendelet alapján

Dobai A. (2021): Kisvízgyűjtők tájhasználati térképezésének módszertani fejlesztése, a villámárvizek elleni védekezés céljából. Doktoranduszok Országos Szövetsége, Tavasz Szél Konferencia Tanulmány kötete I., pp. 358–370

Dövény Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest. pp. 756–758.

Észak-Magyarországi Vízügyi Igazgatóság – Kondó település vízkár elhárítási tervének vízügyi szakvéleménye 2018. 4p.

Horoszné Gulyás M. (2012): Térinformatikai módszerek alkalmazása a vízgazdálkodás területén, Doktori (PhD értekezés). Székesfehérvár, pp. 81–86.

Horton, R. E. (1945): Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitativ emorphology. GSA Bulletin, 56(3), pp.275370. https://doi.org/10.1130/00167606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2

Kaliczka L. (1998): Hegy és dombvidéki vízrendezés. Baja, pp. 90–95.

Lovász Gy. (2000): Általános vízföldrajz. Egyetemi Tankönyv, Pécs, ISBN:1586-2119, pp. 116–141.

Pirkhoffer E. – Czigány Sz. – Hegedűs P. – Balatonyi L. – Lóczy D. (2013): Lefolyási viszonyok talajszempontú analízise ultra-kisméretű vízgyűjtőkön. Tájökológiai Lapok, 11(1), pp.105–123.

Szabó, I. – Faur K. (2011): Geotechnika. digitális interaktív jegyzet. Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, 2011, http://digitalisegyetem.hu/elearning/contents.php?subject_ID=MFKHT6504

Szendrei R. (2020): Új technológiák a vízkárelhárításban – Töltésfejlesztés során megnyitott védvonal árvízvédelmi készültséget megelőző visszazárása rossz helyi időjárási viszonyok esetén. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víztudományi Kar, pp.43–50.

Szlávik, L. – Kling, Z. (2007): Nagycsapadékok és helyi vízkárelhárítási események

előfordulása hazánkban. (Occurrence of intense rainfall and hydrologic events in Hungary), MHT Országos Vándorgyűlés kiadványa, Budapest.

Vágó J. (2012): A kőzetminőség szerepe a Bükkalja völgy- és vízhálózatának kialakulásában. PhD értekezés Miskolc, pp 18–20.

Yanli Z. – McBroom M. – Grogan J. – I-Kuai H. (2011): Snapping a Pour Point for Watershed Delineation in ArcGIS. Hydrologic Analysis.

Fenológiai vizsgálatok napraforgómintákon Sentinel-2 műholdfelvételek felhasználásával

Dobos Nóra[1] – Varga Orsolya Gyöngyi[2] – Túri Zoltán[3]

[1] földrajz BSc hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, dobos.nori34@gmail.com
[2] vezető kutatómérnök, Envirosense Hungary Kft., orsolya.varga@envirosense.hu
[3] adjunktus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, turi.zoltan@science.unideb.hu

Abstract: In our research we dealt with phenological curves of various sunflower fields in NE Hungary. Our aim was to record field samples and to calculate NDVI and SAVI indices based on Sentinel-2 datasets. We created and analysed phenological curves of each sample and drew conclusions based on the curves. We found that the NDVI and SAVI indices followed usual and presumed values concerning sunflower development and we enhanced possible reasons for outlier curves.

Bevezetés

Napjainkban az információtechnológia rohamos fejlődése olyan módszerek alkalmazásának a lehetőségét adja a kezünkbe, amelyekkel nagy területeken a felszín élő és élettelen részeit gyorsan és pontosan tudjuk vizsgálni. Ez a technológiai fejlődés a mezőgazdaságban is gyorsan utat tört magának. A Lechner Tudásközpont – korábban Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) – több mint két évtizedes múltra visszatekintő kutatásokat végez, amelyek az űrfelvételek mezőgazdasági hasznosítási potenciáljának a vizsgálatát célozzák (Internet1; Mihály 2004). A magyarországi termésbecslés operatív projektjeként 1997 és 2003 között működött a NÖVMON-program (Az Országos Távérzékeléses Szántóföldi Növénymonitoring és Termés-előrejelzés). Nagy térbeli felbontású űrfelvételek alkalmazásával országos és megyei szinten szolgáltattak adatokat a fő szántóföldi növények vetésterületeiről és termésátlagairól (Csornai et al. 2005; Internet2). Ezeknek a kiértékelésével lehetővé vált a szántóföldi növények feltérképezése és elkülönítése akár az egy hektárnál kisebb felszíni egységeken is (Nagy et al. 2021; Amankulova et al. 2023).

A kutatásunk során Sentinel-2 műholdfelvételeken Normalizált Differenciált Vegetációs Indexet (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) és Talajkorrekciós Vegetációs Indexet (Soil Adjusted Vegetation Index, SAVI) számoltunk a szántóföldi növénykultúrákról vett minták alapján, amelyeket felhasználtunk a napraforgóminták fenológiai fázisainak a vizsgálatához és a növényfejlődésben megjelenő anomáliák okainak a feltárásához.

Anyag és módszer

A Copernicus Open Access Hub oldalról (Internet3) regisztráció után ingyenesen letölthető Level-2A feldolgozottsági szintű Sentinel-2 műholdfelvételeket használtuk fel az elemzéshez, melyeket mozaikoltunk, és ezekből valós és hamis színes kompozitokat készítettünk. A 2021. március 1. és október 31. közötti időszakból 22 időpontra töltöttünk le felhőmentes műholdképeket, ami 5 napos időbeli felbontást jelent.

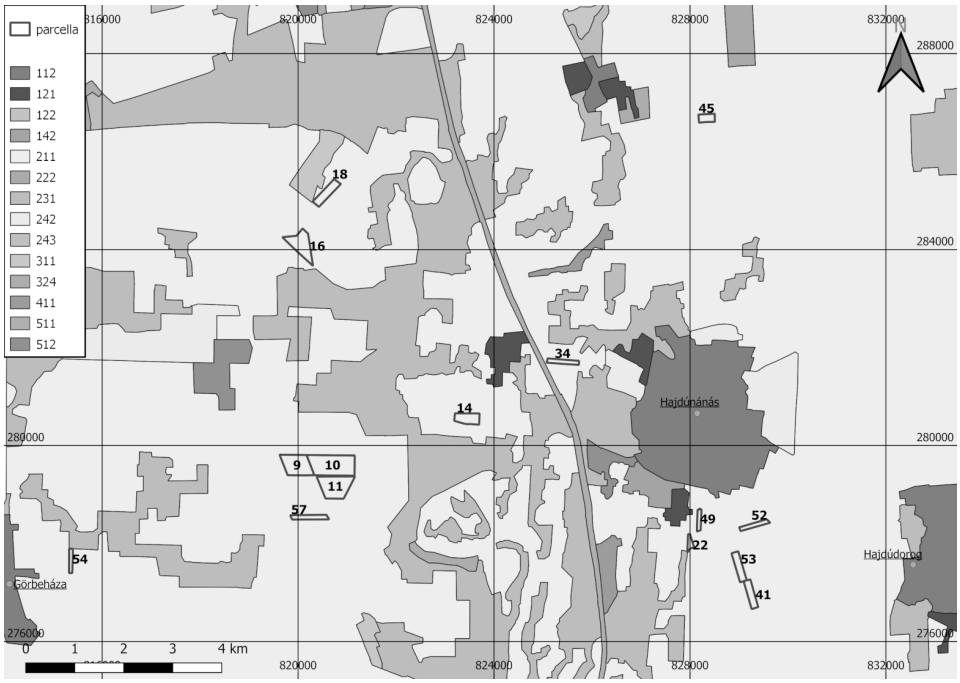
Hatvan – napraforgóval vagy kukoricával vetett – szántóföldi táblát jelöltünk ki az egyik 2021. júniusban készült Sentinel-2 felvételen, amelyen a vegetáció jól azonosítható, és az egyes növénytípusok vizuálisan jól elkülöníthetők egymástól. 2021. július végén és augusztus elején terepi adatgyűjtést végeztünk, mely során ellenőriztük, hogy a mintavételi pontokon biztosan az a növénykultúra található-e, mint amit az űrtávérzékelt adatok vizuális interpretációjával előzetesen meghatároztunk.

Jelen tanulmányunkban csak a 13 napraforgóval fedett hortobágyi és hajdúháti szántóföldi parcella (*1. ábra*) NDVI és SAVI vegetációs indexekre QGIS szoftverben kiszámított zónastatisztikáját mutatjuk be. Ezeket az értékeket az MS Excelben maximum, minimum és medián görbéken ábrázoltuk, melyekhez hozzáadtunk egy – az összes görbe (kivéve kiugró értékek) felhasználásával kiszámolt – medián értékeket tartalmazó trendvonalat is. A grafikonokon a folytonos futású vonalak megszakadását a műholdfelvételek felhőzöttsége okozza. A vegetációs indexek kiszámításához csak a teljesen felhőmentes felvételeket használtuk fel, így vannak olyan mintaterületek (táblák), amelyekhez nem minden felvételezési időpontban állt rendelkezésre adat.

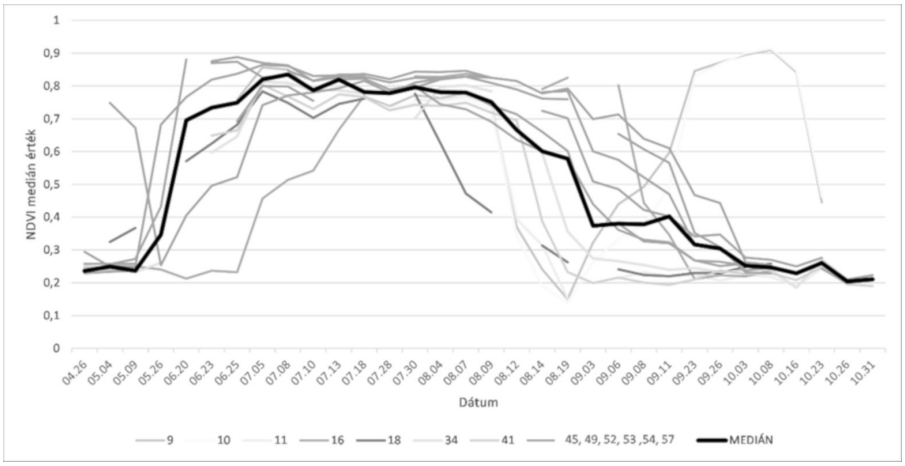
Eredmények

Az NDVI index értékei jól tükrözik a növényfejlődés egyes fenológiai fázisait. A különböző időpontokban a minták NDVI maximum értékei 0,16 és 0,92 között, az ezekből képzett medián trendvonal értékei 0,22–0,84 között helyezkednek el. A minták NDVI minimum értékei 0,12 és 0,91 között mozognak, míg az ezekre illesztett medián trendvonal értékei 0,18–0,82 között változnak. A minták NDVI mediánjai 0,15 és 0,91 közötti értékeket vesznek fel, s az ezekből szerkesztett trendvonalról 0,2–0,83 közötti értékek olvashatók le (*2. ábra*). Megfigyelhető, hogy mind a három statisztikai mutató esetében ugyanazok a mintagörbék térnek el a többitől.

A napraforgómintákat 2021. május elején vetették, mivel 2021. május 9-ig az NDVI görbék minden mintánál alacsony értékeket vesznek fel. A vetéstől a kelésig tartó időtartamban, 2021. június 20-ig szintén alacsonyak az NDVI értékei a felvételeken. Magas NDVI értékeket mutatnak a minták 2021. június 20. és 2021. augusztus 12. között a virágzás fejlődési fázisában. 2021. augusztus 19-től mérséklődik a zöld biomassza mennyisége, mert az NDVI értékei csökkenek a tányérképződés időszakában. A napraforgó-területek aratása 2021. szeptember végén kezdődött, ekkor estek le a görbék teljesen.



1. ábra A mintaterület felszínborítási típusai (készült az INTERNET4 *felhasználásával). A térkép jelmagyarázatában a kategóriák a következők: 112 – nem összefüggő településszerkezet; 121 – ipari vagy kereskedelmi területek; 122 – út- és vasúthálózat és csatlakozó területek; 142 – sport-, szabadidő- és üdülőterületek; 211 – nem öntözött szántóföldek; 222 – gyümölcsösök, bogyósok; 231 – rét, legelő; 121 – komplex művelési szerkezet; 243 – elsődlegesen mezőgazdasági területek jelentős természetes növényzettel; 311 – lomblevelű erdők; 324 – átmeneti erdős-cserjés területek; 411 – szárazföldi mocsarak; 511 – folyóvizek, vízi utak; 512 – állóvizek*



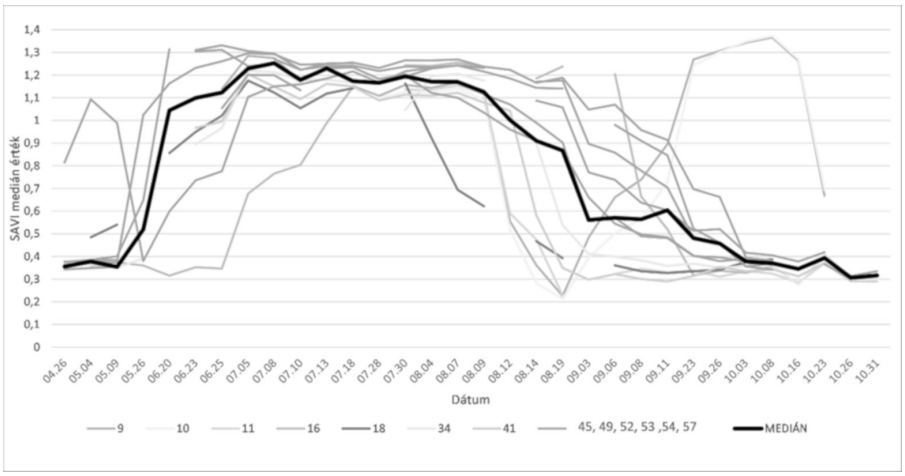
2. ábra A napraforgóminták NDVI medián értékei 2021. április és október között és az ezekből képzett medián trendvonal (fekete színnel)

A minták hasonló növényfejlődési fenológiai fázisokat mutatnak, amely arra utal, hogy a napraforgótáblák vetési és betakarítási ideje, illetve a kultúrák fejlődési tendenciái hasonlóak voltak. Az érés intenzitása eltér minden minta esetében, de az közel azonos ütemben történik. Kiugró értékként kezeltük, és a medián trendgörbe számításából kihagytuk a 16-os és a 18-as mintákat, mivel a két növényminta fejlődése különbözik a többitől. A letöltött műholdfelvétel-részletek alapján jól látható, hogy a 16-os minta esetében későbbi időpontban, 2021 júniusában történt a vetés. Emiatt ennek a mintának a fenológiai görbéje eltér a többi mintától, de az NDVI értékei megegyeznek azokkal a vegetáció különböző fejlődési szakaszaiban. A 18-as minta vegetációs fejlődése elmarad a többitől, és ez a tendencia a görbe felénél jelentkezik.

A 9-es és a 10-es mintaterületeken lévő napraforgót 2021. augusztus 19-ére már learatták, de a másodvetés a görbe újbóli felívelését okozza. A 11., a 34. és a 41. minta görbéje hamarabb leesett a korábbi termésérés miatt. A 11-es és a 41-es parcellát 2021. augusztus 19-re, a 34-es számú mintaterületet pedig 2021. szeptember 3-ra learatták. A többi napraforgóminta betakarítása viszont csak szeptember közepe után indult meg. Az NDVI értékek 0,1–0,9 között mozognak, és hasonló tendenciát mutat minden esetben a görbék futásvonalainak az alakulása.

A SAVI indexértékeket vizsgálva az egyes felvételezési időpontokban a minták maximumai 0,25 és 1,38 között mozognak, az ezekre illesztett medián trendvonal 0,33–1,27 értékeket vesz fel. A minták SAVI minimumainál 0,22 és 1,36 közötti értékek jelennek meg, a medián trendvonal futása 0,28–1,24 között változik. A minták SAVI medián értékei 0,23 és 1,37 között mozognak, ahol a medián trendvonal 0,3–1,25 közötti értékeket vesz fel (*3. ábra*).

A SAVI esetében is megfigyelhető, hogy ugyanazoknak a mintáknak a görbéi térnek el a többi napraforgómintától. Általánosságban elmondható, hogy a napraforgóminták SAVI spektrális index értékei 0,22 és 1,38 között mozognak a



3. ábra A napraforgóminták SAVI medián értékei 2021. április és október között és az ezekből képzett medián trendvonal (fekete színnel)

növényfejlődés különböző fenológiai fázisaiban. A SAVI görbék értékei alacsony futásúak a vetéstől a kelésig tartó időtartamban. Magas SAVI értékeket mutatnak a minták 2021. június 20. és 2021. augusztus 12. között a virágzás fejlődési fázisában. A legmagasabb SAVI index értékek a 2021. július 8-ai időpontban jelennek meg. A tányérképződés fázisában 2021. augusztus 19-től ismét csökken a zöld biomassza mennyisége, ami a SAVI értékek visszaesését eredményezi. A napraforgó-területek aratása 2021. szeptember végén történt, ekkor estek le a görbék értékei 0,3 alá. A kiugró értékek miatt a medián trendgörbe számításából szintén kihagytuk a 16-os és a 18-as növénymintákat, mivel ezeknek a fejlődési üteme jelentősen eltért a többitől.

Konklúzió

A napraforgóminták növekedési ütemében nem tapasztaltunk lényeges eltéréseket, amely arra utal, hogy az egyes szántóföldi parcellákon a kultúrnövények vetési és betakarítási ideje, illetve a növényfejlődés fenológiai fázisai hasonlóak voltak. Ezeknél a tábláknál az NDVI értékei 0,1–0,9 között mozogtak, a görbék futásvonalai nem mutattak nagy különbségeket. A napraforgóminták SAVI spektrális index értékei 0,22–1,38 között változtak a különböző fenológiai fázisokban.

Az elemzésbe bevont szántóföldi kultúrnövény vegetációjának vizsgálatában az NDVI és a SAVI spektrális indexek értékei is úgy alakultak, ahogy az a növényfejlődés fenológiai fázisai alapján várható volt. Májusig az értékek a minimumot mutatták, melyekben májustól júliusig emelkedés volt megfigyelhető, amíg el nem érték a maximumukat. Augusztusban a görbék értékei stagnáltak, majd szeptemberben az érési időszaktól kezdve csökkentek az értékek októberig, a betakarításig.

Dobos (2013) és Candiago et al. (2015) vizsgálatai alapján az általunk kapott eredmények megfelelőnek tekinthetők. A SAVI értékek nálunk is magasabbak voltak az NDVI értékeknél, és ezek a legnagyobb vegetációs aktivitás időszakában meghaladták az 1-et. A kiugró értékű minták vegetációs fejlődésében tapasztalható eltérések okai az NDVI és a SAVI spektrális indexek eredményeiből nem tárhatók fel pontosan. Ehhez a mintaterületeknek választott táblák vetés- és gazdálkodási naplóinak az ismerete, az agroökológiai jellemzők táblaspecifikus elemzése, újabb távérzékelt adatok és vegetációs indexek bevonása nyújthat segítséget.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta a K138079 és a 2018-1.1.1-MKI-2018-00051 azonosítószámú projekt keretében.

Felhasznált irodalom

Amankulova, K. – Farmonov, N. – Mucsi, L. (2023): Time-series analysis of Sentinel-2 satellite images for sunflower yield estimation. Smart Agricultural Technology 3, 100098

Candiago, S. – Remondino, F. – De Giglio, M. – Dubbini, M. – Gattelli, M. (2015): Evaluating Multispectral Images and Vegetation Indices for Precision Farming Applications from UAV Images. Remote Sensing 7, pp. 4026–4047.

Csornai, G. – Csonka, B. – Zelei, G. – Nádor, G. – Tikász, L. – László, I. – Martinovich, L. – Kocsis, A. – Bognár, E. – Suba, Z. – Wimhardt, C. – Winkler, P. (2005): Crop monitoring basis to the area based subsidy control and Land Parcel Identification System (LPIS-Hu) in Hungary. New strategies for European remote sensing. Proceedings of the 24th Symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories, Dubrovnik, Croatia, 25-27 May 2004, pp. 507–514.

Dobos A. (2013): Precíziós növénytermesztés. Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Debreceni Egyetem, Debrecen, 67 p.

Mihály S. (2004): A Földmérési és Távérzékelési Intézet K+F tevékenysége és eredményei, mint a magyar téradat-infrastruktúra része. Geodézia és Kartográfia 56(8), pp. 3–36.

Nagy, G. – Lóczy, D. – Czigány, S. – Hrvatin, M. – Ciglič, R. (2021): Comparison of soil moisture indices and field measurements in hilly agricultural lands of SW Hungary. Landscape & Environment, 15(1), pp. 50–57.

Internetes források

Internet1 – https://eo4society.esa.int/wp-content/uploads/2021/04/2017Land_D1A4-P_Kristof_Hungary.pdf, Letöltés ideje: 2022. szeptember

Internet2 – http://www.fomi.hu/honlap/magyar/Projektek/leirasok/sajt_taj_NOVMON_v03.htm, Letöltés ideje: 2022. szeptember

Internet3 – https://scihub.copernicus.eu, Letöltés ideje: 2021. június

Internet4 – https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018, Letöltés ideje: 2022. március

Comparative study of Spatial Interpolation Methods for Creating Digital Elevation Models from Lidar point clouds

Mohammad Dowajy[1] – Lovas Tamás[2] – György Szabó[2]

[1] Ph.D. researcher, Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Faculty of Civil Engineering, Budapest University of Technology and Economics, mohammad.dowajy@edu.bme.hu
[2] Associate Professor, Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Faculty of Civil Engineering, Budapest University of Technology and Economic

Abstract: Geoinformatics becomes a very important technology for decision-makers across a wide range of disciplines, including urban planning, land use management, navigation systems, disaster management, military, transport network planning and management, agriculture, etc. Most of these applications require Digital Elevation Model (DEM,) which is produced by collecting elevation point data and then interpolating those points to a surface. Over the past few decades, point clouds from lidar (light detection and ranging) have been becoming more and more popular, as it rapidly provides 3D data sets for a large area. This study presents a methodology for generating DEM from raw lidar point clouds and evaluates the effect of the interpolation method, lidar point sampling density, and spatial resolution on Lidar-derived DEM accuracy. Several widely used interpolation methods have been investigated. and we evaluated them by comparing them with the TIN method, which we considered to be the most accurate representation of the ground's surface, when using ahigh point density level.
The results showed that the interpolation method and points sampling density affect the accuracy of the resulting DEMs when their spatial resolution is higher than the density of the points. And the quality of the interpolated DEM increases with an increase in its spatial resolution.

Introduction

Geoinformatics has become an essential technology for decision-makers across a wide range of disciplines, and it is attracting increasing interest, due to its applicability in urban planning, land use management, transport network planning, navigation systems, disaster management, agriculture, etc. Most of these applications require 3D elevation data. DEM is considered as one of the most common forms of 3D mathematically-derived representation of the ground's surface. A DEM is produced by collecting elevation point data and then interpolating those points to a surface (Salekin et al. 2018a). There are several methods for capturing the data for DEM interpolation, such as traditional land surveying techniques, photogrammetry, radar, or laser scanning (Peralvo 2004).

Recently, the airborne Light Detection and Ranging (lidar) system has become a powerful way to produce a DEM due to the advantage of collecting three-dimensional information very effectively over a large area in terms of precision and time (Polat et al. 2015a). The accuracy of DEMs is affected by various factors such as topographic variability, sampling density, interpolation methods, and spatial resolution (Gong et al. 2000).

Although the accuracy of the interpolated DEM increases along with the density of the input points, it is possible to reduce the size of lidar data sets considering the terrain characteristics in order to reduce the required data processing computation time and the resulting data file size (Liu et al. 2007).

There are several studies in which different interpolation methods have been compared, based on their ultimate use for different disciplines, and which also compare accuracy based on different spatial features (Salekin et al. 2018b; Polat et al. 2015b; Bartier – Keller 1996; Watson 1992).

This study presents a methodology for generating equal spatial resolution DEM from raw lidar point clouds. The main objective was to evaluate the effect of the interpolation method, lidar point sampling density, and spatial resolution on Lidar-derived DEM accuracy. This goal was achieved by comparing the DEM models obtained by applying three interpolation methods to the lidar ground points, once at the original density level and once after down sampling by a certain percentage; the reference model is a TIN model based on the ground points. We made this comparison 3 times for three different spatial resolution DEMs.

Materials and methods

Study Area and Lidar Data

We chose a study area with a topographical variety, and very little vegetation, we selected it within the lidar block, which extends 1 km in length and width (*Fig. 1*). it is a rectangle in shape and extends 250 m in length and 200 m in width. Elevation values range between 163 m and 308 m, the average "bare-ground" data density is about 7.12 points per m^2.

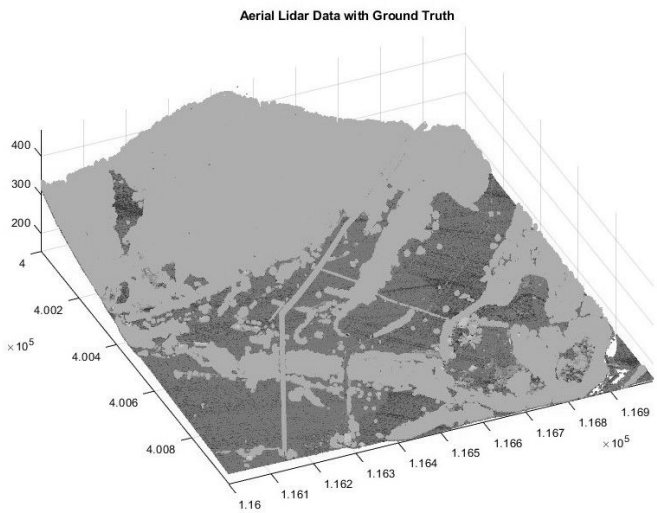


Fig. 1. Area of investigation

Interpolation Methods

In this study, we tested a number of the most widely used interpolation methods.

1) Inverse distance weighted (IDW)

The Inverse-Distance Weighting (IDW) is a simple interpolation method that estimates the value of a point by averaging the values of sample data points within its neighborhood (Bartier – Keller 1996). The idea of this method is to give more weight to nearby points than points located farther away (Caruso – Quarta 1998). The interpolated surface can be controlled by applying a fixed or variable search radius, which limits the number of input points that can be used for calculating each interpolated cell. IDW uses:

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^{s} Z_i \frac{1}{d_i^k}}{\sum_{i=1}^{s} \frac{1}{d_i^k}} \tag{1}$$

where Z_0 is the predicted value at the unsampled location. Z_1 is the observed value, d_i is the distance between the prediction location and the measured location. s is the number of measured sample points within the neighborhood. K is the power parameter that defines the rate of reduction of the weights as distance increases (Tan – Xu 2014).

2) Natural neighbor (NN)

The natural neighbor interpolation method is a simple interpolation method that finds the closest subset of input samples to a query point and then applies weights to the samples based on the proportional area they occupy (Sibson 1981). The natural neighbors of any point are those associated with neighboring Voronoi (Thiessen) polygons. Initially, a Voronoi diagram is first constructed of all the given points. A new Voronoi polygon is then created around the point to be interpolated, and the proportion of overlap between the new polygon and the initial polygons is then used as the weights (Watson 1992) , This method is well known for its ability to interpolate scattered and unevenly distributed data (Ledoux – Gold 2005).

3) Kriging

Kriging is an advanced geostatistical procedure that generates an estimated surface from a scattered set of points with z-values (Cressie 1990). It is similar to IDW, weights the surrounding measured values to determine a prediction for an unmeasured point (Oliver – Webster 1990). Kriging assumes that the distance or direction between sample points reflects a spatial correlation that can be used to explain the variation in the surface (Longley et al. 2010). To use the spatial arrangement in the weights, the spatial autocorrelation must be quantified through empirical semi variograms (Tan – Xu 2014). The semi variogram can have one of the following models: circular, spherical, exponential, Gaussian, and linear.

Kriging uses:

$$\hat{Z}\ (S_0) = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i\ Z\ (S_i) \tag{2}$$

where $Z(S_i)$ is the i-th position of the measured value. i is the i-th position measurement values of the unknown weight; S_0 is the predicted position; N is the number of measurements (Tan – Xu 2014).

Results and discussions

In order to generate DEM from raw lidar point clouds, and then assess DEM interpolation methods, the work was divided into the following steps (*Fig. 2*).

1) Segmenting ground points in the airborne lidar point cloud.

The lidar point cloud contains ground and non-ground points, and the process of classifying points that belong to the ground formed an important research topic due to the many spatial applications that need the digital elevation model.

In this field, there are many algorithms, and in our study, we used the improved simple morphological filter (Pingel et al. 2013). *Fig. 3* shows the ground points of the study area.

2) Down sampling ground point cloud.

A 3D point cloud dataset could contain several noisy points, this noise must be removed before point cloud processing, so, we applied a simple denoising method. We defined the outlier threshold, which is the standard deviation from the mean of the average distance to neighbors' points. A point is considered to be an outlier if the average distance to its k-nearest neighbors is above the specified threshold. We used a threshold value equal to 1 m, and k equal to 4.

In order to evaluate the efficiency of interpolation methods, we made a comparative analysis between the ground surface TIN model and the DEMs that were generated by applying the studied interpolation methods on the same point dataset. We also extended this comparison to study the effect of reducing the density of the ground points dataset on the quality of the resulting DEM.

For the down sampling point dataset, we applied the grid average down sampling method, which uses a box grid filter over the original point dataset. The grid step specifies the size of a 3D box. Points within the same box are merged to a single point in the output. Their color and normal properties are averaged accordingly. This method preserves the shape of the point cloud better than the 'random' down sample method. We use a (0.5 m) grid step, so the down sampling rate was 40% (*Fig. 4*).

To study the effect of the down sampling method, we applied random down sampling on the original dataset while keeping the down sampling ratio constant as in the first case.

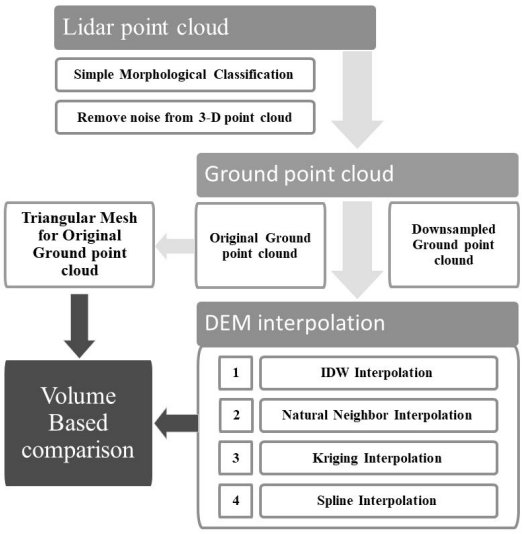


Fig. 2. Workflow

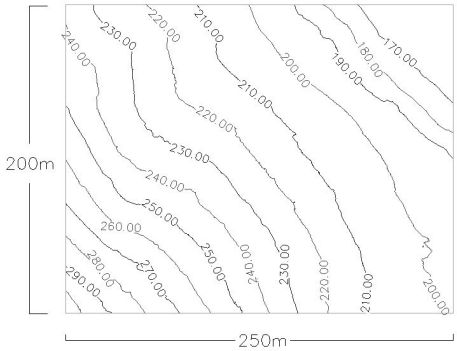


Fig. 3. Study area

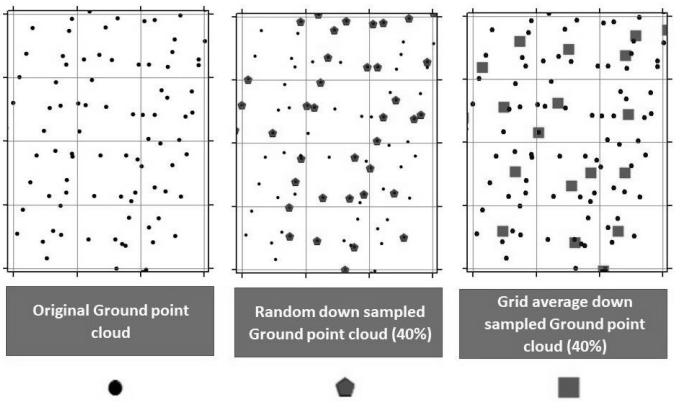


Fig. 4. Ground & Down sampled point

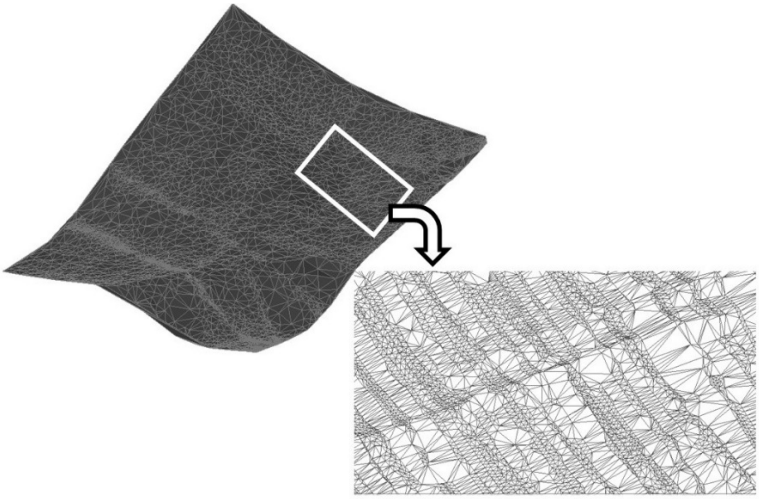


Fig. 5. Ground TIN mesh

3) Creating TIN from ground points and interpolating DEM for original and down sampled ground points.

TIN is an alternative terrain representation approach that partitions a surface into a set of contiguous, non-overlapping triangles (Polis – McKeown 1992) The net of triangles corresponds to the Delaunay triangulation on a set of discrete points connected with each other by disjoint straight-line segments. In this case, no vertex lies within the interior of any of the circumcircles of the triangles in the network. This method is a local, exact, and deterministic interpolator (Pavlova 2017).

We generated the mesh model and considered the basis for comparison because it is the most expressive representation of the surface (*Fig. 5*). Then we applied the studied interpolation methods to the original and down sampled ground point dataset to generate corresponding digital elevation models, the spatial resolution for all generated DEMs was (1 m, 0.5 m, 0.2 m).

4) A comparative study between the ground mesh model and the DEMs.

Most of the previous studies to evaluate the accuracy of interpolation used a set of test points that had been removed from the data to be interpolated, and the differences between their original heights and the values of their heights resulting from the surface interpolation reflect the accuracy of interpolation process (Salekin et al. 2018b; Tan – Xu 2014; Pavlova 2017; Alcaras et al. 2019).

However, this accuracy assessment method remains localized, and it is affected by the distribution and the number of test points, therefore, in our research, we decided to analyze the volumetric differences between the reference surface, which is in our case the Mesh surface model, and the DEMs that were generated by applying the studied interpolation methods. This method is general and gives more realistic results than the test points method.

Table 1. Volume Differences

Interpolation method	DEM spatial resolution 1 m		DEM spatial resolution 0.5 m		DEM spatial resolution 0.2 m	
	Total Volume Differences		Total Volume Differences		Total Volume Differences	
	(m^3)	(m^3/m^2)	(m^3)	(m^3/m^2)	(m^3)	(m^3/m^2)
Natural neighbor (Original)	14014.5	0.289	7012.11	0.145	2890.98	0.060
Natural neighbor (Average down sample) (Down sampling rate 40%)	13964.4	0.288	6984.08	0.145	2909.83	0.060
Natural neighbor (Random downsample) (Down sampling rate 40%)	14012.7	0.289	7040.9	0.146	3040.31	0.063
Kriging (Original)	14061.7	0.291	7218.1	0.149	2247.93	0.047
Kriging	14009.6	0.289	7134.4	0.148	3237.96	0.067
Kriging (Random down sample) (Down sampling rate 40%)	14057.9	0.290	7202.55	0.149	3385.53	0.070
IDW (Original)	14107.7	0.291	7530.92	0.156	4323.47	0.090
IDW (Average down sample) (Down sampling rate 40%)	14065.8	0.290	7489.31	0.155	4228.64	0.088
IDW (Random down sample) (Down sampling rate 40%)	14176.3	0.293	7753.85	0.160	4848.38	0.100

It should be noted that the volumetric difference between the two surfaces that are compared is obtained by adding the positive and negative volumetric differences. The volume between the mesh model and the generated digital elevation models by applying the interpolation method was computed (*Table 1*).

The results showed that the effect of the interpolation method was clear only when the DEM spatial resolution was higher than the density of the points. And the quality of the interpolated DEM increases with an increase in its spatial resolution.

For the case of DEM's spatial resolution equal to 1m and 0.5 m, which is lower than the used point density, the volume differences relative to the reference surface were similar for all interpolation methods and densities. The results also indicate that the down sampling process applied to the original points did not have a clear negative impact on the accuracy of the resulting DEMs, contrary to what was expected, not only that, but the most quality models were those that were generated from the points that were down sampled using the grid average down sample method. The results can be explained because of the large density of down sampled points, and because the grid average down sampling method creates new average points by merging

points within the same box. This averaging contributes to decreasing the effect of the outliers point.

For the case of DEM's spatial resolution equal to 0.2m, which is higher than the used point density, the best accuracy recorded was by applying the Kriging interpolation method to the original data. We note from the results that the natural neighbor interpolation method is the least affected by the down sampling of the original points data. Finally, the IDW interpolation was generated for the least accurate DEMs compared with the reference surface.

Conclusion

We presented in this study a methodology for generating equal spatial resolution DEM from raw lidar point clouds. We studied the effect of the interpolation method, lidar point sampling density, and DEM spatial resolution on Lidar-derived DEM accuracy. We have generated a set of DEMs by applying three interpolation methods to the original and down sampled points, and we also generated a Mesh model to the original points by applying the TIN method, which we considered to be the most accurate representation of the ground's surface. Volumetric differences between the mesh model and the derived Dems were used as criteria to evaluate accuracy.

The results showed that the interpolation method affects the accuracy of the resulting DEM when its spatial resolution is higher than the density of the points. And in this case the best accuracy recorded was by applying the Kriging interpolation method to the original data. Whereas, in the case of DEM's spatial resolution is lower than the density of the sampling points. the volume differences relative to the reference surface were similar for all interpolation methods and densities.

References

Alcaras, E. – C. Parente – A. Vallario (2019): Comparison of different interpolation methods for DEM production. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 8(4), pp. 1654–1659. doi: 10.30534/ijatcse/2019/91842019.

Bartier P. M. – C. P. Keller (1996): Multivariate interpolation to incorporate thematic surface data using inverse distance weighting (IDW).

Caruso C. – F. Quarta (1998): Interpolation methods comparison. Computers & Mathematics with Applications, 35(12), pp. 109–126.

Cressie, N. (1990): The origins of kriging. Math Geol, 22(3), pp. 239–252.

Downsample a 3-D point cloud-MATLAB pcdownsample. [Online]. Available: https://www.mathworks.com/help/vision/ref/pcdownsample.html#bupqqn1-1-nonuniformGridSample

Gong, J. – Z. Li – Q. Zhu – H. Sui – Y. Zhou (2000): Effects of various factors on the accuracy of DEMs: an intensive experimental investigation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 66(9), pp. 1113–1117.

Ledoux H. – C. Gold (2005): An efficient natural neighbour interpolation algorithm for geoscientific modelling. Developments in spatial data handling, Springer, pp. 97–108.

Liu, X. – Z. Zhang – J. Peterson – S. Chandra: The Effect of LiDAR Data Density on DEM Accuracy.

Longley, P. A. – M. F. Goodchild – D. J. Maguire – D. W. Rhind (2010): Geographic information systems and science. John Wiley & Sons.

Oliver M. A. – R. Webster (1990): Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. International Journal of Geographical Information System, 4(3), pp. 313–332.

Pavlova, A. I. (2017): Analysis of elevation interpolation methods for creating digital elevation models. Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, 53(2), pp. 171–177, doi: 10.3103/S8756699017020108.

Peralvo, M. – D. Maidment (2004): Influence of DEM interpolation methods in drainage analysis. Gis Hydro, 4.

Pingel, T. J. – K. C. Clarke – W. A. McBride (2013): An improved simple morphological filter for the terrain classification of airborne LIDAR data. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 77, pp. 21–30, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2012.12.002.

Polat, N. – M. Uysal –A. S. Toprak (2015): An investigation of DEM generation process based on LiDAR data filtering, decimation, and interpolation methods for an urban area. Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, 75, pp. 50–56. doi: 10.1016/j.measurement.2015.08.008.

Polis M. F. – D. M. McKeown (1992): Iterative TIN generation from digital evaluation models. Proceedings 1992 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 787–788.

Salekin, S. – J. H. Burgess – J. Morgenroth – E. G. Mason – D. F. Meason (2018): A comparative study of three non-geostatistical methods for optimising digital elevation model interpolation. ISPRS International Journal of Geo-Information, 7(8), doi: 10.3390/ijgi7080300.

Sibson, R. (1981): A brief description of natural neighbour interpolation. Interpreting multivariate data.

Tan, Q. – X. Xu (2014): Comparative Analysis of Spatial Interpolation Methods: an Experimental Study. [Online]. Available: http://www.sensorsportal.com

Watson, D. E. (1992): Contouring: A guide to the analysis and display of spatial data, tarrytown, ny. Pergamon (Elsevier Science, Inc.).

Ha kétszer mérek ugyanott szonárral, ugyanazt az eredményt kapom?

Eke Zoltán[1] – Kiss Levente[2] – Havasi István[3]

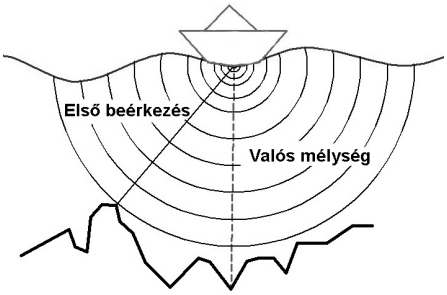
[1] tudományos munkatárs, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft, zoltan.eke@bayzoltan.hu
[2] tudományos munkatárs, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft, levente.kiss@bayzoltan.hu
[3] intézetigazgató egyetemi docens, Miskolci Egyetem Geofizikai és Térinformatikai Intézet, gbmhi@uni-miskolc.hu

Absztrakt: A meder – víz alatti domborzat – mérése fontos, ugyanakkor nem egyszerű feladat. Legyen szó hidak építéséről, víz alatti bányászatról, vízi erőművek vagy gátak vizsgálatáról, a mérés pontossága meghatározó jelentőségű. Amíg régebben póznákkal, kötél végére kötött súlyokkal mérték a vízmélységet, addig ma már – kívánt pontosság függvényében – komoly eszközök állnak rendelkezésre. Egy kevésbé tagolt mederfelszín megméréséhez elegendő lehet egy egysugaras szonár nyújtotta pontosság, azonban céltárgykeresés, víz alatti készletfelmérés, karbantartási munkák esetén a multisugaras szonár által szolgáltatott pontfelhő jobban modellezi az adott térrészt mivel jobban közelíti a tényleges domborzatot.

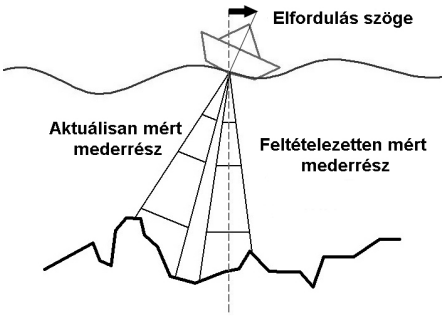
A legkorábbi, legalapvetőbb és még mindig a legszélesebb körben használt szonár eszközök az egysugaras mélységmérők. Az egynyalábú mélységmérő rendszer négy alapvető összetevőből áll: egy adó, a vevő, vezérlő és kijelző rendszer, mely a vízen úszó hajó, vagy csónak oldalához kerül rögzítésre, így azzal együtt mozog. Az adó oszcilláló elektromos jelet generál, amelynek frekvencia jellemzői meghatározottak. A projektor hanghullámokká alakítja az elektromos energiát. Az oszcilláló elektromos jelek mechanikai rezgésekké alakulnak, amelyek oszcilláló nyomás vagy hanghullám formájában kerülnek a vízbe. Visszatérve a mederfenékről visszhangként, a hangimpulzust a hidrofonként működő jelátalakító fogadja és alakítja át újra elektromos jellé. Az egysugaras vevő tehát egy ciklusban egy darab mélységadatot rögzít. Bár egyszerű és olcsó felépítésű, könnyen használható, az egysugaras eszköz számos kritikus korláttal rendelkezik, amely miatt az elvégzett mérések megbízhatósága jelentősen csökkenhet.

A mérés során a kibocsátást követően az első visszaérkező jel idejéből kerül számításra a megtett út és ebből a mélység. Azonban a kibocsátott jel terjedése az előbbiek alapján közel gömbfelületen történik, így nem biztos, hogy az első beérkezés pontosan függőleges irányból történik, mint ahogy azt az *1. ábra* mutatja.

Másik probléma, hogy a szonár a hajó, vagy csónak testéhez van rögzítve, így a rendszer együtt mozog. A mozgás három tengely körül is bekövetkezhet. A mozgás közben rendkívül nehéz biztosítani az eszköz helyzetét olyan módon, hogy a megfelelő mérést el tudja végezni. Ezt mutatja a *2. ábra*.



1. ábra



2. ábra Multisugaras szonár

A multisugaras szonárok esetében több vizsgáló jellel működő eszközökről beszélünk, ahol a jelek száma 256, 512, de akár 1024 is lehet, ami ma a piacon bárki számára elérhető.

A multisugaras szonár jelkibocsátó egységét projektor tömbnek nevezzük, amelyben megfelelő számú hardver végzi a jel kibocsátást és a visszaverődések érzékelését egymáshoz képest speciális elrendezésben rögzítve. Ez a speciális, merőleges elrendezés biztosítja, hogy a mérés felbontása paraméterezhető legyen azzal együtt, hogy a kibocsátó hardver elemek elrendezése és a kibocsátott jel szűkítése is állítható adott szögtartományon belül. Természetesen a hajó vagy csónak mozgásából származó bizonytalanság ebben az esetben is jelentkezik. Ennek a kiküszöbölésére a szonár vezérlőbe integráltan egy inerciális egység található, amely képes a három tengely körüli elmozdulás kompenzálására adott eszközhöz előre definiált mértékig meghatározva. A pozíció meghatározás kettő darab RTK GPS antenna segítségével történik, melyek szintén a vezérlőbe csatlakoznak. Fontos még megemlíteni, a hangsebesség meghatározás problémáját, amely abból fakad, hogy az nem egyenletes a teljes vízoszlopra nézve. Ez különösen állóvizek esetében kritikus, ahol a mélységgel arányosan csökken a hőmérséklet és a hangsebesség is. A multisugaras rendszerek tartozéka egy külső hangsebesség érzékelő, amely elkészíti a teljes vízoszlopra a hangsebesség profilt olyan formátumban, hogy azt a mérést feldolgozó szoftver figyelembe tudja venni a végleges mérési eredmény elkészítése során.

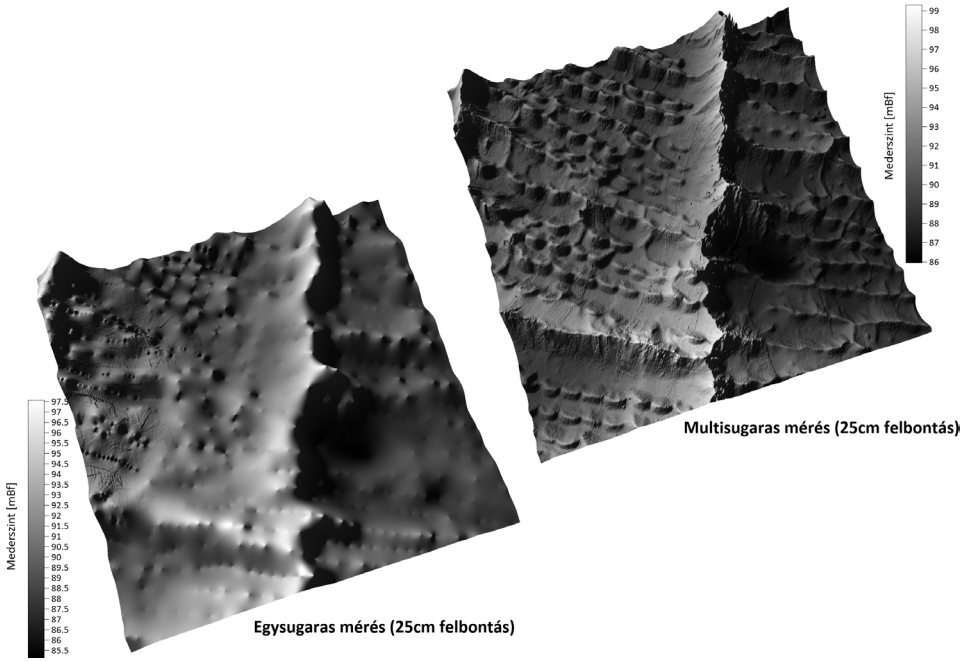
Egysugaras – multisugaras összehasonlító mérés

A következőkben ugyanarra a mintaterületre mutatunk be egy összehasonlító mérést egysugaras és multisugaras eszközzel. A multisugaras mérést olyan helyen végeztük el, ahol egysugaras mérés rendelkezésünkre állt. Az egysugaras mérés eredményeit megkaptuk, a mérés körülményeit pontosan nem ismerjük, így a bemutatás során igyekszünk azokra a jellemzőkre rávilágítani, ami a fent felsorolt technológiai különbségek okán jelentkeznek. A mintaterület egy kavicsbánya tó négyhektáros mederrésze. A mérési adatokból felületet készítettünk 25cm felbontással.

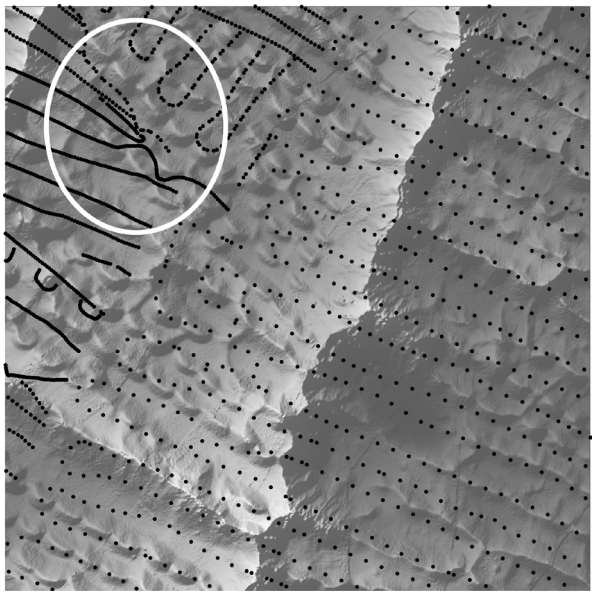
A *3. ábrán* látható az egyes eszközök adataiból szerkesztett felület 25 cm felbontáson.

Elkészítettük a 25 cm felbontású felületek különbségét. Látható, hogy az egysugaras mérésből szerkesztett felület a felületváltozások jellegét adja vissza jellemzően, a nagyobb méretű alakzatok jelennek meg a multisugaras felvételhez képest. A mérésünk során a tó vízszintje 106 mBf szinten volt, amiből látható, hogy a legnagyobb mélység 20 m körül tapasztalható a vízszint alatt.

Az eltérés egyik oka az interpoláció, a másik a technológiából adódó összetevő, amely a vízi jármű bizonytalanságából (hintázás (pitch) előre-hátra; hintázás oldalra (roll); függőleges tengely körüli elfordulás, hullámokra felúszás (heave) és az ebből következő mérési hibából adódik, a harmadik a hangsebesség változásból eredő hiba.



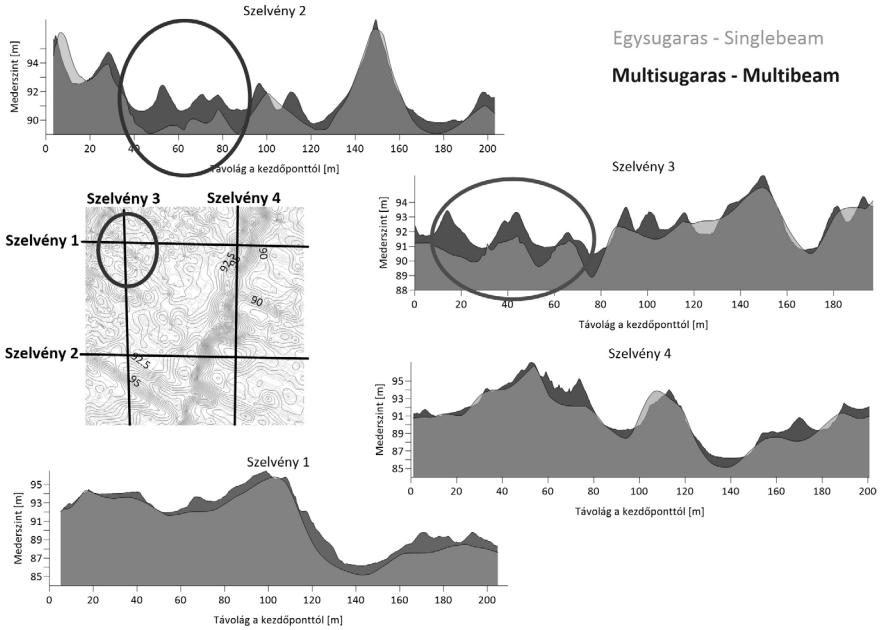
3. ábra A mérésekből szerkesztett felületek 1m felbontáson



4. ábra A multisugaras felületen az egysugaras eszközzel mért pontok helye.

A multisugaras eszközzel mért, tagolt mederfelszínen feltüntetve az egysugaras eszközzel mért pontokat, nyilvánvalóvá válik az alapvető probléma a víz alatti medermérések esetében, ha a mérést pontszerűen végezzük (*4. ábra*). A pontos felület meghatározáshoz az alakjellemzőket kell megmérni, mint törésvonalak (lábvonal, élek stb.), a homogén felületrészen pedig valamilyen célszerűen megválasztott homogén pontsűrűséget. Azonban a meder esetében ez jellemzően nem megvalósítható, mivel nem látható. A *4. ábra* mutatja, hogy nem sikerült pontszerű módon megmérni az alakjellemzőket, sem a gerincvonalat, sem a völgyvonalat. Ebből következően egy „simább" felületet kapunk eredményként, ahol a két alakjellemző meghatározásának pontatlansága ellentétes előjellel jelentkezik. Ebből következik, hogy a pontszerűen jelentkező nagyobb eltérések (több méter) ellenére az átlagos szintkülönbség 50 cm körül adódik.

Az *5. ábrán* szerkesztett keresztszelvények a felületekből és kijelölésre került ellipszisekkel egy felületrész a *4. ábrán* és az *5. ábrán* is. A megjelölt részen azt látható, hogy a pontszerű mérés iránya eltér a meder alakjellemző változás irányától. Ebben az esetben csak kevéssé sikerült az alakjellemzőket megmérni, ennek eredményeként megjelenik a nagyobb szintkülönbség. Meg kell jegyezni, hogy az egysugarassal mért adatok a kitermelés technológiájának tudtában kerültek megmérésre, ami a meder felszínváltozásában is megjelenik, tehát volt információ a meder tagoltságára. A mérés irányát ez határozta meg. Az adatok bemutatásánál kiemelésre került, hogy az egysugaras eredmények rögzítése kétféle módon történt, egyik manuálisan (ritkább mért pontok a mérési vonalon) és automata módon (nagyobb pontsűrűség a mérési vonalon). A mérési vonalon adódó nagyobb pontsűrűség akkor ad jelentősen több érdemi információt, ha hozzá a mérési vonalak sűrűségét is növeljük, azaz csökkentjük



5. ábra A két felületet metsző keresztszelvények

a vonalak közötti távolságot, ami mérés időigényét jelentősen megnöveli. További kéréseket vet fel a pontszerű medermérések esetében a mérés ismételhetősége, tekintve, hogy a vízen bejárt útvonal mennyire pontosan járható be újra és mennyiben tér el adott esetben két egymást követő mérés eredménye, mivel kicsi a valószínűsége, hogy ugyanazokat a pontokat (pontatlanságokat) sikerül újra megmérni.

Multisugaras – multisugaras összehasonlító mérés

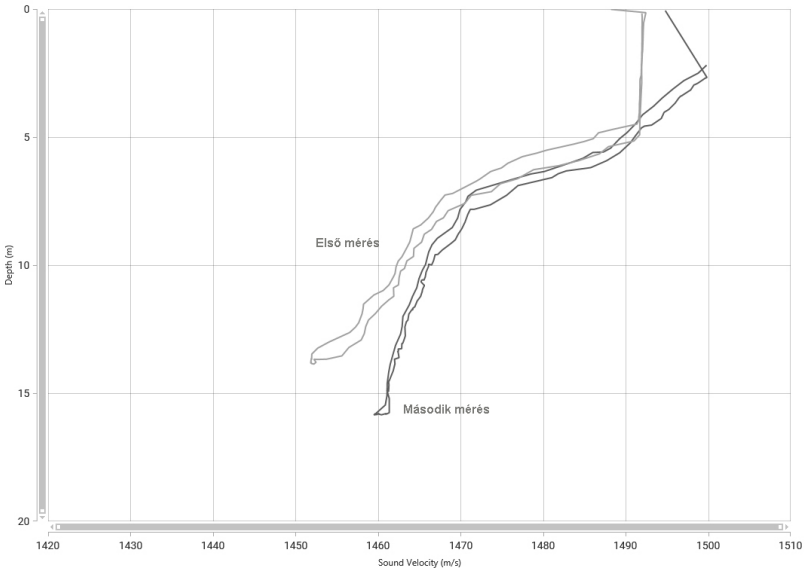
Elvégzésre került egy ismételt mérés ugyanarra a mintaterületre multisugaras eszközzel, egy hozzávetőleg 150 m x 150 m területen. A két mérést nem közvetlenül egymás után került rögzítésre, hanem 3 hónap eltéréssel, így az időközben a mederszintekben bekövetkezett változás terheli a mérést. A méréseket azonos paraméterekkel végeztük, azonban az időjárási körülmények eltértek, első alkalommal nyugodt, szélcsendes idő volt tapasztalható, míg a második alkalommal már jelentősen szelesebb körülmények voltak. A mérési technológiából adódóan nem volt szükség a csónak útvonalának követésére.

A multisugaras mérés esetében a nagyságrendekkel homogénebb megmért pontfelhő jelentősen pontosabb mederfelmérést biztosít abban az általános esetben is, amikor nincs, vagy csak nagyon kevés ismeretünk van a mederről. Azonban a mérés megbízhatósága nagyban függ a mérési paraméterek helyes megválasztásától, az eszköz megfelelő beállításától, aminek az időjárási körülményekhez is igazodnia kell adott esetben. A megfelelően beállított szonár rendszer, a mérés céljához helyesen megválasztott paraméterekkel képes visszaadni a mederalakot, ismételt mérés során is.

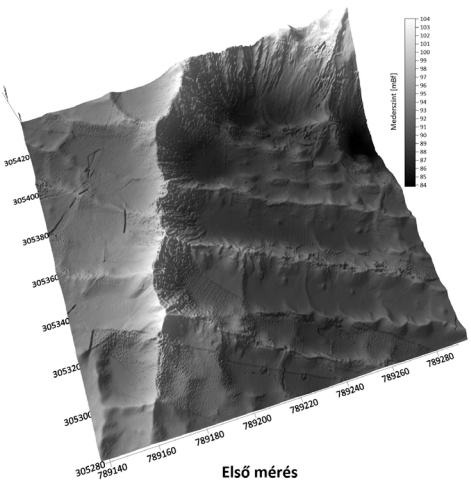
Természetesen a korábban említett mérési bizonytalanságokat okozó hatások, csak adott tartományon belül kerülnek kompenzációra az egyes rendszerelemek által.

A méréseink alkalmával megmértük a hangsebességet a teljes vízoszlopra. Az egyes esetekben eltérő eredményeket kaptunk abból következően, hogy más időpontokban mértünk, több hónap eltéréssel (*6. ábra*). A feldolgozó szoftver a hangsebesség profil alapján korrigálja a nyers mérési eredményeket.

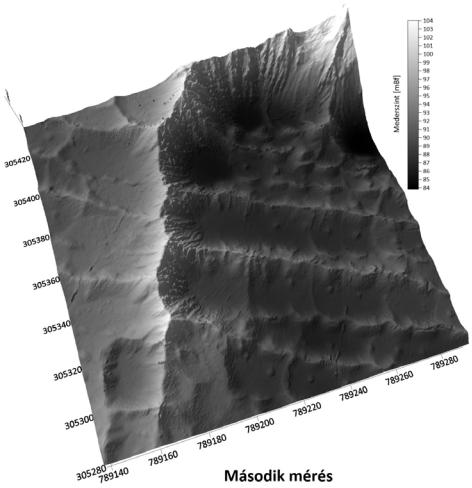
Az elvégzett mérések eredményeit a *7-8. ábrák* mutatják.



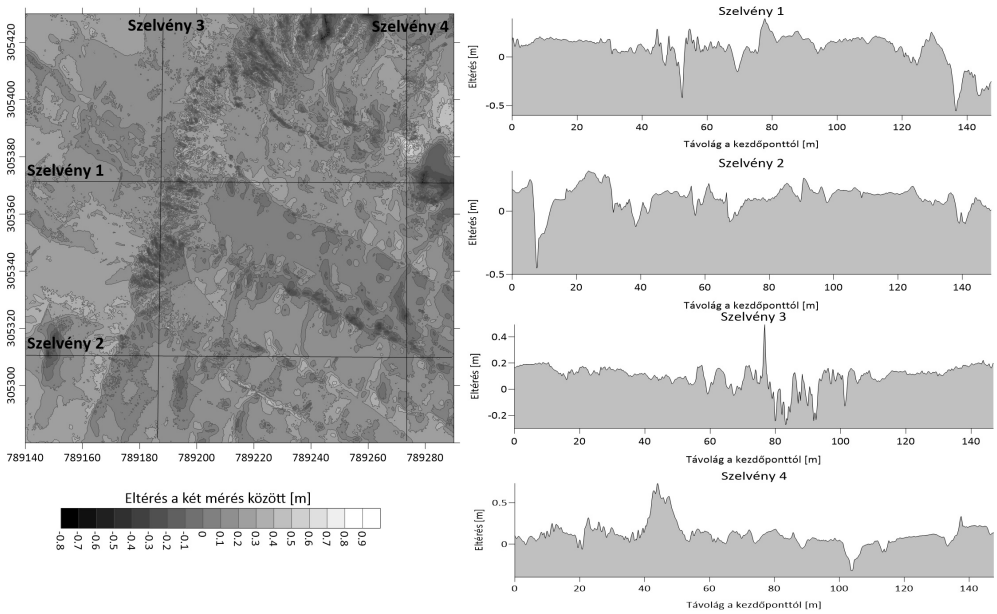
6. ábra A hangsebesség mérések eredményei



7. ábra Az első mérésből készített mederrész



8. ábra A második mérésből készített mederrész



9. ábra A két mérés különbségtérképe szelvényekkel az eltérések bemutatására

A két mérés során elkészített mederrész felületeket kivontuk egymásból, így megkaptuk a két mérés (és az időközben bekövetkezett változás) különbségét. A különbségeket szintvonalas térképen látható (*9. ábra*).

Az eredményekből látható, hogy nem sikerült pontosan ugyanazt a felületet megmérni, azonban az eltérések mértéke nem éri el az egy métert. Az eltérések oka egyrészt a mérés során tapasztalt időjárási körülmények, másrészt a nyers mérési adatok feldolgozása során alkalmazott algoritmusokon túl a manuális korrekciók alkalmazásában van.

A méréseink bemutatásával arra szeretnénk felhívni a figyelmet, hogy a vízfelszín alatti mérések kivitelezése nem hasonlítható a hagyományos terepi mérésekhez. Az alapvető különbség az, hogy ebben az esetben nem látjuk, nincs információnk arra vonatkozóan, hogy hol vannak a megmérendő felület alakjellemző pontjai. Ebből következően nehéz meghatározni a mérés hibáját.

A multisugaras szonárral nagyfelbontású térképezés valósítható meg, amely a jövőben elengedhetetlen eszköze lehet a víz alatti felméréseknek, ellenőrzéseknek.

Comparing the Capability of Landsat 8 and Landsat 9 in lithological mapping utilizing Random forest algorithm

Abdelmajeed Adam Elrasheed Ali* – Szabó Szilárd

Department of Physical Geography and Geoinforamtics, University of Debrecen, H-4032 Egyetem ter 1. Debrecen, Hungary
* majeedelrasheed25@gmail.com, aaelrasheed@uofk.edu

Abstract: Lithological mapping using satellite images plays a key role in the discrimination of rock units in small scale regions, especially in areas where the vegetation coverage does not have a significant effect. We compared the potentiality of Landsat 8 and Landsat 9 multispectral data in mapping lithological units in the Red Sea Hills, N-E Sudan, by evaluating the performance of the Random Forest (RF) algorithm. Random Forest is a supervised classifier, requires training data representative of each class to produce a predictive or classified map. In this work, 356 training sites were obtained based on the geological map, colour and texture discriminations of processed images to represent six lithological variables namely: Ophiolite, Metavolcanics, Marble, Granitoides, Altered Rocks and Superficial Deposits. The minimum training site was 40 per class and the maximum 60 based on the covered area. The two datasets achieved reasonable overall classification accuracy (OA) and Kappa, though Landsat 8 yielded higher for both OA and Kappa (OA: 0.8644; Kappa 0.8359) than Landsat 9 (OA: 0.8305; Kappa 0.7948). The study concludes that, Landsat data is useful in term of time and cost for field geologist prior to field surveys.

Szabo, S. was supported by the TKP2020-NKA-04 project.

Object Based Image Analysis Assessment for Urban Applications Using VHR Satellite Images

Mohamed Fawzy[1] – Anna Czinkoczky[2] – György Szabó[3]

[1] 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;
Civil Eng. Dept., Faculty of Engineering, South Valley University, Qena, Egypt
mohamedfawzy@eng.svu.edu.eg
[2] Associate Professor, Lab. of Spatial Analysis and Environment, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE), Páter Károly u.1., H-20100 Gödöllő, Hungary
[3] Associate Professor, 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

Abstract: Remote sensing applications are very important for urban development with a great effect on the distribution of built-up areas, infrastructural networks, and water resources management all of which support human development. Object Based Image Analysis (OBIA) has more advantages for image classification in urban environments than traditional pixel-based ones. On the other hand, it causes some negative impacts due to segmentation errors. In this research, the performance of object-based classification method is evaluated through both strengths and limitations for Very High Resolution (VHR) satellite images classification in urban study areas. Results show that OBIA produces considerable outcomes in classifying water, vegetation, and building, while it needs more enhancement for bare soil and road extraction. The extracted features using OBIA are very promising and suitable for VHR classification. Extracted features support urban applications like high scale maps updating and change detection.

Introduction

Remote sensing data analysis provides up-to-date information for urban planning, agricultural investigation, water resources management, and disaster monitoring. Features extraction from VHR satellite images plays a significant role in the optimum social, environmental, and economic applications in urban environments. VHR satellite images have become an important source of information for geospatial applications, due to their relatively low price, up-to-date information, in addition to the synoptic view of urban Land Cover and Land Use (LULC). The high-speed changes create challenges for urban planners to assure efficient city infrastructure management. All information, acquired from VHR satellite imagery, contributes to a common understanding and increased effectiveness of LULC cover features.

Geospatial information in remote sensing data

Geospatial information studies provide updated spatial data for LCLU including natural and man-made features. VHR satellite images contain much

geospatial information such as buildings, roads, vegetation, bare soil, and water. Buildings indicate the distribution of populations to provide the necessary services. Roads possess a significant impact on economic growth and bring important social benefits. Vegetation, bare soil, and water represent the most vital aspects with a great impact on the ecosystem that needed to be preserved. Geospatial data provides where places, objects, and people are, such as specific building addresses, wider geographic areas, geology, or human populations location. Location data have a significant social, environmental, and economic impact when used wisely. These investments include developing or acquiring new data sources, enhancing, or maintaining already-existing geospatial data assets, or efforts to support the wider ecosystem.

Images classification techniques

Images classification is one of the most essential steps for remote sensing image interpretation. The early remote sensing applications of the twentieth century were limited to the visual interpretation of a skilled user with a scanning image understanding routine. To improve the strengths of remote sensing data, automatic and effective classification algorithms are needed. Various methods of classification have been applied to VHR satellite images depending on pixel-based or object-based techniques. Pixel-based classification techniques categorize each pixel of an image into target classes by only considering the spectral reflectance (Mather 2001). OBIA facilitates the incorporation of spectral and spatial information inherent in the VHR imagery into the classification process. By segmenting the image, several spectral, textural, and morphological (e.g., shape and size) features of objects can be incorporated into the classification process (Salehi et al. 2012). Object-based image analysis technique has many advantages over pixel-based techniques (Blaschke – Strobl 2001). A pixel can be defined according to its spectral characteristics or in terms of its surrounding ones. Pixels can't describe corresponding real features, but objects can. The main objective of OBIA is to get appropriate and automated method for VHR images analysis using spectral, textural, spatial, and topological characteristics (Blaschke 2008). According to Fawzy (2020) an intense work has been applied for VHR satellite image classification using minimum distance, mahalanobis distance, spectral angle mapper, spectral correlation mapper, and maximum likelihood methods in pixel-based in addition to nearest neighbor and rule-based methods in object-based. Among the previous techniques, OBIA techniques have demonstrated the most promising results for image classification and features extraction in urban areas (Belgiu – Drăguţ 2014). Both advantages and limitations of OBIA were evaluated to apply the optimal solution for global monitoring issues. The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 presents the methodology. Section 3 describes the study area and data used. Preprocessing techniques are described in section 4. Section 5 illustrates the image classification methods. Results and discussions are shown in sec 6. Finally, conclusions are illustrated in section 7.

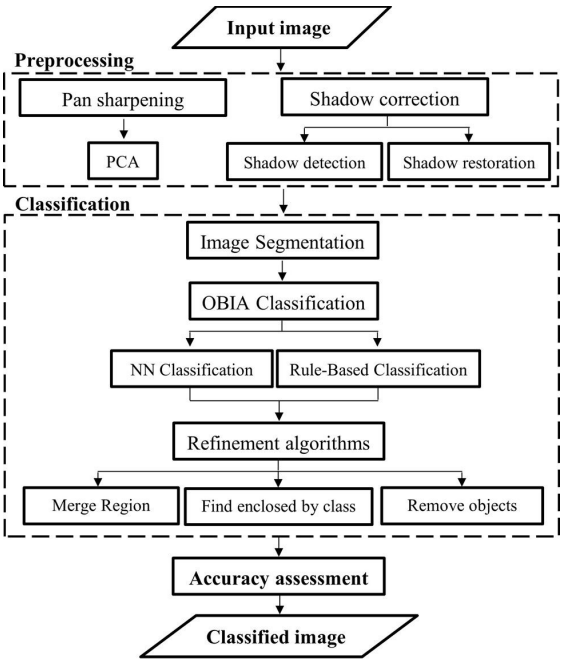


Figure 1.

Methodology

Urban environments are considered one of the most problematic areas for remote sensing applications due to the high spatial and spectral diversity of land cover materials. Also, wide diversity in geometric characteristics such as sizes, shapes, and materials of each class (Fawzy et al. 2020). This research aims to evaluate OBIA technique for applications in urban environments based on VHR satellite images. To achieve the objectives of this study, the following methodology (*Fig. 1*) has been performed and the results are evaluated.

Study Area and Data Used

Egypt is one of the significant countries in the Middle East with different degrees of planning. An appropriate study area for Qena governorate (*Fig. 2a*) is chosen with various land covers such as water, vegetation, bare soil, buildings, and roads. Qena lies between latitude 25°42′24.45" & 26°43′40.4" N, and longitude 31°52′4.56" &33°36′0.64" E, with a total area about 11389 km^2. WV-2 satellite image is used. The datum is WGS84, and the map projection used is UTM zone 36.

Preprocessing

Preprocessing techniques were applied to represent the VHR satellite images in a more suitable form. PCA technique was chosen as it can apply the image fusion for the eight bands of WV-2 image and keep the number of bands the same before

and after merge. (Fawzy et al. 2020). Although shadows affect the quality of the information in VHR satellite images, it still has valuable information that makes shadow restoration possible. Shadow restoration consists of two main steps: detection and compensation. Optimized Shadow Index proposed by Mostafa – Abdelhafiz (2017) is selected to differentiate between shadow and water pixels. X-threshold method is used to separate non-shadow, shadow, and water areas automatically. Sarabandi et al. (2004) introduced the Linear Correlation Correction method which is used for shadow compensation.

Image Classification and Features Extraction

One of the significant steps in image analysis is to determine the most suitable features needed to be detected, and algorithms to be used (Blaschke 2010). OBIA techniques are applied for feature extraction in an urban case study to validate them and check their stability. Technically, the object-based methods involve two main steps: segmentation and classification. With the use of eCognition software image segmentation, classification, refinement, and objects extraction can be applied.

Image Segmentation

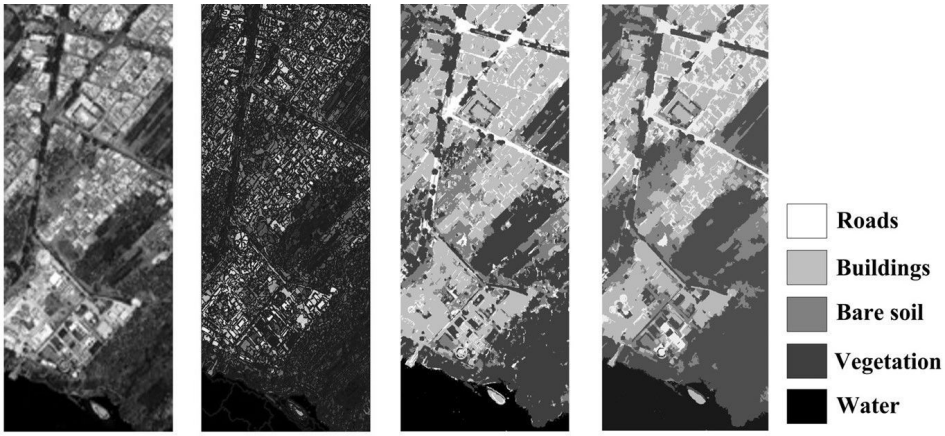
In the segmentation process, the major task is to partition the whole image pixels into a series of closed semantically meaningful objects, which match with the actual spatial spectral properties (Wang et al. 2004). Segmentation is required whenever you want to create new image objects levels based on image layer information. Classification algorithms analyze image objects depending on defined criteria and assign them to a class that best meets them. Multi-resolution segmentation is the most common one for both regions growing and merging techniques considering both spectral (color) and spatial (shape) homogeneity of objects are considered (Salehi et al. 2012). Multiresolution segmentation algorithm is used. Scale parameter is 50 to get suitable objects for image classification, Shape, and Compactness factors were taken as 0.1 and 0.50 respectively as eCognition software default values. Segmentation result using multiresolution segmentation algorithm is shown in *Fig. 2b*.

Image Classification

Two techniques of OBIA are applied for images classification. The first one is the Nearest Neighbor (NN) which assigns classes using training objects depending on NN supervised algorithm. The second technique is a rule-based approach which is suitable for automation. Rule-based method uses class descriptions to classify image objects. The classification process is controlled by a prior-knowledge base that describes the characteristics of output classes (Darwish et al. 2003).

Nearest-Neighbor (NN) Classification at Object Level

A feature space is presented, in which a point is created for each image object. Training samples of each class are identified; the final classification of each object



(a) WV-2 Satellite image (b) Segmentation Result (c) NN Classified image (d) Rule-based Classified result

Figure 2.

will go to the class which has the sample nearest to the object in the created feature space (Wang et al. 2004). NN classification in eCognition classifies image objects to more than one class through two steps: (a) selecting certain image objects samples to teach the system, and (b) assigning image objects to classes according to their nearest sample neighbors in the created feature spaces (Myint et al. 2011).

Rule Based (Process Tree) Classification at Object Level

Rule-based algorithm uses class properties to classify image objects (Darwish et al. 2003). Rule-based requires deriving all available properties for the objects, then building a process tree to classify features of interest. Each rule contains one or more spectral or geometry property such as area, length, width to length, brightness, or texture, are identified according to a specific range of values. OBIA gives satisfactory results for image classification in urban environment (*Fig. 2c-d*). It is effective in classifying water, vegetation, and building. While needs more improvements for bare soil and road, due to the similarity in spectral response between bare soil, road, and some buildings.

Refinement

Refinement process is used to improve the results of classification and minimize the misclassification between classes. The following algorithms are available in eCognition software:

Merge Region Algorithm is used to detect and merge the neighboring objects from the same class. Water, vegetation, bare soil, building, and road neighboring objects are merged to simply reclassify the heterogeneous objects between the merged ones.

Remove Objects Algorithm is invested to detect and remove misclassified objects. Incorrect objects are removed to reclassifying in the most appropriate one.

Find Enclosed by Class Algorithm is applied to find and reclassify the misclassified objects that are completely enclosed by a certain class. Cars are classified as buildings according to its metal material but still enclosed by roads so find enclosed by class algorithm can refine them to the road class.

Accuracy Assessment of Image Classification

Error matrices are used to analyze and evaluate classification methods. These error matrices show the contingency of the class to which each pixel truly belongs (columns) on the map unit to which it is allocated by the selected analysis (rows). From the error matrix, overall accuracy, producer's accuracy, user's accuracy, and kappa coefficient were generated. It has been suggested that a minimum of 50 sample points for each land-use land-cover category in the error matrix be collected for the accuracy assessment of any image classification (Story – Congalton 1986; Myint et al. 2011). Within OBIA, Thematic assessment can be checked by selecting random points and comparing the classified layers against ground truth ones.

Results and discussion

Results are required to validate the stability and efficiency of the used techniques. Overall accuracy for NN method is **83.33%** and kappa is **0.7768**. While rule-based method achieves more better results of **87.00%** overall accuracy and **0.8254** kappa. The main problem of urban environments like the selected study area lies in spectral similarity between different land cover classes. Also, great diversity in sizes, shapes, and materials of each class. Buildings consist of heterogeneous materials like concrete, red bricks, metals, and mud bricks. Roads are affected by trees, shadows, dirt, and sand. Misclassification between roads, bare soil and some buildings is a result of the heterogeneous combination of surface materials in addition to the variety of geometric shapes.

Object-based Technique Advantages

Fawzy (2020) realized that OBIA outperformed five traditional pixel-based supervised classification algorithms for features extraction using VHR satellite images. OBIA uses both spectral information and geometrical properties in addition to topological features properties to get the optimal classified results.

Remote sensing image contains two types of pixels; pure pixels which represent a single class and mixed pixels which comprise heterogeneous properties for more than one class. OBIA overcomes the problem of mixed pixels by segmenting images to homogenous objects depending on multiple scale levels regardless of pixels. A mixed pixel can be assigned to the most suitable object and get classified correctly. Also, misclassified mixed pixels can be refined using the suitable algorithm according to its neighborhoods.

Rule-based image analysis technique doesn't need selecting training samples for classification, as it depends on building rules to classify features of interest. The VHR remote sensing image has small details interpreted as noise in pixel-based methods but additional information for determining the semantical properties of the object in OBIA. As a result, urban areas can be classified regardless of training samples. The great benefit of eCognition is that once the user gets the suitable parameters for a satisfactory segmentation and classification then these can instantly be applied in other areas with similar characteristics. Consequently, the automated analysis can effectively apply to image classification.

Object-based Technique Disadvantages

OBIA is required a priori knowledge of the study area and the types of LCLU needed to be classified, which may not necessarily be available. Also, it depends totally on segmentation process and subsequent calculation of the topological relationships described between objects can utilize a large amount of computer memory and extra computation power. In addition to that, OBIA requires an expert analyst for analysis to get accurate and effective results. Moreover, OBIA is a timely consuming method and requires more time and human effort to finish the process.

Conclusions

In this paper, OBIA techniques were evaluated considering both advantages and limitations for urban applications using very high-resolution satellite images. Results showed that OBIA is an effective technique for features extraction as it uses both spectral and geometric characteristics for each object, also rule-based classification method doesn't need training samples for image classification which save time and effort. The average overall accuracy achieved is 83.33% for Nearest Neighbor method and 87.00% for Rule-based approach. In addition to that OBIA offers a good solution for classifying mixed pixels. On the other hand, OBIA needs an expert analyst and a priori knowledge of the study area LULC to get stable results. OBIA is a promising technique for water, vegetation, and building extraction. However, it needs further study to improve bare soil and road features classification taking into consideration the spectral similarities between bare soil, roads, and some buildings.

References

Belgiu, M. – L. Drăguţ (2014): Comparing supervised and unsupervised multiresolution segmentation approaches for extracting buildings from very high resolution imagery, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 96, 67–75.

Blaschke, T. (2010): Object based image analysis for remote sensing. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 65(1), 2–16.

Blaschke, T. – Strobl, J. (2001): What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. Zeitschrift für Geoinformationssysteme, 12–17.

Blaschke, T. – Lang, S. – Hay, G. (Eds.). (2008): Object-based image analysis: spatial concepts for knowledge-driven remote sensing applications. Springer Science & Business Media.

Darwish, A. – K. Leukert – W. Reinhardt (2003): Image segmentation for the purpose of object-based classification, paper presented at IGARSS 2003. 2003 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Proceedings (IEEE Cat. No. 03CH37477), Ieee, Toulouse, France, July 21–25.

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 VHS satellite images. JES. Journal of Engineering Sciences, 48(5), 845–868.

Mather (2001): Forests of consumption: postproductivism, postmaterialism, and the postindustrial forest, Environment and planning C: Government and policy, 19(2), 249–268.

Mostafa, Y. – Abdelhafiz (2017): Shadow identification in high resolution satellite images in the presence of water regions, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 83(2), 87–94.

Myint, S. W. – P. Gober – A. Brazel – S. Grossman-Clarke – Q. Weng (2011): Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery, Remote sensing of environment, 115(5), 1145–1161.

Salehi, B. – Y. Zhang – M. Zhong – V. Dey (2012): Object-based classification of urban areas using VHR imagery and height points ancillary data, Remote sensing, 4(8), 2256–2276.

Sarabandi, P. – F. Yamazaki – M. Matsuoka – A. Kiremidjian (2004): Shadow detection and radiometric restoration in satellite high resolution images, paper presented at IGARSS 2004. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE, Anchorage, AK, USA, Sept 20-24.

Story, M. – R. G. Congalton (1986): Accuracy assessment: a user's perspective, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 52(3), 397–399.

Wang, L. – W. Sousa – P. Gong (2004): Integration of object-based and pixel-based classification for mapping mangroves with IKONOS imagery, International Journal of Remote Sensing, 25(24), 5655–5668.

Közösségi térképezés által létrehozott téradatok pontossági vizsgálatának módszertani ismertetése

Gadó Béla

PhD hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gado.bela@mik.pte.hu

Absztrakt: A közösségi térképezésben rejlő lehetőségetek már mind profitorientált cégek, mind humanitárius szervezetek felismerték és alkalmazzák tevékenységük során, mégis ezen adatok megbízhatósága és így felhasználhatósága sokszor kérdéseket vet fel. Megoldást jelenthet egy olyan modell létrehozása, amelynek bemenő adatai maga a térkép és a különböző adatminőséget jellemző változók, eredménye pedig egy mérőszám, amely egyetlen számként jellemzi az adott területen elérhető adat minőségét és felhasználhatóságát, ezzel szélesebb körben alkalmazhatóvá téve ezt az innovatív adatgyűjtési módszert.

Bevezetés

Az elmúlt évszázad során megjelent adat aktivizmus (Data Activism) eredményeként indult 2004-ben útjára az OpenStreetMap (OSM), egy nyílt adatbázis licenszű (Open Database License – ODbL) online térkép, amely a közösségi adatgyűjtésre alapozva térképezi fel a világot a digitális térképezés területén különböző tapasztalatú felhasználók önkéntes munkája alapján. Számos cég is felismerte már a közösségi térképezés hasznos voltát, különböző kisebb-nagyobb projekteket meghirdetve és kiadva online felületeken, sőt 2013-ban egy bizonyos időre még a Google Maps is szerkeszthetővé vált, bár ott hamar visszavonták ezt, és ma már csak kisebb teret adnak a közösségi adatszolgáltatásnak. 2015-ben egy 7,8-as erősségű földrengés rázta meg Nepált. A humanitárius szervezetek munkáját segítve a Humanitarian OpenStreetMap Team (HOT) felhasználói néhány napon belül feltérképezték az országot.

Általánosságban elmondható, hogy a társadalom, de különösen a tudomány szkeptikusan áll a közösség által gyűjtött és szerkesztett adatokhoz. A HOT térképek által alkalmazott ortofotók felhasználásakor kérdéseket vet fel pontosság szempontjából magának a digitális kép georeferálásának pontossága, hagyományos földi geodéziai felmérések esetén pedig a különböző vonatkoztatási rendszerek közötti átváltások. Hibát okozhat még a különböző osztályozási skálák használata, a képek nem megfelelő felbontása, illetve a pszchiológiai okokból eredő torzítások, félrebecslések (Vestrope et al. 2014). Még nagyobb problémát jelent, hogy a HOT térképezések ellenőrzése csupán egylépcsős folyamat, amely validálást bármely felhasználó elvégezheti.

Anyag és módszer

Kiinduló etalon alapadatot jelenthet egy földi geodéziai módszerekkel előállított alaptérkép, amit összehasonlítva megfelelően összeválogatott mintaterületekről készült közösségi térképpel, illetve megfelelő számú azonos területre vonatkozó mintákkal, amelyeket az általam tartott térinformatika órák gyakorlatának hallgatói projektfeladatuk során fognak szolgáltatni, következtetéseket lehet levonni a tipikusan közösségi térképek előállításakor jelentkező hibákról. Az összehasonítás történhet az ELF protokoll alapján, amely az alábbi szempontokat veszi figyelembe: frissesség, geometriai pontosság, tematikus pontosság és teljesség vizsgálata (Elia 2018).

Több mérőszámmal is jellemezhető egy digitális térkép megfelelősége. Klasszikus értelemben ezek a pontosság, precizitás, következetesség és teljesség, amelyek vizsgálhatóak térbeli, időbeli és témabeli vonatkozásban (Veregin 1999). További jellemzők lehetnek az érvényesség, időszerűség és hozzáférhetőség. További adatminőség leírására szolgáló szempontokat szolgáltatnak a különböző szabványok, mint például az ISO 19100, illetve az ISO 19113, amely alapján megkülönböztethetünk kvantítatív, vagy nem kvantitatív (áttekintő) paramétereket (Ivánová 2007).

Ahhoz, hogy a mintaterületekre meghatározott pontossági mérőszámot általánosítani is lehessen, a korábban említett klasszikus értelemben vett tényezők mellett újabb paramétereket is szeretnék figyelembe venni. Ilyen például a térképezés módja (navigációs GPS, felüldigitalizálás, egyéb) és a térképező tapasztalata. Bár közvetlenül nem lehet megmondani, hogy az egyes felhasználók milyen szinten jártasok a digitális téradatok előállításában, mégis lehetőség van megismerni a közösségi hozzájárulásaik aktivitásának számát, mely utalhat a tapasztalatukra.

Ezen paraméterek alapján, illetve a jellegzetes hibákat is figyelembe véve meghatározható egyetlen, legfőképpen statisztikai módszereken alapuló mérőszám, amely egy közösségi térkép adott területére ad számszerű jellemzést a pontosság megítélésére, figyelembe véve az adatok felhasználását, illetve az adott területen a térkép jellegét. A modellben bevezetésre kerülne a Fuzzy-logic, amely lehetővé tenné az osztályok közötti könnyebb átjárhatóságot bizonytalan esetekben, így a hasznos, de nem kellően pontos információk sem vesznének el (Nelson et al. 2021).

Eredmények

Közismert tény a geodéták körében, hogy jelenleg a Magyarországon elérhető hivatalos állami ingatlan-nyilvántartási alaptérképek pontossága több esetben (különösen külterületen és vidéki falvak esetében) meghaladja az utasításokban megengedett értéket. Ezért is van, hogy nagyobb cégek is nem az állami alapadatra épülő helyszínrajzot használják fel a munkáikhoz, hanem az ingyenesen elérhető közösségi térképeket (például Magyar Közút Nonprofit Zrt.). Egy ár-pontosság görbe segítségével szeretném vizsgálni a cégek döntésének racionalitását. Ez alapján számszerűsíthető, hogy tényleg versenyképes-e a hiteles állami alapadatokkal

szemben egy ingyenesen elérhető és közösség által szerkesztett térkép. Célom, hogy a pontossági vizsgálat általánosításával a mérőszám útmutatást adjon az adott térkép felhasználhatóságával kapcsolatban, hiszen különböző feladatokhoz különböző pontosság szükséges.

Az egzakt mérőszám lehetőséget biztosít továbbá a korábban említett egylépcsős validálási folyamat továbbfejlesztésére, megbízhatóbbá tételére.

Felhasznált irodalom

Elia, A. (2018): A quality comparison between professional and crowdsourced data in emergency mapping for potential cooperation of the services. URL: www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/22797254.2018.1460567?fbclid=IwAR2RQIk7Z3gtGsUM7dINHkVZuQIkFZzlxJWUwTn7FoeGQmC5FNiLqHWofsk

Ivánová, I. (2007): Modelling of the data quality in the spatial domain. Slovak Journal of Civil Engineering, pp. 28-34

Nelson, M. D. – Garner, J. D. – Tavernia, B. G. – Stehman, S. V. – Riemann, R. I. – Lister, A. J. – Perry, C. H. (2021): Assessing map accuracy from a suite of site-specific, non-site specific, and spatial distribution approaches. Remote Sensing of Environment, 260, 112442

Vestrope, C. – Banick, R. – Levine, M. (2014): Groundtruthing OpenStreetMap Building Damage Assessment. Procedia Engineering, 78, pp. 29–39

Veregin, H. (1999): Data Quality Parameters. Geographical Information Systems, 1, pp. 177–189.

Napkelte és napnyugta adatainak modellezése történelmi események rekonstrukciójához

Gyenizse Péter[1] – Pap Norbert[2] –Kitanics Máté[3] – Szabó Tibor[4]

[1] egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gyenizse@gamma.ttk.pte.hu
[2] egyetemi tanár, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, pnorbert@gamma.ttk.pte.hu
[3] tudományos munkatárs, PTE Szentágothai János Kutatóközpont, Történeti és Politikai Földrajzi Kutatási Centrum, kitanics1@gmail.com
[4] doktorandusz, PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola, szabotibor12@gmail.com

Absztrakt: A Nap látszólagos égi járása, kelése és nyugvása viszonylag pontosan számolható számos szoftverrel, így GIS szoftverekkel is. Azonban ezen szoftverek általában nem vesznek figyelembe több módosító tényezőt. Ezért a történeti leírásokban említett napkelték és napnyugták számítására és az ezzel kapcsolatos események kronologizálására csak korlátozottan alkalmasak. Jelen módszertani tanulmányban röviden bemutattuk a napkelte és napnyugta számítást, valamint az azt módosító tényezőket (domborzat, horizontdepresszió, légköri refrakció, naptár váltás stb.), amelyeket figyelembe kell venni egy évszázadokkal ezelőtti jelenség rekonstruálásához, akár geoinformatikai számítások esetén is.

Bevezetés, célkitűzés

Az elmúlt években több esetben találkoztunk olyan megoldandó feladattal, ami a Nap látszólagos mozgásának modellezését igényelte geoinformatikai szoftverben. Napjainkban ez leginkább a napelemek telepítése és teljesítményük előrejelzése miatt került az érdeklődés középpontjába, azonban bennünket inkább a régebbi, évszázadokkal ezelőtti napkelték és napnyugták érdekelnek.

A napkelték és napnyugták iránya, időpontja számos történeti leírásban szerepel, mint térbeli, illetve időbeli tájékozódási pontok. Ilyen például I. Szulejmán halála pontos időpontjának meghatározása, vagy középkori templomok keletelésével, így létesítési dátumával kapcsolatos kérdéskörök is.

Azonban a középkori napkelték és napnyugták időpontja korántsem biztos, hogy pontosan megegyezik a mai naptárak, csillagászati évkönyvek, vagy internetes előrejelzések időpontjával. Ennek csillagászati és földrajzi okai vannak.

Ezen dolgozatban bemutatjuk a napkelték és napnyugták alapvető számítási módszerét, majd foglalkozunk a módosító tényezőkkel, amelyek számításához geoinformatikai szoftvert és szabadon letölthető domborzati modellt is igénybe vehetünk.

A napkelte vagy napnyugta irányának és időpontjának közelítő meghatározása a csillagászati horizonton

Először egyszerűsítsük le a napkelték és napnyugták irányának számítását egy primitív modellre. Ebben a modellben a Föld egy lapos korong (a csillagászati horizont síkja) és nem zavarja a megfigyelést a Föld görbülete, a domborzat és a légkör.

A hétköznapi életben emlegetett általánosítás, miszerint a Nap keleten kel és nyugaton nyugszik, csak nagyvonalakban igaz. A Nap csak a napéjegyenlőségek időpontjában (és egy tereptárgy nélküli síkságról nézve) kel pontosan keleten és nyugszik nyugaton. A nyári félévben ettől északabbra, míg a téli félévben ettől délebbi irányban látszik felkelni és lenyugodni a látóhatáron. A csillagászatban tágasságnak nevezik a Nap legészakibb és legdélibb kelésének iránya közötti azimut szögeltérést. A Nap tágassága a megfigyelőhely földrajzi szélességétől függ. Az Egyenlítőn a legkisebb és folyamatosan nő a sarkok felé.

A számításhoz használt képlet a geocentrikus horizontális és a második ekvatoriális koordinátarendszer közötti átszámításnál használt ún. csillagászati háromszögből vezethető le (Marik 1989):

$$\cos \mathrm{Az} = -\frac{\sin\delta - (\sin\phi * \sin\ \mathrm{h})}{\cos\phi * \cosh} \tag{1}$$

Ahol ***Az*** a Nap azimutja (horizontális szögérték a déli iránytól nyugat felé számítva 0°–360°), $\boldsymbol{\delta}$ a Nap deklinációja az adott időpontban, $\boldsymbol{\phi}$ a megfigyelő földrajzi szélessége, ***h*** pedig a Nap látszólagos horizont feletti magassága.

A Nap deklinációja az adott napra kiolvasható pl. a csillagászati évkönyvből, a földrajzi szélesség pedig egy atlaszból. Idealizált napkelte és napnyugta esetén h=0°, de a valóságban pl. a domborzat ezt módosíthatja (ld. később).

A napkelte és napnyugta időpontjának közelítő meghatározására a csillagászati horizonton az alábbi képletet használhatjuk (Marik 1989):

$$\cos \mathrm{t} = \frac{\sin \mathrm{h} - (\sin\delta * \sin\phi)}{\cos\delta * \cos\phi} \tag{2}$$

Ahol ***t*** a félnapi ív óraszögben mért hossza, ***h*** a Nap látszólagos horizont feletti magassága, $\boldsymbol{\delta}$ a Nap deklinációja az adott időpontban, $\boldsymbol{\phi}$ pedig a megfigyelő földrajzi szélessége.

A képlet segítségével a napkorong középpontjának kelésétől (horizont fölé emelkedésétől) a nyugvásáig tartó látszólagos napi ívének felét számoltuk ki fokokban mérve. A teljes napi ív az, amikor a Nap felkelés után egyre magasabbra emelkedik, a legmagasabb ponton delel, majd egyre alacsonyabbra kerülve végül lenyugszik. Ez éves periódusban változik, télen rövidebb, nyáron hosszabb. A félnapi ív hossza a helyi déli iránytól számítva a kelés, illetve a nyugvás helyéig tartó napi út hossza fokokban mérve. A Föld forgása ismeretében ezt át kell számolni időre.

A leírt idealizált modellben a Föld egy légkör nélküli, sík korong. Az eredmény közelíti a valóságot, de nem teljesen pontos. Számos egyszerű szoftver így számítja a napkelte és -nyugta időpontját és irányát.

Első módosító tényezőként meg kell jegyezni, hogy az említett számítások a kb. fél fok látszólagos átmérőjű napkorong középpontjára vonatkoznak, azonban a Nap alsó, vagy felső szegélye előbb, illetve később érinti a látóhatárt. Egy zavartalan napnyugta kb. 3,5 percig tart. Ennek elején a napkorong alja érinti a domborzati elemeket, tereptárgyakat is tartalmazó ún. égvonalat, a végén a napkorong teteje tűnik el (napkeltekor mindez fordított sorrendben zajlik). Feltehetően a történelmi korok megfigyelői leginkább a korong teljes eltűnését vették napnyugtának.

Földrajzi módosító tényezők

Ahhoz, hogy a valódi napnyugta időpontját ki tudjuk számolni, ismernünk kell a napnyugta irányában látszó domborzati viszonyokat, a Föld alakjából származó „felszín lehajlást" és a Föld légkörének fénytörő képességét. Amennyiben nem egy teljesen tökéletes sík, lapos és légkör nélküli Földre akarjuk elvégezni számításainkat, hanem a valódi formájú, változatos domborzatú és légkörű égitestre, akkor a napnyugta és napkelte iránya, valamint magassága módosításra szorul.

A horizontdepresszió és a Föld görbülete

A korábban ismertetett horizontális koordinátarendszerben végzett számítások során a Földet lapos korongnak tekintettük. A valóságban a megfigyelőnk kiemelkedik a „gömbölyű" Föld felszínéből és „lelát" a Föld oldalára, azaz lesüllyed a látóhatárra (horizontdepresszió), ami létrehozza a geometriai horizontot. A horizontdepresszió értéke kiszámolható az alábbi képlettel (Gábris et al. 1989):

$$\vartheta = \arccos \frac{R}{R+h} \tag{3}$$

Ahol ϑ a horizontdepresszió, R a Föld sugara és h a megfigyelőnek az aktuális földfelszín feletti magassága.

Mennyi a Föld sugara az adott földrajzi szélességen? Az általunk használt térkép vagy digitális domborzati modell vetületi alapfelülete (ellipszoid) bármely pontjának a Föld középpontjától mért távolságát megadhatjuk az alábbi képlettel, ha ismerjük az ellipszoid nagy- és kistengelyének hosszát, illetve a keresett pont földrajzi szélességét (Internet1):

$$D_{ellipszoid} = \sqrt{\frac{a^4\cos^2\Phi + b^4\sin^2\Phi}{a^2\cos^2\Phi + b^2\sin^2\Phi}} \tag{4}$$

Ahol **D** az ellipszoid távolsága a Föld középpontjától (azaz R földsugár); Φ az adott pont földrajzi szélessége, a a használt ellipszoid egyenlítői sugara, b az

ellipszoid sarki sugara. A távolságokat és sugarakat minden bemenő adatnál azonos mértékegységben kell megadni (pl. mindent méterben).

Refrakció

Ha a megfigyelőhelyünktől nagyobb távolságban lévő objektumot szemlélünk, akkor figyelembe kell venni a légköri hatásokat is. Ezek közül a legfontosabb a refrakció, azaz a fénytörés jelensége. A Föld légköre nem homogén, ezért sűrűsége és törésmutatója is változik pl. a felszín feletti magassággal. A refrakciós görbe megközelítőleg egy olyan körívnek tekinthető, aminek sugara csaknem nyolcszorosa a Föld sugarának. Ez a fénytörési jelenség a távolság függvényében „megemeli" a tereptárgyak szemünkbe jutó képét, azok távolságának függvényében. Más szóval, ezen légköri hatás miatt olyan objektumokat is láthatunk, amelyek egy légkör nélküli bolygón a látóhatárunk alatt maradnának.

Gauss a refrakciós együtthatóra (k) tapasztalati úton 0,13-at adott meg.

A refrakciónak másik érdekes következménye, hogy napkeltekor (vagy napnyugtakor), amikor a Nap felülről látszik érinteni a horizontot, akkor valójában még (illetve már) „teljes terjedelmével" a horizont alatt van, hiszen a refrakció értéke a horizonton nagyobb (kb. 36'36"), mint a Nap látszó szögátmérője (amely átlagosan 32'). A napkelte és napnyugta időpontjának kiszámításakor ezt a tényt is figyelembe kell vennünk.

A refrakció tényleges pillanatnyi értékét nagyon sok paraméter befolyásolja, pl. a levegő hőmérséklete, légnyomása, páratartalma, áramlása stb.

Amennyiben a térképi síkban ismerjük egy objektum tszf. magasságát és tudjuk, hogy a megfigyelőnktől ez milyen távolságra található, akkor az alábbi képlettel számíthatjuk ki a Föld görbületével és a közelítő refrakcióval korrigált magasságát (INTERNET2):

$$\text{aktuális tszf. magasság} = \text{eredeti tszf. magasság} - \frac{T^2}{2*\mathrm{R}} + k * \frac{T^2}{2*\mathrm{R}} \qquad (5)$$

Ahol ***T*** a keresett pontnak a megfigyelőtől mért távolsága a térképi síkon, ***R*** a Föld sugara, ***k*** pedig a refrakciós együttható. A mértékegységeknek azonosaknak kell lenni minden esetben.

Az időszámítást módosító tényezők

Az elmúlt évezredekben az időszámítást alapvetően csillagászati jelenségek megfigyelése alapján végezték, mint pl. a Föld keringése, forgása. Amennyiben ezek nem egyenletes sebességgel történnek (márpedig nem), akkor azok kihatással vannak az időszámítás pontosságára is.

A napok hosszának éves, periodikus változása

A Nap napi látszólagos mozgását a napórákkal is követhetjük, ami megadja a valódi szoláris időt. A mérőeszközök fejlődésével azonban kiderült, hogy a valódi

szoláris nap nem mindig ugyanolyan hosszúságú. A leghosszabb december 23-án (24h 00m 30s), a legrövidebb szeptember közepén (23h 59m 39s) (INTERNET3).

Miért nem egyenlő hosszúságúak a valódi szoláris napok? Egyrészt azért, mert a Nap körül keringő Föld pályája nem kör, hanem ellipszis és ezért a bolygónk pályamenti sebessége folyamatosan változik. Ezt innen a Földről úgy érzékeljük, hogy a valódi Nap nem egyenletesen mozog az ekliptikán a háttér csillagokhoz képest. Ennek kiküszöbölésére bevezették a Fiktív ekliptikai közép-Napot, ami egyenletes sebességgel jár körbe az ekliptikán. Azonban a Föld tengelyferdesége, azaz az égi egyenlítő és az ekliptika által bezárt szög is problémát okoz. Ha a Fiktív ekliptikai közép-Nap ekliptikai helyzetét levetítjük az égi egyenlítőre, akkor azt látjuk, hogy az a tavaszi és őszi napéjegyenlőségek idején kicsit lassabban, a téli és nyári napfordulók környékén pedig gyorsabban halad. Ezért vezették be a Fiktív egyenlítői közép-Napot, ami egy év alatt, egyenletes sebességgel jár körbe az égi egyenlítőn (egyenletesen változik a rektaszcenziója). Az általa megadott ún. középszoláris idő tehát már egyenletesen múlik, de a pontos mechanikus órák széleskörű elterjedése előtt a hétköznapi emberek nem tudták ezt mérni. Ha a napórákról leolvasható valódi szoláris időt át akarjuk váltani középszoláris időre, akkor ki kell számolnunk a közöttük aktuálisan meglévő időkülönbséget (**E**), azaz ún. időegyenlítést kell alkalmaznunk (INTERNET4):

$$E = -\left(9{,}87 * \sin\left(2 * \left(2\pi * \frac{d-81}{364}\right)\right) - 7{,}53 * \cos\left(2\pi * \frac{d-81}{364}\right) - 1{,}5 * \sin\left(2\pi * \frac{d-81}{364}\right)\right) \quad (6)$$

A ***d*** a naptári nap száma az évben (Gergely-naptár szerint).

Csak 1884 óta használunk zónaidőt!

A napórák által mutatott valódi szolárisidő ún. helyi idő, azaz csak adott földrajzi hosszúsággal rendelkező helyekre érvényes egy megadott időpont. A napórák által mutatott idő azonos időpillanatban még a szomszédos településeken is eltér egymástól. Az időkülönbség a földrajzi hosszúságkülönbségüktől függ.

A helyi idő használata egészen a 19. század második feléig nem okozott jelentős gondot. Ekkor azonban a közlekedés felgyorsulása (vasútépítés) miatt szükség lett a helyzet megreformálására. Nagy-Britanniában már 1840-ben bevezették a zónaidő rendszerét, de a nemzetközi szintű elfogadásra 1884-ben, a Washingtonban megrendezett Nemzetközi Meridián Konferencián került sor. Az időzónák elvi szélessége 15°, mert az felel meg a Föld egyórányi elfordulásának.

Az időzónák teljes területén használt zónaidő megegyezik az adott zóna középmeridiánjának középszoláris idejével. Azonban ha egy hely földrajzi hosszúsága eltér a középmeridiántól, akkor ez 1 fokonként 4 percnyi időeltérést jelent a helyi időben (pl. napóra).

Tehát a napórák által mutatott valódi szoláris idő (amit pl. a középkori emberek használtak időmérésre) és a mai karóráink által mutatott zónaidő között jelentős különbség lehet.

Naptári rendszerek különbségei és a naptárreform

A naptárkészítésben ún. időköröket használnak fel. Természetes időkörök a nap, holdhónap és év. Mesterséges a hét. Az elmúlt évezredek során számos módon próbálták összekombinálni ezeket az eltérő hosszúságú építőelemeket, így születtek meg a naptárak, amelyek fő típusai: a lunáris, a szoláris és a luniszoláris naptár.

Hazánkban érdekes probléma elé állítja a kutatókat, hogy számos török uralom alatt született dátum az iszlám lunáris naptár dátumait, időpontjait használja.

Az iszlám naptár és a Gergely-naptár évei közötti átszámítás például az alábbi képlettel tehető meg (Internet5):

$$G \approx \frac{32*M}{33} + 622 \quad \text{ahol} \quad M \approx \frac{33*(G-622)}{32} \tag{7}$$

Ahol ***M*** az iszlám naptár szerinti év, ***G*** pedig a Gergely-naptár szerinti év.

1582. október 4-én emelkedett törvényerőre XIII. Gergely pápa naptárreformja, amely a Julián-naptár időszámítási rendszerének javítását szolgálta, mivel az évente 11 perc 14 másodperccel késett. Ez a 16. században már 10 napra rúgott. Ezt úgy oldották meg, hogy a százassal végződő évek közül csak azokat hagyták szökőév kategóriában, amelyek 400-zal is oszthatók, a többi 3 elveszti szökőév jellegét. Az 1582-ig felhalmozódott eltérés megszüntetésére 1582. október 4. után 15-ét írtak (Hahn 1983).

A Gergely-naptárt visszamenőleg nem érvényesítették, tehát a bevezetése előtti időszakot és így az időszámításunk előtti éveket is a Julián-naptár szerint számoljuk (Ponori Thewrewk 1982). Itt figyelni kell arra, hogy 1582-től időben visszafelé haladva a Gergely- és Julián-naptár közötti eltérés csökken!

További (bizonyos esetekben megfontolandó) időszámítási kérdések

A nap, mint időszámítási egység kezdete a történelem során sokszor változott. A görögök, a rómaiak és számos közel-keleti nép a mindennapos tevékenységhez igazodva, napfelkeltekor kezdték a napot. A vallási ünnepeket azonban, amelyek általában a Hold járásához igazodtak, már előző este megkezdték. A zsidó időszámítás napja napnyugtától napnyugtáig tartott, vallási ünnepei is már az előző nap estéjén kezdődnek és másnap este érnek véget. Az iszlám kalendáriumban is naplementekor kezdődik az új nap. Később, a római jogrendszer hatására vált egyre elfogadottabbá az éjféli napkezdet. Ha valamely kötelezettség vállalása szempontjából vitás lehetett a lejárat ideje, határpontnak éjfél volt a legalkalmasabb. Európában ez a napkezdet a 17. század óta lett általános, de (ókori hagyomány alapján) még úgy, hogy éjfélkor és délben újra kezdték számolni a 12–12 órát. Az egységes, 24 órás nap csak 1884 óta vált hivatalosan használatossá, óráink szerkezete azonban még az ókori kettős beosztásnak felelnek meg.

Az órák hossza sem volt mindig egységes. A görög hora szót időtartam (óra) értelemben először Kr.e. 350–300 körül említik, de az akkori órák évszaktól

(nappalok és éjszakák változó hosszától) függően eltérő hosszúságú, ún. természetes órák voltak. Az azonos hosszúságú órák (horae aequinoctiales) használata a Kr.u. 2. században kezdődött, de még a középkorban is csak tudományos célokat szolgált (Hahn 1983).

Jó hír jelen esetben, hogy a napkelték és napnyugták történeti adatainak számításakor nem kell figyelembe venni a Föld lassulásából származó ún. ΔT–t. Rossz hír viszont, hogyha a történelemben gyakran feljegyzett napfogyatkozások alapján szeretnénk kronologizálni egy eseményt, akkor mindenképpen számolni kell vele. A ΔT–t megkaphatjuk, ha az adott időpontban érvényes, atomórákkal mért ún. földi dinamikus időből (Terrestrial Dynamic Time, TT) kivonjuk a világidőt. A földi dinamikus időt pontosan vissza tudjuk számolni a múlt bármelyik időpontjára (mivel egyenlő hosszúságú SI másodpercek sorozatából áll), de a Föld forgási egyenetlenségei által terhelt világidőt nem. A távcső feltalálása utáni (nagyjából az 1650-es) évek óta vannak olyan csillagászati megfigyelések, amelyek segítségével a ΔT-t kisebb-nagyobb pontatlansággal meg lehet határozni. Korábbi időszakokra csak közelítő modellek léteznek, amelyek annál nagyobb hibával adják meg a ΔT értékét, minél jobban távolodunk a jelentől (Marik 1989).

Az általunk is vizsgált középkori események időszakában a ΔT az alábbi képlettel számolható ki közelítőleg (Internet6):

$$\Delta T = 1574{,}2 - 556{,}01 * u + 71{,}23472 * u^2 + 0{,}319781 * u^3 - 0{,}8503463 * u^4 - 0{,}005050998 * u^5 + 0{,}0083572073 * u^6 \quad (8)$$

ahol y = év + (hónap – 0,5)/12 , illetve u = (y – 1000)/100.

Egy középkori napnyugta adatainak kiszámításakor használt lépések

A konkrét számítás bemutatására most nincsen megfelelő terjedelem, de az elméleti lépések így következnek egymás után:

- az adott naptári rendszer dátumát átszámoljuk a ma használatos dátumra (pl. *Képlet 7*., vagy Julián- és Gergely-naptár különbsége) és kiszámoljuk, kikeressük a Nap deklinációját a kérdéses napra,
- meghatározzuk a megfigyelési pont földrajzi koordinátáit és tszf. magasságát,
- kiszámoljuk a napnyugta közelítő irányát a *Képlet 1*-el,
- letöltjük a számításhoz használt szoftvert (pl. QGIS) és terepmodellt (pl. EU DEM),
- feltelepítjük a QGIS-be a szükséges kiegészítő modulokat (Shape Tools, qProf),
- vektoros rétegeken megadjuk a kilátópont helyét (pont réteg) és a napnyugta irányát (vonal réteg),
- a szükséges méretűre vágott terepmodell minden pixelére kiszámoljuk azok megfigyelőhelytől (pont) mért távolságát,
- majd a pixelek magasságát módosítjuk a föld görbületével és a refrakcióval (*Képlet 5*.),

- aztán kiszámoljuk a megfigyelő és a módosított pixelek magasságkülönbségét,
- majd azoknak a látszólagos horizonttal bezárt szögét a *Képlet 3*-al, amiből a napnyugta irányát mutató vonal alól kiolvasott metszet (qProf) legmagasabb értékkel rendelkező pontja adja meg az adott napon a naplemente égvonalának azon pontját, ami naplementekor eltakarja a Napot,
- ezzel módosítjuk a *Képlet 1*., majd a *Képlet 2*. h értékét, az így kapott napnyugta ideje már tartalmazza a domborzati és légköri módosító hatásokat,
- az időegyenlet (*Képlet 6*.) használatával átszámoljuk a valódi szoláris időt középszoláris időre, majd a földrajzi hosszúság ismeretében zónaidőre (figyelembe véve esetleg a nyári időszámítást is),
- majd korrigáljuk a napkorong középpontjára vonatkozó számításokat és az égitest teljes terjedelemben történő lenyugvását vesszük figyelembe,
- amennyiben szükséges, akkor pedig módosítjuk az órák hosszát és nem a ma használatos, egyenlő hosszúságú órákban számolunk, hanem az évszaktól függően változó hosszúságú, ún. természetes órákban.

Felhasznált irodalom:

Hahn I. (1983): Naptári rendszerek és időszámítás. Gondolat, Budapest.

Gábris Gy. – Marik M. – Szabó J. (1989): Csillagászati földrajz, Tankönyvkiadó, Budapest.

Marik M. (1989): Csillagászat, Akadémiai Kiadó, Budapest.

Ponori Thewrewk A. (1982): Naptárunk története, TIT Planetárium, Budapest.

Internet1 – https://www.summitpost.org/distance-to-the-center-of-the-earth/849764 (megtekintés: 2022. szeptember 29.)

Internet2 – https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/3d-analyst/using-viewshed-and-observer-points-for-visibility.htm (megtekintés: 2022. szeptember 29.)

Internet3 – https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-pallas-nagy-lexikona-2/n-12D43/nap-12EB7/?list=eyJmaWx0ZXJzIjogeyJNVSI6IFsiTkZPX0xFWF9MZXhpa29ub2tfMiJdfSwgInF1ZXJ5IjogIm5hcCJ9 (megtekintés: 2022. szeptember 29.)

Internet4 – https://hu.wikipedia.org/wiki/Id%C5%91egyenlet (megtekintés: 2022. szeptember 29.)

Internet5 – https://hu.wikipedia.org/wiki/Muszlim_napt%C3%A1r (megtekintés: 2022. szeptember 29.)

Internet6 – https://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEhelp/deltatpoly2004.html (megtekintés: 2022. szeptember 29.)

Gépi tanulási módszerek alkalmazása a zöldfelületek azonosításában Debrecen példáján

Juhász Bálint Bence[1] – Szabó Szilárd[2]

[1] PhD-hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, juhasz.bence@science.unideb.hu
[2] Egyetemi tanár, Intézet igazgató, tanszékvezető, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék

Abstract: In this research, we investigated which classification algorithms give better results in the identification of urban vegetation. Random Forest and the Support Vector Machine algorithms were tested. We also investigated whether the classification will be more accurate on original satellite images or based on the NDVI index as inputs using Sentinel-2 satellite images from 2018 and 2019. 8 models were developed in the R software environment. Overall accuracy was determined with the repeated k-fold cross-validation. Support Vector Machine classification algorithm provided the best results in case image of 2018. Based on the results and the accuracy assessment, the two dates had a major influence on the results obtained. While in 2018 the accuracy was higher, but the associated variance was also high, in 2019 the models were more inaccurate and the variance was also lower. However, that the differences were within 0.5%. In this respect, the 2019 data provided better, more reliable results, even though they produced slightly weaker results.

Bevezetés

Az utóbbi években a globális klímaváltozás szemmel látható jelei miatt nagymértékben felértékelődött a környezetvédelem szerepe és a környezet folyamatos monitoringja. A gyorsan változó időjárási jelenségek hatására a városi zöldterületek negatív irányú elmozdulása szemmel látható, a területi kiterjedésüket tekintve. Mindannyiunk számára fontos mind a városi mind pedig a város környéki zöldterületek megléte, mivel ezek alkotják az úgynevezett zöld infrastruktúra fontos hányadát (Gallent et al. 2016). A távérzékelési módszerek jól alkalmazhatók múlt és a jelen feltárásában és így a jövő biztosításában is majd, a releváns földfelszíni jellemzők jövőbeni rendszeres értékelésében (Kristóf et al. 2017). Az elmúlt években megnőtt a száma az ezzel foglalkozó kutatásoknak, népszerűvé váltak a felhasználóbarát programozási környezettel rendelkező szoftverek. Ennek a legfőbb oka, hogy a nagyobb teljesítményű számítástechnikai eszközök szélesebb körben elérhetővé váltak, továbbá rendelkezésre állnak az ingyenes műholdas adatok (Abdi 2019).

A zöldterületek folyamatos változása Debrecen városra igaz. A település ősi magja ár- és belvizektől mentes terület volt. Kialakulásakor mikrorelief nagyban korlátozta a beépített területek növekedését, viszont ennek hatása idővel fokozatosan csökkent. (Gyenizse et al. 2014), így a fokozatos városfejlődéssel szaporodtak a városi zöldfelületi részek is a településen. Mivel több lehetőségünk is van ennek

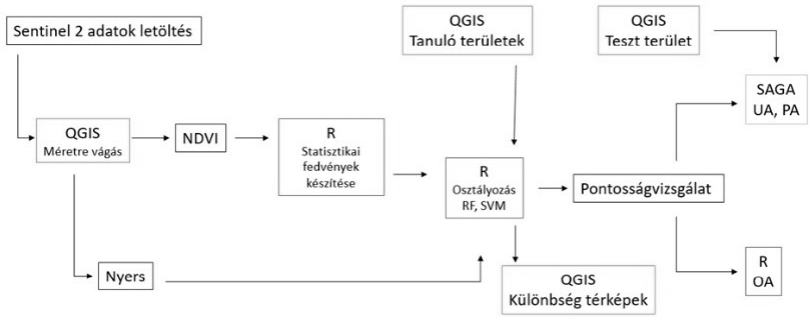
megfigyelésére, el kell döntenünk, hogy milyen típusú adatból és milyen módszerrel dolgozzunk, hogy a legpontosabb eredményt kapjuk. Ebben a kutatásban erre keresem a választ. Debrecen zöldterületeit vizsgáltuk műholdfelvételen történő beazonosítás illetve osztályozás szempontjából. Két típusú adattal dolgoztunk, az egyik az eredeti műholdfelvétel (L2A), a másik az NDVI spektrális indexből származtatott statisztikai réteg. A vizsgálat során két osztályozó algoritmust teszteltem az adatokon, melyek a Random Forest és a Support Vector Machine. A fő kérdés az, hogy milyen alapadaton milyen osztályozó algoritmus használatával kaphatjuk a legpontosabb eredményt.

Anyag és módszer

A Copernicus program Sentinel 2 műholdjai segítséget nyújtanak nemcsak a felszínborítástérképezéséhez, hanem akár a termésbecslés hatékonyságának felméréséhez, vagy az éghajlat változás hatásainak megfigyeléséhez is. A szenzor 13 spektrális sávban rögzít adatokat így alkalmas különböző spektrális indexek és növényi mutatók meghatározására, ezáltal alkalmas a kutatáshoz. 2018-ból és 2019-ből választottunk felvételeket L2A feldolgozási szinten. A felhőzöttség több esetben is kitakart a mintaterült egy részét vagy egészét, így végül tizenkét darab felvétel állt rendelkezésre 2018-ból és tizenöt 2019-ből.

Minden időpontra elkészítettük az NDVI rétegeket is, majd az indexekből statisztikai rétegeket hoztunk létre: évenkénti összesítésben a pixelértékekből átlagot, szórást, mediánt, minimumot és maximumot számoltunk minden egyes képpontra. A nyers felvételek esetében mindkét évben egy felvételt választottunk ki, lehetőleg tavasz végi nyár eleji. időszakból, amikor a vegetációs aktivitás nagy volt a területen. Ezt követően tanulóterületeket vettünk fel: erdő; park- és gyepterületek; utak és parkolók; illetve épületek. Az elemzés R 4.2-ben végeztünk el. Random Forest és a Support Vector Machine osztályozókat használtunk és az input adatok kombinációiban végül nyolc modell készült el. A tematikai pontosságot az előállítói (Producer's Accuracy) és a felhasználó pontossággal (User's Accuracy) jellemeztük. A validáció további elemeként az általános pontosságot is meghatároztuk k-szoros keresztvalidációval.

A munkafázisokat az *1. ábrán* foglaltuk össze.



1. ábra Munkafázisok

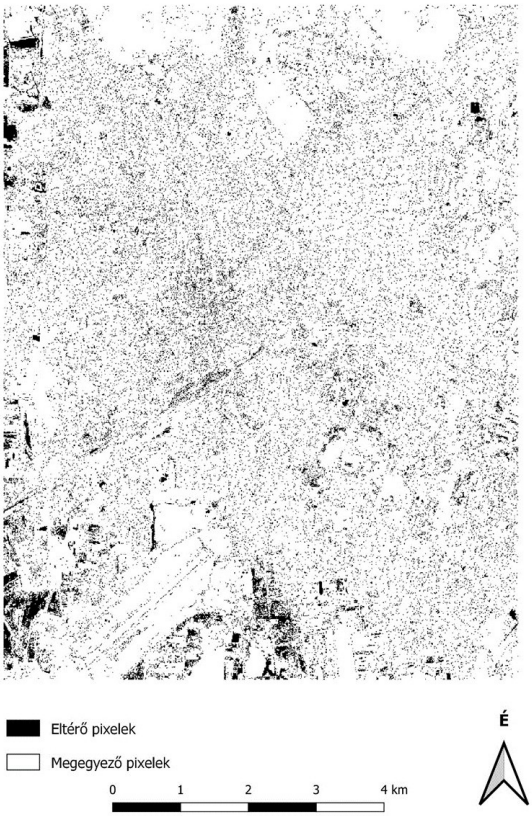
Eredmények

A modellek elemzése és pontosság vizsgálata után kiderült, hogy a legpontosabb eredményt az NDVI indexből származtatott statisztikai adatokból készített fedvény adja Support Vector Machine osztályozás elvégzése után. Itt láthatók a már bemeneti adaton végzett Random Forest (*2. ábra*) és Support Vector Machine (*3. ábra*) osztályozások eredményeiből készült tematikus térképek, illetve kettőből kivonással elkészített különbség térkép. A két algoritmussal készült tematikus térképek hasonlók voltak, de helyenként a különbségek jelentősek voltak. Mindkét esetben előfordultak jellemző hibák, mint a repülőtér pályái, illetve az utak és parkolók dominanciája, főleg a Csapókert városrészen található kertes házak udvara került az út kategóriába, de ez a hiba a felbontásból is adódhat. Az erdők és a gyepterületek azonosítása jól sikerült (*1. táblázat*). A legnagyobb különbség az algoritmus között a repülőtértől keleti irányban található szántóföldek esetében jelentkezik, amíg a Random Forest épületként, addig a Support Vector Machine útként kategorizálta azokat.

A pontosságvizsgálaton az erdő teljesített a legjobban, a leggyengébb pontosságot pedig az út kategória hozta, de mivel a vizsgálatunk a bemeneti adat is NDVI indexen alapul így érthető, hogy a zöldterületet alkotó kategóriák magas pontossága várható volt.

2. ábra 2018. évi statisztikai adatokból Random Forest osztályozással készült tematikus térkép

3. ábra 2018. évi statisztikai adatokból Support Vector Machine osztályozással készült tematikus térkép

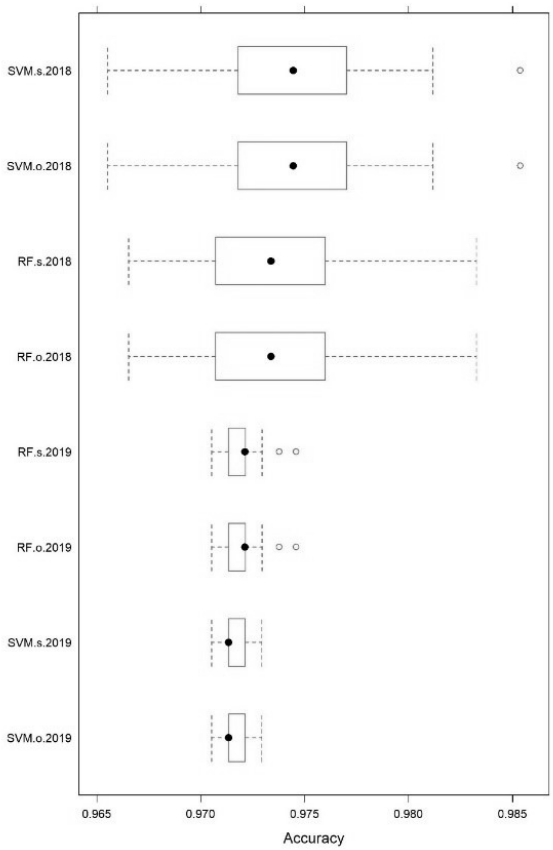


4. ábra A 2018. évi statisztikai adatokból előállított Random Forest és Support Vector Machine osztályozások eredményének különbség térképe

1. táblázat 2018. évi statisztikai adatok Random Forest és Support Vector Machine pontosságvizsgálata, Saját szerkesztés (F.A.: Felhasználói Pontosság, E.P. Előállítói pontosság)

Osztály	Random Forest		Support Vector Machine	
	F.P.	E.P.	F.P.	E.P.
Erdő	100.00	97.45	100.00	98.25
Park, gyep	96.82	99.85	97.90	99.85
Út, parkoló	66.94	79.04	78.50	80.00
Épület	94.64	90.26	94.87	94.64

A különbség térképen jól kivehető a Nagyállomáson található sínek továbbá a nagy pontsűrűség a beváros területén, itt más kategóriába sorolta ezeket a két osztályozó algoritmus (*4. ábra*). Az erdő területeken mindkét esetben jó kategóriába sorolás történt. Számszerűsítve 68793 darab pixel esetében volt eltérés a 753452 darab pixelből. Tehát a két osztályozás eredményei 90,87%-ban megegyeznek.



5. ábra Általános pontosság

Az általános pontosság (*5. ábra*) harminc modellből állt elő és eszerint a 2018. évi NDVI indexből számított statisztikai adatokon végzett Support Vector Machine osztályzás lett a legpontosabb. Ugyanakkor a szórás magas, ami az eredmények bizonytalanságára utalhat, de ne hagyjuk figyelmen kívül, hogy ez még magasabb szinten van a Random Forest osztályozások esetében. A grafikon alsó felében látható modellek kisebb szórással rendelkeznek, de átlaguk is kisebb pontosságot ér el. Ez összefüggget a műholdfelvétel dátumával. 2018-ban csak áprilistól lehetett alkalmas műholdfelvételeket letölteni, mivel korábban közrejátszott felhőzöttség a mintaterületen. 2019-ben viszont január kivételével minden hónapban volt alkalmas műholdkép.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a TKP2020-NKA-04, a KKP 144068 és az NKFIH K 138079 projektek támogatták.

Felhasznált irodalom

Abdi A. M. (2019): Land cover and land use classification performance of machine learning algorithms in a boreal landscape using Sentinel-2 data. GIScience & Remote Sensing, 57(1), pp 1–20.

Gallent N. – Bianconi, M. – Andersson, J. (2006): Planning on the Edge: England's Rural-UrbanFringe and the Spatial-Planning Agenda. Environment and Planning B: Urban Analytics and Science, 33(3), pp. 457–476.

Gyenizse P. – Bognár Z. – Czigány Sz. – Elekes T. (2014): Landscape shape index, as a potential indicator of urban development in Hungary. Landscape & Environment, 8(2), 78–88.

Kristof, D. – Belenyesi, M. – Olasz, A. (2017). Retrospective analysis of long-term landscape evolution based on archive satellite imagery and historical maps. 9th International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images (MultiTemp).

A talajvíz minőségének állapotfelmérése Mezőkövesd település példáján

Juhász Dániel

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

Bevezetés

Az elmúlt években a vízminőséggel kapcsolatos vizsgálatok egyre fontosabb részét képzik a hazai és nemzetközi környezeti kutatásoknak (Szabó et al. 2010; Bora – Goswami 2017; Bouslah et al. 2017; Farsang et al. 2017; Mester et al. 2017, 2021; Judeh et al. 2021; Balla et al. 2022). A monitoring adatok Földrajzi Információs Rendszerekben (GIS) való megjelenítése különböző geovizualizációs technikák alkalmazásával pedig a környezeti kutatások fontos részévé vált (Balla et al. 2015, 2016). A vízminőség adatok alapján létrehozott tematikus térképek így átfogó képet adnak az adott környezeti problémáról, valamint kiváló értékelési és kommunikációs eszközök (Stigter et al. 2006; Szabó et al. 2018; Barkat et al. 2021).

A városias és a vidéki területek talajainak szennyeződése, felszín alatti vizeinek nitrogén terhelése az utóbbi években a Föld vízkészleteinek csökkenésével környezetvédelmi szempontból egyre jelentőseb problémaként jelentkezik (Szabó et al. 2002; Moodley et al. 2017). A terhelés oka elsősorban a háztartásokban keletkező kommunalis szennyvíz elszivárgásából származik (Kringel et al. 2016; Nemčić-Jurec et al. 2017). Azon a települések talajvízkészlete, amelyek nem rendelkeznek kiépített szennyvízcsatorn-hálózattal jelentős nitrogén terhelést kapnak (Szabó et al. 2016; Mester et al. 2019, 2022). A vízben való könnyű oldhatóságának köszönhetően a nitrogén a beszivárgási helyétől könnyen leszivárog a mélyebben fekvő vízadó rétegekbe (Heatwole – McCray 2007).

Az Európai Uniós csatlakozása után Magyarországnak a tagsággal járó egyik kötelezettségének eleget téve megvalósította a szennyvízelvezetés- és tisztítás megvalósítását. A tanulmányomban vizsgált településen is végbementek a beruházások, 2014-re elkészült a város teljes területét lefedő szennyvízcstorna hálózat kiépítése. A kiépítést követően azonban nem történt a teljes települést lefedő tlajvízminőség-vizsgálat, mely információt szolgáltatna a beruházás pozitív környezeti hatásairól.

Jelen tanulmányomban ezért arra a kérdésre kerestem a választ, hogy a szennyvízcsatorna hálózat kiépítése hogyan befolyásolta az egyes vízminőségi paraméterek koncentrációját és térbeli alakulását.

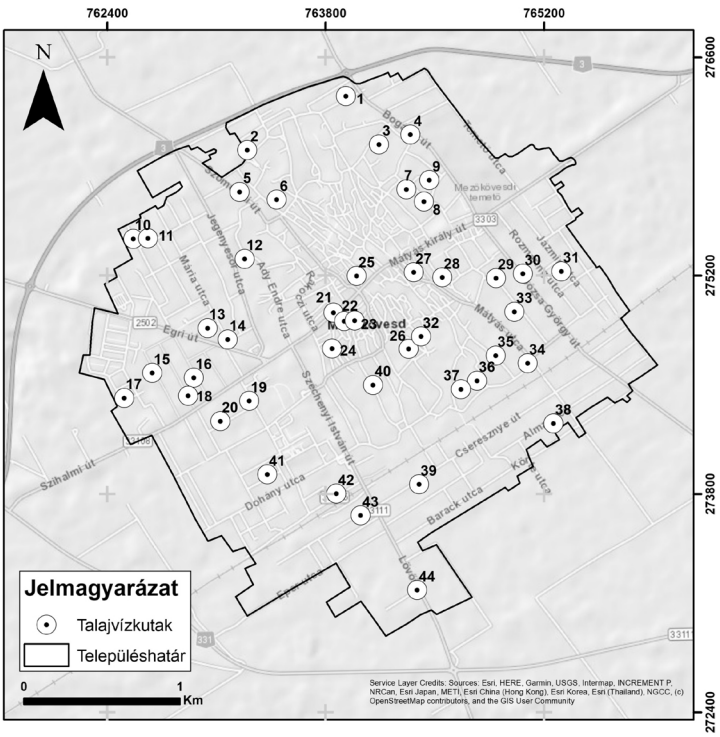
Anyag és módszertan

Mintaterület bemutatása

A vizsgálatba vont településMezőkövesd, a település közigazgatási területe a Borsodi-Mezőség és az Egri-Bükkalja kistájakon helyezkedik el. Viszont a település belterülete, ahol a mintavételezések is történtek teljes területével a Borsodi-Mezőség hordalékkúpjain található (Dövényi 2010). A település lakosságszáma 16357 fő (KSH 2021).

A vízmintavétel és a labortóriumi vizsgálatok

A mintavételezés 2021 áprilisában történt, összesen 44 talajvízkút bevonásával (*1. ábra*). A kutak kiválasztásában fontos szempont volt, hogy a település teljes területének egyenletes lefedése megvalósuljon. A begyűjtött vízminták analitikai elemzését a Debreceni Egyetem Földtudományi Intézetének Komplex Laboratóriumában végeztem el. A laboratóriumi mérések során a kommunális szennyvizek legfontosabb szennyezőanyagait határoztam meg.



1. ábra A mintaterület és a mintavételi pontok elhelyezkedése

A tanulmányban a talajvíz a foszfát (PO_4^{3-}) és nitrát (NO_3^-) koncentrációját ismertetem, mivel a labori mérések után csak ez a két paramétet rendelkezett határérték feletti értékekkel. A kapott eredmények statisztikai vizsgálatát a SPSS 22 szoftver segítségével végeztem el. A szennyezők térbeli alakulásánk ábrázolását és elemzését ArcMap 10.4.1, valamint Surfer 12 szoftverek segítségével végeztem el.

Eredmények

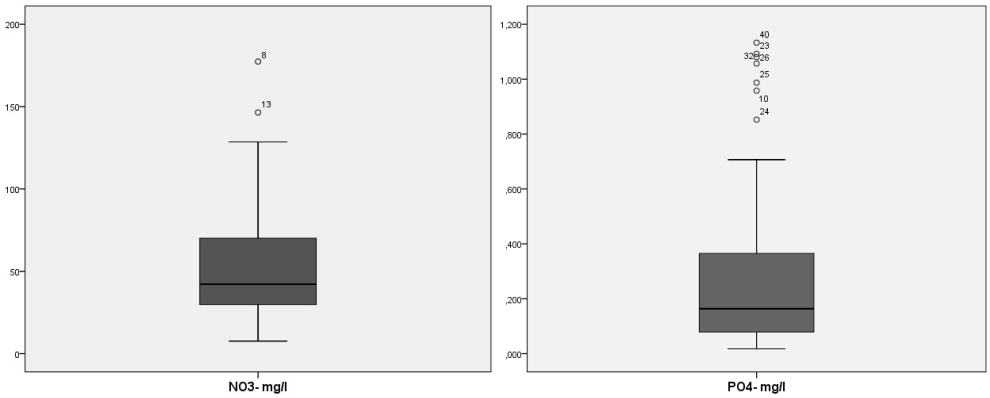
A mintavételezési adatok alapján elkészítettem a vizsgált paraméterekre vonatkozó alapstatisztikai vizsgálatokat, többek között meghatároztam az átlag, maximum, minimum, valamint az alsó és felső kvartilis értékeit (*1. táblázat*).

A nitrát esetében jelentős különbségek mutatkoznak az egyes kutak értékei között. Az alsó kvartilis értéke a szennyezettségi határérték alatt (28,93 mg/l) míg a felső kvartilis értéke (71,45 mg/l) a vonatkozó 50 mg/l-es határérték felett alakult. Az 2021 tavaszi állapot koncentrációinak az átlagértéke is a 6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együtttes rendeletben előírt 50 mg/l fölött alakult.

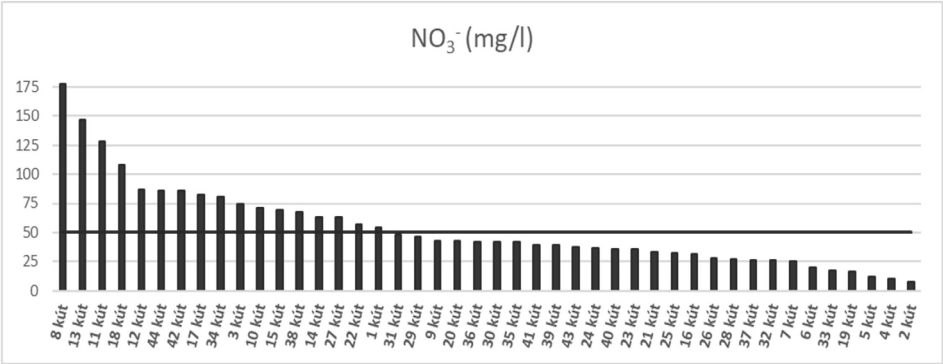
A foszfát alsó kvartilis értéke is a meghatározott szennyezettségi határérték alatt (0,08 mg/l) található a nitráthoz hasonlóan. Viszont a a másik vízkémiai paraméterrel ellentétben a felső kvartilis értéke (0,41 mg/l) sem éri el az ide vonatkozó szennyezettségi határértéket. Az adatokat boxplot diagramokon ábrázoltam (*2. ábra*).

1. táblázat A vizsgált vízkémiai paraméterek leíró statisztikája

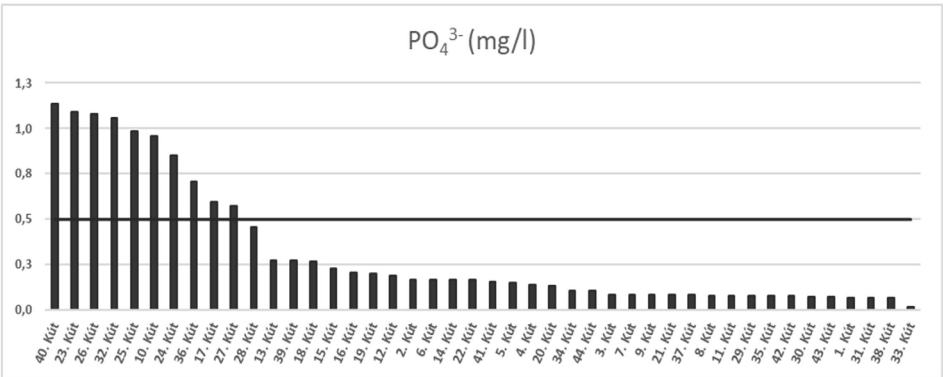
Paraméter	Átlag	Minimum	Maximum	Alsó kvart.	Felső kvart.	Határérték
NO_3^- (mg/l)	53,36	7,61	177,38	28,93	70,45	50
PO_4^{3-} (mg/l)	0,31	0,02	1,13	0,08	0,41	0,5



2. ábra A nitrát és a foszfát boxplot diagramja



3. ábra A nitrát koncentrációjának változása kutanként



4. ábra A foszfát koncentrációjának változása kutanként

A vizsgált 2 paraméterből a nitrát (NO_3^-) esetében az átlagérték meghaladja a vonatkozó határértéket a kutak közel 50%-ban, míg a foszfát (PO_4^{3-}) esetében a kutak közel 25%-ban határérték feletti koncentrációt mutattam ki (*3-4. ábra*). A település talajvízkészletének szennyezettségét jól mutatja, hogy a nitrát maximum értéke 177,38 mg/l, míg foszfát maximum értéke 1,13 mg/l volt.

A két vízkémiai paraméter térbeli eloszlásának meghatározása érdekében két tematikus térképen ábrázoltam a mintavételi pontokhoz tatozó koncentrációkat. Az eredményeket az adatsorok alapján 4 kategóriába soroltam és színkódokkal láttam el. Az egyes szennyezettségi határértékek a nitrát-ion és a foszfát-ion esetében is kategória váltást jelentett (*5. ábra*).

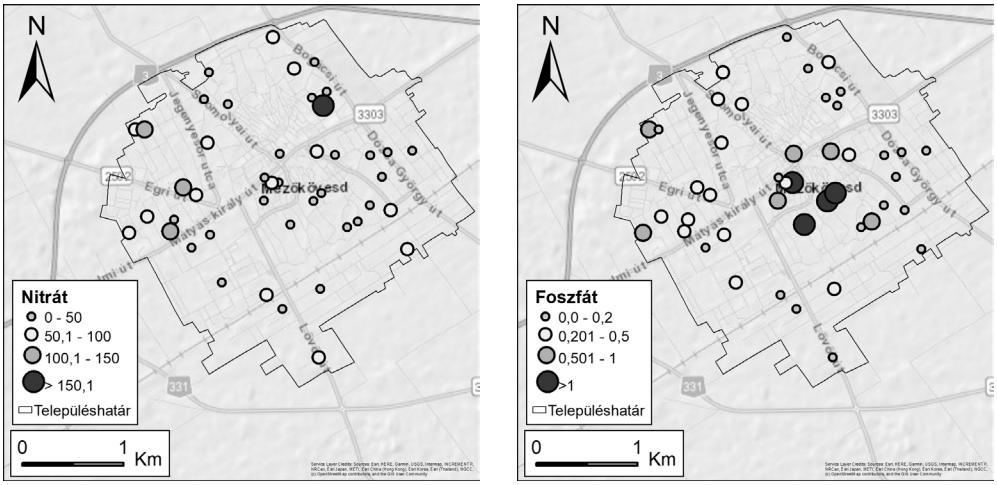
A nitrát koncentráció kategóriai változékonysága csak a két legalacsonyabb értékűre korlátozódik. Míg a foszfát esetében mind a négy kategóriai megjelenik. Ezáltal sokkal változékonyabb a koncentrációjának a területi elhelyezkedése.

A nitrát koncentrációk a település ÉK-i és ÉNy-i területein mutatták a legmagasabb értékeket. Az ÉK-i területen jól megfigyelhető, hogy a koncentrációk mértékét tekintve homogén területet alkotnak. Ehez hasonló területet lehet megfigyelni

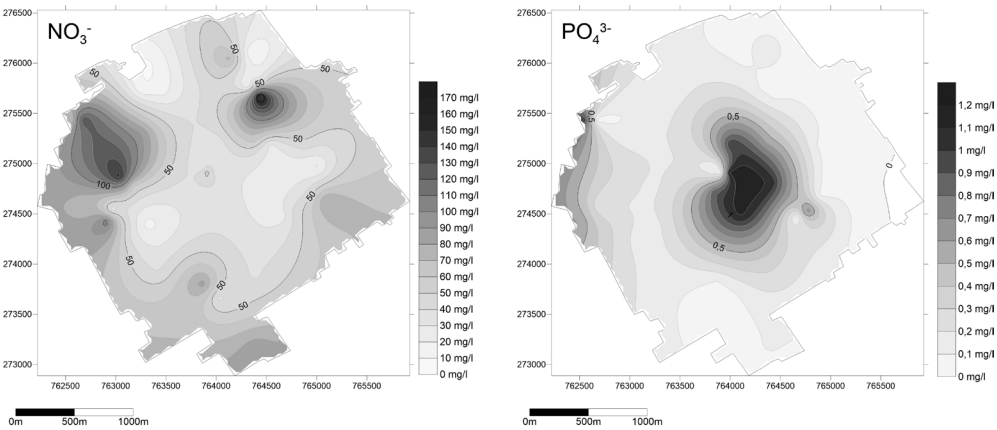
a mintaterület délebbre fekvő részén található sávjában. A foszfát koncentrációjának térbeli alakulását vizsgálva megállapítottam, hogy a legmagasabb értékek a város központi területein voltak mérhetőek. Bár egyes, itt található kút esetében alacsony szennyezettségű koncentrációt is meg lehet figyelni.

A város keleti sávjában található kutak rendelkeznek a legalacsonyabb szennyezettségi koncentrációval, ezek egy jól kirajzolódó homogén egységet képeznek.

Mivel nagyszámú minta állt rendelkezésre a település területéről, a két vízkémiai paraméter koncentrációjának az alakulását izovonalas térképeken is ábrázoltam (*6. ábra*).



5. ábra A nitrát és a foszfát koncentrációjának területi elhelyezkedése



6. ábra A nitrát és a foszfát koncentrációk térbeli alakulása 2021 tavaszán

Konklúzió

Vizsgálataim során a szennyvízcsatorna-hálózat kiépítésének hatásait értékeltem felszínalatti vizek esetében. A szennyezettségi szinteket tekintve a nitrát esetében nagyobb volt a határérték feletti koncentrációval rendelkező kutak száma. A csatornahálózat kiépítésének pozitív jele az, hogy a szervetlen nitrogén formák közül csak a nitrát rendelkezik magas koncentrációval. Ez azt jelenti, hogy a talajvíz tisztulási folyamata nagyon jó ütemben halad, annak ellenére, hogy még található határérték feletti nitrát vagy foszfát koncentrációval rendelkező kút a mintaterületen.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Debreceni Egyetem Tehetséggondozó Program (DETEP) támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

6/2009. (IV. 14.) Kvvm-Eüm-Fvm Együttes Rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről.

Balla, D. – Zichar, M. – Barkóczi, N. – Varga, O. G. (2015): Cognitive interpretation of different spatial databases in web environment. In 2015 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom) (pp. 159–162). IEEE.

Balla, D. – Varga, O. G. – Barkóczi, N. – Novák, T. J. – Zichar, M. – Karika, A. (2016): Methods of processing and geovisualization of soil profiles. Agrárinformatika/Journal Of Agricultural Informatics, 7(2), 11–18.

Balla, D. – Bodroginé Zichar, M. – Kiss, E. – Szabó, G. – Mester, T. (2022): Possibilities for Assessment and Geovisualization of Spatial and Temporal Water Quality Data Using a WebGIS Application. ISPRS Int. Geo-Inf. 11 (2), 1–18.

Barkat, A. – Bouaicha, F. – Bouteraa, O. – Mester, T. – Ata, B. – Balla, D. – Rahal, Z. – Szabó, G. (2021): Assessment of complex terminal groundwater aquifer for different use of Oued Souf Valley (Algeria) using multivariate statistical methods, geostatistical modeling, and water quality index. Water, 13(11), 1609.

Bora, M. – Goswami, D. C. (2017). Water quality assessment in terms of water quality index (WQI): case study of the Kolong River, Assam, India. Applied Water Science, 7(6), 3125–3135.

Bouslah, S. – Djemili, L. – Houichi, L. (2017): Water quality index assessment of Koudiat Medouar Reservoir, northeast Algeria using weighted arithmetic index method. Journal of Water and Land Development, 35(1), 221–228.

Dövényi, Z. (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, p. 876.

Farsang, A. – Fejes, I. – Tóth, T. M. (2017): Integrated evaluation of urban groundwater hydrogeochemistry in context of fractal behaviour of groundwater level fluctuations. Hydrological sciences journal, 62(8), 1216–1229.

Heatwole, K.K. – McCray, J.E. (2007): Modeling potential vadose-zone transport of nitrogen from onsite wastewater systems at the development scale. Journal of Contaminant Hydrology, 91, 184–201.

Judeh, T. – Bian, H. – Shahrour, I. (2021): GIS-Based Spatiotemporal Mapping of Groundwater Potability and Palatability Indices in Arid and Semi-Arid Areas. Water, 13(9), 1323.

Kringel, R. – Rechenburg, A. – Kuitcha, D. – Fouépé, A. – Bellenberg, S. – Kengne, I. M. and Fomo, M. A. (2016): Mass balance of nitrogen and potassium in urban groundwater in Central Africa, Yaounde/Cameroon. Science of the Total Environment, 547, 382–395.

KSH (2018): https://nyilvantarto.hu/hu/statisztikak?stat=kozerdeku

Mester, T. – Szabo, G. – Bessenyei, E. – Karancsi, G. – Barkoczi, N. – Balla, D. (2017): The effects of uninsulated sewage tanks on groundwater. A case study in an eastern Hungarian settlement. Journal of Water and Land Development, (33), 123–129.

Mester, T. – Balla, D. – Karancsi, G. – Bessenyei, É. – Szabó, G. (2019). Eects of nitrogen loading from domestic wastewater on groundwater quality. Water SA, 45(3), 349–358.

Mester, T. – Szabó, G. – Balla, D. (2021). Assessment of Shallow Groundwater Purification Processes after the Construction of a Municipal Sewerage Network. Water, 13(14), 1946.

Mester, T. – Szabó, G. – Sajtos, Z. – Baranyai, E. – Szabó, G. – Balla, D. (2022): Environmental hazards of an unrecultivated liquid waste disposal site on soil and groundwater. Water. 14 (2), 1–17.

Moodley, K. G. – Sobantu, P. – Gericke, G. – Chetty, D. K. – Pienaar, D. H. (2017): Comparison of UV and ELS detectors in HSPEC analysis of natural organic matter in dam water. Water SA, 43(3), 520–528.

Nemčić-Jurec, J. – Singh, S. K. – Jazbec, A. – Gautam, S. K. – Kovač, I. (2017): Hydrochemical investigations of groundwater quality for drinking and irrigational purposes: two case studies of Koprivnica-Križevci County (Croatia) and district Allahabad (India). Sustainable Water Resources Management, 1–24.

Stigter, T. Y. – Ribeiro, L. – Dill, A. C. (2006): Application of a groundwater quality index as an assessment and communication tool in agro-environmental policies–two Portuguese case studies. Journal of Hydrology, 327(3–4), 578–591.

Szabó, Gy. (2002): Anthropogen Effects on Soils in Hungary. In: Jung, G (szerk.) Oldenburger Geoökologische Studien: Kulturlandschaftsgeschichte Oldenburg, Bibliotheks- und Informationssystem der Universitat Oldenburg, 188–200.

Szabó, Gy. – Angyal, A. – Csikós, A. – Bessenyei, É. – Tóth, E. – Kiss, P. – Csorba, P. – Szabó, Sz. (2010): Examination of the groundwater pollution at lowland settlements. Studia Universitatis Vasile Goldis Arad – Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series), 20(4), 89–95.

Szabó, Gy. – Bessenyei, É. – Hajnal, A. – Csige, I. – Szabó, G. – Tóth, Cs. – Posta, J. – Mester, T. (2016): The Use of Sodium to Calibrate the Transport Modeling of Water Pollution in Sandy Formations Around an Uninsulated Sewage Disposal Site. Water Air Soil Pollut, 227 (2), 1–13.

Szabó, G. – Fazekas, I. – Patkós, C. – Radics, Z. – Csorba, P. – Tóth, T. – Kovács, E. – Mester, T. – Szabó, L. (2018): Investigation of public attitude towards renewable energy sources using word association method in Hungarian settlements. Journal of Applied Technical and Educational Sciences, 8(1), 6–24.

Belvíz idősoros elemzése konvolúciós neurális hálózattal Sentinel-2-es műholdfelvételeken

Kajári Balázs[1,2] – Bozán Csaba[1] – Boudewijn van Leeuwen[2]

[1] Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Környezettudományi Intézet (KÖTI), Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont ÖVKI), Szarvas, Kajari.Balazs@uni-mate.hu
[2] Szegedi tudományegyetem, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, Szeged

Absztrakt: Napjainkban az éghajlatváltozás szélsőséges hidrológiai folyamatokat idézhet elő úgy, mint az aszály és a belvíz. A klímaváltozási modellek hosszan tartó szárazság mellett megnövekedett intenzitású csapadék eseményeket jósolnak a Kárpát-medencében is. Az éghajlatváltozás szempontjából kutatásunk a belvízi elöntések evolúciójával foglalkozik. A belvizek természetüknél fogva igen dinamikusak lehetnek, amelyek amilyen gyorsan megjelennek, olyan gyorsan is eltűnhetnek. Ezért fontos, hogy minél nagyobb térbeli és időbeli vizsgálatukhoz optikai műholdfelvételeket használjunk. Ebben a kutatásban a belvízi elöntések helyzetének és kiterjedésének monitorozását szeretnénk bemutatni egy konvolúciós neurális hálózat (Convolutional Neural Network, CNN) pixel alapú osztályozási módszerével. A 82,3 km^2-es mintaterületünk a Sentinel-2 T34TDT csempéjén helyezkedik el. A belvíz kialakulásának és megszűnésének a folyamatát 2020 novemberétől 2021 áprilisáig kilenc darab műholdfelvételen követtük végig, ahol a maximális belvíz elöntés (233,88 hektár) 2021. február második felére tehető a hidrometeorológiai adatok és a belvízi elöntés térképek alapján.

Bevezetés

A XIX. század közepén megindult nagy folyószabályozások előtt az Alföldön a Tiszának és mellékfolyóinak az áradásai által elöntött mai mély ártéri területeken hatalmas kiterjedésű láp, mocsár és összefüggő vízi élőhelyrendszert alkotott. Az árvízvédelmi töltések kialakítását követően, a hidrológiailag szélsőséges években a folyótól elhódított területeken megjelent a belvíz. Vízgazdálkodási szempontból kedvezőtlen jelenséget már a XIX. század közepén leírták, de magát a belvíz fogalmát, csak évekkel később az 1860-as években kezdték el használni (Pálfai 2001).

A belvízkutatás az elmúlt években, évtizedekben jelentős fejlődésen ment keresztül a térinformatika fejlődésével. Van Leeuwen és társai (2020) levezették a belvíz detektálásának a négy formáját. A légi felvételezés és távérzékelés megjelenése előtt a 20. század középétől az in situ felvételezés volt az egyetlen módszer a belvizek felmérésére, ami sokszor nehezen megközelíthető és mostoha körülmények között zajlott, rengeteg szubjektív hibával terhelve a felvételezői oldalról. 2003-ban Pálfai az elsők között készített belvizet okozó tényezőkön alapuló veszélyeztetettségi térképezést az in situ belvíz elöntési térképek gyakorisága és a természeti tényezők alapján. Azóta számos országos, regionális és helyi változata jelent meg erre a módszerre alapozva (Laborczi et al. 2020; Bozán et al. 2021). Más kutatócsoportok

a belvíz modellezését hidrológiai modellező programok segítségével végezték el (Bíró 2017; Kozma 2022). Ezek a megközelítések nagy mennyiségű és pontos bemeneti adatokat igényelnek, amelyek gyakran csak kis területekre állnak rendelkezésre. A negyedik megközelítés az belvíz térképezésére és monitorozására távérzékelési adatokon és algoritmusokon alapul. A belvíz lehatárolására különböző szabványosított módszerek (indexek, osztályozások) állnak rendelkezésre, amelyek nagy térbeli és időbeli felbontással teszik lehetővé a lehatárolást. Az általunk a legpontosabb és legkevesebb felhasználói beavatkozást igénylő, ezáltal az idősoros vizsgálat gyorsan lefuttatható konvolúciós neurális hálózatot használtuk (CNN) (Kajári et al. 2022). A neurális hálózatok az utóbbi években, főleg a mély neurális hálózatok ezeken belül a CNN hálózatok egyre nagyobb térnyerése érhető el a földtudományokon belül (LeCun et al. 1990). Egyre gyakrabban alkalmazzák vízfelületek azonosítására (Kaplan – Avdan 2017; Miao et al. 2018; Chen et al. 2018) a tradicionális gépi tanulás helyett, mint például RF, ML, és SVM. A kutatásunk célja bemutatni egy CNN pixel alapú osztályozási módszer idősoros elemzését a hidrometeorológiai adatok tükrében.

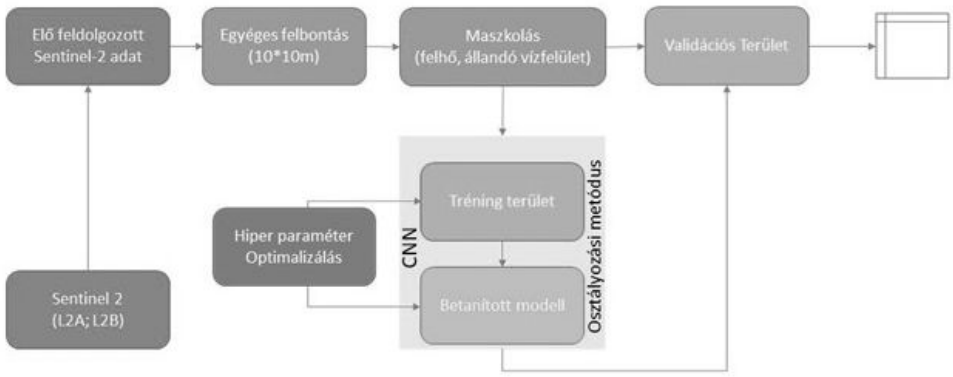
Anyag és módszer

A 82,3 km^2 mintaterület az Alföld közepén helyezkedik el a Tisza által szabdalt terület a Kunhegyes, Kunmadaras, Karcag háromszögben elhelyezkedő Berekfürdőtől dél – délnyugati irányban (*1. ábra*). Éghajlata mérsékelten meleg-száraz a sokévi csapadékösszeg 500–550 mm körül alakul. A mintaterület felszíne egyenletesen

1. ábra A mintaterület bemutatása

sík, ezért a gyakori aszályok mellett belvizek is sújtják területét. Talajadottságai zömmel jó termékenységű talajok (elsősorban csernozjomok) alkotják, alacsonyabb termékenységű talajok a folyóvölgyben (főképpen öntés talajok) találhatók. A belvizes területek a mélyebben fekvő mezőgazdasági területeken, réteken és a legelőkön alakulhatnak ki (Dövényi et al. 2010).

Kilenc Sentinel-2-es műhold 2A és 2B felvételeit használtuk fel a vizsgálataink során (2020.11.22; 2020.12.05; 2021.01.01; 2021.01.09; 2021.02.23; 2021.03.07; 2021.03.20; 2021.03.27; 2021.04.09). Az adatok tizenkét spektrális tartományából, ami a láthatótól a rövidhullámú infravörösig terjed, tíz sáv került feldolgozásra. Az egységes felbontás érdekében a 20 m-es felbontású spektrális sávok úgy, mint a Band: 5, 6, 7, 8A, 11, 12, 10 m-es felbontásra lettek átméretezve. A mintaterület kivágásra került az elkészült kompozit felvételekből. Majd a légköri zavarok (felhők, felhő árnyékok) valamint az állandó vízfelületek maszkolására került sor. A légköri zavarok maszkolásánál az Európai Űrügynökség (ESA) által elkészített SCL (Scene Classification) osztályozott képét használtuk fel a felhővel és felhő árnyékkal borított területek (3, 8, 9, 10 osztályok) eltávolítására. Ezután a 2021.02.23-as műholdfelvételen elkészítettük a CNN modellünket. Bemeneti adatként csak a vízfelületeket reprezentáló pixelek kerültek lehatárolásra. Az iteratív elemzés során meghatározásra kerültek az optimális hiperparaméterek. A végső paraméterek a következők: 126*64-es csempeméretnél (chip size), 50%-os átfedettséggel (overlap) 8 kötegeléssel (bach size) 20 futtatási körben (Max Epochs) a túltanulást elkerülve 20%-os validációs érték mellett került meghatározásra. A modellt az ResNet34 hálózati (backbone) modellel képeztük, ahol csak a teljesen összekapcsolt réteg súlyait igazítottuk ki. Ezután megkezdtük a modell futtatását mind a kilenc vizsgálati időpontban. Az ismétlődő folyamatok érdekében az egész munkafolyamatot áthelyeztük Python környezetbe, ahol térinformatikai szoftverektől való semlegességet, valamint a felhasználói oldalról történő hibalehetőségek kizárását értük el. Továbbá az automatizált eljárással rengeteg időt spóroltunk meg. A munkafolyamatot a *2. ábra* mutatja be.

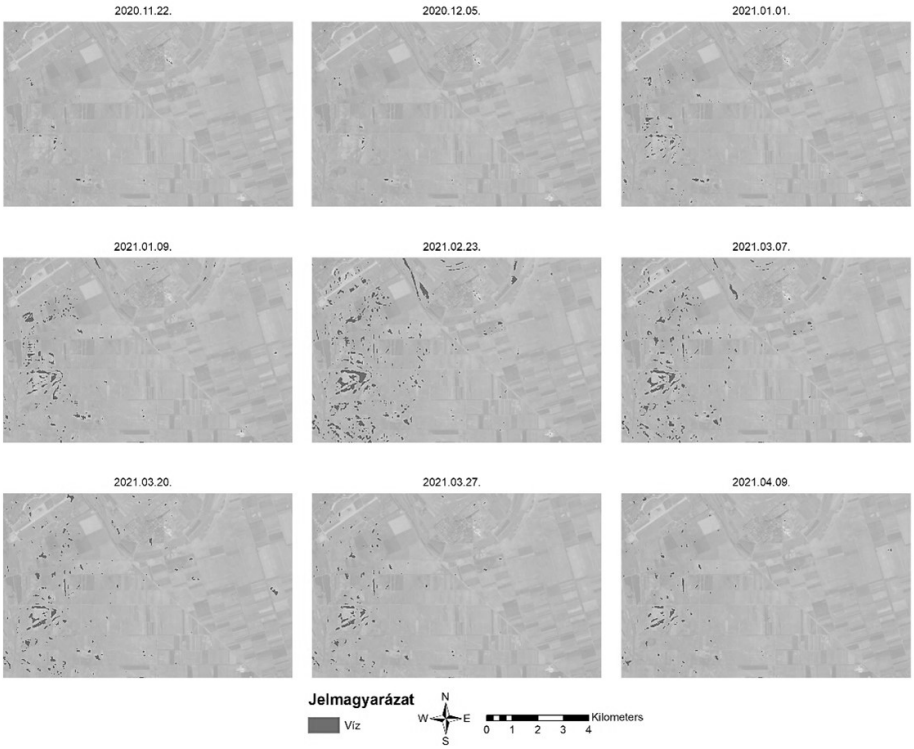


2. ábra A műholdképek feldolgozási metódusa

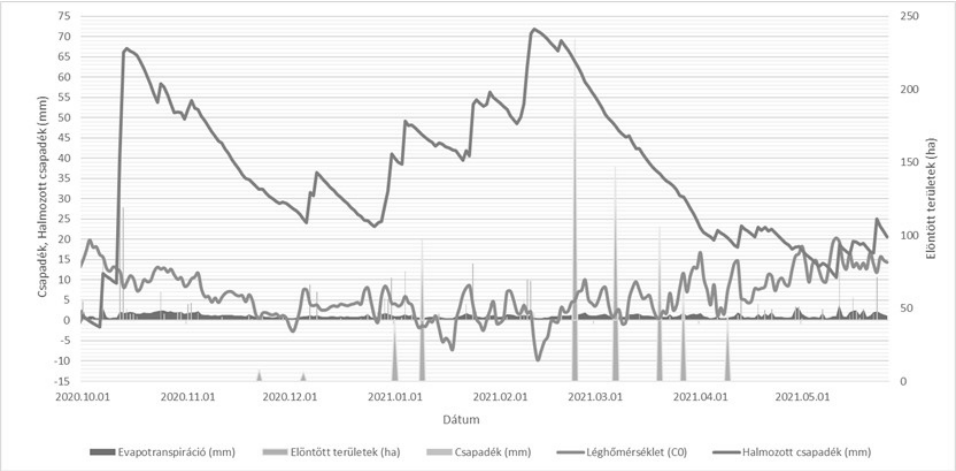
Eredmények

Az elkészült bináris térképek (Víz – Nem víz) idősoros alakulását a *3. ábra* mutatja be. Hidrometeorológiai szempontból a téli feltöltődési szakaszt szakirodalmi leírások alapján (Pálfai 2011; Bozán et al. 2019) októbet 1-től határoztuk meg.

Az ősz végi és téli halmozódási időszakban már megjelennek a belvizes foltok, ami az október 10–12. között lehullott 61 mm csapadéknak köszönhető (*4. ábra*). Itt két nap alatt közel másfél hónap csapadéka hullott, ami a rossz vízgazdálkodású öntéstalajok rossz beszivárgási tényezőinek köszönhetően a felszíni vízfoltok kialakulásához vezetett (2020.11.22, 2020.12.05, 2021.01.01). Az alacsony hőmérséklet és a talajmenti fagyok a beszivárgást még jobban gátolva, valamint a kora tavaszi nagy intenzitású (10–14 mm-es mennyiségű) csapadékok tovább növelték a belvizek kiterjedését. A belvízi elöntések a maximális kiterjedésüket feltehetően február végén érhették el. Ezt a 2021.02.23-as felvételről és a grafikonról, valamit a hozzá tartozó táblázatból (*1. táblázat*) egy 233,88 ha-os nyílt kiterjedésű vízfelület olvasható le. Ezt az időpontot követő felvételek és hidrometeorológiai adatok is azt mutatják, hogy a belvízi elöntések kiterjedése eleinte lassan (2021.03.07 – 147,35 ha) aztán rohamosan csökkenni kezdenek (2021.03.20 – 105,59 ha; 2021.03.27 – 66,33 ha).



3. ábra A belvízzel érintett területek idősoros alakulása 2020. november és 2021. február között



4. ábra A hidrometeorológiai adatok alakulása a vizsgálati időpontban

1. táblázat A műhold felvételek időpontjában, vagy azokat megelőző időszakokban mért származtatott adatok

Dátum	2020.11.22	2020.12.05	2021.01.01	2021.01.09	2021.02.23	2021.03.07	2021.03.20	2021.03.27	2021.04.09
Halmozott csapadék a két felvétel között (mm)	32,36	25,14	40,05	45,84	64,00	47,88	36,11	30,38	20,41
Elöntött területek a felvétel időpontjában (ha)	8,31	6,52	42,63	96,85	233,88	147,35	105,59	66,33	44,63
Csapadékösszeg a két felvétel között (mm)	116,4	3,7	44,5	14,5	63,9	0,2	3,4	2,7	3,7
Átlag hőmérséklet a két felvétel között (C^{o})	12,61	1,24	4,24	2,34	0,48	5,34	4,08	5,27	8,01
Evapotranspiráció a két felvétel között (mm)	83,2	10,92	29,59	8,71	45,74	16,32	15,17	8,43	13,67
Eltelt napok száma a két felvétel között	53	13	27	8	45	12	13	7	13

Az idősoros elemzés mind vizuálisan, mind a hidrometeorológiai adatok tükrében jól látható, hogy a belvizes területek lehatárolása összhangban vannak egymással. Az őszi-téli halmozódási időszakban megemelkedett csapadék mennyiségek (116,4 mm), és a hőmérséklet csökkenése (12,6 C°-ről 0,5 C°-ra) a hidrológiai egyensúlyt felborítva a rossz vízgazdálkodású és lefolyástalan területeken összegyülekezik és további csapadék érkezésekor tovább növekszik a kiterjedésük (8,31 ha-ról 233,88 ha-ra). A belvizes területek csökkenés akkor indul meg, amikor a tavaszi felmelegedés megindul, az evapotranspiráció emelkedni kezd és a csapadék mennyisége csökken vagy stagnál.

Konklúzió

A CNN modell által lehatárolt belvizes területek összhangban vannak a hidrometeorológiai adatokkal. A modell finomítása egyrészt az in situ validálással, másrészt további természeti tényezők (domborzat, talajtan, talajvíz, …) bevonásával és a felvételek közötti nagy időintervallum (sok felhő miatt) szűkítése érdekében a jövőben más multispektrális műholdakkal (Landsat) vagy radaros műholdakkal (Sentinel-1) adataival lehet bővíteni. A korábbi évek belvizes időszakainak vizsgálatával elkészülhet egy olyan monitoring rendszer, ami a döntéshozóknak

segíthet a preventív védekezésben, a gazdák számára pedig ajánlást lehet tenni a belvíz elleni védekezés (területhasználat váltásában, a helyes agrotechnika megválasztásában, területrendezési javaslatokban) helyes megválasztásában.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Környezettudományi Intézet Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóközpont (MATE KÖTI ÖVKI) O14230 Mezőgazdasági vízgazdálkodás fejlesztését (öntözéses gazdálkodás, belvízgazdálkodás, földhasználat racionalizálás) célzó kutatások c. téma; és az Agrárminisztérium Kutatói Utánpótlást Elősegítő Programja.

Felhasznált irodalom

Bíró, T. (2017): Amikor sok víz van a területen – belvíz. Magyar tudomány: [a Magyar Tudományos Akadémia Értesítője], 178, 1216–1227. 10.1556/2065.178.2017.10.5.

Bozán Cs. – Köröspartі J. – Túri N. – Kerezsi Gy. – Kajári B. (2019): AKK Belvízi veszélyeztetettség felülvizsgálata. Megbízó: VIZITERV Environ Kft., 83 p + térkép mellékletek.

Bozán Cs. – Köröspartі J. –Túri N. – Kerezsi Gy. – Kajári B. – Pásztor L. (2021): AKK Belvízi veszélyeztetettség felülvizsgálata Stratégiai forgatókönyvek, 144 p.

Chen, Y. – Fan, R. – Yang, X. – Wang, J. – Latif, A. (2018): Extraction of Urban Water Bodies from High-Resolution Remote-Sensing Imagery Using Deep Learning. Water, 10, 585.

Dövényi, Z. – Ambrózy, P. – Juhász Á. – Marosi S. – Mezosi G. – Michalkó G. – Somogyi S. – Szalai Z. – Tiner T. (2010): Magyarország kistájainak katasztere (Inventory of Microregions in Hungary).

Kajári Balázs, Köröspartі János, Kerezsi György, Túri Norbert, Bozán Csaba, Boudewijn van Leeuwen (2022): Belvíz monitorozása szegmentálással, felügyelt osztályozással és gépi tanulással Sentinel 2-es műholdfelvételeken. XXXIX. MHT vándorgyűlés, Nyíregyháza

Kaplan, G. – Avdan, U. (2017): Object-based water body extraction model using Sentinel-2 satellite imagery. European Journal of Remote Sensing, 50, 137–143.

Kozma, Z. – Jolánkai, Z. – Kardos, M. K. – Muzelák, B. – Koncsos, L. (2022): Adaptive Water Management-land Use Practice for Improving Ecosystem Services – a Hungarian Modelling Case Study. Periodica Polytechnica Civil Engineering, 66(1), pp. 256–268, https://doi.org/10.3311/PPci.18369

Laborczi, A. – Bozán, Cs. – Kőröspartі, J. – Szatmári, G. – Kajári, B. – Túri, N. – Kerezsi, Gy. – Pásztor, L. (2020): Application of Hybrid Prediction Methods in Spatial Assessment of Inland Excess Water Hazard. ISPRS International Journal of Geo-Information, 4, Paper: 268. 9p.

LeCun, Y. – Boser, B. – Denker, S. J. – Henderson, D. – Howard, E. R. – Hubbard, W. – Jackel, D. L. (1990): Handwritten Digit Recognition with a Back-Propagation Network. pp. 396–403.

Miao, Z. – Fu, K. – Sun, H. – Sun, X. – Yan, M. (2018): Automatic Water-Body Segmentation From High-Resolution Satellite Images via Deep Networks. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 15, 602-606.

Pálfai I. (1988): A mértékadó belvízhozam számítási módszerei. VMGT 165. VGI, Budapest.

Pálfai I. (2001): A belvíz definíciói. Vízügyi Közlemények, 83(3), 376–392.

Pálfai I. (2003): Magyarország belvíz-veszélyeztetettségi térképe. Vízü. Közl., 85, 510–524

Pálfai I. (2011): A csapadékviszonyok szerepe a belvízképződésben. MHT XXIX. vándorgyűlés, pp. 551–556, Eger.

Van Leeuwen, B. – Tobak, Z. – Kovács, F. (2020): Sentinel-1 and -2 Based near Real Time Inland Excess Water Mapping for Optimized Water Management. Sustainability, 12(7), Paper: 2854, 21 p.

A mélytanuló algoritmusokkal támogatott, gépjárművel végzett, fotogrammetriai alapú térbeli adatgyűjtés lehetőségei a precíziós mezőgazdaságban

Kiss Nikolett Éva[1] – Fehér Zsolt Zoltán[1]* – Nagy Attila[1] – Budayné Bódi Erika[1] – Pásztor Dávid[1] – Magyar Tamás[1] – Nikl András[2] – Quang Hop Tran[3] – Tamás János[1]

* feher.zsolt@agr.unideb.hu
[1] Debreceni Egyetem, MÉK, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet
[2] Intermap Kft., a.nikl@intermap.hu
[3] Országos Vízügyi Főigazgatóság, tran.quang.hop@ovf.hu

Absztrakt: A gépjárművekre szerelhető, nagy látószögű kamerák a mélytanuló algoritmusokkal ötvözve kimondottan hatékony térképezési eszközöknek bizonyulnak (pl. Google Street View). Ilyen feladatok közé sorolható a feltételezett klímaváltozás hatásának tulajdonított, egyre gyakrabban megfigyelhető, extrém csapadékeseményekhez történő adaptáció elősegítése. A felszínen felgyülemlő vízmennyiség elvezetésére városi környezetben a meglévő infrastruktúra optimalizálásával és az üzemeltetéshez szükséges modellek megfelelő részletességű információval (pl. csatornafedelek, vízelvezető nyílások elhelyezkedése) történő ellátására van szükség. Külterületen a mezőgazdasági parcellák ismételhető gyors felmérése magában rejti a lehetőségét kiterjedt területek földi és műholdas információinak összekapcsolására, amely lehetőséget teremt a művelési feladatok, pl. hatékonyabb tápanyagpótlás, kártevőirtás, öntözővíz-felhasználás költséghatékony tervezéséhez. Jelen tanulmányban tapasztalatainkat ismertetjük az InterMap Kft. fotogrammetriai adatgyűjtő rendszere (FODAR) kapcsán.

Bevezetés

2022 tavaszán a mezőgazdaság szempontjából két rendkívül kritikus prognózist lehetett felállítani. Az első, hogy a megemelkedő szénhidrogén-árak és a kormányzat beavatkozása miatt a monopólium helyzetet betöltő hazai gyártó számára a műtrágya-előállítás a továbbiakban már nem volt kifizetődő. A másik fő problémát az extrém száraz 2021–2022-es téli hidrológiai félév során kiürülő felszín alatti vízkészletek (Hop et al. 2022), valamint a La Nina helyzetből fakadóan Európára kiadott, baljós aszály-prognózis jelentette (NASA 2021). A fenti tényezők mellet a nemzetközi helyzet fokozódása tovább súlyosbította a globális élelmiszerbiztonság helyzetét, amely a közeljövőben visszacsatolás-szerűen további konfliktusok kialakulását vetíti előre, elsősorban a harmadik világban (Rakonczai 2021).

A precíziós mezőgazdaság legkritikusabb feladata a három lényeges mezőgazdasági erőforrás, a víz, a tápanyag és a különféle növényvédelmi vegyszerek olyan módú kijuttatása a környezetbe, hogy a termésmennyiség maximalizálását a befektetett erőforrások minimalizálása mellett legyünk képesek elvégezni (Sharma et al. 2020). Egy ilyen típusú optimalizáció hatékonysága, a szélsőséges hidrometeorológiai tényezőknek kitett, tehát dinamikusan változó, mezőgazdasági

termelés rendszerében attól függ, hogy az adott beavatkozást megelőző döntés meghozatalának pillanatában a rendelkezésre álló adatok milyen mértékben reprezentálják a terület tényleges adottságait (Nagy – Tamás 2013). Ilyen adottság lehet a gyökérzóna nedvességtartalma (öntözés-támogatás), a talaj tápanyagtartalma (fertilizáció), illetve kórok és károkozók jelenléte az adott területen. A multispektrális műholdak ugyanakkor nem szolgáltatnak megfelelő felbontású felvételeket ilyen feladatokra (ten Harkel et al. 2020).

A drónokra, repülőgépekre szerelhető kamerákkal, bár sokkal részletesebb képet tudunk alkotni a vizsgált területről (Riczu et al. 2015; Nagy et al. 2021), azonban bekerülési költségük, a felhasználásukhoz szükséges tudás és felelősség, a fenntartásuk (akkumulátorok) és az üzemeltetésükkel járó kockázatok (pl. madarakkal való ütközés kockázata) miatt mégsem igazán térülnek meg. Egy egyszerű gazda számára továbbra is sokkal kifizetődőbb, ha személyesen győződik meg parcellái állapotáról. Hazánkban megfigyelhető azonban, hogy az átlagos birtoknagyság az utóbbi időben megnövekedett, és a nagyobb gazdálkodók számára a személyes megfigyeléseknél rugalmasabb, valamilyen módon automatizálható megoldásokra van szükség.

Az utóbbi évtizedekben a fotogrammetria számos területen sikeresen hódított teret (régészet, építészet, térképészet, hidrogeológia, közlekedés, földgazdálkodás, erdészet, környezetvédelem, mezőgazdaság). A fotogrammetriás módszereket az egyre növekvő számítási kapacitások (előbb a kutatók számára is elérhetővé váló számítógépek, majd manapság már a felhőbe költöző szuperszámítógépes architektúrák (Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud), egyre összetettebb képértékelési módszerek, az ún. számítógépes látás (Computer Vision) határtalan fejlődésének nyújtanak életteret (Delgado-Vera et al. 2017). Az 5G hálózat rendkívüli adatátviteli sebességét a nagy GNSS szolgáltatókkal ötvözve a fotogrammetriás megoldások intelligens, a felhőben futó, minden eddiginél pontosabb közel valós idejű döntéshozatali mechanizmusokra használhatók fel. Az önvezető autók elterjedésével például a közlekedésbiztonság lényegesen növelhető, ha a veszélyes útviszonyokról, a közlekedési dugókról a felhőben történő optimalizációval az egyes járművek meghatározhatják ideális haladási sebességüket (ezáltal nem mellékesen az üzemanyag-fogyasztás egyén és közösség-szintjén is optimalizálható).

A számítógépes látás segítségével a felhőbe jutó felvételekből ugyanakkor nem csupán a közlekedésre vonatkozó információk, hanem az utakat övező épített és természetközeli környezet is értékelhetővé válik. Ennek a járulékos információtöbbletnek a kiértékelésével a jövőben akár az út menti mezőgazdasági területek kiértékelése, de akár a hiányzó közlekedési táblák, vagy meghibásodott vasúti átjárók is automatikusan azonosíthatóvá válhatnak. Már ma is rendelkezésre állnak olyan neurális hálózatokon alapuló mélytanuló algoritmusok, melyek egy tanítható mesterséges intelligencia segítségével képesek a betanult mintázatok felismerésére.

Anyag és módszer

A biomassza gyors, pontos és roncsolásmentes nyomon követése az intelligens mezőgazdaság és a precíziós mezőgazdaság kulcsa (Lu et al. 2019; Yuan et al. 2019). A modern térinformatikai lehetőségek egyike az Intermap Kft. tulajdonában lévő GeoMeter. A gépkocsira szerelt berendezés két méterenként készít felvételeket a bejárt útvonalak mentén, melyet a ForteMap felhő alapú térinformatikai platformján értékelhetünk ki. A térinformatikai adatok ezáltal interaktív módon jeleníthetők meg és értékelhetők. A közlekedés közbeni felmérés vezérlésére a GeoMeter Firmware szoftver szolgál. A terepi munka során egy nagy teljesítményű fedélzeti számítógépen követhetjük nyomon a felvételezést. A felmérést követően a GeoMeter Loader szoftver automatikusan konvertálja át a felvételek metaadatait a felhő alapú feldolgozás számára. Lehetőségünk van pontszerű objektumok földrajzi pozíciójának meghatározására, távolság- és területmérésre is. A ForteMap az InterMap Kft. saját fejlesztésű mesterséges intelligenciája tipizáltan felismeri és nagy pontossággal a térképre szúrja a felmért útszakaszok különböző objektumait, mint például a közlekedési táblákat, de a tűzcsapokat, csatorna fedlapokat, csapadékvíz elvezetőket és egyéb városi hidrológiához köthető objektumokat. Tian et al. (2020) szerint a járműre szerelt berendezésekkel történő felvételezéssel bár nagy pontosság garantálható, viszont esetenként nem kellően rugalmas és lassú is lehet, összehasonlítva például az UAS rendszerekkel.

A GeoMeter és ahhoz hasonló berendezések precíziós mezőgazdaságban történő alkalmazása még nem igazán terjedt el, pedig járműre szerelhetősége révén szántók és gyümölcsösök állománytérképezésére, valamint a növények növekedési állapotának effektív értékeléséhez is alkalmas lehet. Az eszköz használatával célunk az volt, hogy a közeljövőben várhatóan elérhetővé váló közúti adathalmaz értékelése érdekében felépítsünk egy prototípus munkafolyamatot.

A tanuló és objektumfelismerő algoritmus

A kifejlesztett mesterséges intelligencia egy TensorFlow (Janahiraman – Subuhan 2017) alapon programozott OpenCV (Open Source Computer Vision) számítógépes látást támogató mélytanuló algoritmus (Pulli et al. 2012), amelyet kiegészítettünk egy Tesseract (Smith 2007) alapú karakterfelismerő neurális hálózattal. A tanuló adathalmaz jelenleg mintegy 3 000 000 képi mintázat adatait használja fel a különféle keresési logikák kialakítására. A mesterséges intelligencia tanításának eszköze az Amazon Web Services SageMaker (Joshi 2020) platformja, hiszen az egyre bővülő tanulóadat-mennyiség növekvő számításigényét a legkézenfekvőbben a rendelkezésre álló hardver-erőforrás dinamikus skálázásával, lehetőségünk van rugalmasan és költséghatékonyan meghatározni.

A Pythonban megírt Tensor Flow és OpenCV alapú objektumfelismerő algoritmus modul-szerűen épül be a web alapú ForteMap interfészbe, amelynek

köszönhetően a régebbi mintázatfelismerő logikák a SageMakerből letöltött, újonnan betanított modellekkel könnyedén felülírhatók.

Az egyes mintázatok hasonlóságát a TensorFlow valószínűségi értékekként határozza meg. Az elfogadás valószínűségi kritériumszintjétől függően lehetőség nyílik a beazonosított objektumok sorba rendezésére és gyors áttekintésére, egyes fals-pozitív mintázatok eliminálására, továbbá a SageMaker-ben időszakonként ismételten futtatott tanuló adathalmaz kiegészítésére a valós pozitív mintázatokkal (Visalatchi et al. 2020).

Az objektumok földrajzi helyzetének meghatározása

A mintázatok térképre tűzése az autóra szerelt kamera képkészítés pillanatában rögzített RTK-szintű koordinátáinak és az egyes felvételezési pontok közötti elmozdulási vektorok (INS) figyelembevételével történik. Mivel a felismert objektumokról több látószögből is rendelkezésre állnak fényképek, így felhasználva a klasszikus sztereo-fotogrammetriai összefüggéseket, a valóság pontfelhőszerű leképzésének lehetősége, ezáltal az objektumok térbeli helyzetének pontos meghatározása definiálható (Cheng 2008).

Következtetések és javaslatok

A mezőgazdaságban az optimális nyersanyaggazdálkodási folyamatok alapfeltétele a növényzet állapotának és igényeinek folyamatos monitoringja. A közlekedési eszközök közeljövőben várható robbanásszerű átalakulásával a mezőgazdasági és vízgazdálkodási folyamtok során végezhető megfigyelések a jelenlegi szinthez képest nagymértékben meghaladó új ismereteket ígérnek. Ugyanakkor érdemes időben felkészülnünk a rendelkezésünkre álló nagytömegű adat hatékony feldolgozására.

Jelen dolgozat keretein belül – a teljesség igénye nélkül – kerültek bemutatásra azon jelenleg is alkalmazás alatt álló vizsgálati eljárások, amelyekkel az alakzatfelismerő számítógépes látást támogató mélytanuló algoritmusok alkalmazása bemutatható a fenntartható mezőgazdaság és a területi vízgazdálkodás témájában. A dolgozatban az Intermap Kft már piacon megtalálható megoldásának további fejlesztési lehetőségeit taglaljuk, melybe a Debreceni Tudományegyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézete komoly fejlesztési erőforrásokat invesztál.

A rendelkezésünkre álló prototípus kamerával és korábbiakban a mezőgazdálkodásban, vízgazdálkodásban kevésbé elterjedt eljárásokkal – megfelelően betanított neurális hálózatok esetén – a precíziós mezőgazdaság számos szakterületét érintően alapozhatók meg eredményes döntések. Az adatokban meglévő – és eddigiekben nem vizsgált – mintázatok, mint pl. a növényzet egészségi állapotának vizsgálata a közeli infravörös sáv bevonásával a fotogrammetriai elemzésekben, a gazdálkodási döntések profitabilitásának növelését eredményezheti.

A mélytanuló algoritmusok tanításával ellentétben maga az objektumfelismerés és képosztályozás viszonylag kis hardverigény mellett elvégezhető, azonban számolni kell a jövőbeli trendekkel. Nagyszámú, felhőre kötött jármű által beküldött felvételek feldolgozásához érdemes lehet dinamikusan skálázható hardveres infrastruktúrában gondolkodni.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal RRF-2.3.1.-21-2022-008 VÍZTUDOMÁNYI ÉS VÍZBIZTONSÁGI NEMZETI LABORATORIUM program támogatta.

Felhasznált irodalom

Cheng, L. (2008): Absolute Calibration and Precision Analysis for Vehicle-Borne 3D Data Acquiring System Integrated with GPS, INS and CCD-Camera. Geomatics and Information Science of Wuhan University.

Delgado-Vera, C. – Munizaga, M. A. – Jimenez, M. – Manobanda, N. – Rodríguez-Méndez, A. (2017): A Photogrammetry Software as a Tool for Precision Agriculture: A Case Study. International Conference on Technologies and Innovation.

Janahiraman T. V. – Subuhan M. S. M. (2019): Traffic Light Detection Using Tensorflow Object Detection Framework. IEEE 9th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET), 2019, pp. 108–113.

Joshi, A.V. (2020): Amazon's Machine Learning Toolkit: Sagemaker. In: Machine Learning and Artificial Intelligence. Springer.

Lu, N. – Zhou, J. – Han, Z. X. – Li, D. – Cao, Q. – Yao, X. (2019): Improved estimation of aboveground biomass in wheat from RGB imagery and point cloud data acquired with a low-cost unmanned aerial vehicle system. Plant Methods, 15(16).

Nagy, A. – Szabó, A. – Farkasné Gálya, B. – Tamás, J. (2021): Real-time spectral information to measure crop water stress for variable rate irrigation scheduling. Precision agriculture '21. Wageningen Academic Publishers, pp. 427–433.

Nagy, A. – Tamás, J. (2013): Non-invasive water stress assessment methods in orchards. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44(01–04), 366–376 .

NASA (2021): La Niña Returns for a Second Winter. https://earthobservatory.nasa.gov/images/149201/la-nina-returns-for-a-second-winter

Pulli K. – Baksheev A. – Kornyakov, K. – Eruhimov. V. (2012): Real-time computer vision with OpenCV. Commun. ACM, 55(6), 61–69.

Rakonczai J. (2021): Elfogyasztott jövőnk? Globális környezeti és geopolitikai kihívásaink.. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.

Riczu, P. – Nagy, A. – Tamás, J. – Lehoczky, É. (2015): Precision weed detection using terrestrial laser scanning techniques. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46(1), 309–316

Sharma, M. – Raghavendra, S. – Agrawal, S. (2020): Development of an Open-Source Tool for UAV Photogrammetric Data Processing. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 49.

Smith, R. (2007): An Overview of the Tesseract OCR Engine, Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2007), pp. 629–633.

ten Harkel, J. – Bartholomeus, H. – Kooistra, L. (2020): Biomass and crop height estimation of different crops using uav-based lidar. Remote Sens., 12(18).

Tian, H. – Wang, T. – Liu, Y. – Qiao, X. – Li, Y. (2020): Computer vision technology in agricultural automation – A review. Inform. Process. Agric., 7(1–19).

Tran, Q. H. – Fehér, Zs. Z. – Túri N. – Rakonczai, J. (2022): Climate Change as an Environmental Threat on the Central Plains of the Carpathian Basin Based on Regional Water Balances. Geographica Pannonica, 26(4), pp. 194–199.

Visalatchi, A. R. – Navasri, T. – Ranjanipriya P. – Yogamathi, R. (2020): Intelligent Vision with TensorFlow using Neural Network Algorithms. Fourth International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC), 2020, pp. 944–948.

Yuan, M. – Burjel, J. C. – Isermann, J. – Goeser, N. J. – Pittelkow, C. M. (2019): Unmanned aerial vehicle-based assessment of cover crop biomass and nitrogen uptake variability. J. Soil Water Conserv., 74, pp. 350–359.

A térképolvasás oktatásának fejlesztése: változatlan alapismeretek a hazai általános iskolai atlaszokban?

Kiss Veronika Flóra[1] – Török Zsolt Győző[2]

[1] doktorandusz, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, kissvera@map.elte.hu
[2] egyetemi docens, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, zoltorok@map.elte.hu

Absztrakt: A geoinformatikai technológiák növekvő térnyerésével a hagyományos kartográfiában térképolvasásnak (*map literacy*), a mai digitális környezetben geovizualizációs kompetenciáknak nevezett témakör ma időszerűbb és fontosabb, mint az elmúlt évszázadokban. A felhasználók képességei ugyanis alapvetően meghatározzák, hogy a jövőbeni fejlesztéseink mennyire lesznek hatékonyak, vagyis mennyire tudjuk az emberek téri döntéseit a vizualizációkkal támogatni. Az általános iskolai oktatásban Magyarországon használt atlaszok elemzése egy hosszútávú kutatás része, amelyben óvodás és általános iskolás gyermekek térképolvasási képességeit felmérve a téri készségeket, *vizualizációs kompetenciákat* új kartográfiai eszközökkel kívánjuk fejleszteni. Az iskolai atlaszok száz éve olyan alapfogalmakat próbálnak bemutatni, amelyeknek nincs gyakorlati relevanciája (pl. a mágnestűvel való tájékozódás) – miközben máig nem foglalkoznak a filmekből, számítógépes játékokból megismert, új típusú geovizualizációk *kritikai* értelmezésével.

Bevezetés

Sohasem használtak még ennyi és ilyen sokféle térképet, mint manapság, de az emberek téri megismerésében alapvetővé vált kognitív eszközök – amelyeket nyugodtan nevezhetünk továbbra is térképnek – töretlen népszerűsége ellenére a tájékozódási és térképolvasási képességek csökkenő tendenciát mutatnak az egész világon (Török – Török 2019). Ez a jelenség arra mutat rá, hogy a térképolvasási képességek fejlesztésére nagyobb figyelmet kell fordítani.

Tanulmányunkban az első magyar iskolai atlaszoktól a legújabbakig az alapvető, tájékozódási és térképolvasási ismereteket bemutató tematikus lapokat mutatjuk be. Azt kívánjuk ezzel az esettanulmánnyal bemutatni, hogy az iskolai atlaszok létezése óta a térképi ábrázolás folyamatosan változott, ahogyan az ábrázolási módszerek is frissültek. Ez a változást azonban nem követte a térképolvasás alapjainak oktatása. Piaget fejlődéspszichológiai elméletének hatására a tanulók az oktatásban későn találkoznak a térképekkel, ahol a térképek olvasása továbbra is az elmúlt évszázadokban fontos topográfiai térképek olvasását magyarázza.

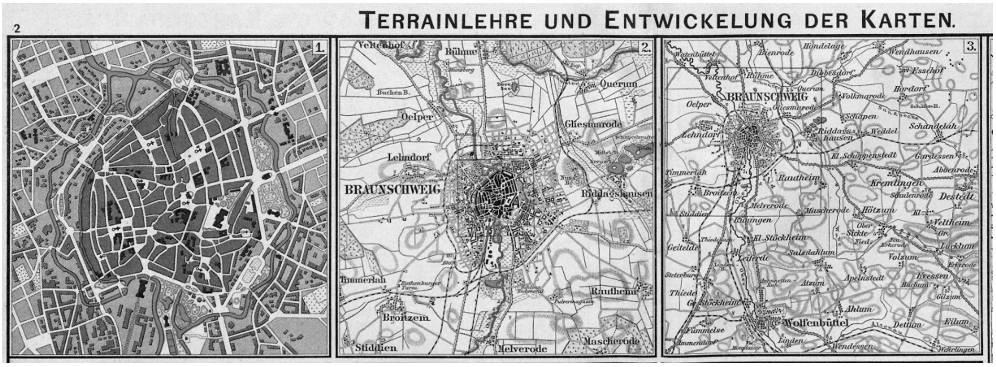
Térképészeti alapismeretek iskolai atlaszokban

A kartográfiát, mint diszciplínát a felvilágosodás korától követhető folyamatok Közép-Európában alakították a 20. század elejére önálló tudományággá Tóth Ágoston (1869), Peucker (1898), majd Eckert (1921) műveivel (Klinghammer – Pápay – Török 1998). A térképek használatának rendszeres oktatása a társadalom széles rétegei számára a felvilágosodás nevelési eszményeinek megvalósítását jelentették. Az magyar iskolákban Mária Terézia királynő rendelete, a *Ratio Educationis* (1777) úttörő módon ajánlotta a térképek és földgömbök használatát a népiskolákban. Megfelelő számban azonban ezek nem álltak rendelkezésre, ezért csak majdnem egy évszázad múlva, 1870-ben, a népiskolai törvényben tették a térképek és más földrajzi taneszközök alkalmazását kötelezővé. A térképolvasás alapjait magyarázó iskolai atlaszok csak a következő században jelentek meg.

A Magyarországon megjelenő hazai iskolai atlaszok története a debreceni kollégiumban működő kartográfiai műhely tevékenységéhez köthető. Budai Ézsaiás és tehetséges tanítványai, a „togátus deákok" a számukra elérhető, elsősorban németországi alapanyagokból magyar nyelvű iskolai térképeket szerkesztettek, majd ezeket a korabeli nyomdai eljárással, rézlemezről sokszorosították. Az 1800-ban megjelent „*Oskolai magyar atlasz*" mérföldkő a hazai iskolai térképészetben, amit csak majdnem egy évszázad múlva követ hasonló jelentőségű hazai térképgyűjtemény. Az oktatás szükségleteit ugyan megpróbálják a külföldi atlaszkiadók termékeinek magyarított kiadásaival is kielégíteni, de ezek a nem túlságosan jó minőségű térképek is ritkán fordultak elő iskoláinkban (Fodor 1952).

A 19. század második felében Gönczy Pál államtitkár az akkor már világhírű gothai cég, a *Justhus Perthes*-féle válalkozás térképeinek magyar nyelvű változatát rendelte meg. Így jelent meg 1874-ben az általa lefordított „*Stieler iskolai atlasza*", amely a német atlaszkiadás akkor legsikeresebb termékét próbálta átültetni. Azonban a német iskolai atlaszkiadásban a 19. század elején még egyértelműen domináns gothai kiadó fokozatosan veszített piaci helyzetéből, mert a 19. század utolsó harmadára kibontakozó igen éles versenyben termékei már nem tartottak lépést a korszerűsödő oktatás követelményeivel. Éppen ezért az alsófokú, azaz elemi iskolai atlaszoknál az 1870-es évekre a német piacot már a feltörekvő, új kiadók uralták, így a népszerű *Diercke*- és a *Wagner & Debes*-féle atlaszok.

Ugyanakkor a felsőbb osztályok számára készült, minőségi atlaszoknál a gothai óriáskiadó sikeresen újította meg a geográfus Hermann Wagner bevonásával a Sydow-féle iskolai atlaszt, amely teljesen átszerkesztett formában, Sydow-Wagner's *Methodischer Schulatlas* címmel jelent meg 1888-ban Gotha-ban. Ez a szemléletében is nagyon korszerű atlasz szolgált a következő évtizedben szinte minden közép-európai kiadó számára mintául az iskolai atlaszok megújításához. A munka egyik jelentős újdonsága volt, hogy a korábbi atlaszokban is feltűnő ún. „matematikai földrajz" térképlapot, amely a földi és égi koordinátarendszerek, tájékozódás és csillagászati térképek témaköröket tárgyalták a Sydow-Wagnerben további módszertani lapokkal



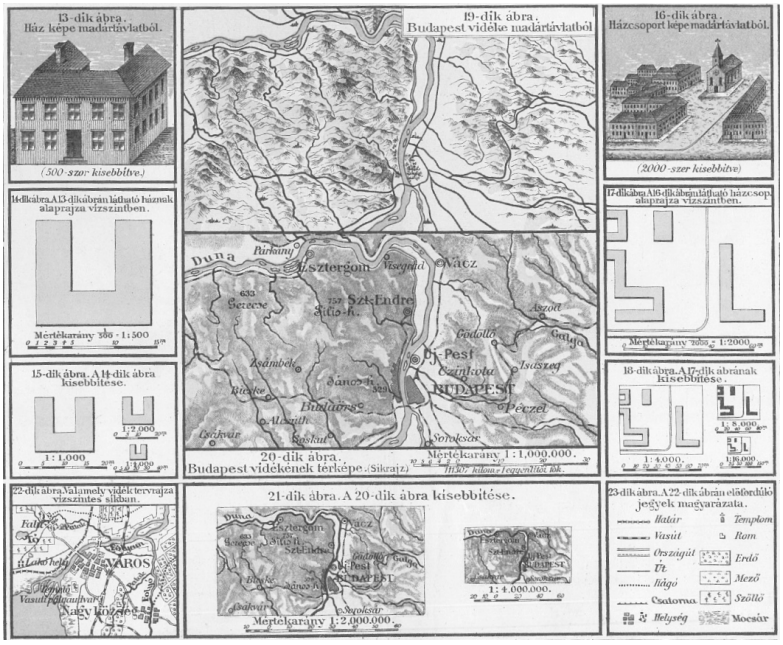
1. ábra Méretarány és térképi ábrázolás: részlet a Diercke-atlasz „A domborzatábrázolás és a térkép fejlődése” című lapjáról (Braunschweig, 1895)

egészítették ki, amelyek a „*Bevezetés a földrajzi térképek megértésébe*” címet kapták. Ezek között szerepel egy olyan lap, amelyen a szokásos térképi méretarányokat egy mintaterületen illusztrálják. A terepi tájékozódáshoz használatos lapok (1: 25 000 és 1: 100 000) mellett az atlaszban szereplő, kisebb méretarányú földrajzi lapokat természetesen Berlin, a kiadó székhelyének térképrészleteivel demonstrálják.

A Westermann-kiadónál a Diercke és Gaebler-szerkesztette, sikeres középiskolai atlaszában *Diercke, Atlas für höhere Lehranstalten* (1885) egy hasonló lap található, amely azonban a méretarány-sorozatot Braunschweig központtal mutatja be (*1. ábra*).

A fenti németországi példák mellett az Osztrák–Magyar Monarchiában a 19. század utolsó harmadára a legnagyobb iskolai atlaszkiadóvá a bécsi Eduard Hölzel vált, amely 1861-től szívós munkával fejlesztette az eredetileg a szlovén Blasius Kozenn térképlapjait. Az önálló magyarországi iskolai térképkiadásban jelentős szerepet játszottak ezek a nemzetközi előképek.

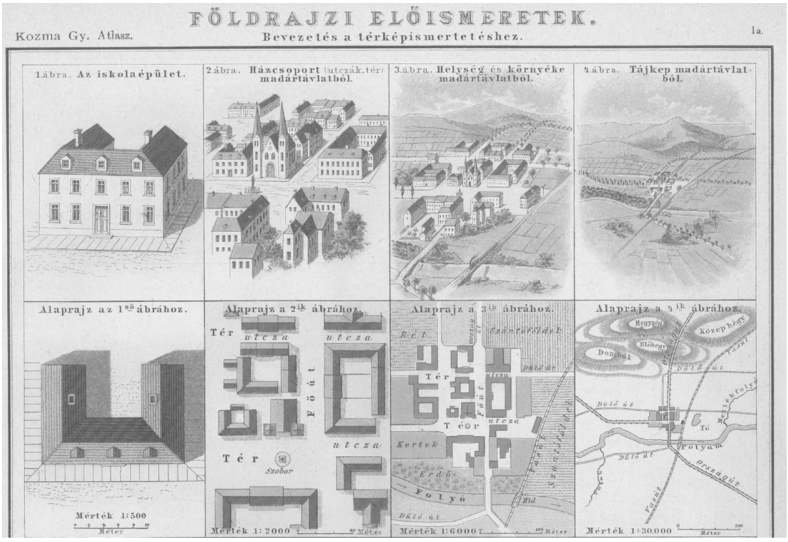
A magyar nyelvű iskolai atlaszok szerkesztéséhez szükség volt szakemberre, akit Gönczy Pál államtitkár a szerelmi okból Magyarországra költözött osztrák katonatiszt, Emanuel Kogutowicz személyében talált meg. Kogutowicz az Osztrák-Magyar Monarchia tüzértisztjeként jól ismerte a topográfiai térképek szerkesztését, így első munkája, Vas vármegye térképe az 1: 75 000-es méretarányú *Spezialkarte* adaptációja, de Sopron vármegye térképe az osztrák iskolán túli, önálló útkeresés. *Kogutowicz Manó* térképkiadó vállalkozását a bécsi Hölzel kiadóval hozta létre Budapesten, sőt első földgömbjük (1897) is közös fejlesztés volt (Török 2003). Később a vállalkozás „Magyar Földrajzi Intézet r.t.” néven, magyar geográfusokkal és történészekkel együttműködve készítettek iskolai térképeket és atlaszokat az alapító által létrehozott, jellegzetes közép-európai grafikus stílusban. 1896-ban még Hölzel és Társa néven jelent meg Kogutowicz és Berecz Antal szerkesztésében az „Elemi Iskolai Atlasz” a népiskolák számára, amelynek első lapja a „Térképpel való ábrázolás alapfogalmai” címet kapta (*2. ábra*).



2. ábra Elemi iskolai atlasz – Elemi és felső népiskolák számára – Berecz Antal és Kogutowicz Manó – Kogutowicz és társa Magyar Földrajzi Intézete – Budapest, 1896. (A kép az Országos Széchényi Könyvtár tulajdona)

Ezt megelőzte az az alapvető térképolvasási ismereteket, földrajzi alapfogalmakat illusztráló atlaszlap, amely a földrajztanár Kozma Gyula atlaszában jelent meg. Kozma előbb a korszerű Diercke-féle atlaszt magyarította (1884), azonban hamarosan önálló lapokat is szerkesztett. Ezek között jelent meg először az 1890-es hetedik, javított és bővített változatban kiadott „Rendszeres földrajzi atlaszban" a „Földrajzi előismeretek" I. és II. című lapok, amelyek a térképi ábrázolás és a méretarány kapcsolatának első magyar feldolgozásai voltak (*3. ábra*).

A Diercke-előkép hatása mellett megemlítendő, hogy az atlaszt a Dobrowsky és Franke kiadó adta ki. Érdekesség, hogy a kiadó szoros kapcsolatai miatt a térképeket egy lipcsei nyomdában sokszorosították. Néhány évvel később a földrajztudós Kogutowicz Károly által kiadott földrajzi iskolai atlasz az alapvető földrajzi fogalmakat, valójában a földrajzi szemléltetés alapvető eszközét mutatta be és a magyarázó lap a hazai népiskolai atlaszok szokásos elemévé vált. A térképpel való tájékozódás és a térképi ábrázolást különböző méretarányokban szemléltető képek sorozata máig megtalálható szinte minden gyermekeknek vagy kisiskolásoknak készült atlaszban megtalálható (Makádi 2005). Ezeknek az elemi, népiskolai vagy általános iskolai atlaszokban szereplő módszertani lapoknak óriási szerepük volt abban, ahogyan a hazai közönség a térképekről gondolkodott, hiszen az alapfokú oktatásban mindenki találkozott ezekkel. A magyarországi térképhasználók *millióinak* ezek az atlaszlapok próbálták megmagyarázni, mi a térkép és hogyan kell használni…



3. ábra Rendszeres földrajzi atlasz – Középtanodák, tanitóképezdék, polgári fiú- és leány-iskolák használatára kiváló tekintettel a természeti viszonyokra – szerkesztette: Kozma Gyula, Budapest, 1890. (A kép az Országos Széchényi Könyvtár tulajdona)

Az iskolai atlaszok jelentősége

Hagyományosan a térképolvasás és készítés és az atlaszhasználat a földrajzi oktatás jelentős -ha nem is elsődleges- elemei, különösen az általános és középiskolák szintjén (Castner 1987). A térképolvasási képességek nélkül nehezebb lenne a tanulók számára bemutatott földrajzi helyek és összefüggések bemutatása az osztályteremben. A térkép ismerete, s még inkább értése és biztos használata, a térbeli látás elsajátítása nélkül szinte elképzelhetetlen a logikus, ok-okozati összefüggésekre épülő tanulás – akár a konzervatív, akár a különböző reformpedagógiák felől közelítünk a kérdéshez (Száray 2010). A természetismeret tanításának egyik alapfeladata a szemléleti térképolvasás készségének kialakítása. A magyar közoktatási rendszerben a tanulók az általános iskola 3. és 6. osztálya között tanulják az alapvető térképészeti ismereteket, zömében a környezetismeret és a természetismeret tantárgyak keretében, majd ezeket az ismereteket a földrajz tantárgy keretében bővítik (Reyes – Kereszty 2011).

Ebben az életkorban a térképeknek való általános kitettség miatt már a legtöbben tisztában vannak a modern térképes szolgáltatások ábrázolásmódjával és használatával. Modern korunk digitális eszközeinek használata jó eséllyel egyre távolabb visz minket a hagyományos térképtípusok használatától, miközben a virtuális környezet térnyerése és alkalmazása megfelelő térbeli képességeket igényel. Gondoljunk akár csak arra, hogy az interneten nap, mint nap megjelenő digitális térképek mennyire interaktívak tudnak lenni, hogyan változik folyamatosan a rajtuk szereplő adatok, és mennyire különböznek ezek a hagyományos analóg térképektől.

Miért véljük úgy, hogy az atlaszok mégis fontos szerepet játszanak a gyerekek képességeinek fejlődésében? Azért, mivel elsődlegesen az iskolai atlaszokból

sajátíthatunk el alapvető navigációs és térképolvasási képességeket. Hogy ezt helyesen tanuljuk-e meg, az más kérdés, és ebben a földrajzoktatásnak is fontos szerepe van, de fontos, hogy legyen egy biztos kiindulópontunk. A térképek és atlaszok a földrajz- és történelemtanítás legelterjedtebb grafikai segédeszközei és forrásai, és ezek a kiadványok fontos szerepet játszanak abban is, hogy egy gyermek hol és hogyan találkozik először nyomtatott térképpel. Mindezek miatt pedig a térképek és atlaszok hatékonyságának vizsgálata elsődleges és sürgető feladat a térképészeti és pedagógiai kutatásokban (Beitlova et al. 2021).

A térképolvasás oktatása: nincs változás?

Tekintsük át néhány példán keresztül az 1890-től 2022-ig kiadott általános iskolai földrajzi atlaszokat a térképészeti alapismeretekről szóló oldalak legfőbb pilléreinek változásával kapcsolatban. A *4. és 5. ábrán* a 19. század utolsó éveiben megjelent atlaszokat követő kiadványok kerülnek bemutatásra.

Az atlaszokban túlnyomórészt csak egy oldal van, ami pontosan "A térképészeti ismeretek alapfogalmai" címet viseli, és többnyire 6-9 ábrából áll, méretaránnyal és címmel. A földrajzoktatásban használt tankönyvek áttekintésekor úgy tűnik, hogy a legfontosabb térképészethez kapcsolódó fogalom a méretarányok bemutatása, és ez a térképi ismeretek atlaszlapjainak kialakításában is megmutatkozik. A gyerekek számára jó kiindulópont a közvetlen tanulási környezet, az osztályterem ábrázolása, bár ez aligha nevezhető térképszerű ábrázolásnak, sokkal inkább alaprajznak. A közeli és távoli iskolai környezet ábrázolása már a tényleges térképi megjelenítés felé mutat, de ez, szorosan hozzá kapcsolódó terepi/gyakorlati alkalmazás nélkül, sajnos nem elegendő a térbeli készségek fejlesztéséhez. A korai atlaszokban az alaprajzok mellett általában különböző méretarányú térképek kivágott részeit használták ábrázolásként.

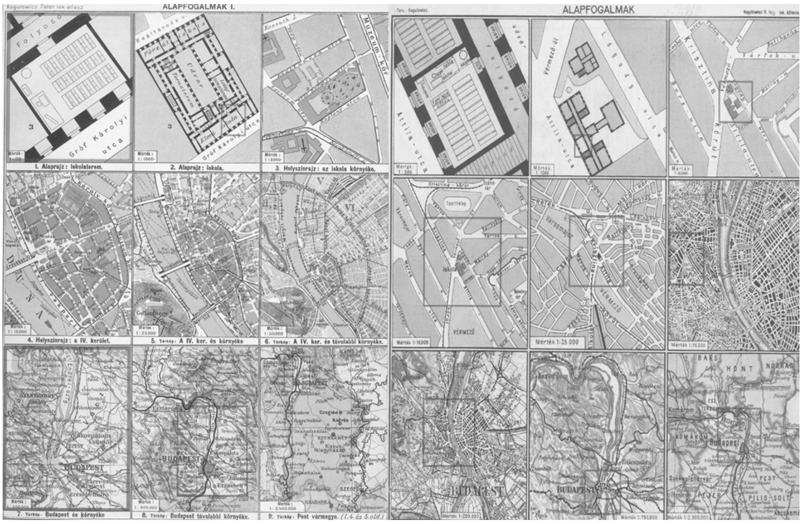
A terminológiáról elmondható, hogy ezeken az oldalakon ritkán használják a térkép szót, talán csak egy-egy ábra esetében. Az alaprajzok és a helyszínrajzok azonban mindenképpen fontosak ahhoz, hogy a tanulók közelebb kerülhessenek a térképek matematikai hátterének megértéséhez.

A színhasználatot tekintve a bemutatott oldalak sajátossága a kellemes, halvány árnyalatok használata, és csak a legfontosabb épületeket vagy az iskola épületét jelölték élénkpiros színnel. A korai atlaszok kézzel rajzolt ábrákkal illusztráltak, míg az újabb példák már fotókat, légi felvételeket és műholdképeket is tartalmaznak.

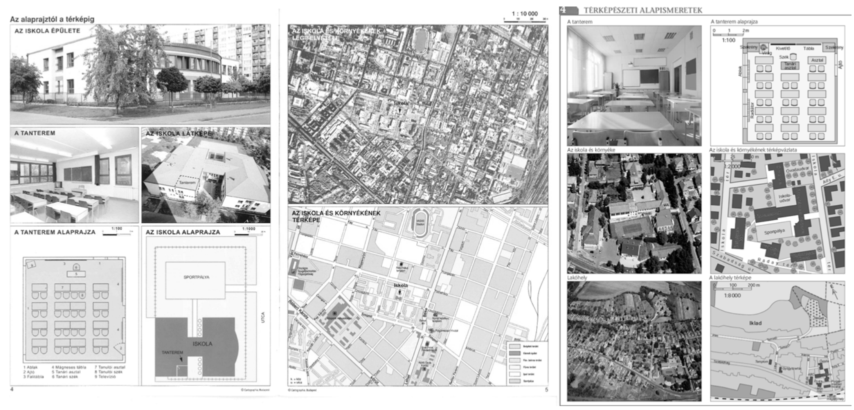
A 21. század kezdete óta talán a legnagyobb változás a grafikai megjelenítésben történt, a legújabb atlaszok a számítógépes megjelenítés felé mozdultak el, amely talán a mai gyerekek számára is ismerősebbként hat.

Összefoglalás

100 év alatt sok minden változott körülöttünk, változott a felhasználás módja, változtak a felhasználók, és természetesen még a térképek is változtak.



4. ábra Kogutowicz Manó: Földrajzi iskolai atlasz – Magyar Földrajzi Intézet Rt. – Budapest, 1910. (A kép az Országos Széchényi Könyvtár tulajdona) és Kogutowitz Károly polgári iskolai atlasza, 8. kiadás - Magyar Királyi Állami Térképészet – Budapest, 1932. (A kép az Országos Széchényi Könyvtár tulajdona)



5. ábra Első atlaszom – Cartographia – Budapest, 2001. (A kép a Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet tulajdona) és Földrajzi atlasz általános iskolásoknak – Oktatási Hivatal, Oktatáskutató és Fejlesztő Intézet – Budapest, 2018. (A kép az OH OFI tulajdona)

Ezzel szemben, ahogy a fenti történeti példákon is látszik, a térképészeti alapismeretekkel foglalkozó oldalak főbb pontjai az elmúlt száz év alatt alig változtak. A legnagyobb fejlődést a grafikai megjelenítés mutatja a 21. századtól. Látszik, hogy a legújabb atlasz esetében elkezdtek nyitni a modern gyerekeknek is ismerősebbnek ható, számítógépes megjelenés felé. Alapvetően jó kiindulási pont a gyerekek közvetlen környezetének, az osztályteremnek a bemutatása, habár ez aligha nevezhető térképi ábrázolásnak, mert alaprajznak tekintjük. Az iskola közvetlen és tágabb környezetének bemutatása már a konkrét térképi vizualizáció felé mutat, azonban ez, hozzá kapcsolódó terepi alkalmazás nélkül sajnos kevés

a téri képességek fejlesztéséhez. A földrajzoktatás során használt tankönyveket áttekintve a legfontosabb fogalomnak a *méretarány* bemutatása tűnik, és ez látszik a térképismereti atlaszlapok kialakításán is. A kritikus térképhasználat kialakításához azonban ennyi tudást átadása elégtelen a térképhasználattal kapcsolatban. Az iskolai atlaszok kialakítása során ugyan törekedni kell az optimum elv alkalmazására, mert nem szabad túl sok tudásanyagot belezsúfolni. Azonban a térképolvasási képesség fejlesztése meghatározó: nyomatékosítani kell a diákokban azt, hogy nem csak az atlaszban szereplő térképi példák létezhetnek és a térképhasználat más tantárgyakban is hasznos. A példák mellett pedig elengedhetetlen az, hogy segítsünk a diákoknak nem csak nézni, hanem értelmezni ezeket a térképeket. Ez nem csak abból áll, hogy elolvassuk a térképhez tartozó címet és végignézzük a jelmagyarázatot, hanem abból is, hogy például a tematikus térképeken bemutatott adatokat térbeli vonatkozásukhoz kötve, összefüggésükben próbáljuk elképzeltetni és megérteni. Összefoglalva: az általános iskolai oktatásban használt atlaszok elemzésével reméljük, hogy jobban megértjük, hogyan tájékozódik az 5–12 éves korosztály a földrajzi térben, és hogyan fejleszthetők ezek a készségek.

Felhasznált irodalom

Castner, H.W. (1987): Education through Mapping/A New Role for the School Atlas? Cartographica, 24(1), pp. 83–100.

Fodor F. (1952-54): A magyar térképírás.

Klinghammer I. – Pápay Gy. – Török Zs. (1998): Kartográfiatörténet. ELTE Eötvös, Budapest.

Reyes, J. – Kereszty P. (2011): A térképészeti alapismeretek jelenlegi helye és szerepe a hazai közoktatásban, a változás irányai és lehetőségei. In: Földrajzi Közlemények, 135., pp. 173–178.

Török Zs. (2006): The Kogutowicz globes: some problems of national globe making in Hungary. Globusfreund, 53/54, pp. 43–62.

Török Z.G. – Török Á. (2019): Cognitive data visualization – a new field with long history. In: Klempous, R. et al. (szerk.): Cognitive inforcommunications. Theory and applications. Springer, Berlin, pp. 49–77.

Internetes források

Beitlova et al. (2021): The Importance of School World Atlases According to Czech Geography Teachers. https://www.mdpi.com/2220-9964/10/8/504 Letöltés ideje: 2022. szeptember

Mariann M. (2005): A magyarországi földrajztanítás nyomtatott taneszközeinek történeti fejlődése. https://anzdoc.com/download/a-kzoktatasban-hasznalt-tanknyvek-es-tanuloi-segedanyagok-ss.html Letöltés ideje: 2022. szeptember

Száray Miklós: A térkép szerepe és elemzése a történelemórán https://www.folyoirat.tortenelemtanitas.hu/2010/05/szaray-miklos-a-terkep-szerepe-es-elemzese-a-tortenelemoran/, Letöltés ideje: 2022. szeptember

Bogyóminta vizsgálat különböző távérzékelési módszerek alkalmazásával a mádi borvidék területén

Kupásné Szalóki Annamária[1] – Szabó Loránd[2] – Burai Péter[3] – Bacsó Zsófia Réka[4] –Tomor Tamás[5] – Csige László[6]

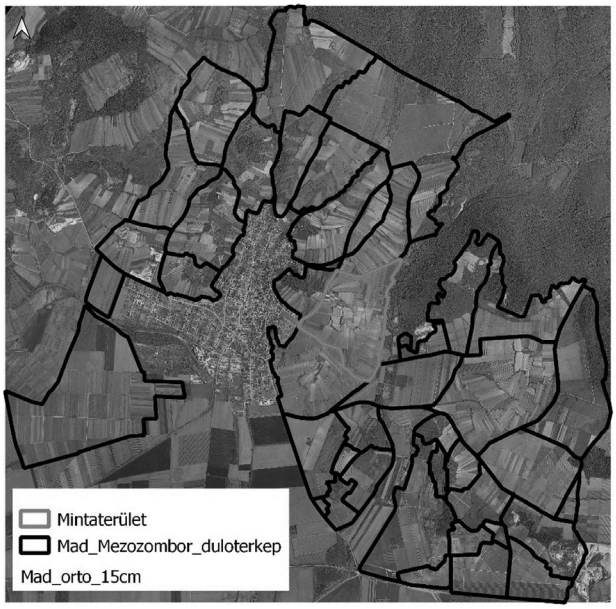
[1] tudományos segédmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ, szaloki.annamaria@unideb.hu
[2] tanársegéd, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.lorand@science.unideb.hu
[3] tudományos főmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ, burai.peter@unideb.hu
[4] ügyvivő szakértő – vegyész, Debreceni Egyetem, Mádi Bor Akadémia, bacso.zsofia@unideb.hu
[5] tudományos főmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ, tomor.tamas@unideb.hu
[6] igazgató, Debreceni Egyetem, Mádi Bor Akadémia, csige.laszlo@unideb.hu

Abstract: Droughts have a negative impact on our environment on a global scale. Yet the greatest damage is in the agricultural sector. Droughts also affect viticulture, which is a priority for study. In the present study, two spectral indices (Normalized Difference Vegetation Index and Normalized Difference Moisture Index) calculated from cloud-free Sentinel-2 and Planet Scope images in 2021 and 2022 were used to investigate the trend differences between the two years. In addition to the images, available precipitation data from the area were used in the data analysis and grape berry samples collected from the area were also examined. It is clear from the results that the year 2022 has been extremely affected by drought.

Bevezetés

A távérzékelési adatok alkalmazásával folytatott terroir kutatásokban a növények biofizikai és bizonyos talajtani tulajdonságainak vizsgálata elsősorban a távérzékelt adatokból számított spektrális indexek egyszerű használatával valósult meg (pl. Hall et al. 2003; Lamb et al. 2004; Zarco-Tejada et al. 2005; Rodríguez-Pérez et al. 2007; Hall – Wilson 2013). Az azonos tulajdonságú zónák meghatározásához a képosztályozás mellett a képszegmentálási módszereket is alkalmazzák (Pedroso et al. 2010; Vaudour et al. 2010). A szőlő minőségének vizsgálatával számos kutatás foglalkozik légi és műholdas távérzékelési módszerek alkalmazásával. A kutatások többsége vörösbor elállításához alkalmazott szőlőfajtákat vizsgál (Martín et al. 2007; Martínez-Casasnovas et al. 2012). A mádi területen folytatott kutatás ezzel szemben a területen elterjedt fehérbor előállításához alkalmazott fajták vizsgálatával foglalkozik. Vizsgálataink elsősorban a furmint szőlő minőségét meghatározó paraméterek átfogó jellemzésével foglalkoznak.

A mádi borvidék területén egy komplex kutatás folyik a Debreceni Egyetem Mádi Borakadémia koordinálásával, ahol átfogóan vizsgálják a bogyó minőségi paramétereit befolyásoló paramétereket. Jelen kutatásban a terepi bogyómintavételi adatok térbeli változékonyságát és a műhold adatokkal való összefüggéseit vizsgáltuk.



1. ábra A kutatásra kiválasztott mintaterület (Szent Tamás dűlő)

Anyag és módszer

Kutatásunkat a Mádi Borakadémia szőlőtermőhely kutatási projekt keretében a mádi borvidék egy kiválasztott dűlőjén végeztük (*1. ábra*).

A bogyómintavételezést a Szent Tamás dűlőire szűkítettük, amelynek területe megközelítőleg 72 ha. A mintákat a Mádi Borakadémia laboratóriumában és a Debreceni Egyetem Műszerközpontjában elemezték. A 2020-as évben 100 db mintát vizsgáltunk, a mintavételt 2020.09.21 és 2020.09.23. között végeztük. A mintavételi pontokat a domborzati viszonyok ismeretében egyenletesen jelöltük ki a területen. A mintavételek pozícióját precíziós GNSS méréssel rögzítettük. A 2020. évi bogyómintavételek statisztikai elemzése után 2021-ben csökkentettük a mintavételi helyszínek számát 50 db mintavételi pontra, amelyek begyűjtése 2021.09.13 és 2021.09.14. között történt. 2022-es év mintavételi időpontja 2022.09.05 és 2022.09.07 közötti időszakot érintette, ahol 38 db mintavételi pont került meghatározásra. A pontok számát úgy csökkentettük, hogy a térbeli változatosság ne csökkenjen számottevően.

A távérzékelt felvételek közül Sentinel-2 és a Planet Scope felvételeket alkalmaztunk. A felvételeket a teljes mádi borvidékre gyűjtöttük. Munkánk során egyrészt a Sentinel-2 műholdcsalád multispektrális csatornáit alkalmaztuk, amelyeket a (https://scihub.copernicus.eu/dhus/) oldaláról töltöttük le 10 m-es terepi felbontásban. A Sentinel-2 felvételek közül a Level-2A feldolgozottsági szintű felvételeket szereztük be. Az L2A felvételek atmoszférikus korrekcióval ellátott felvételek, BOA (Bottom of Atmosphere) reflektancia értékekkel. Emellett

a kutatásunk során nagyfelbontású felvételeket is alkalmaztunk. A Planet Scope 3 m térbeli felbontású, 8 csatornás felvételeket ortorektifikált, reflektancia értékeket tartalmazó termékként szereztük be (https://api.planet.com). Az alkalmazott multispektrális felvételekből elsősorban NDVI és NDMI indexet képeztünk, amellyel a szőlő parcellák vegetációs aktivitását vizsgáltuk az aszályérzékenység szempontjából. A Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) index információt szolgáltat számunkra a növény fotoszintetikus aktivitásával kapcsolatban (Rouse et al. 1973). A Normalized Difference Moisture Index (NDMI) pedig a terület és egyben a növényzet víztartalmáról ad információt. A két index együttes alkalmazása a gyakorlatban jól kiegészíti egymást, alkalmazássukkal átfogó képet kaphatunk egy adott területen a vegetációt ért vízstresszről (Strashok et al. 2022).

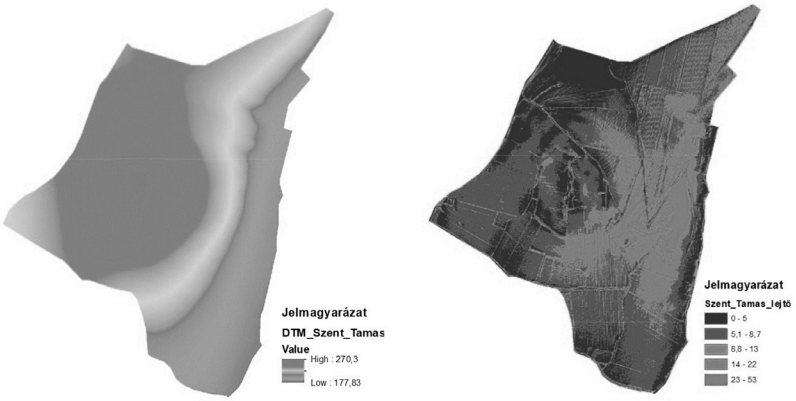
Eredmények

A meteorológiai adatokat is megvizsgálva, **2020-ban jóval több csapadék hullott (736,4 mm)**, mint **2021-ben (542,2 mm)**, ez a hatás a beltartalmi értékekben is megmutatkozik. A 2022-es évet tekintve a szeptember hónapig összesen **317 mm** csapadék hullott, amely jelentősen elmarad a korábbi évek azonos időszakának átlagtól. A bogyómintákban az alábbi beltartalmi tulajdonságokat vizsgáltuk: a szőlő bogyótömege, red.cukor, brix, összes sav, pH, sűrűség, glu+Fru, extract, ammónia, kálium. Ha megnézzük az előző évek átlagát 2021-ben a **szőlő bogyótömege** átlagosan **25%-ot csökkent**, míg a beltartalmi értékek közül az **összsav értéke 22,3%-ban növekedést** mutatott, valamint a brix-bedcukor-glufru-extrak 3–4% körül növekedett 2020-hoz képest. Csökkenést mutatott még a pH, ammónia és kálium is. A makro és mikro elemek tekintetében együttmozgás figyelhető meg a 2020 és 2021-es adatok között. Jelentősebb változás a legtöbb mikro és makro elem, valamint a beltartalmi értékek esetében is a terület középső részénél a magassági értékekkel összefüggésben figyelhető meg. A LiDAR adatokból készült terepmodellből előállított magasság, kitettség, lejtéskategória fedvényekkel (*2. ábra*) végzett statisztikai elemzések már mutattak olyan összefüggéseket, amely a bogyóminták beltartalmi értékeit befolyásolták.

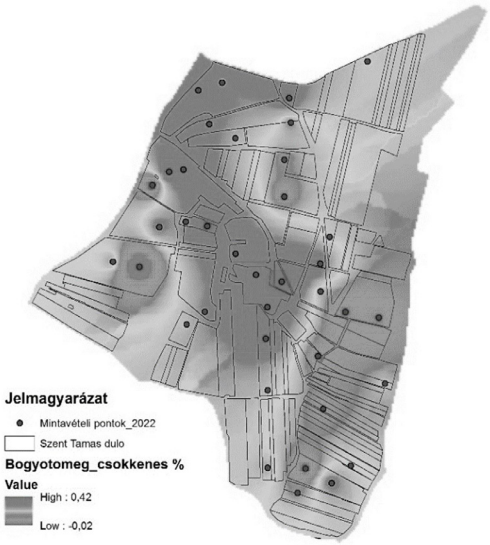
2022-es adatokat tekintve a **szőlő bogyótömegében** átlagosan további 16%-os csökkenést mutat a 2021-es adatokhoz képest, azonban egyes mintavételi pontok esetében akár 40%-os visszaesés is megfigyelhető. Legjelentősebb csökkenés az összsav tartalomban, illetve az ammónia tartalomban mutatkozott meg. Az **összsav értéke átlagosan 39%-al csökkent**, míg az **ammonia tartalom átlagosan 28%-al** tért el szintén negatív irányba a korábbi év átlagától. A brix-redcukor-glufru-extrak 8–10% körül növekedett. A területi együttmozgás továbbra is tapasztalható, tehát azokon a területeken, ahol korábban is alacsonyabb értékeket tapasztaltunk 2022-ben is jellemzően az alacsonyabb értékek domináltak. Az eredményekből kitűnik, hogy az időjárási tényezőknek leginkább a bogyótömeg, összsav és az ammónia tartalom van kitéve, ezeket az értékeket befolyásolja jelentősebben pozitív és negatív irányba

a csapadékmennyiség eloszlása. A bogyómintavételi eredményekből interpoláltunk olyan rétegeket, amelyek alkalmasak a közepes felbontású műhold adatokkal való összehasonlításra (*3. ábra*).

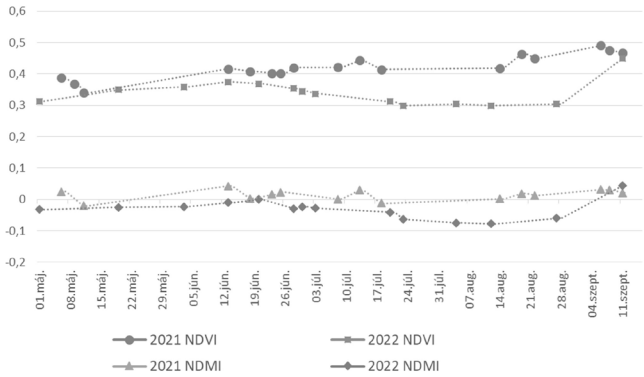
A Sentinel-2 műholdfelvételből előállított indexek segítségével idősorosan vizsgáltuk a terület NDVI és NDMI értékeiben bekövetkező változásokat. Az NDVI értékek időbeli trendje egyértelműen elkülönül 2021 és 2022 között (*4. ábra*). A teljes idősor értékeit figyelve a 2021-es év NDVI értékei az összevethető időpontokban minden esetben magasabbak voltak a területen, azaz 2021-ben nagyobb biomassza-mennyiség volt jelen az adott területen. A két trend közötti különbség június végétől távolodik el jobban egymástól. 2021-ben magasabb (0,45), míg 2022-ben alacsonyabb (0,3) NDVI értékekkel találkozunk, csak a szeptember 11-ei időpontban közelítenek ismét az értékek.



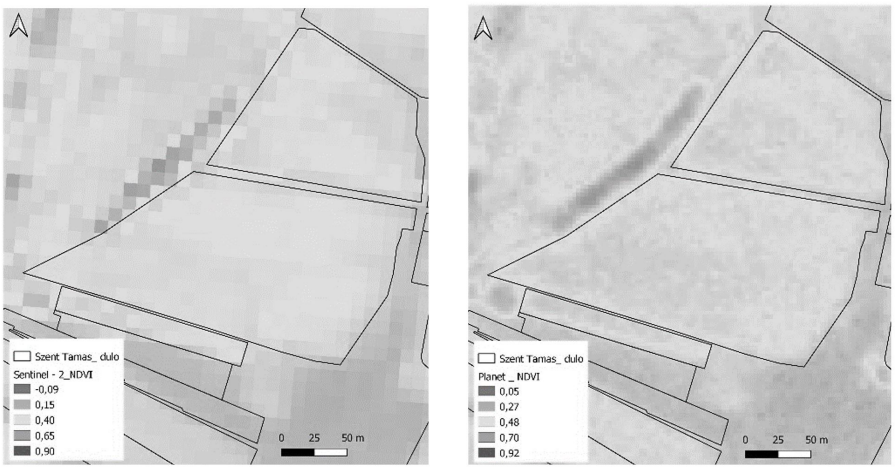
2. ábra A Szent Tamás dűlő magassági értékei, illetve lejtéskategória térképe



3. ábra Bogyótömeg értékeinek csökkenés 2021-es adatokhoz képest (%)



4. ábra NDVI és NDMI értékek alakulása 2021 és 2022 években



5. ábra Sentinel-2, valamint Planet Scope felvételek NDVI index

Az NDMI értékek esetében szintén elkülönül a két év közötti trend (*4. ábra*). A 2021-es év értékei jellemzően magasabbak, de szignifikáns különbség szintén június végétől figyelhető meg, így a 2021-es NDMI értékek jellemzően 0 feletti pozitív értékek, azaz a vegetáció víztartalma magasabb, 2022 esetében pedig szinte kivétel nélkül negatív értékek, melyek közelítik a -0,1 értéket, azaz a vegetáció jelentős szárazságnak van kitéve. Egyedüli pozitív érték a szeptember 11-ei időpontban tapasztalható, itt még a 2021-es évnél is magasabb a terület víztartalma, a területre érkező esőzéseknek köszönhetően nőtt.

A Sentinel-2 és Planet Scope felvételek, valamint az azokból előállított NDVI indexek segítségével szegmentálást végeztünk és kerestük azokat a területeket, amelyek 2022.06.03 és 2022.06.29 közötti időpontokban legérzékenyebben reagáltak a területet sújtó aszályra. A Planet Scope felvételek által biztosított 3 m-es térbeli felbontás sokkal részletesebb képet ad (*5. ábra*), hogy mely parcellák vannak jobban kitéve az aszálynak. Ebben az esetben is elmondható, hogy a LiDAR adatokból előállított fedvényekkel található összefüggés a területen.

Összefoglalás

A kutatás várhatóan a 2023-as évben zárul. A közeljövőben részletes földtani és talajtani adatokat is fel fogunk használni az elemzésekhez. A komplex kutatásnak köszönhetően nagy mennyiségű információ áll rendelkezésre az adott területről, amelyek hozzájárulnak egy komplex rendszer létrehozásához, amely segíti a termelésben résztvevők munkáját.

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

Felhasznált irodalom

Hall, A. – Louis, J. P. – Lamb, D. W. (2008): Low-resolution remotely sensed images of winegrape vineyards map spatial variability in planimetric canopy instead of leaf area index, Aust. J. Grape Wine R., 14, 9–17.

Hall, A. – Wilson, M. A. (2013): Object-based analysis of grapevine canopy relationships with winegrape composition and yield in two contrasting vineyards using multitemporal high spatial resolution optical remote sensing, Int. J. Remote Sens., 34, 1772–1797.

Lamb, D. W. – Weedon, M. M. – Bramley, R. G. V. (2004): Using remote sensing to predict grape phenolics and colour at harvest in a Cabernet-Sauvignon vineyard: timing observations against vine phenology and optimising image resolution, Aust. J. Grape Wine R., 10, 46–54.

Martín, P. – Zarco-Tejada, P. J. – González, M. R. – Berjón, A. (2007): Using hyperspectral remote sensing to map grape quality in "Tempranillo" vineyards affected by iron deficiency chlorosis, Vitis, 46, 7–14.

Martínez-Casasnovas, J. A. – Agelet-Fernandez, J. – Arnó, J. – Ramos, M. C. (2012): Analysis of vineyarddifferential management zones and relation to vine development, grape maturity and quality, Spanish J. Agr. Res., 10, 326–337.

Pedroso, M. – Taylor, J. – Tisseyre, B. – Charnomordic, B. –Guillaume, S. (2010): A segmentation algorithm for the delineation of agricultural management zones, Comput. Electron. Agr., 70, 199– 208.

Planet Team (2017): Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA. https://api.planet.com

Rouse, J.W. – Haas, R.H. – Schell, J.A. – Deering, D.W. (1973): Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, 357 NASA SP-351, pp. 309–317.

Strashok, O. – Ziemiańska, M. – Strashok, V. (2022): Evaluation and Correlation of Sentinel-2 NDVI and NDMI in Kyiv (2017–2021). Journal of Ecological Engineering, 23(9), 212–218.

Vaudour, E. (2002): The quality of grapes and wine in relation to geography: notions of terroir at various scales, J. Wine Res., 13, 117–141.

Effects of multi-resolution DEM products on parameters of cross-correlation based geocoding algorithm in case of different terrain types

Bálint Magyar[1,2] – Sándor Tóth[1,2] – Roland Horváth[1] – György Szabó[3]

[1] Lechner Non-Profit Ltd. – Satellite Geodetic Observatory, Budapest, Hungary
[2] Department of Geodesy and Surveying, Faculty of Civil Engineering, Budapest University of Technology and Economics, Műegyetem rkp. 3., H-1111 Budapest, Hungary
[3] Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Faculty of Civil Engineering, Budapest University of Technology and Economics, Műegyetem rkp. 3., H-1111 Budapest, Hungary

Abstract: Applying intensity cross-correlation based automatic geocoding procedure is a commonly used approach in various synthetic aperture radar (SAR) softwares. In recent study, we investigate the effect of multi-resolution height data products of the Lechner Non-profit Ltd for different terrain types in function of the parameter set of the bilinear polynomial model of the geocoding lookup table refinement. The intensity cross-correlation with thresholds of 0.2 and 0.5, and the related offset estimations are performed between the height data dependent simulated and the actual SAR images in common RMLI geometry. The results and the related conclusions highlight the potential of the usage of the fine resolution (5 m, 15 m) DEM/DSM products in flat terrain types, aiming more accurate feature detection for the geocoding in such topographic setting.

Introduction

The effect of different resolution DEM data on various InSAR parameters are well tested on various software environments (Dostalova et al 2016; Du et al 2017). The scope of our research is to investigate the effect of the digital surface and elevation models of the Lechner Non-profit Ltd., on the model parameters of the geocoding, instead the InSAR parameters. To achieve this, we used the well-known intensity cross-correlation based geocoding method (Frey et al. 2012) using Gamma Remote Sensing Software (Wegmüller 2016) with Sentinel-1 SLC data. In the followings, we present the applied materials like the used DSM/DEM/SRTM data and its corrections, as well as the applied biliniear polynomial model and the related constraints. Then we interpret the results for various height data resolutions and different topographic settings as well.

Materials and Methods

To analyze how the spatial resolution and different type of local terrain information affects the accuracy of the SAR geocoding process, we collected digital surface models (DSM) and digital elevation models (DEM, DDM5) from Lechner

Non-profit Ltd (LTK) (LTK 2022a; LTK 2022b), as first input data category of our research. They cover the whole area of two northern Hungarian counties (Borsod-Abauj-Zemplen, Szabolcs-Szatmar-Bereg) (*Fig. 1*). Besides, we also acquired the 30m resolution SRTM data for the area-of-interest (EROS 2018).

The height information of the DEM (LTK 2022a) bases on the digitalization of contour lines from archive topographic maps created by standard stereo photogrammetric procedure from 1979 to 2000. Later the quality of the DEM data was improved by the results of recent aerial photogrammetric actions. The last update of the DEM data was in 2020 and it bases on the digital aerial photogrammetric survey of the area (Timár 2003).

The DSM (LTK 2022b) was also derived by the mapping agency from the same image set captured in 2020 summertime. To get a suitable product for user applications firstly a well-known photogrammetric method based on overlapped aerial images was utilized to obtain a dense point cloud of the area. Then a resampling rasterization process was applied to convert the point cloud into a suitable raster (GeoTiff) data format, using Nearest Neighbor method. The technical details of the survey and photogrammetric processing are out of the scope of this paper. The final LTK-DDM5 and LTK-DSM data were generated in three different spatial resolutions, namely 5 m, 15 m and 30 m.

Initially, the obtained DEM and DSM was given on the national grid (HD72, EPSG:27000) with corresponding horizontal cartesian coordinates. The elevation information was provided in the form of national EOMA (EPSG: 5787) heights relating to the mean sea level. In order to express the raster data in a reference frame closely consistent with requirement of geocoding, in a geodetic sense we transformed the DEM and DSM files into ETRF2000 reference frame (national realization of ETRS89) using the open-source libraries PROJ and GDAL (PROJ contributors 2022; GDAL contributors 2022). The transformation in the horizontal sense between HD72 and ETRF2000 was carried out by using a datum shift grid similarly to the solution described in Takács – Siki (2017). In the same time the height (above sea level) information of the DEM and DSM files were converted to ellipsoidal heights (HGT). For this purpose, we used the official national height reference surface (Geoid model) called VITEL2014 to achieve the highest possible accuracy (Kenyeres 2015) (*Fig. 2*).

After the pre-processing, all the initial terrain data were projected to a preferred coordinate reference system and the height values were expressed above the reference ellipsoid (HGT).

As *Fig. 1* illustrates, five smaller test areas are also specified, each representing a different terrain types. The description of the five test areas are summarized in *Table 1*. Performing our investigation in different terrain settings could emphasize the effect of different resolution HGT data on geocoding processes in flat, mixed and rugged terrain as well.

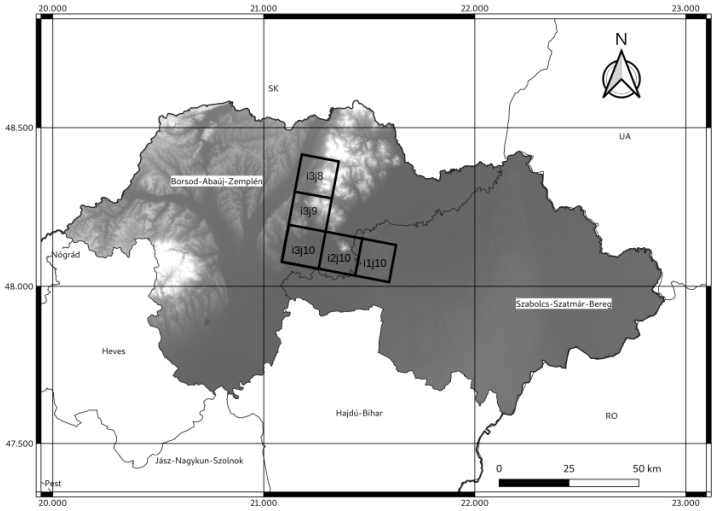


Fig. 1. Illustration of the area-of-interests covering in NE-Hungary. Footprints of the test areas with different terrain types are also highlighted

Table 1. Test areas of various terrain types

Test area ID	***Settlement***	***Terrain description of test area***
i1j10	Buj	Flat terrain type, plains with
i2j10	Tokaj	Mostly flat terrain, except Kopasz-Mountain
i3j10	Szerencs	Mostly flat, slight HGT variation in N-parts
i3j9	Tállya	Rugged terrain type (Zemplén Mountains)
i3j8	Regéc	Rugged terrain type (Zemplén Mountains)

The second input data category in our research were the Sentinel-1A/B level-1 SLC data (S1PRD 2021; Yague-Martinez et al. 2016) accessed through the Alaska Satellite Facility (ASF 2021). The preprocessed data and the related SLC/RMLI data were available from the InSAR part of ENI-CBC GeoSES project (BME 2021) (Magyar – Horváth 2022). Related such data, precise orbit ephemerides were also utilized providing position accuracy of 5 cm with 3D 1-sigma RMS orbit information (S1POD 2021). To manage and process the input height and SAR data, we use the Gamma Remote Sensing Software (Wegmüller 2016).

As method of our research, we followed the intensity cross-correlation based geocoding approach (Frey et al. 2012; Wegmüller 2016). The detailed workflow is indicated in *Fig. 2*, with highlighting the input materials, which we also discussed above.

As *Fig. 2* implies, first, we performed multi-looking (range ml-factor:12, azimuth ml-factor:1) of the initial SLC data, yielding RMLI data in RDC geometry. Then using height (HGT) and orbit data (EOF), we calculated the terrain-geocoding lookup-table (LT) and the related incidence angle (INC) and layover-shadow maps

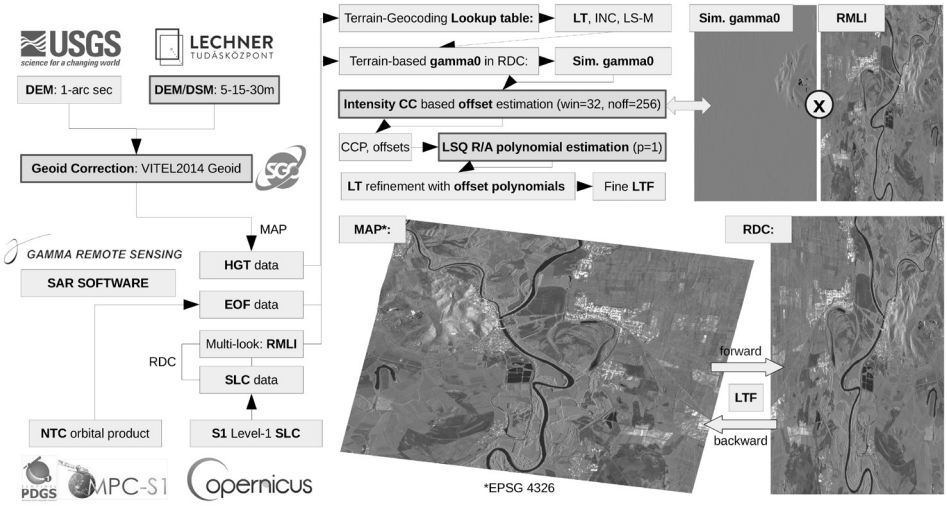


Fig. 2. Workflow of the applied intensity cross-correlation and lookup-table based geocoding method. Constrains and fix model parameters, as well as different LTK products are highlighted.

(LS-M) (Frey et al. 2012; Wegmüller 2016) in MAP geometry. With the aim of such datasets, as well as with the multi-looked SAR intensity images we were able to derive the terrain-based simulated SAR gamma0 image in RDC geometry (Frey et al. 2012; Wegmüller 2016). The effect of the different resolutions of the four investigated DEM/DSM products are represented in this simulated gamma0 dataset. Although, it has the same size as the common multi-looked intensity image in RDC, which is common for all height data products. Following this, we conducted the intensity cross-correlation (cc) based offset estimation between the simulated gamma0 and the measured multi-looked intensity image (Frey et al. 2012; Wegmüller 2016) (*Fig. 2,* upper right corner). According this, the first constraint of the applied method is that, it uses predefined number of offset estimates both in range and azimuth direction (Frey et al. 2012; Wegmüller 2016). In our case, offset estimations were evaluated in 256x256 grid, with 32x32 image patches and applying no oversampling. After obtaining the offset estimation over such grid, we also applied cc thresholds of 0.2 (*Fig. 4*) and 0.5 (*Fig. 5*) to restrict the initial grid. Then, we performed SVD supported linear-least squares (LSQ) polynomial fitting of the restricted offset data to the following bilinear quadratic polynomial model (Frey et al. 2012; Wegmüller 2016):

$$\begin{aligned} \mathrm{dr}_{\mathrm{model}} &= a_0 + a_1 \cdot \mathrm{dr}_{\mathrm{meas}} + a_2 \cdot \mathrm{daz}_{\mathrm{meas}} + a_3 \cdot \mathrm{dr}_{\mathrm{meas}} \cdot \mathrm{daz}_{\mathrm{meas}} + a_4 \cdot \mathrm{dr}_{\mathrm{meas}}^2 + a_5 \cdot \mathrm{daz}_{\mathrm{meas}}^2 \\ \mathrm{daz}_{\mathrm{model}} &= b_0 + b_1 \cdot \mathrm{dr}_{\mathrm{meas}} + b_2 \cdot \mathrm{daz}_{\mathrm{meas}} + b_3 \cdot \mathrm{dr}_{\mathrm{meas}} \cdot \mathrm{daz}_{\mathrm{meas}} + b_4 \cdot \mathrm{dr}_{\mathrm{meas}}^2 + b_5 \cdot \mathrm{daz}_{\mathrm{meas}}^2 \end{aligned} \quad (1)$$

where $\mathrm{dr}_{\mathrm{meas}}$ represents the range component and $\mathrm{daz}_{\mathrm{meas}}$ the azimuth component of each registered offset between the actual multi-looked intensity image and the simulated image, a_i and b_i with i = 0...5 represent the polynomial coefficients of model of *Eq. 1* and $\mathrm{dr}_{\mathrm{model}}$ and $\mathrm{daz}_{\mathrm{model}}$ are the range and azimuth polynomials in RDC

geometry, expressed in RMLI pixel units. As the second constraint of the applied method is that, we neglected the quadratic and linear terms in *Eq. 1*, yielding:

$$dr_{model} = a_0 \; ; \; daz_{model} = b_0 \tag{2}$$

where a_0 and b_0 yields a simple constant shift in range and azimuth directions. As main scope of our research, we investigated the *Eq. 2* related a_0 and b_0 coefficients, its errors and the related standard deviation of the model fit. The outcome of this analysis are discussed in the *Results* section. Thereafter we used the evaluated polynomial model to refine the initial lookup-table (LT) yielding the refined lookup table (LTF) (*Fig. 2*). With this refined lookup table we could perform the so-called forward geocoding (MAP→RDC) and backward geocoding as well (RDC→MAP) as *Fig. 2* illustrates.

Results

With the above presented approach we performed the intensity cross-correlation based geocoding for the five test areas detailed in *Table 1* and visualized in *Fig. 1*. As *Fig. 3* clearly illustrates or the i1j10 test site, using LTK-DSM products significantly increases the detectable features in the simulated SAR image (*Fig. 3* middle three subplots of bottom panel) compared to synthetic SAR images simulated with LTK-DDM5 products (*Fig. 3* middle three subplots of top panel) or compared to the 30m SRTM DEMs (*Fig. 3* first subplots of each panel).

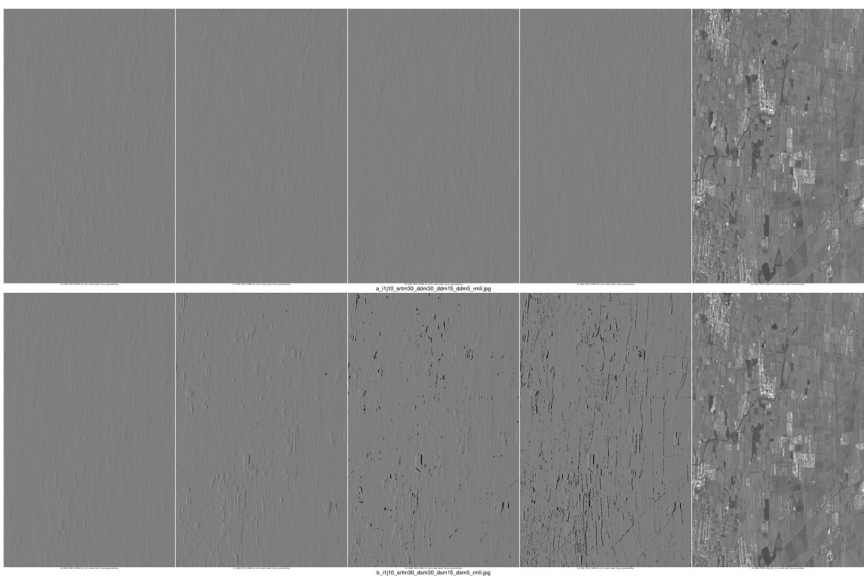


Fig. 3. Comparison of the effect of various resolution height data on simulated gamma0 SAR images in RDC. Top panel indicates from left to right: SRTM-30, LTK-DDM5-30, LTK-DDM5-15, LTK-DDM5-05, multi-looked intensity image. Bottom panel indicates from left to right: SRTM-30, LTK-DSM-30, LTK-DSM-15, LTK-DSM-05, multi-looked intensity image.

It is also striking that even the 30 m LTK-DSM has much more features which can also become detected in the intensity image, than the 30 m SRTM or LTK-DDM5. This should be helpful in case of flat terrain areas topography variation is low or scarce. Also notable the effect of the more detailed layover and shadow mask as the resolution increase from 30 m to 5 m in the LTK-DSM products (*Fig. 3* Bottom panel black mask).

After the above described qualitative interpretation of the different resolution height data on the simulated SAR image, in the following, we discuss the quantitative aspects of the comparison. Achieving this, we used the fix parameters of 256x256 grid for estimate the offsets between the simulated and the actual SAR images using 32x32 kernels, as fix parameters of the analysis. Besides, we used the height data resolution and type (SRTM/DEM/DSM), as well as the cc threshold of 0.2 (*Fig. 4*) and the experimental 0.5 (*Fig. 5*) as variables. With these variables, we inspected the LSQ iteration numbers, the number of accepted offsets after the cc thresholds, the standard deviation to model fit, as well as the polynomial coefficients discussed above, in the function of varying height data type, resolution and cc thresholds.

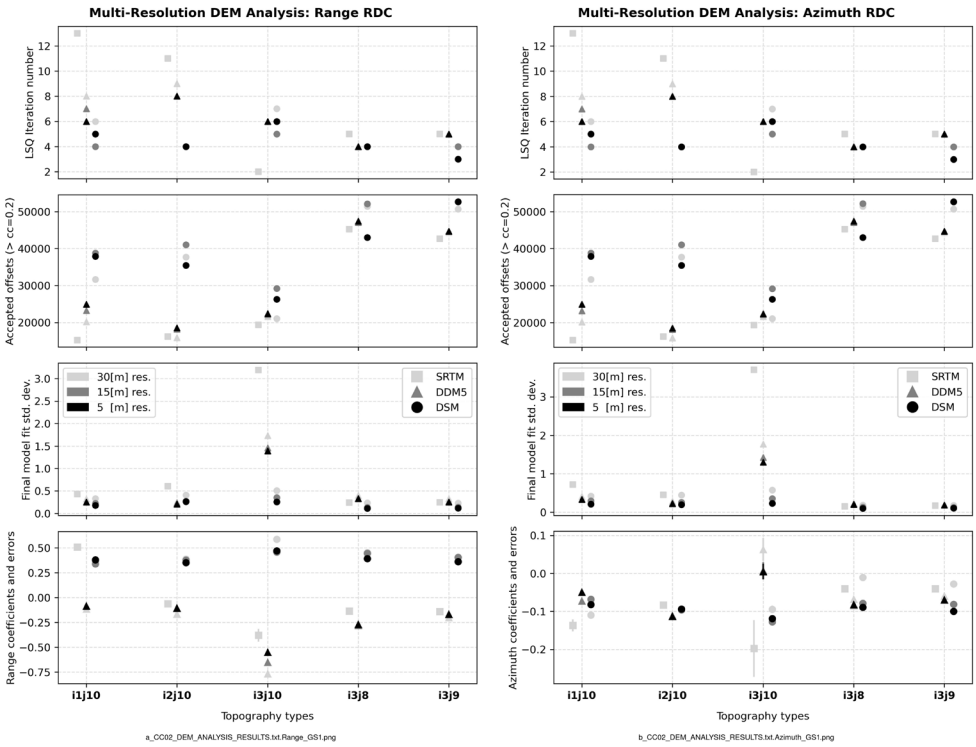


Fig. 4. Summary plot of the five test terrain types for all the investigated height datasets. Top two-by-two panels indicate the LSQ iteration numbers and the accepted offsets above the predefined cc coefficient of ***0.2*** *(identical for range and azimuth solutions). The panels in the third row highlights the standard*

First, according the number of iterations the SRTM required twice as much iterations for the flat test cases rater than the rugged test cases for the cc threshold of 0.2 (light grey squares in the top first row of subplots of *Fig. 4* and *Fig. 5* – which also indicates SRTM(cc=0.2). The performance of LTK-DDM5/DSM products in function of iteration number shows less dynamic behavior, although applying cc threshold 0.5 on the offsets yields that less iteration required for most of the test cases.

Second, regarding the number of the accepted offsets through the 0.2 cc thresholds, both LTK-DDM5/DSM products yield more accepted offsets for the same threshold value of 0.2. regardless of its resolution, compared to the SRTM data in case of all terrain types (*Fig. 4* second row from the top). In case of a strict 0.5 threshold, the number of accepted offset estimations described above is become equalized to SRTM(cc=0.2) solutions. In contrast, the difference of the flat and rugged test cases is still significant (*Fig. 5* second row from the top).

Third, according to the standard deviations of the model fit for both range and azimuth direction, in case of cc threshold 0.2, the 5 m resolution LTK-DDM5/

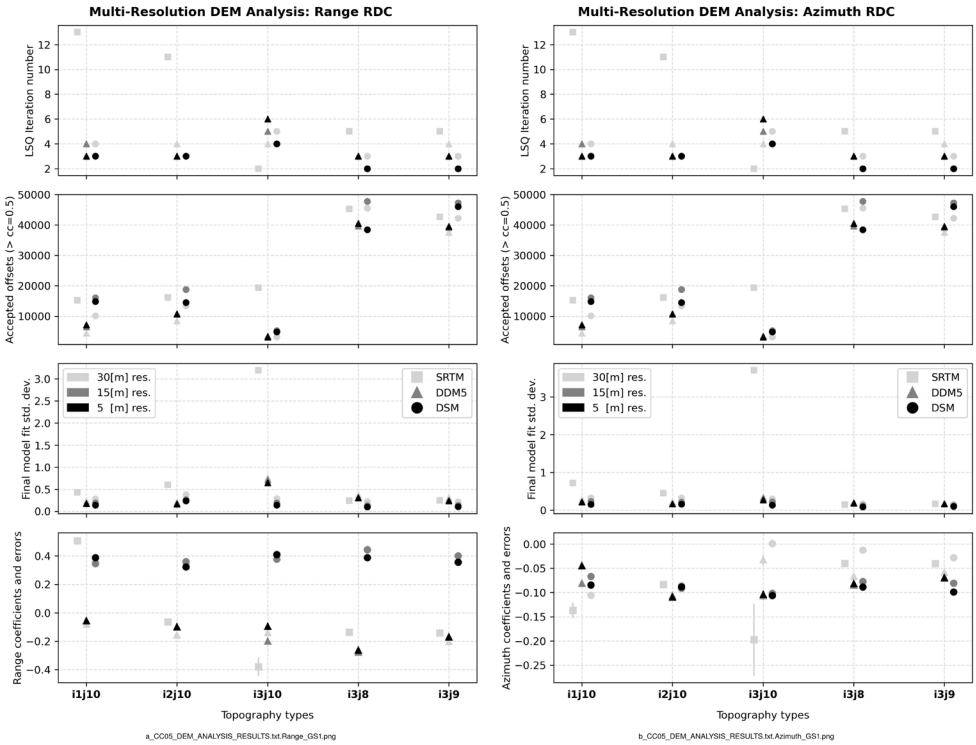


Fig. 5. Summary plot of the five test terrain types for all the investigated height datasets. Top two-by-two panels indicate the LSQ iteration numbers and the accepted offsets above the predefined cc coefficient of ***0.5*** *(identical for range and azimuth solutions). The panels in the third row highlights the standard deviations of the final model coefficients. The bottom panels illustrate the range and azimuth polynomial coefficient for the five test areas. SRTM data are calculated via cc=0.2.*

DSM products can be characterized by minimal fit standard deviation in flat test cases. Although in case of rugged types, the model fit standard deviation for the LTK-DDM5 products is similar to the SRTM data in all resolution. The LTK-DSM with 5 m resolution yield the minimal standard deviation for the rugged cases (*Fig. 4* second row from the bottom). The threshold 0.5 solutions are similar to the above discussed with one minor difference, in case of the slightly mixed (i3j10) test case, the standard deviations of the LTK-DDM5 are significantly improved.

Four, the range coefficients and its errors, which represents the constant range and azimuth shift are represented in *Fig. 4* and *Fig. 5* for all test cases, height data types and resolutions. This constant range shifts are utilized to refine the initial lookup table, yielding the refined lookup table. Neither LTK-DDM5/DSM and SRTM height data show significant difference for the different cc thresholds of 0.2 and 0.5, except for the mixed test case i3j10. Regarding test case i3j10, the coefficient related errors are almost the same scale as the coefficient itself (*Fig. 4* and *Fig. 5* first subplot of the bottom panels). The azimuth components for both 0.2 and 0.5 threshold cases indicate the similar behavior, except for the test case i3j10, where the LTK-DDM5 products related azimuth offsets and related errors are corrected.

Conclusion

Concluding the results above, we performed the intensity LTK-DDM5 based geocoding procedure on five test cases of different topographical settings. For this, we used 30m SRTM and 5-15-30 m LTK-DDM5/DSM products for simulating the synthetic SAR image. To perform the geocoding related lookup table refinement, we used fixed parameters of 256x256 grid for the offset positions and 32x32 kernel for the offset search window, with 0.2 and 0.5 cc thresholds. Then we fitted the accepted offsets to a simplified polynomial model, resulting in a constant range and azimuth shift. Regarding this result we found:

- DSM products return more features which are correlated to the actual SAR image. Its usage aims to find more reliable offsets especially in flat terrain cases.
- In case of flat terrain types, DSM/DEM products require less LSQ iteration than SRTM data.
- Fine resolution (5m,15m) DSM/DEM products yield slightly smaller standard deviation to final model fit both in range and azimuth
- Increase of the cc threshold (0.2→0.5) resulted in no significant improvement in the standard deviations to the final model fit, and it arbitrary restricts the number of the offset estimations for the fine DSM/DEM products.

As further development, analyzing the higher polynomial terms (linear and quadratic) is a potential option, because we only considered a simple azimuth/range constant shift as refinement of initial lookup table. Besides, investigating the effect of the kernel size on the model standard deviation, as well as testing different and adaptive grid types are perspective for our further researches.

Acknowledgment

We thank Csilla Balla, Felicián Varga, and Péter Braunmüller from Lechner Non-profit Ltd (LTK) to providing access to the LTK-DDM5/DSM products for the research purpose of this paper. The Authors declares no conflict of interests. The derived results of the coefficients of *Fig. 4* and *Fig. 5* are available from the author on reasonable request. The research were realized with the Gamma Remote Sensing Software under LTK licence. *Fig. 1* was implemented through open source QGIS. Prepared with the professional support of the Doctoral Student Scholarship Program of the Co-operative Doctoral Program of the Ministry for Innovation and Technology from the source of the National Research, Development and Innovation Fund.

References

Dostalova A. – Naeimi V. – Wagner W. – Elefante S. – Cao S. – Persson H. (2016): Geocoding uncertainty analysis for the automated processing of Sentinel-1 data using Sentinel-1 Toolbox software. Proc. SPIE 10004, Image and Signal Processing for Remote Sensing XXII, 1000402 (18 October 2016). https://doi.org/10.1117/12.2240840

Du Y – Feng G – Li Z – Peng X – Zhu J – Ren Z. (2017): Effects of External Digital Elevation Model Inaccuracy on StaMPS-PS Processing: A Case Study in Shenzhen, China. Remote Sensing., 9(11), 1115. https://doi.org/10.3390/rs9111115

Earth Resources Observation and Science (EROS) Center "Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global". USGS, 2018. https://doi.org/10.5066/F7PR7TFT

Frey O. – Santoro M. – Werner C.L. – Wegmuller U. (2012): DEM-based SAR pixel-area estimation for enhanced geocoding refinement and radiometric normalization, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, V10, pp. 48–52. doi: 10.1109/LGRS.2012.2192093

GDAL/OGR contributors (2022): GDAL/OGR Geospatial Data Abstraction software Library. Open Source Geospatial Foundation. https://gdal.org DOI: 10.5281/zenodo.5884351

Magyar B. – Horvath R. (2022): Regional scale monitoring results of surface deformation in the Transcarpathian Region, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-9443, https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-9443, 2022.

PROJ contributors (2020): PROJ coordinate transformation software library. Open Source Geospatial Foundation. URL https://proj.org/. DOI: 10.5281/zenodo.5884394

Takács B. – Siki Z. (2017): Centiméter pontosságú ETRS89-EOV/Balti átszámítás nyílt forráskódú környezetben. Theory meets practice in GIS VIII., pp. 355–362.

Timár G. (2003): High resolution digital elevation model of the Great Hungarian Plain. Geodézia és Kartográfia, 55, pp. 19–23.

Wegmüller U. et al. (2016): Sentinel-1 Support in the GAMMA Software, Procedia Computer Science, 100, pp. 1305–1312. doi: 10.1016/j.procs.2016.09.246

Yague-Martinez N. – Prats-Iraola R. – Gonzalez F.R. – Brcic R. – Shau R. – Geudtner D. – Eineder M. – Bamler R. (2016): Interferometric Processing of Sentinel-1 TOPS Data. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 54(4), 2220–2234, doi: 10.1109/TGRS.2015.2497902

Web references

Alaska Satellite Facility (ASF) DAAC: https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/sentinel-1/

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) – Építőmérnöki Kar -Általános- és Felsőgeodéziai Tanszék https://geod.bme.hu/geod/geoses_projekt

DDM5 Digital elevation model (2022) Lechner Non-profit Ltd., at: https://lechnerkozpont.hu/oldal/domborzatmodell

DSM Digital surface model (2022) Lechner Non-profit Ltd., at: https://lechnerkozpont.hu/oldal/digitalis-felszinmodell

Kenyeres A. (2015): A GNSS szerepe a magasságmeghatározában, GPS25 Konferencia, available at: https://www.mfttt.hu/mftttportal/index.php/letoltes/doc_view/212-34kenyeres

Sentinels POD Product Handbook [S1POD] (2020) ESA, available at https://sentinel.esa.int/documents/247904/3372484/Sentinels-POD-Product-Handbook.pdf

Sentinel-1 Product Specification [S1PRD] ESA, available at: https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-1-sar/products-algorithms

Erdőborítottság változásai az Erdélyi-szigethegység Natúrpark (Parcul Natural Apuseni) területén

Mari László[1] – Imecs Zoltán[2] – Telbisz Tamás[3]

[1] egyetemi docens, ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék, laszlo.mari@ttk.elte.hu
[2] egyetemi docens, Magyar Földrajzi Intézet, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Románia zoltan.imecs@ubbcluj.ro
[3] egyetemi docens, ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék, tamas.telbisz@ttk.elte.hu

Absztrakt: Erdélyben az erdők kiterjedése, fogyásuk vagy éppen gyarapodásuk mindig is kulcskérdésnek számított. Különösen fontos kérdés, hogy vajon egy természetvédelmi területen hogyan változik az erdőborítottság. Az Erdélyi-szigethegység központi része egy turisztikai szempontból is jól ismert karsztvidék (Pádis, Csodavár, stb.), ahol 2000 óta egy natúrpark (Parcul Natural Apuseni) működik. Egy helyi lakosokkal készített felmérés azt jelezte, hogy az emberek elégedetlenek az erdők helyzetével és úgy érzékelik, hogy gazdasági okokból továbbra is jelentős az erdőirtás annak ellenére, hogy ez egy védett terület. E kérdésből kiindulva űrfelvételek alapján vizsgáltuk a natúrpark területén az erdőborítás változását 1988-tól 2021-ig. Kontrollként a natúrparkot övező 10 km-es zónát vettük figyelembe az eredmények értékelésénél. Számításaink szerint a natúrpark területén az erdők kiterjedése valóban csökken (3,7%-kal), de ez némileg kisebb mértékű, mint a natúrparkot övező pufferzónában megfigyelhető változás (5,7%).

Bevezetés

Az erdőborítottság változásainak ismerete ökológiai, természetvédelmi, gazdasági, hidrológiai szempontokból egyaránt fontos (Calder et al. 2008). A szabályozatlan erdőirtástól a fenntartható erdőgazdálkodásig a legkülönfélébb folyamatok zajlanak a Föld különböző országaiban található erdőségekben, természeti és társadalmi tényezőktől egyaránt befolyásolva. Ezeket a folyamatokat a terepi és hivatalos statisztikai adatok mellett leginkább távérzékelési módszerekkel lehet nyomon követni (Boyd – Danson 2005).

A jelen tanulmányban vizsgált Erdélyi-szigethegység Natúrpark (Parcul Natural Apuseni, továbbiakban: ESZNP) esetében arra láthatunk példát, hogy egy mérsékelt övi, kontinentális éghajlatú területen, Kelet-Közép-Európában (konkrétan Romániában), ahol a domborzat a magas középhegység kategóriába esik, a geológiai adottságok pedig jelentős részben karsztos kőzeteket jelentenek, hogyan változott az erdők területe a közelmúlt évtizedeiben. Fontos szempont még, hogy egy természetvédelmi terület („natúrpark") erdőinek alakulását vizsgáljuk, ami egy IUCN V („Protected Landscape") kategóriájú területnek tekinthető.

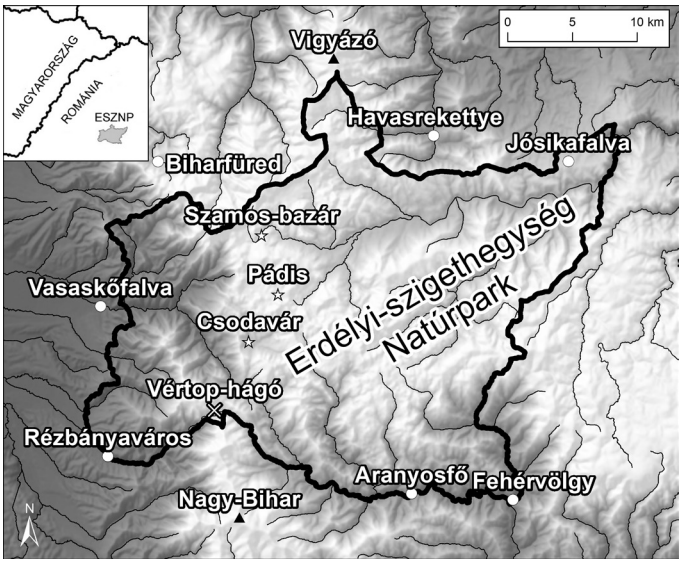
Elemzésünk motivációját egy lakossági felmérés adta. E felmérés eredeti célja az volt, hogy megvizsgáljuk, hogy milyen az ESZNP területén élő helyi

lakosok viszonyulása az ESZNP működéséhez (Imecs et al. 2022). A felmérés egy nemzetközi kutatási projekt keretében készült, amelynek során néhány karsztos területen létrehozott nemzeti park és natúrpark esetében vizsgáltuk a park–helyi lakosok–turizmus kapcsolatrendszert (Nestorová-Dická et al. 2020; Telbisz et al. 2020; Brankov et al. 2022; Mari et al. 2022). A felmérés rámutatott arra, hogy a helyi lakosok és a natúrpark kapcsolata ambivalens, a lakosok kicsit kevesebb mint fele (46%) látja csak pozitívnak a natúrpark működését, míg a másik fele (54%) inkább negatívan áll a natúrparkhoz. A negatív hozzáállás egyik okát az erdők helyzete jelenti, de ennek háttere önmagában is kettős. Egyrészt vannak, akik sérelmezik, hogy a „személyes erdőhasználatuk" korlátozott, a többség viszont inkább azt látja problémának, hogy a fakitermelés nagyüzemben folyik annak ellenére, hogy itt egy védett területről van szó. A többség úgy érzékeli, hogy „fogynak az erdők" az ESZNP területén.

Célunk az volt, hogy a fenti állítás valóságtartalmát objektíven megvizsgáljuk. Mivel a legtöbb szakember szerint Romániában az erdőkkel kapcsolatos hivatalos statisztikák „nem teljesen megbízhatók", ezért klasszikus távérzékelési módszerekhez folyamodtunk. Módszertani fejlesztés nem volt célunk, így az elvégzett vizsgálat egyszerűen alkalmazott távérzékelési kutatásnak tekinthető.

Vizsgált terület

Az ESZNP területe jelenleg 767 km^2. Noha 1990-ben elvben „nemzeti parkká" nyilvánították, ez ténylegesen nem járt együtt semmilyen intézményi működéssel, így a 2000. év a fontos, amikor „natúrpark" lett a terület, mert ezt négy évvel később már követte is az adminisztráció felállítása (Bleahu 2019).



1. ábra Az Erdélyi-szigethegység Natúrpark területe

A terület átlagmagassága 1120 m, 66%-a esik 1000 és 1400 m (tszf) közé (*1. ábra*). Meghatározó kőzete a mészkő (48%), ennek köszönhetően karsztformákban gazdag a terület. Mintegy 30%-ot foglalnak el a metamorf kőzetek, a terület többi részén pedig mélységi magmás és vulkáni kőzetek osztoznak.

Az évi középhőmérséklet a magassághoz igazodva 4°C és 10°C között változik, évi csapadéka kiemelkedően sok, a magasabb részeken az évi 1400 mm-t is meghaladja (Badea 1983). Az erdők a park területének átlag 70%-át borítják, a maradékot a legelők és füves területek alkotják. A felszínborítás évtizedes léptékű változásait az alábbiakban részletesen is bemutatjuk.

A natúrpark északkeleti részére vonatkozóan (tehát nem az egészre) Costea et al. (2012) végeztek hasonló vizsgálatot. Egyes részvízgyűjtőkön közel 20%-os erdőterület csökkenést mértek, míg más vízgyűjtőkön épp ellenkezőleg még gyarapodást is tapasztaltak. Egy későbbi tanulmányban (Costea 2013) sikerült kapcsolatot kimutatniuk az erdőpusztulás és a növekvő felszíni lefolyás között.

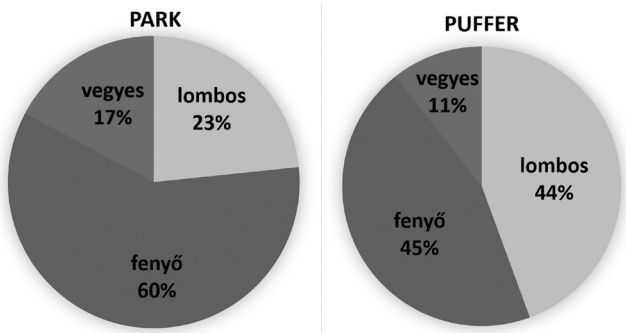
Anyag és módszer

Az erdőterületek lehatárolását műholdfelvételeken végeztük. Az ESZNP területén kívül kialakítottunk egy, a park határától 10 km-re nyúló puffer zónát, így össze tudtuk hasonlítani a park területén belül és az azon kívül eső erdők változásának különbségeit. Elvileg sok Landsat és Sentinel űrfelvétel készült a vizsgált területről, de túlnyomó részük az interpretáció szempontjából nem volt használható, mert egy részük a vegetációs időszakon kívül készült, illetve a vegetációs időszakban készült felvételek nagy része felhős vagy részben felhős volt. Az 1988 és 2021 közti időszakból így végül 8 felvétel volt alkalmas az erdőterületek vizsgálatára (*2. ábra*). Az erdős területek lehatárolását a Landsat 5 TM és Landsat 7 ETM+ felvételeken 453 (RGB), a Landsat 8 OLI felvételen 564 (RGB), a Sentinel 2 felvételen 8-11-4 (RGB) sávkiosztásnál végeztük.

Az erdőket három típusba (lombhullató, tűlevelű, vegyes) soroltuk, amely megfelel a CORINE Land Cover (CLC) kategorizálásának (Büttner et al.

	Műhold	Dátum
1	Landsat 5 TM	1988.08.29
2	Landsat 5 TM	1992.09.25
3	Landsat 5 TM	1997.09.07
4	Landsat 7 ETM+	2000.08.22
5	Landsat 5 TM	2007.07.17
6	Landsat 5 TM	2010.08.26
7	Landsat 8 OLI	2016.08.26
8	Sentinel 2A	2021.05.11

2. ábra Az erdők lehatárolásához felhasznált űrfelvételek



3. ábra A lombos, tűlevelű és vegyes erdők aránya 2021-ben a natúrpark, illetve a puffer zóna területén

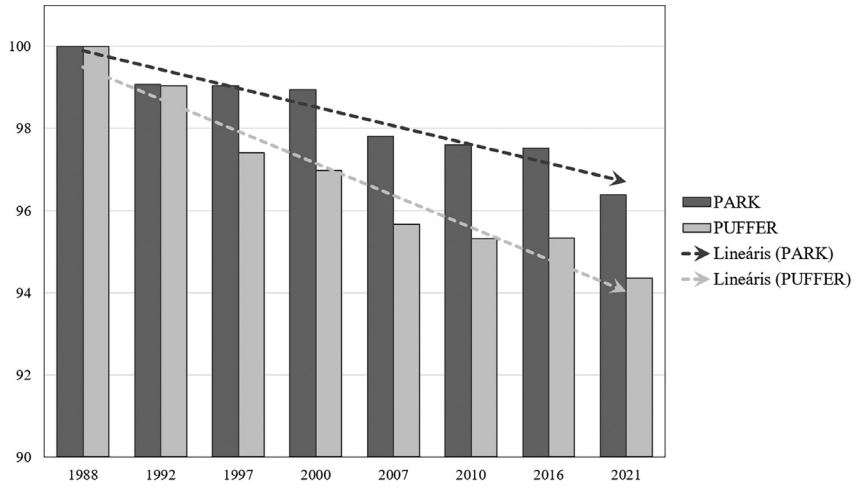
2004; Mari 2010). A legkisebb lehatárolt egység méretében nem követtük a CLC interpretációs szabályait, így a 25 ha legkisebb lehatárolt területnél részletesebb adatokkal dolgoztunk, így már a pár pixelnyi változást is követni tudtuk. A vizsgálathoz az 1988-as felvételről lehatárolt erdőket tekintettük kiindulási alapnak. Az erdőfoltok körülhatárolása után kapott vektoros állományt tettük a következő időpont űrfelvételére és a változásokat detektáltuk. Minden időpontra elkészítettük az aktuális erdőlehatárolást. Az erdőgazdasági művelés miatt természetesen dinamikus változás figyelhető meg az erdőkben. A fakitermelés után az űrfelvételeken több évig fátlan területek lesznek láthatók, annak ellenére, hogy esetleg fásítás történt az adott területen.

A munkafolyamat végére megkaptuk a kiválasztott időpontok erdőborításának vektoros állományait, amelyek alapján a területi változások jól összehasonlíthatók voltak. Kiszámítottuk az egyes időpontokban a lombos, tűlevelű és vegyes erdők összesített területét (*3. ábra*) a natúrpark és a puffer zóna területén, így nemcsak az össz-erdőterület változását, hanem azon belül az egyes típusok változását is nyomon követhettük.

Eredmények és diszkusszió

A vizsgált nyolc időpont összesített erdőterületeinek változása jól nyomon követhető a *4. ábrán*, ahol az 1988-as év erdőborítását tekintettük 100%-nak.

Történelmileg szemlélve a dolgot, az erdők kiterjedésének változása részben antropogén, részben természetes okokra (éghajlatváltozásokra) vezethető vissza. Pollenvizsgálatok és régészeti, illetve történelmi adatok alapján Jakab et al. (2021) négy erdőfogyási időszakot mutattak ki a középkortól kezdődően: 9. század (melegebb és szárazabb klíma), 11. század, 16. század, 18. század. E három utóbbi időszakban az erdők visszaszorulása egyértelműen az emberi tevékenységekhez kapcsolható. Különösen a két utóbbi időszakra volt jellemző, hogy az emberek felfelé terjeszkedtek, a települések egyre magasabbra kapaszkodtak, így a népesség súlypontja egyre nagyobb tengerszint feletti magasságba került. Ez a tendencia azonban a 20. század



4. ábra Az összesített erdőterületek százalékos változása 1988 és 2021 között

első felében megfordult (Telbisz et al. 2016). A 20. század végi rendszerváltás az erdők privatizációját, a külföldi tőke megjelenését okozta a fakitermelésben. A természetvédelem nehezen vette fel a versenyt ezekkel a tényezőkkel.

Egy fontos adalék még, hogy az ESZNP szervezetileg az állami tulajdonú Nemzeti Erdészeti Hivatal (ROMSILVA) alá tartozik, amely szervezet elsősorban az erdők gazdasági célú hasznosításában érdekelt, így a természetvédelem és az erdőgazdálkodás közötti konfliktus szervezeten belül is megjelenik.

Következtetések

Űrfelvételeken alapuló vizsgálataink szerint a ESZNP területén az erdők kiterjedése 1988-tól 2021-ig fogyó tendenciát mutat, mintegy 3,7%-os csökkenést mértünk a kiinduló évhez képest. Bár ez az érték nem tűnik magasnak, de hosszabb távon egyértelműen negatív folyamatot jelent, amit meg kell állítani. Így a helyi lakosság „szubjektív érzete” bizonyos fokig igazolható. A natúrparkot övező pufferzóna területén ugyanezen időszakra vonatkozóan 5,7%, tehát jelentősebb mértékű volt a csökkenés. Ennek alapján mondhatjuk azt, hogy a natúrpark bizonyos mértékig „fékezi” az erdők fogyását. Azonban figyelembe kell venni azt a szempontot is, hogy a pufferzóna erdői alacsonyabban, a lakott területekhez közelebb helyezkednek el, így az itt zajló intenzívebb fakitermelésnek ez is egy oka lehet.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal NKFIH FK 124497 számú pályázata támogatta.

Felhasznált irodalom

Badea, L. (1983): Geografia României – vol. I. – Geografia Fizică, Editura Academiei RSR, București.

Bleahu, M. (2019): Ariile protejate și protecția naturii. Paideia, București. 874 p.

Boyd, D. S. – Danson, F. M. (2005): Satellite remote sensing of forest resources: three decades of research development. Progress in Physical Geography, 29(1), pp. 1–26.

Brankov, J. – Micić, J. – Ćalić, J. – Kovačević-Majkić, J. – Milanović, R. – Telbisz, T. (2022): Stakeholders' Attitudes toward Protected Areas: The Case of Tara National Park (Serbia): Land, 11(4), 468.

Büttner, G. – Feranec, J. – Jaffrain, G. – Mari, L. – Maucha, G. – Soukup, T. (2004): The CORINE Land Cover 2000 Project. – EARSeL eProceedings, 3(3), pp. 331–346.

Calder, I. – Hofer, T. – Vermont, S. – Warren, P. (2008): Towards a new understanding of forests and water. Unasylva-FAO, 229(58), pp. 3–10.

Costea, G. (2013): Deforestation process consequences upon surface runoff coefficients. catchment level case study from the Apuseni Mountains, Romania. Geographia Technica, 8(1), pp. 28–33.

Costea, G. – Serradj, A. – Haidu, I. (2012): Forest cartography using Landsat imagery, for studying deforestation over three catchments from Apuseni mountains, Romania. Advances in Remote Sensing, Finite Differences and Information Security, pp. 109–114.

Imecs, Z. – Máthé, A. – Kohán, B. (2022): Attitudes of local people towards Apuseni Nature Park, Romania. Hungarian Geographical Bulletin, 71(2), pp. 133-148.

Jakab, G. – Pál, I. – Silye, L. – Sümegi, P. – Tóth, A. – Sümegi, B. – Frink, J.P. – Magyari, E. – Kern, Z. – Benkő, E. (2021): Social Context of Late Medieval and Early Modern Deforestation Periods in the Apuseni Mountains (Romania) based on an Integrated Evaluation of Historical and Paleobotanical Records. Environmental Archaeology, https://doi.org/10.1080/14614103.2021.1942744

Mari L. (2010): Tájváltozás elemzés a CORINE adatbázisok alapján, in Szilassi P. - Henits L. (szerk.) Földrajzi Tanulmányok V. – Tájváltozás értékelési módszerei a XXI. században, Szeged, pp. 226–234.

Mari, L. – Tábori, Z. – Šulc, I. – Kaufmann, P. R. – Milanović, R. – Gessert, A., Imecs, Z. – Baricz, A. – Telbisz, T. (2022): The system and spatial distribution of protected areas in Hungary, Slovakia, Romania, Serbia and Croatia. Hungarian Geographical Bulletin, 71(2), pp. 99–115.

Nestorová Dická, J. – Gessert, A. – Bryndzová, L. – Telbisz, T. (2020): Behavioural survey of local inhabitants' views and attitudes about Slovak Karst National Park in Slovakia. Sustainability, 12(23), 10029.

Telbisz, T. – Imecs, Z. – Mari, L. – Bottlik, Z. (2016): Changing human-environment interactions in medium mountains: the Apuseni Mts (Romania) as a case study. Journal of Mountain Science, 13(9), pp. 1675–1687.

Telbisz, T. – Gruber, P. – Mari, L. – Kőszegi, M. – Bottlik, Z. – Standovár, T. (2020): Geological heritage, geotourism and local development in Aggtelek National Park (NE Hungary). Geoheritage, 12(1), pp. 1–18.

Zöldterületi geoinformatikai nyilvántartó és elemző rendszer fejlesztése

Miszori Krisztián[1] – Óvári Ágnes[2] – Czimber Kornél[3]

[1] geoinformatikus, zöldfelület-nyilvántartási szakértő, projekt manager TopoLynx Kft, miszori.krisztian@topolynx.hu
[2] tudományos segédmunkatárs, Eötvös Loránd Kutatási Hálózat Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont Regionális Kutatások Intézete, ovari.agnes@krtk.hu
[3] egyetemi docens, Soproni Egyetem, Geomatikai és Kultúrmérnöki Intézet / ügyvezető igazgató, TopoLynx Kft, czimber.kornel@topolynx.hu

Absztrakt: A „LIFE IP LIFE17 IPE/HU/000017 LIFE HUNGARY projekt keretében a Zöldfelületi Kataszter Térinformatikai projektelem elkészítéséről Pécs Megyei Jogú Város Önkormányzata a város levegőminőségének javítása, valamint a település Környezetvédelmi Programjában, később pedig a Települési Klímavédelmi Stratégiájában megfogalmazott klímavédelmi célok elérése érdekében döntött. Fő cél a kataszter térinformatikai alapokra helyezésén keresztül a város meglévő zöldfelületeinek védelme és fejlesztése, amely segítségével a klímaváltozásból fakadó negatív hatásokat is mérsékelni kívánják. A kapcsolódó térinformatikai fejlesztést a TFSZ Zrt. alvállalkozója, a Topolynx Kft. végzi. A röviden ZÖLDFELÜLET néven ismert modul feladata a fafelmérési adatok eredményeképpen létrejövő fákra a gyökérzóna méretezése, térképi ábrázolása. Továbbá a projektben elérhetővé váló e-közmű adatok feldolgozása oly módon, hogy azok ábrázolása, köréjük védőzóna generálása és a közmű-gyökérzet konfliktus-térkép elkészítése, valamint a fatelepítésre alkalmas közterületek leszűrése, térképi ábrázolása. A modul kezeli a térképi adatbázist, amely a térinformatika szakági megoldásait, szabványait és technológiai megoldásait alkalmazza. A fejlesztés célja a kulcsfelhasználóknak szóló desktopon futó elemző komponenseken túl egy mobil eszközökön elérhető változat a kataszter adatok terepi kezelésére, továbbá egy webes térképi megjelenítő elkészítése az önkormányzati dolgozók, és egy szabadon elérhető online térkép a publikum, azaz a lakosság számára.

Abstract: The Municipality of the City of Pécs decided to prepare the Green Cadastre Geospatial Project in order to improve the air quality of the city and to achieve the climate protection goals set out in the Municipality's Environmental Protection Programme and later in the Municipal Climate Protection Strategy. The main aim is to protect and improve the existing green areas of the city by using spatial information to establish a cadastre, which will also help to mitigate the negative impacts of climate change. The „Green Cadastre Geospatial Project" element of the "LIFE IP LIFE17 IPE/HU/000017 LIFE HUNGARY" project is carried out by the subcontractor of TFSZ Zrt, Topolynx Kft. This module, – known as „ZÖLDFELÜLET" module, – is to display and generate the root zone of urban trees. (Tree map created as a result of tree survey data.) Furthermore, the processing of the e-utility data, (that will become available in the project) – display them, generate a protective zone around them, and create a conflict map of the utility map and tree roots, as well as filter and map the public areas suitable for tree planting. The module manages the map database, which uses GIS solutions, GIS standards and best practice of GIS technology. The main analytical component (as a topoXpress module) running on the desktop for professional users. The other goal of the development is to make a version which available on mobile devices for the field management of cadastre data, as well as the develop of a web map system for the municipal employees and a freely available online map for the public.

Bevezetés

Pécs az egyik legzöldebb város, mind terület-, mind lakosságarányosan, és a növényzet fenntartására és további zöldfelületek létrehozására is jelentős erőforrásokat fordított eddig is, és ezt tervezi a jövőben is. Ennek a városkertészeti munkának a segítése a projekt fő célja, melyben célként megjelölve a közműveket is védjük a növényektől (Konkoly-Gyuró 2009), ugyanakkor megpróbáljuk a térinformatika eszköztárával meghatározni a biztonságosan beültethető területeket. A favagyon és zöldterület kataszter célja a nyilvántartás (M. Szilágyi – Vaszócsik 2022), melyet egy másik LIFE projekt keretében megvalósít a város. A jelen projektben bemutatott szoftvermodul fő célja a gyökérzóna méretezése, térképi ábrázolása és a közmű védőtávolságok meghatározása, illetve a közmű-gyökér konfliktus és fatelepítésre alkalmas közterületek leszűrése, megjelenítése. Mivel a zöldterület kataszter létrehozása egy új felméréssel valósul meg (Báthoryné Nagy et al. 2021), a másik fő adatkör, a közmű hálózatok téradatai elérhetők. Az adatkörök összegyűjtésekor formátum szempontból az e-közmű szabvány alkalmazható, de külön-külön szervereken érhető el – az egyes adatgazdáknál. Ugyanakkor az eljuttatás módja WFS, tehát az adatok – az esetleges jogi rendezés után – elérhetők. Valójában a két adatkör együttes feldolgozása történik meg a vizsgálatok futtatásakor.

A térinformatikai fejlesztés indokoltsága Pécs klímavédelmi törekvései tükrében

Pécs Megyei Jogú Város Önkormányzata által az elmúlt 12 évben végrehajtott zöldfelületi fejlesztéseinek célja elsősorban a levegőminőség javítása és a lakosság rekreációs igényeinek kiszolgálása volt. A település ezalatt az idő alatt háromszor is megmérettette magát az Európai Bizottság által 2008-ban létrehozott Európa Zöld Fővárosa címért folyó versenyen. A város vezetőit a benyújtott pályázatokra érkezett szakértőkből álló zsűri értékelései ösztönözték arra, hogy Pécs 2011-óta zajló fásítási tevékenységét fokozzák és új célként a levegőminőség javítása mellett a klímaváltozáshoz köthető negatív hatásként beazonosított városi hőszigetek kialakulásának lehetőségét csökkentsék.

Ez az irány több önkormányzati stratégiai dokumentumban is helyet kapott. Elsőként a Zöld Infrastruktúra Hálózat Fejlesztési- és Fenntartási Akciótervben (ZIFFA) 2016-ban, amely megalapozza Pécs természeti és épített környezetének összehangolt, a közösség részvételével történő fejlesztését, az emberek életminőségét javító, és igényeihez folyamatosan alkalmazkodó zöldterületi rendszer és hálózat kialakítását, hatékony működtetését. A második ilyen dokumentum a 2020-ban elfogadott Települési Környezetvédelmi Program (2020–2025) rögzíti a zöldfelületek klímavédelmi indíttatásból történő megóvását és fejlesztését. Emellett a 2022-ben elfogadott Települési Klímavédelmi Stratégia és Cselekvési Terv (készítette: Magyar Innováció és Hatékonyság Nonprofit Kft.) a CO_2-megkötés nyelőfelületeiként számol a zöldfelületekkel, valamint előírja a hőszigetek kialakulásának csökkentését

a beültethető nem burkolt területeken történő fásítások és növényesítések elvégzésével, illetve a burkolt felületek csökkentésével a beültethető városi területek növelését. A klímastratégia kidolgozása során követendő üvegházhatású gáz leltár módszertana alapján a széndioxid kibocsátást elnyelők két fő részből tevődnek össze: az erdők elnyelő képessége 99,5%, azaz 8.270 tonna CO2ekv a települési zöldterületek elnyelő képessége 0,5%, azaz 39 tonna CO2ekv éves szinten (PMJV Települési és Klímavédelmi Stratégiája és Cselekvési Terve, 2022). Ez a két érték a 2019-ben teljes, városi léptékben kibocsátott 445.886 tonna üvegházhatású gáz mennyiségéhez képest elenyésző, amely mutatja, hogy a zöldfelületek növelése terén még jelentős potenciál van. Ennek kiaknázását segíti a későbbiekben bemutatásra kerülő térinformatikai fejlesztés „Beültethetőség" funkciója, amely segítségével beazonosításra kerülnek a felszín alatti közművekkel nem érintett, tehát potenciálisan ültetésre alkalmas területek. Minden egyes így detektált ültetőhelyre ültetett facsemete hosszú távon az árnyékvetéssel és a párologtatással a talaj és a felette elhelyezkedő levegő felmelegedését csökkenti, amellyel a városi hőszigetjelenség mérsékelhető. Amennyiben a jelenlegi rendszer a burkolt felületek adatbázisával kiegészítésre kerül, úgy alkalmassá válik arra, hogy a jelenleg szilárd burkolattal ellátott területek burkolatai ütemezetten felszámolásra kerüljenek utat nyitva további ültetések előtt. A burkolatok megszűntetésének további pozitív hozadéka, a helyben történő elszivárgás biztosításával a csapadékvíz visszatartása is.

A fejlesztés segítségével a Zöldkataszter rendszerre épülő helyi rendeleti szabályozás kerül kidolgozásra, amely a meglévő faállomány közművezetékektől történő védelmét szolgálja. Erre a 4 ütemre bontott növényzetfelmérés adatbázisának 100%-os rendelkezésre állása után kerülhet sor 2024-ben.

Anyag és módszer

Forrásadatok

A forrásadatok 3 csoportba sorolhatók: alaptérképek, zöldfelület-felmérési ún. elemzési rétegek – ide értve a közterület réteget is, és a közmű rétegek

Alaptérképek

- Földrészletek, Alrészletek, és Minőségi osztályok
- Épület, Épülettartozék (Poligon) + Épülettartozék (Vonal)
- Feliratok
- Pécs védett területek: (Pécs Megyei Jogú Város Önkormányzata Közgyűlésének 23/2011. (V.31.) önkormányzati rendelete Pécs helyi jelentőségű védett természeti értékeiről)
    - » Védelembe helyezett természetvédelmi területek
    - » Védelembe helyezett természeti emlékek
- FADOPT (örökbefogadási programban érintett fák)

Elemzési rétegek

A zöldterület felmérés adatkörei, az ún. felmérési rétegek:

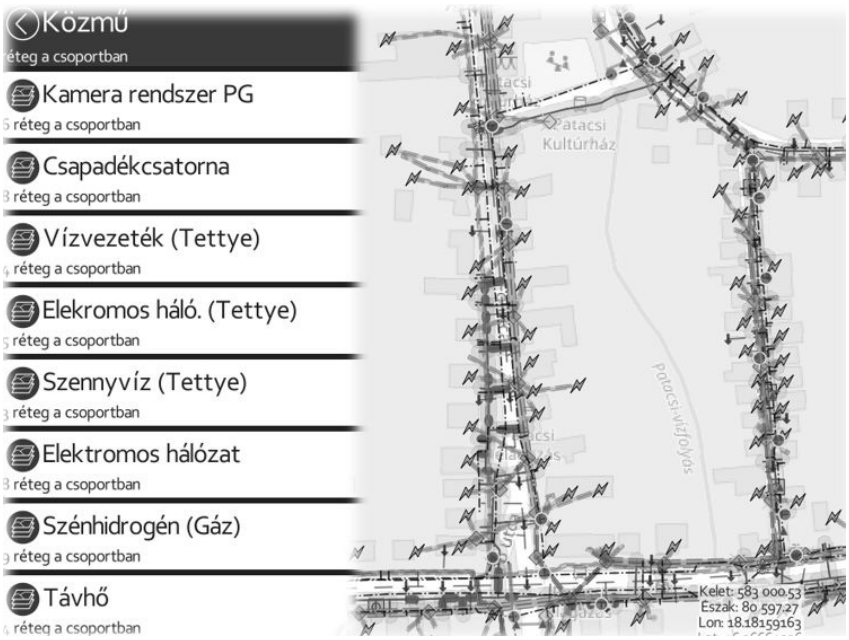
- Fák (Pont)
- Erdőfolt (Poligon)
- Cserjék (Pont)
- Cserjék (Poligon)
- Növényzettel borított területek (gyepfoltok, évelőágyak) (Poligon)
- Zöldterületek (Poligon)
- Közterületek.

Közmű rétegek

(Pécsre vonatkozóan jelenleg 3 szolgáltató tartja karban a WFS-ként elérhető forrás-adatokat, közel félszáz rétegben, többmillió elem, közel 7 GB vektoros adat áll rendelkezésre.)

Jellemző rétegcsoportok:

- Ivóvíz és szennyvíz hálózat, és az ezt kiszolgáló saját elektromos hálózat
- Csapadékelvezető-csatornák
- Távhő hálózat
- Szénhidrogén (Gáz)
- Elektromos (Áram)
- Biztonsági kamerák
- Optikai kábelek



1. ábra Közmű rétegek – rétegkezelő és térképi megjelenítés

Fejlesztés

Az asztali feldolgozó szoftver a topoXpress szoftver egy új modulja lett, ugyanis itt állt rendelkezésre az az alapvetően szükséges környezet, mellyel egy ilyen munkaigényes fejlesztés megvalósítható volt, a rövid határidő ellenére. A webes komponens szerver oldalán Geoserver Open Source technológát alkalmazunk, egy OracleLinux alapú szerveren, a szükséges kiegészítésekkel, míg a vékonykliens oldalra Openlayers alapú megjelenítő kerül.

A „core" modul fejlesztése során új, általános funkcióként megvalósítottuk a WFS támogatást, amely a topoXpress belső, saját C++-os szoftverarchitektúrájába teljeskörűen támogatott forrásként implementálásra került. A fő, legjelentősebb fejlesztés a csoportos bufferzóna generálás algoritmusában történt. Az algoritmus futásának eredményeként keletkezett poligonok összevonása során jelentkező fokozatos teljesítményjavítás volt az egyik jelentős kihívás. Többmillió töréspontos poligonok (gondoljunk csak egy rétegre, mondjuk egy városi villamosvezetékre) gyors és hatékony kezelésére egyrészt kidolgoztuk, hogy a felhasználói interfész támogassa a valós igényekre futást – azaz alapértelmezetten a látható területekre fut le. Másrészt közbenső vektor csempék „dissolve"-olásával tudtuk elérni a gyors futást. Ezen fejlesztések után az eredmény-rétegek összemetszése már egyszerűen megoldható lett, köszönhetően a fejlett topológiai motornak.

Eredmények

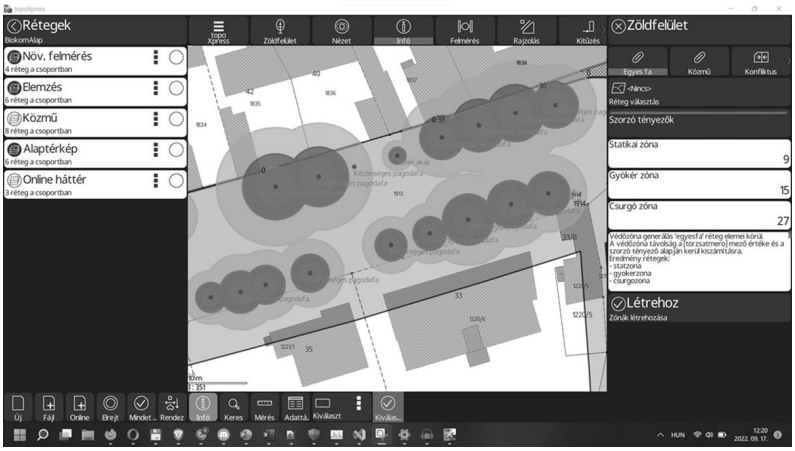
Konzisztens e-közmű adatok: az egységesen elérhető közmű és zöldterületi adatok, és a mögöttes környezet egyik, valójában nagyon jelentős, de háttérben megvalósuló eredménye.

A fa gyökérzónáinak meghatározása: a stabilitási, gyökér-, és csurgó zóna definiálása, amely a koronavetület nélkül, csupán az átmérő függvényében történhet, egy szintén fontos, bár nem térképészeti, hanem zöldfelület-szakmai eredmény.

Közmű védőtávolságok definiálása: a projekt során szintén jelentős eredmény, hogy közmű rétegenként, minden egyes elemnek, – akár attribútum-függő kifejezéssel – előre adott, (de felülírható), a védőtávolsága.

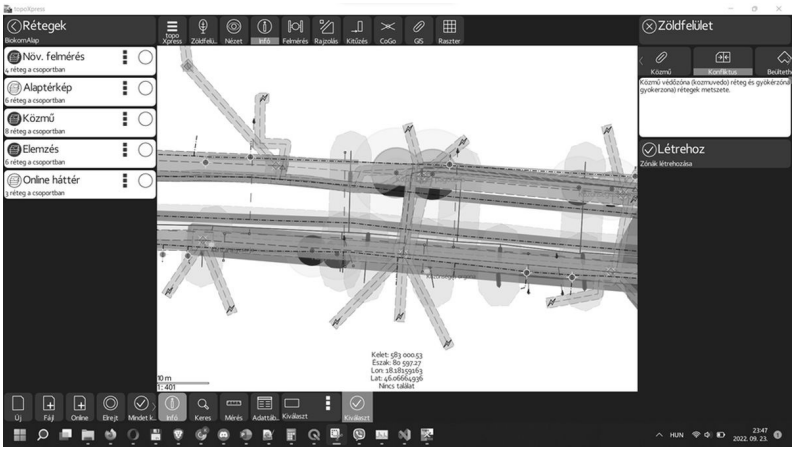
Az algoritmus sebességének jelentős javítása is kiemelkedő eredmény, ugyanis a több órás kezdeti futásidő a jelentős optimalizálásának köszönhetően másodpercekre, vagy percekre sikerült csökkenteni, a területméret és a közmű-ellátottság függvényében.

Az eredmény rétegeket a *2-5. ábrákon* mutatjuk be.



2. ábra Gyökérzónák

3. ábra Közmű védőzónák



4. ábra Közmű-gyökér konfliktus (sötéttel)

5. ábra Beültethetőség egy zsúfolt területrészen (bekarikázva)

Következtetések, tapasztalatok, javaslatok

A projekt számos tapasztalatot hozott, és ezek száma várhatóan tovább bővül. Ezek közül emelünk ki néhányat:

A koronavetület terepi felmérése (Czimber 2019) a jövőben jelentősen növelheti a gyökérzóna meghatározás megbízhatóságát. Továbbá ebben az esetben az e-közmű adatok szintbéli paramétereit felhasználva kinyerhető lenne a gyökérzónát és a korona zónát befolyásoló külön-külön elemzett közmű-konfliktus is.

A felmérés során javasoljuk, hogy a nem teljesen egyértelmű fafajok esetén a hasonló munkáknál legyen lehetőség a felmérőnek a "fafaj még nem azonosított" nevű fafaj felvételére, melyet aztuán a területileg illetékes városi kertész kolléga tud pontosítani, ugyanis pl.: a Rácváros munkarész felmérése és adatbetöltése során a kulcsfelhasználók észrevétele szerint bizonyos esetekben fafajtévesztés történhetett, a javítás már folyamatban van.

A szoftver használata során jelentős kényelmi szolgáltatásként definiálták a kulcsfelhasználók az online háttértérképek (Tile Map Service) használatát, ez azonban csak a terepi eszközökön érhető el, ugyanis a cég belső hálózatán nem jelennek meg, ennek az eddigi vizsgálatok szerint IT biztonsági okai vannak. A terepen is használható kulcsfelhasználói változat lehetőséget ad ezek zökkenőmentes használatára mobilneten, amely nagyban megkönnyíti a kivágandó faegyedek megjelölését, akár egy kevésbé pontos helymeghatározást adó régebbi mobiltelefonon is.

A terepi felmérés időtartamának jelentős szűkítése lenne kívánatos a jövőbeni felméréseknél, 3–6 hónap lenne a kívánatos cél. Okok: a városkép gyorsabban változik, mint a felmérés. Egy év alatt új utcák létesülhetnek, parkok kerülhetnek átadásra, vagy csak változik a növény borítottságuk, akár emberi, akár klimatikus okok miatt. A közmű-szolgáltatók is dolgoznak, akár kárelhárítás, akár infrastrukturális beruházás miatt – ezáltal a növényzet változhat. Továbbá az időjárás miatt is változik

a fák állapota, illetve megléte (pl. viharkár). Ugyanakkor nem elhanyagolható a jelentős mértékű friss telepítés, faültetés sem. Természetesen a szoftver lehetőséget ad az adatok bevitelére, karbantartására, azonban ennek erőforrás szükséglete jelentős energiát és időt vesz igénybe, a napi normál munkakörben ellátandó feladatok mellett. A felmérést – rendkívül rugalmasan – maga a felmérő cég vállalta rövidebb határidővel. A terepi felmérés valószínűleg gyorsítható lenne, ha az adatmezők számát egy jövőbeni felmérés során csökkentenénk, ugyanis a jelentős mértékű (130) adatmező a gyakorlatban egyedenként 130 döntést igényel, még akkor is, ha például fasor része-e a faegyed – vagy sem, a valóságban egy pillanat alatt eldönthető. De vannak részletesebb, emiatt időigényesebb vizsgálatot igénylő kérdések, például található-e rajta korhadás, harkályodú stb.

A projekt mellékhatása, hogy a város, és városüzemeltetési cég (Biokom NKft) jelentős téradat-információhoz jutott egy integrált szerkezetben, amely kényelmesen használható akár egyéb célok, pld. egy öntözőrendszer tervezése esetén, nem csak faültetések tervezésekor.

A burkolt utak, és állandó vízfelületek (pl.: patakok) a valóságban nem betelepíthetők, vagy csak jelentős infrastrukturális beruházással. Ennek pontos felmérése tovább javítana az elemzés eredményein, ahogy a projekt ismertető bevezetőben (Magyar Innováció és Hatékonyság Nonprofit Kft., 2022) is utaltunk rá. Erre a jelenlegi rendszerrel két javaslatot adunk, amely megvalósíthatósága a fejlesztés során létrejött rendszer rugalmasságának köszönhető: a közterület rétegből kitörlésre kerülnének például a nagy forgalmú utak (egész földrészletük, vagy egy részük). Így nem lesznek betelepíthetőnek tekinthetők, ugyanis az közterület mínusz közmű-védősáv a betelepíthető terület. Illetve, lehetőség van egy-egy új réteg-alcsoport felvételére, a Közmű rétegcsoporton belül, melyre ugyanúgy lefut az elemzés, mint a normál közmű rétegekre. Pl. "vízfelületek" alcsoport, és ebbe rétegek lehetnek, pl.: tengelyvonallal felmért "patakok", melyre egy védőtávolsággal létrejön a vízfelület poligon, vagy területként felvett "tavak". Ily módon megadva kivonásra kerül a beültethető területből. Ezzel a két módszerrel (és akár kombinálva) minden nem-közmű, de mégsem beültethető terület megadható, szerkeszthető.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti a projektben részt vevő szervezeteket és személyeket:

- Pécs Megyei Jogú Város Önkormányzata – Róka Róbert
- Biokom NKHT – Nagy Ervin
- TFSZ Zrt – Novák Zalán
- Hermann Ottó Intézet – Ökomenedzser Hálózat

A fejlesztés Pécs Megyei Jogú Város Önkormányzata, mint Megrendelő, a a „LIFE IP HUNGAIRY” elnevezésű projekt keretében „LIFE projekt - Térinformatika" tárgyban, a „LIFE17 IPE/HU/000017 LIFE HUNGARY” projektkódszámon,

a Zöldfelületi Kataszter Térinformatikai projektelem keretében valósul meg. A térinformatikai projektelem megvalósítását a nyertes Vállakozó és Szállító, a TFSz Zrt. nevesített alvállalkozója, a Topolynx Kft végzi. A szerződés a Hermann Ottó Intézet projketmenedzselésével kerül megvalósításra. A LIFE IP HUNGAIRY (*LIFE17 IPE/HU/000017*) projekt az Európai Unió LIFE programjának támogatásával valósul meg.

Felhasznált irodalom

Czimber K. (2019): Erdőleltározás légi lézeres letapogatással és közel fotogrammetriával – Első tesztek eredményei. In: Molnár V. É. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X: Theory meets practice in GIS, Debrecen, Magyarország, Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 77–81.

Báthoryné Nagy I. R. – Kollányi L. – Tar Gy. (2021): Zöldinfrastruktúra városi és térségi léptékben. Módszertani útmutató mintaterületi elemzések alapján. (Természetvédelmi Füzetek 8) Budapest: Agrárminisztérium, https:// termeszetem.hu/hu/documents/categories/zoldinfrastruktura-kiadvanyok

Gábor, P. – Jombach, S. (2008): A zöldfelület intenzitás és a városi hősziget jelenségének összefüggései Budapesten. FALU VÁROS RÉGIÓ, 1(1), 31–36.

Konkoly-Gyuró, É. (2009): Ökoszisztéma szolgáltatások és a zöldfelületek szerepe. (É. Konkoly-Gyuró, Ed.). Budapest.

M. Szilágyi, K., – Vaszócsik, V. (2022): Zöldfelületi rendszer, zöldinfrastruktúra. Magyar Tudomány, 183(9), 1137–1146. http://doi.org/10.1556/2065.183.2022.9.4

Magyar Innováció és Hatékonyság Nonprofit Kft. (2022): Pécs Megyei Jogú Város Települési Klímavédelmi Stratégiája és Cselekvési Terve, 2022.03.22., 8-15-17m.pdf (pecs.hu)

Spatial changes of phosphorus pollution in river and different land uses drainage
Case study: Bostankar wetland

Mohammad Reza Ojani*[1] – Mehdi Ghajar Sepanlou[2] –
Mohammad Ali Bahmanyar[3] – Majid Danesh[4] – Szabo Szilard[5]

[1] PhD student Earth Science, Faculty of Earth science, University of Debrecen, Hungary, mohammadrezaojani@yahoo.com
[2] Associate Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, University of Sari, Iran, sepanlou@gmail.com
[3] Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, University of Sari, Iran, mali.bahmanyar@gmail.com
[4] Assistant Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, University of Sari, Iran, majid_danesh@yahoo.com
[5] Professor, Department of Physical Geography and Geoinformation System, Faculty of Earth science, University of Debrecen, Hungary, szaboszilard.geo@gmail.com

Abstract: Fertility decreases of soils due to erosion cause the transfer of some nutrients like phosphorus from soil to water drainages of agricultural land uses. Phosphorus accumulation in water surfaces motivate algal growth and eutrophication phenomenon, which considerably reduces water quality. This study aims to examine spatial changes in river water quality and investigate the role of agricultural drainage water with different usages in river water pollution.

Eltérő módon történő UAV-felvételezésből származó fotogrammetriai modellek összehasonlító pontosság-vizsgálata

Nagy Loránd Attila[1] – Szabó Gergely[2] – Bertalan László[3]

[1] PhD-hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, nagy.lorand@science.unideb.hu
[2] Egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.gergely@science.unideb.hu
[3] Egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, bertalan@science.unideb.hu

Abstract: UAV-based data collection and modelling is becoming increasingly important nowadays. The accuracy of the method is influenced by several factors, but mainly the camera properties, including its tilt angle. The aim of this research was to analyse how different flight paths and camera angles affect the accuracy of the resulting digital surface models and orthophoto-mosaics in urban area mapping. The results show that the oblique mode does not increase the accuracy, but overall, the double grid flight path resulted higher horizontal and vertical accuracy.

Bevezetés

Napjainkban a téradat-gyűjtésben egyre nagyobb szerepet kapnak a pilóta nélküli légijárművek (UAV-k). Növekvő népszerűségüket rugalmas térbeli, időbeli alkalmazhatóságuk, számos különböző típusú érzékelővel való kompatibilitásuk és alacsony költségvonzatuk eredményezi (Iglhaut et al. 2019; Yao et al. 2019; Nex et al. 2022). A drón alapú légifelvételek feldolgozására széles körben alkalmazott módszer a Structure from Motion (SfM) algoritmus (Uysal et al. 2015; Iglhaut et al. 2019; Deliry – Avdan 2021). A növekvő felhasználás miatt a felszínrekonstrukciós eljárás pontosságának vizsgálata is jelentős szerepet kapott. Az UAV-alapú SfM esetében számos tényező befolyásolhatja a végeredményül kapott digitális felszínmodellek (DSM), illetve az ortofotó-mozaikok pontosságát. Ilyen tényezők lehetnek például a külső tájékozási módok (direkt, indirekt georeferencia), a kamera tulajdonságok (kamera dőlés szöge, lencse-torzulások), a különböző időjárási tényezők (fényviszonyok, árnyékhatás) és az elkészült felvételek minőségi jellemzői (élesség, bemozdulás) (Barkóczi – Szabó 2017; Sanz-Ablanedo et al. 2018; Casella et al. 2020).

Jelen kutatás célja, hogy megvizsgáljuk az eltérő repülési módok, illetve kameraszögek alkalmazásával készített UAV-alapú légifelvételekből, SfM módszerrel előállított ortofotó-mozaikok és DSM-ek pontosságát. Az elemzéssel arra kerestük a választ, hogy egy síknak tekinthető városi terület esetében az alkalmazott módszerek melyike eredményezi a legpontosabb épületmodelleket.

Anyag és módszer

A vizsgálathoz egy 10 ha kiterjedésű területen végeztünk adatgyűjtést Debrecen Úrrétje városrészében. A területre szabálytalan struktúrájú, sűrű úthálózat, kis kertek, nagy beépítettség jellemző. A légi felvételezést egy DJI Mavic Pro-t kvadrokopterrel és az integrált 12 megapixeles, 26 mm-es fókusztávolságú 1/2,3”-es érzékelővel végeztük el. A felvételezés során 3 különböző repülési módot alkalmaztunk:

- Single grid: meghatározott irányban, egymással párhuzamos pászták sorozatával repüli végig az UAV a térképezendő területet.
- Double grid: a kiindulási pászták végeztével az UAV az előzőre merőleges pászta sorozat mentén is repül.
- Perimeter 3D: az UAV egy single grid tervet és egy, a térképezendő területet határoló négyzetet repül körbe. Előbbinél 90°-os (nadir) kamera szöggel, utóbbinál a terület középpontjába néző kamerával.

Az adatgyűjtés során megvalósítottunk két single grid repülést (az egyik esetben K-Ny-i tájolással (későbbiekben: Grid1), a másik esetben É-D-i irányban (későbbiekben: Grid2)), illetve egy double grid-et (későbbiekben: Grid3). Mind a három repülési módot elvégeztük 90°-os nadir és 60°-os oblique kamera szögekkel.

A légi adatgyűjtés mellett 23 darab földi illesztőpont felmérését is elvégeztük a georeferáláshoz, illetve a pontosság-vizsgálathoz szükséges referencia pontokat is felmértük (214 darab) (*1. ábra*).

Az adatok feldolgozását Agisoft Metashape Professional (v1.5.1) szoftverben végeztük el, ahol három különböző feldolgozási szintet alkalmaztunk ezek a „high”, „medium”, „low”, amelyek a felhasznált felvételek felbontását befolyásolják.

A pontosság-vizsgálat elvégzéséhez 100 darab pontot használtunk fel. A horizontális eltérés mérésére az X és Y koordináták különbség értékeinek trigonometriai módszer segítségével meghatározott abszolút távolságait alkalmaztuk. A vertikális pontosság meghatározásakor pedig a referencia adatból vontuk ki a DSM-ekből kinyert magasság-értékeket. Az így létrehozott adatbázisokon általános statisztikai vizsgálatokat végeztünk.

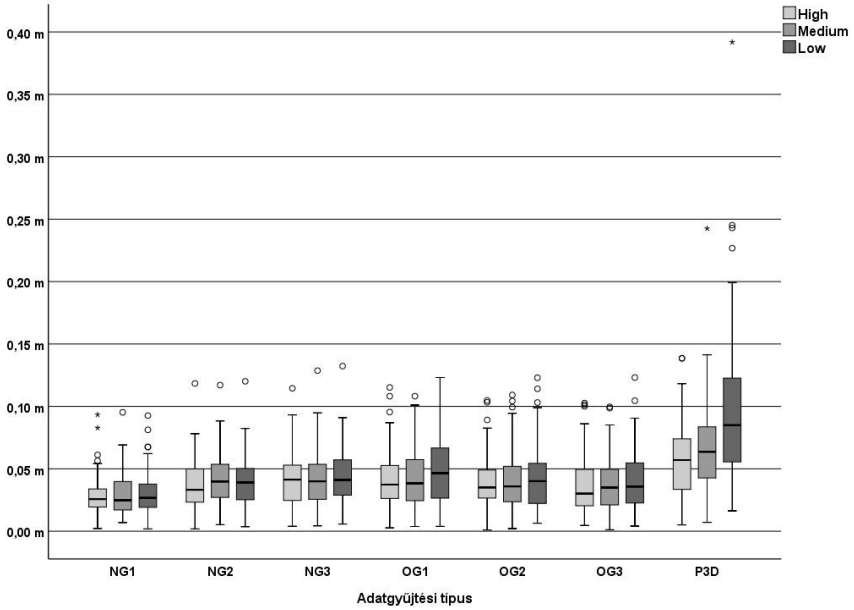
Eredmények

Horizontális pontosság

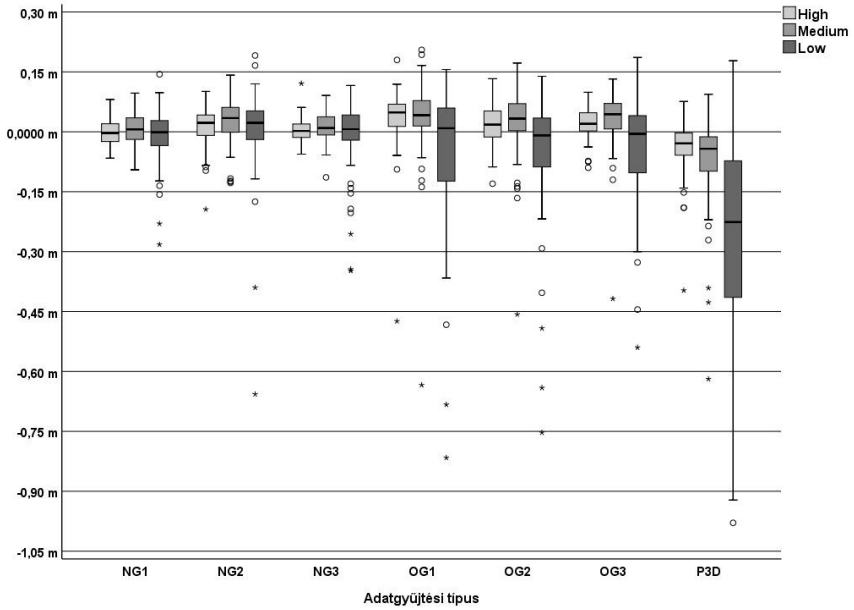
A horizontális pontosságot vizsgálva a létrehozott huszonegy ortofotó-mozaikból három esetben voltak a medián értékek nagyobbak 5cm-nél, ezek mindegyike a Perimeter3D felvételezés eredményeként generálódtak (*2. ábra*). Azonos feldolgozási szinteket vizsgálva a legkisebb medián értékeket a K-Ny irányú nadír repülésből származó modellek eredményezték. A hibák értékeinek terjedelmét vizsgálva is hasonló tendencia figyelhető meg, azaz a legjobb eredményeket a K-Ny irányú nadír, míg a legrosszabbakat a Perimeter3D adta.

1. ábra A mintaterület, a földi illesztőpontok és a referencia pontok helyzete az UAV alapú felmérésből generált ortofotó-mozaikon

A három feldolgozási szint egymáshoz viszonyított eltérései esetében elmondható, hogy a mediánokat vizsgálva a hét adatgyűjtési módszer közül két esetben (K-Ny irányú nadír, nadír double grid) a medium feldolgozás adta a legjobb eredményeket. A terjedelmeket vizsgálva a K-Ny irányú nadír, a nadír double grid és a K-Ny irányú oblique esetében figyelhető meg az, hogy a high feldolgozáshoz tartozó értékek nagyobb hibákat eredményeztek, mint a medium.



2. ábra A horizontális pontosság-vizsgálat eredményeinek összehasonlítása (NG1 – Nadir K-Ny, NG2 – Nadir É-D, NG3 Nadir double grid, OG1 – Oblique K-Ny, OG2 – Oblique É-D, OG3 Oblique double grid, P3D – Perometer3D)



3. ábra A vertikális pontosság-vizsgálat eredményeinek összehasonlítása (NG1 – Nadir K-Ny, NG2 – Nadir É-D, NG3 Nadir double grid, OG1 – Oblique K-Ny, OG2 – Oblique É-D, OG3 Oblique double grid, P3D – Perometer3D)

Vertikális pontosság

A vertikális pontosság eredményei alapján egy modell esetében mondható el, hogy mind a medián (–0,226 m) mind a terjedelem (1,156 m) értékei kiugróan nagyok a többihez képest ez a Perimeter3D low feldolgozásból származó DSM (*3. ábra*). A legkisebb medián (abszolút) értékkel a K-Ny irányú oblique (0,002 m), míg a legkisebb terjedelemmel a K-Ny irányú nadír (0,146 m) rendelkezik. A medián értékek a huszonegy DSM-ből hét esetben negatív előjelűek, azaz a GPS-szel mért referencia pontok a modellből kinyert pontok felett helyezkednek el.

A három feldolgozási szint összehasonlításában a medián értékekre vonatkozóan a hét módszerből négy esetben a low feldolgozás eredményezte a 0-tól való legkisebb eltérést. A hibák terjedelmét tekintve viszont csak az É-D irányú nadír esetében jobb a medium feldolgozási szint eredménye 2,5 cm-el.

Konklúzió

A fent bemutatott eredmények alapján elmondható, hogy az ilyen épület struktúrával rendelkező sík városi terület esetében a horizontális pontosság esetében a double grid, illetve a döntött kamerával készült felvételek nem eredményeznek szignifikáns pontosság-javulást. A vertikális pontosságot vizsgálva a double grid alkalmazásával kaptuk a legjobb eredményeket, illetve ebben az esetben is a nadír kameraszög adta a legpontosabb DSM-et. Mindkét vizsgált tényező esetében a legrosszabb eredményeket a Perimeter3D módszer adta, amely így véleményünk szerint ilyen jellegű térképezésre nem ideális módszer. A feldolgozási szinteket vizsgálva összességében elmondható, hogy a hosszabb feldolgozási idővel rendelkező magasabb szintek jobb eredményt adnak.

Felhasznált irodalom

Barkóczi N. – Szabó G. (2017): Accuracy assessment of digital surface models based on a small format action camera in a North-East Hungarian sample area. Geographica Pannonica, 21(4), 224–234.

Casella V. – Chiabrando F. – Franzini M. – Manzino A. M. (2020): Accuracy assessment of a UAV block by different software packages, processing schemes and validation strategies. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(3), 164.

Deliry S. I. – Avdan U. (2021): Accuracy of Unmanned Aerial Systems Photogrammetry and Structure from Motion in Surveying and Mapping: A Review. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 49(8), 1997–2017.

Iglhaut J. – Cabo C. – Puliti S. – Piermattei L. – O'Connor J. – Rosette J. (2019): Structure from motion photogrammetry in forestry: A review. Current Forestry Reports, 5(3), 155–168.

Nex F. – Armenakis C. – Cramer M. – Cucci D. A. – Gerke M. – Honkavaara E. – ... & Skaloud. J. (2022): UAV in the advent of the twenties: Where we stand and what is next. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 184, 215–242.

Sanz-Ablanedo E. – Chandler J. H. – Rodríguez-Pérez J. R. – Ordóñez C. (2018): Accuracy of unmanned aerial vehicle (UAV) and SfM photogrammetry survey as a function of the number and location of ground control points used. Remote Sensing, 10(10), 1606.

Uysal M. – Toprak A. S. – Polat N. (2015): DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill. Measurement, 73, 539–543.

Yao H. – Qin R. – Chen X. (2019): Unmanned aerial vehicle for remote sensing applications – A review. Remote Sensing, 11(12), 1443.

Vizes élőhelyek tájtörténeti elemzése geoinformatikai módszerekkel

Németh Gergő[1] – Gyenizse Péter[2] – Lóczy Dénes[3]

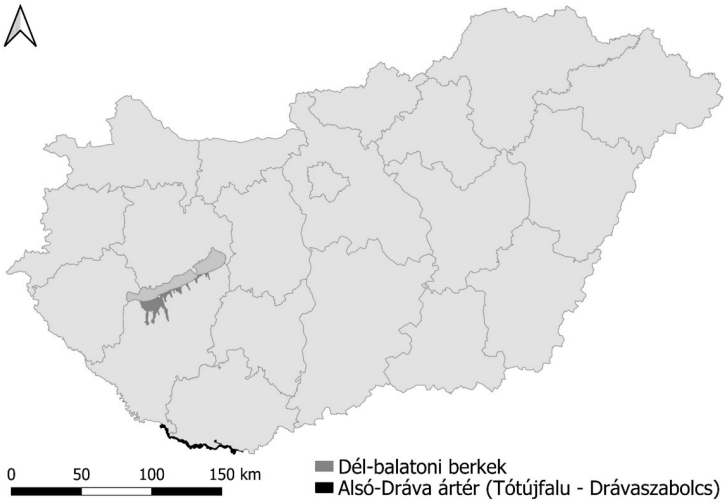
[1] PhD hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gergotab@gmail.com
[2] egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gyenizse@gamma.ttk.pte.hu
[3] egyetemi tanár, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, loczyd@gamma.ttk.pte.hu

Absztrakt: Kutatásunkban feltártuk a Dél-balatoni berkek és az Alsó-Dráva-ártér középső szakaszának tájhasználati változásait, illetve azok kiváltó okait. Vizsgálatunkat a térinformatika eszközeivel végeztük, korszerű, kvantitatív módszerekkel. Eredményeink alátámasztják azt az általános tendenciát, hogy az utóbbi évszázadokban a társadalmi-gazdasági hatások következtében a kultúrtájak számottevő változásokon mentek keresztül, amely folyamat a természetes élőhelyek mennyiségi és minőségi degradációjával járt együtt. Ugyanakkor számos jel utal arra, hogy ez a folyamat lassul, sok esetben ellenkező irányt vesz és a korábban meghatározó életközösségek ismét teret nyernek, viszont ez az eltérő természetföldrajzi adottságú, különféle tájtörténeti fejlődésen átesett tájak esetében másként jelenik meg.

Bevezetés

A vizes élőhelyek a Föld felszínének mindössze 6%-át borítják, azonban a biológiai diverzitás fenntartása mellett rendkívül sokféle ökoszisztéma-szolgáltatást nyújtanak. Mérséklik az árvizeket, védik a part menti területeket a szélsőséges időjárási eseményektől, javítják a vízminőséget, szabályozzák a talajvízkészleteket, valamint emberi felhasználásra is alkalmas javak forrásait képezik (Internet1). A vízkészletekkel való gazdálkodás nem csak a természeti környezetre, hanem a városi, települési környezetre is hatással van (Szopos – Szabó 2021). Az iparosítás kezdetével fokozódott a természetes élővilág térvesztése, mert a gazdasági szempontból értéktelenebbnek tekintett mocsaras területek, lápok, ártéri erdők átalakítása meghatározó volt. Hazánkban a 19. és 20. század folyamán jelentős mértékben szabályozták a természetes vizeket, melynek során a mocsarak lecsapolása, a folyók kanyarulatainak levágása drasztikus csapást jelentett a kimagaslóan értékes élőhelyekre.

A Kárpát-medence vízhálózatának gerincét a Duna alkotja, amely számos különböző élőhelyet kapcsol össze. A természetvédelem egyik sarkalatos célja, hogy a szétszórtan elhelyezkedő, fragmentált élőhelyfoltok közötti konnektivitást biztosítsa és bekapcsolja a nagytérségi tájökológiai hálózatokba. Jelen kutatásunkban folyóvízi és tóparti mintaterületet is vizsgáltunk, illetve összehasonlítottuk az utóbbi évszázadokban lezajlott tájhasználati változásaikat, feltártuk ezek okait és következményeit.



1. ábra A kutatási területek elhelyezkedése (szerk.: Németh Gergő)

Anyag és módszer

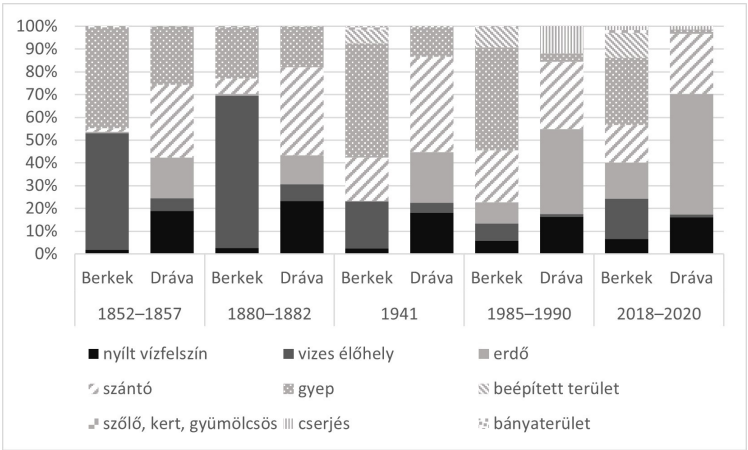
Két mintaterület tájtörténeti változásait vetettük össze kvantitatív szemlélettel, geoinformatikai módszerek segítségével (*1. ábra*). A Dél-balatoni berkek esetében a Nagyberektől a Töreki-berekig haladva, nyugatról kelet felé keskenyedő sávban 9 vizes élőhelyet vizsgáltunk (Németh et al. 2021), amelyek a Balaton egykori öblei voltak, azonban napjainkra az éghajlatváltozás és az antropogén tájátalakítás következtében kiszáradtak, természetes vegetáció már csak elszórtan fedezhető fel. Másik célterületünk az Alsó-Dráva nagyvízi árterének Tótújfalutól Drávaszabolcsig terjedő szakasza (Gyenizse et al. 2020). Mindkét helyszínen fontos szerepe van a természetvédelemnek, a Natura 2000 hálózat elemeit és nemzeti parki törzsterületeket is magukban foglalnak.

Az elemzéshez felhasznált térképi állományok a Második Katonai Felmérés (1852–1857, méretarány: 1:28800), a Harmadik Katonai felmérés (1880–1882, méretarány: 1:25000), az 1941-es katonai felmérés (1:25000), valamint az 1985–1989-es EOTR topográfiai térkép (méretarány: 1:10000). Felhasználtunk továbbá szabadon hozzáférhető műholdfelvételeket (Landsat (Internet2), Sentinel-2 (Internet3)), illetve a CORINE 1990-es és 2018-as adatbázisait is. (Internet4) Mivel eltérő korszakokban készült, különböző méretaránnyal, vetületi rendszerrel, jelkulccsal rendelkező forrásokból dolgoztunk, ezért szükségessé vált ezek összehangolása. A rétegeket koordináta-rendszerbe helyeztük (HD-72, EOV, EPSG: 23700), valamint általános jelkulccsal láttuk el, amely a következő kategóriákat tartalmazta: vizes élőhely; gyep; szántó; állóvíz; szőlő, kert, gyümölcsös; beépített terület; erdő; bányaterület; cserjés. Amennyiben szükséges volt, georeferálást végeztünk a QGIS 3.10 szoftver GDAL georeferáló moduljának használatával, Helmert transzformáció és lineáris újramintavételezési módszer beállításával. A vektorizálás vizuális interpretációval történt. Az eredményként kapott rétegeket generalizáltuk, az 1000

négyzetméternél kisebb foltokat leválogattuk és beolvasztottuk az őket körülvevő nagyobb egységekbe. Amennyiben az adott rétegben raszteres adatforrásból származó elemek (például osztályozott műholdfelvételek) szerepeltek, simítást alkalmaztunk a szögletes élek lekerekítése céljából. Az eredményként kapott vektoros állományokból az ArcGIS vLATE moduljával (INTERNET5) kiszámítottuk a tájhasználat százalékos arányának megoszlását.

Eredmények

Kutatásunk kezdeti időszakában, a Második Katonai Felmérés korszakában már markáns különbségek figyelhetők meg a két mintaterület között (*2. ábra*). Az Alsó-Dráva-ártér esetében a legnagyobb földhasználati kategóriát a szántók képviselték, 31,95%-os részaránnyal. Ezt követik a gyepek, amelyek 25,6%-ban voltak jelen, valamint számottevő a nyílt vízfelszínek 18,88%-os részesedése is. Az utóbbit nagyrészt a Dráva főmedre jelenti, illetve néhány holtág, amelyek ekkoriban még jelentős vízborítással rendelkeztek. Az erdők kiterjedése 17,74% volt. Az antropogén tájátalakítást megelőzően ez volt a domináns tájalkotó elem a folyómenti területeken, azonban a szabályozási folyamatok miatt jelentősen visszaszorultak. A Dél-balatoni berkek esetében sokkal természetközelibb tájhasználattal találkozhatunk. A vizes élőhelyek a terület több mint felét borították (51,19%), a Nagyberek szinte teljes egészét összefüggő mocsarak alkották. Emellett a gyepek is jelentős arányban fordultak elő, 44,2%-os részesedésükkel megközelítették a vizes élőhelyek jelentőségét. A gyepek inkább a szárazabb, magasabb tengerszintfeletti magasságban elhelyezkedő, kisebb berkek esetében voltak számottevők. A nyílt vízfelszínek mindössze a terület 1,89%-át foglalták el, ezek nagyrészt a Nagyberekben található természetes állóvizek voltak. A beépített területek, valamint a szőlő, kert, gyümölcsös kategória mindkét mintaterületen szórványosan, elenyésző mértékben volt csak jelen. A berkek esetében az erdők jelenléte is marginálisnak tekinthető.

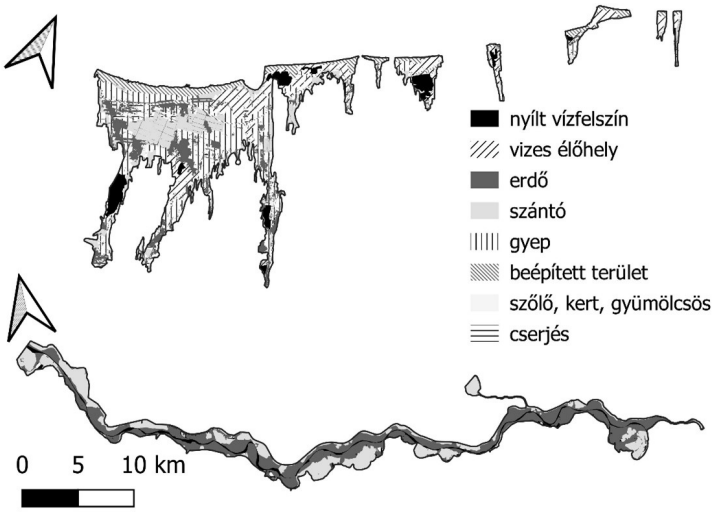


2. ábra A mintaterületek tájhasználati változásának alakulása (szerk.: Németh Gergő)

A Harmadik Katonai Felmérés térképlapjain nagyon hasonló trendeket láthatunk a Dráva és a berkek vonatkozásában egyaránt. Ebben az időszakban a csapadékmennyiség növekedése a vizes élőhelyek és a nyílt vízfelszínek térhódításának kedvezett. Továbbá feltételezhető, hogy a térkép készítői az időszakos vízborítás miatt nagyobb eséllyel sorolták be ezekbe a kategóriákba a korábban gyepként azonosított területeket. Az Alsó-Dráva árterén a vizes élőhelyek 7,44%-ra, a vízfelszínek pedig 23,25%-ra emelkedtek. Ez a folyamat átmenetileg a természetes élőhelyek javára vált, ugyanakkor kedvezőtlen tendenciákat is megfigyelhetünk. A gyepek és az erdők fogyatkozásnak indultak, előbbiek 17,74%-ra, utóbbiak 12,61%-ra csökkentek. A folyamat magyarázata, hogy a magasabban fekvő, ezáltal vízhatással nem érintett területeknél erőteljesebbé vált a tájátalakítás. Ennek következtében a szántók bővülése folytatódott, ezúttal már az ártér 38,7%-át alkották. A berkek földhasználati megoszlását vizsgálva látható, hogy a vizes élőhelyek elérték a 61,85%-ot, a nyílt vízfelszíneké pedig a 2,74%-ot. A gyepeknél viszont drasztikus visszaesést figyelhetünk meg, részesedésük 22,43%-ra csökkent. A szántók itt is észrevehető mértékben gyarapodtak, a mintaterület 6,7%-át alkották.

Az 1941-es év fordulópontot jelentett mindkét térségnél. Az Alsó-Dráva mentén a szántók kiterjedése 41,89%-ig nőtt, vagyis a vizsgált időszakon belül ekkoriban volt a legszámottevőbb ez a földhasználati kategória. A gyepek csökkenése tovább folytatódott, 12,91%-ra estek vissza, ahogy a vizes élőhelyek is (4,26%). Ellentétes irányú tendenciákat is megfigyelhetünk, mivel a trianoni döntés következtében a Dráva határfolyóvá vált, amely a társadalmi hatások gyengülésével járt együtt, elősegítve a természeti környezet regenerálódását. Ezt jelzi az erdők részesedésének emelkedése, melyek a terület közel ötödét (22,35%) alkották ekkoriban. A Délbalatoni berkek tájhasználatában bekövetkező legfontosabb változás a gyepek ugrásszerű növekedése volt, a terület több mint felét tették ki (50,19%), miközben a vizes élőhelyek drasztikusan zsugorodtak, 20,75%-os jelenlétük a korábbi időpillanatban mért érték harmada. Az átalakulás okát a lecsapolási munkálatok jelentették, melynek során csatornahálózatot alakítottak ki a berkekben, a többletvizet pedig szivattyúkkal távolították el, ezáltal a terület jelentős része szárazra került (Károlyi – Vázsonyi 1973). A talajvízszintet mesterségesen alacsonyan tartották, ezért a mocsaras területeken másodlagos vegetáció alakult ki, amely ebben az esetben leginkább a gyepeket jelentette. Fontos kiemelni a beépített területek látványos gyarapodását (5,92%-os arányt képviseltek), ugyanis a Balaton partvonala mentén üdülőövezeteket alakítottak ki. A szőlő, kert, gyümölcsös kultúrák térhódítása szintén fokozódott. A Nagyberek és a tó vízfelszíne között elhelyezkedő turzás homoktalaja kedvező adottságokkal rendelkezett a szőlőtelepítés szempontjából, mivel a filoxéra nem fertőzte meg a növények gyökérzetét. A berkek 0,3%-át bányaterületek alkották, amelyek a tőzegkitermelés színterei voltak.

Az 1990-es állapot elemzésénél látható, hogy az Alsó-Dráva-ártéren az erdők vették át a vezető szerepet, a mintaterület 37,18%-át alkották, miközben a szántók részesedése 29,55%-ra csökkent. A változás oka, hogy a korábbi évtizedekben



3. ábra A mintaterületek 2018-as tájhasználati térképe (szerk.: Németh Gergő)

bővítették a folyót szegélyező töltéshálózatot, ezáltal az aktív ártérben az árvizek magasabb szinten tetőztek, vagyis a szántóföldek rendszeresebben és huzamosabb ideig víz alá kerültek, amely jelentősen rontotta a jövedelmezőséget és arra késztette a gazdálkodókat, hogy felhagyjanak a műveléssel. Ezek a folyamatok kedvezőnek számítottak a természetvédelem szempontjából, ugyanakkor a gyepek és a vizes élőhelyek további térvesztése hátrányosnak tekinthető. A berkek esetében némileg eltérő folyamatokat figyelhetünk meg. A szántók kiterjedése ekkor érte el a maximumát, 22,95%-ot. A gyepek és a vizes élőhelyek csökkenése viszont itt is megfigyelhető. Előbbiek 22,85%-ra, utóbbiak 7,59%-ra estek vissza. Az erdők térnyerése szintén bekövetkezett, a korábbiaktól eltérően kiugróan magas részesedéssel, 9,21%-ban voltak jelen, amelynek legfőbb oka, hogy a berkeket szegélyező csatornák mentén fasorokat telepítettek. A beépített területek bővülése tovább folytatódott, a terület 8,89%-át alkották. A nyílt vízfelszínek is bővültek, a tógazdaságok fejlesztése miatt 5,89%-ban voltak jelen. A szőlők és gyümölcsösök veszítettek korábbi jelentőségükből, ugyanis helyüket átvették a nyaralóövezetek.

Napjainkban a földhasználati változások mindkét régió esetében a természetközeli élőhelyek gyarapodását hozták el (*2.* és *3. ábra*). A Dráva mentén az erdők részaránya kimagaslóan emelkedett, elérte az 52,85%-ot, a szántók csökkenése pedig tovább folytatódott, 26,5%-ra estek vissza. Ugyanakkor a korábbi évtizedekhez hasonlóan a gyepek (1,73%) és a vizes élőhelyek (1,14%) marginalizálódása tovább folytatódott, szinte kiszorultak a területről. Ezzel szemben a berkek vizes élőhelyei esetében számottevő emelkedést láthatunk, 17,8%-ra nőttek, azonban a gyepek tovább aprózódtak (29,39%). Az erdők elérték a vizsgált időszakban mért legnagyobb kiterjedésüket, 15,81%-ot. A szántók térvesztése változatlanul zajlott, ezúttal már csak a terület 16,53%-át alkották. A tendencia oka, hogy a rendszerváltás a művelés változását is magával hozta, mert a korábbi területek egy részén abbahagyták a

gazdálkodást, utat engedve a természetes szukcessziónak. Ezzel egyidejűleg azonban az antropogén hatás erősödése is megfigyelhető, a beépített területek 11,02%-ra nőttek, leginkább az autópályaépítés következtében.

Konklúzió

Már az első két vizsgált időkeresztmetszetnél számottevő különbségek figyelhetők meg a két mintaterület földhasználatában. A berkekben természetesebb állapot uralkodott, az őshonos vegetációtípusok (vizes élőhely, gyep) jelentősebb arányban fordultak elő, amely a gyengébb antropogén behatásra vezethető vissza, miközben a Dráva mentén a szántóföldek sokkal inkább meghatározók voltak és már ekkor is a legnagyobb foltosztályt alkották. Számos olyan folyamatot is megfigyelhetünk, amelyek mindkét táj esetében lezajlottak, például a Harmadik Katonai Felmérés időszakában a vizes élőhelyek, nyílt vízfelszínek gyarapodása. A szántók térfoglalásának maximuma eltérő időben jelentkezett, a berkeknél 1990-ben, a Dráva árterében pedig 1941-ben. A nagyobb homogén szántóterületek kialakulása a tájökológiai foltok diverzitásának csökkenését eredményezte (Csorba et al. 2022). Ezt követően a természetes élőhelyek térfoglalásának erősödését tapasztalhatjuk, amely kedvező folyamatként értékelhető és ideális alapot biztosított a természetvédelmi tevékenység kiterjesztéséhez. A művelés felhagyásával elindult a természetes szukcesszió, amely az Alsó-Dráva-ártérben erősebbnek bizonyult, ugyanis az erdők aránya 50% fölé emelkedett. Ugyanakkor a gyepek és a vizes élőhelyek kiszorultak a területről, viszont a Dél-balatoni berkek vonatkozásában növekvő trendet láthatunk az említett folttípusoknál is, amely arra enged következtetni, hogy a tájhasználat sokkal komplexebb, az élőhelyek mozaikos elrendeződésben jelennek meg, míg a Dráva esetében homogénebb földhasználat alakult ki.

A természetvédelmi tervezés elősegítésének céljából javasoljuk a vízvisszatartás erősítését, amely a Drávánál leginkább a holtágak vízutánpótlásának biztosításával, míg a berkek esetében kisebb víztározók létesítésével és a talajvízszint lokális emelésével valósítható meg a mélyebben fekvő területeken. Ezzel elősegíthető lenne a vizes élőhelyek állapotának javulása, területük növekedése is. Továbbá szorgalmazzuk a gyepek és erdők arányának növelését, amelyet a szántók átalakításával lehetne megvalósítani. A berkek esetében a csatornák mentén galériaerdők telepítésére is lehetőség nyílna. A Dráva árterében az erdők számottevő terjeszkedése miatt inkább a gyepek térfoglalásának erősítésére érdemes fókuszálni, amelyeket a gazdaságtalanul művelhető, belvízzel veszélyeztetett szántók helyén célszerű megvalósítani. A kimagasló ökológiai potenciállal rendelkező területek, mint például a Fehérvízi-láp vagy a Dráva holtágak esetében különösen fontos a veszélyeztető tényezők elhárítása, az invazív fajok térhódításának megakadályozása. Ez mindkét mintaterületnél problémákat okoz, mivel a szukcessziós folyamatok során sok esetben az idegenhonos vegetáció nagyobb szerephez jut és ezáltal az őshonos fajok hátrányos helyzetbe kerülnek.

Köszönetnyilvánítás

Németh Gergő kutatása az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-22-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

Csorba P. – Bánóczki K. – Túri Z. (2022): Land Use Changes in Peri-Urban Open Spaces of Small Towns in Eastern Hungary. Sustainability, 14(17).

Gyenizse P. – Morva T. – Ortmanné Ajkai A. – Lóczy D. – Halmai Á. – Pirkhoffer E. (2020): Az Alsó-Dráva-ártér felszínborításának vizsgálata távérzékelési és geoinformatikai módszerekkel. In: Molnár V. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában XI.: Theory meets practice in GIS, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 101–7.

Károlyi, Z. – Vázsonyi, Á. (1973): A Balaton és vízrendszere. In: Ihrig D. (szerk.) A magyar vízszabályozás története, Országos Vízügyi Hivatal. pp. 249–271.

Németh G. – Lóczy D. – Gyenizse P. (2021): Long-term Land Use and Landscape Pattern Changes in a Marshland of Hungary. Sustainability, 13(22).

Szopos N. M. – Szabó Sz. (2021): Vízgyűjtővizsgálat térinformatikai módszerekkel a Tarna vízgyűjtőjének példáján. In: Molnár V. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában XII.: Theory Meets Practice in GIS, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 307–12.

Internetes hivatkozások

Internet 1 – https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/ecology-of-wetland-ecosystems-water-substrate-and-17059765/ (Letöltve: 2022.09.26.)

Internet 2 – https://earthexplorer.usgs.gov/ (Letöltve: 2022.08.22.)

Internet 3 – https://scihub.copernicus.eu/ (Letöltve: 2022.08.24.)

Internet 4 – https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover (Letöltve: 2022.08.23.)

Internet 5 – https://hub.arcgis.com/content/69963ab422d04e649b64ac11cbadafed (Letöltve: 2022.08.16.)

Development of an agricultural sensor hub for dynamic data assimilation of real-time irrigation control

Felix Michael Oguche[1]* – Attila Nagy[1] – Ephraim Michael[2] – John Jiya Musa[3] – Erika Buday-Bódi[1] – Tamás Magyar[1] – Mehmood Ali[1] – Zsolt Zoltán Fehér[1]

[1] University of Debrecen Institute of water and environmental management
[2] Scientific Equipment Development Institute, Minna, Niger State Nigeria
[3] Federal University of Technology Minna, Department ABE, Minna, Nigeria
* Corresponding email: f.oguche@futminna.edu.ng

Abstract: Real-time soil moisture monitoring in the root-zone depth is essential for effective irrigation control. Water wastage can be reduced by considering plants' needs and not just watering considering only the volumetric water content of the soil. Therefore, a soil moisture monitoring instrument based on crop needs with real-time and self–powering functionality that can meet the farmer's needs at a considerable cost is required. An Agrotronic instrument was developed, and calibrated using the reading taken with the water sensor in air and water, giving a direct measurement of volumetric soil moisture content. According to the laboratory results, the sensor was effectively calibrated with a double reciprocal mathematical model, between oven-dry and field capacity states of the soil particle. The accuracy of the Agrotropic sensor was ±0.09%VWC for the tested soil samples. The efficiency improves as the moisture content increases in the soil. A fully functional IoT system was developed to publish the real-time measurements.

Introduction

Water is becoming scarce both in quality and amount while demands increase (Hop et al. 2022). Population rises amplified the need for optimized production methods in agriculture and the food industry (Rakonczai et al. 2021). The new technological era brought on the Internet of Things (IoT), sensors, and actuators that provide several solutions (Sinha – Dhanalakshmi 2021). For an improved yield of crops, active monitoring of the irrigation system is needed, particularly in areas where water is limited. An intelligent irrigation system based on solar energy can provide energy from renewable energy sources (Al Alia et al. 2019). Biophysical properties of the soil, thereby reducing further the water usage, reducing excess money spent on water and avoiding losing water and nutrient to deep percolation due to irrigation surplus (Shock et al. 2012). Irrigating soil with excess moisture than it can hold, leads to a deeper percolation. Essential plant nutrients and other soluble compounds are lost along with water below the plant's root zone (Peters et al. 2013). The portable sensor determines the soil moisture in several areas; it can be buried in the soil to get a deeper root level reading and the soil profile. Stationary fixed sensors are placed at prearranged locations and depths. These secured locations should have properties that represent the whole field and the lowest moisture-holding capacity (Nagy et al. 2021). The aims were to build smart, low-cost soil moisture sensors

capable to track crop water demand as well as other agriculture-related observations – like root pressure, or hydrometeorological factors. The results can be used in a dynamic data-assimilation framework, providing real-time modelling capabilities for spatially variable fertigation and other applications in the field of precision agriculture. To compare and validate the efficiency of the introduced soil moisture sensor. The application of the more expensive commercial sensors does not provide significant information about soil moisture conditions. Meanwhile, the cheaper price tag may motivate farmers to invest in the improvement of traditional cultivation methods thereby adapting to the changing climatic conditions more successfully.

Material and method

The design and development are combinations of hardware and software. The instrument was calibrated, and moisture readings were taken from three different soil samples. The measurement method emphasizes the system to solve the problem of determining the maximum amount of water that can be irrigated based on crop need before losing water to deep percolation before water stress begins to cause a reduction in crop productivity in real-time. The complete system diagram consists of Arduino Mega 2560 R3 microcontroller, which controls the entire process, as shown in *Fig. 2*. The sensing units are two (2) DS18B20 soil temperature sensors 1 and 2, DHT 22 digital humidity and temperature sensors, MPX5100DP soil matrix differential pressure sensor, and two (2) improved capacitive soil moisture sensors 1 and 2, and TEMT6000 ambient light sensor. A 6W solar panel supplies the power and two (2) 3.7-V rechargeable batteries (*Fig. 1*). The pump carries out the watering, and the output unit comprises node MCU (ESP8266 Wi-Fi chip). ESP8266 12F is an open-source firmware for transmitting data via the internet of things to a web-based platform http://agrotronicsystems.com/.

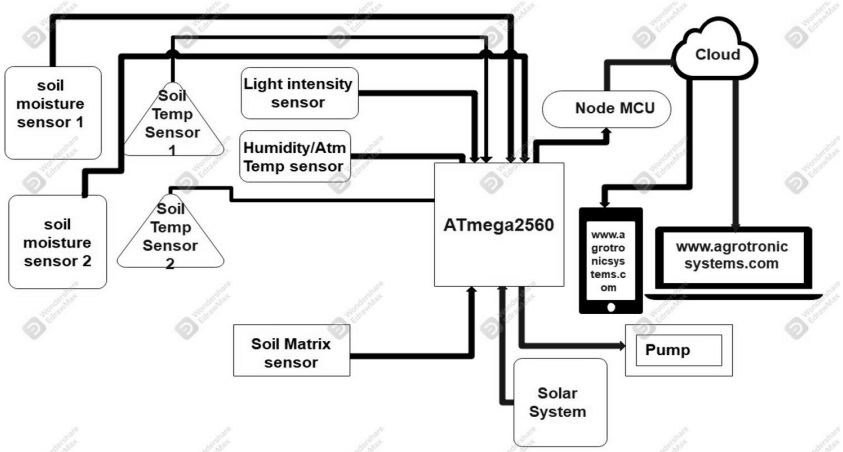


Fig. 1. A detailed scheme of sensor connections to AT mega2560 (micro-processor)

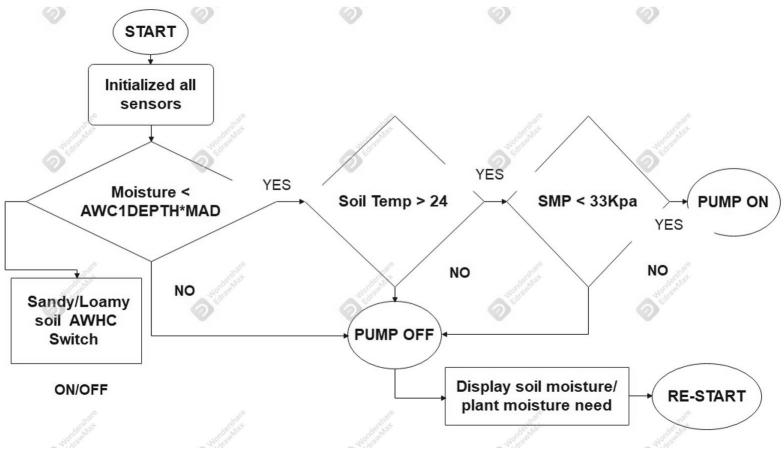


Fig. 2. Flowchart for the working system of Agrotronic instrument.

Standard Calibrations

The Agrotronic soil moisture content sensors were pre-calibrated using the reading taken with the water sensor in air and water, giving a direct reading of volumetric soil moisture content. The standard calibration is recommended via Arduino. The Air Value = 444, and Water Value = 203, are the measurement value of soil moisture in atmospheric air and water using the sensor for the standard calibration procedure. Agrotronic instrument also measures atmospheric temperature, soil temperature, and soil matric potential. Standard calibration of θv has an accuracy of ±0.025, which led to the laboratory tests carried out to test the claims of accuracy.

System operation

The flowchart in *Fig. 2* illustrates the system operation. Once the system is powered on, it initializes within 2 minutes, and then the display unit indicates the soil moisture 1 and 2, temperature 1 and 2, and SMP (soil matrix potential) of the soil. Suppose the available moisture content is lower than the threshold. In that case, the threshold depends on whether the sandy or loamy switch is on or off, which will increase or decrease the available water holding capacity (AWHC) of sandy and loamy soil by 1.4 to 2.1 inches per foot, respectively, and the temperature of the soil is less than 24-degree Celsius and soil moisture potential is more significant than 33Kpa, the water pump is turned on. This situation indicates that the plants need moisture. If the moisture content is greater or equal to the determined threshold, the pump is off, and the information and data are sent to http://agrotronicsystems.com/.

Laboratory Experiments

Laboratory studies were conducted at the Soil Physics Laboratory of the Institute of Water and Environmental Management, Faculty of Agricultural, Food Science, and Environmental Management University of Debrecen, Hungary, in February 2022. It

was carried out starting with collecting soil samples from a representative area. Sieve out plant material, rocks, or any foreign item from the samples, then drying the soil samples in an oven at 105°C. We made a range of moisture in each container by adding 10 ml of water until the soil got saturated, taking measurements, and recording them at each interval, our sensor's readings and that of the Institute's KERN DAB Electronic moisture analyser. The Sandy soil samples in the container were weighed on an analytical balance, and the wet weight was also recorded. The calibration of the Agrotronic instrument was carried out in three different soils sample (1, 2, and 3). Ten repeated measurements were carried out for every soil sample with both sensors. The repetition was carried out by extracting the sensor from the soil samples and reintroducing it to more soil points.

Novel calibration to determine crop moisture need

The Agrotronic instrument has been experimentally calibrated and compared to the moisture readings of the KERN DAB, the electronics were isolated and protected via a WTT tube 125°C (ø 13) and heat glue encapsulation. The novel soil-specific calibration was carried out using field capacity, biophysical properties, and temperature (alfafaAWCdept1= AWCdept1*0.5, CornAWCdept1= AWCdept1*0.4, potatoeAWCdept1= AWCdept1*0.3) to determine various crop needs. The procedure measures the VWC of soil samples at different depths using the reference method.

Results and discussion

An Agrotronic instrument for intelligent soil moisture measuring was successfully developed and calibrated. *Fig. 3* show the new device with its components.

Table 1 shows the different measurements obtained from the experimental sensors, KERN DAB Electronic (% moisture by volume) and Agrotronic moisture (% moisture by my instrument) in the laboratory, and the readings were analysed and

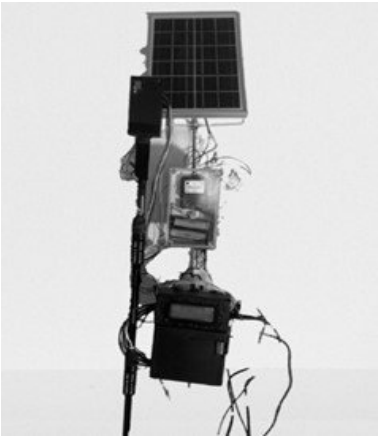


Fig. 3. Agrotronic instrument for intelligent systems

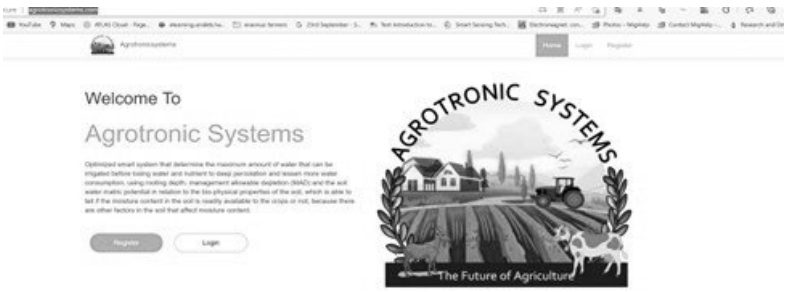


Fig. 4. The welcome page of the interactive support system (http://agrotronicsystems.com/)

Table 1. Measurement of soil moisture content from soil sample 1

Water added	Weight of plastic 8.52 (g)	weight of tested sample %	% KERN DAB	Time duration	Agrotronic moisture			
					reading 1%	reading 2%	reading 3%	average % reading
Dry	692.21		1.16		1	2	2	1.67
10	704.74	3.651	1.55	4:16	21	10	8	13.67
20	704.97	5.667	3.97	4:38	23	10	16	14.33
30	714	6.723	6.42	5:34	9	19	11	15.67
40	723.18	2.051	13.69	17:06	17	19	21	18.33
50	733.55	2.041	14.1	4:46	18	20	18	19.33
60	743.04	5.969	5.82	9:46	20	20	18	20.00
70	753.78	1.419	15.36	3:50	20	21	20	20.67
80	764.82	5.289	5.25	4:04	11	29	19	23.00
90	755.25	5.069	4.47	4:16	15	29	37	24.33
100	786.31	5.088	4.89	4:26	16	30	39	25.33

compared with the help of Stat graphics centurion software using the simple regression of Kern Dab electronic vs Agrotronic moisture reading 1, 2 and 3 comparisons of regression lines of Kern Dab electronic versus Agrotronic moisture reading 1, 2 and 3 by volume of water added and finally by calibration models of kern dab electronic versus Agrotronic moisture reading 1, 2 and 3.

Sensor substitutability study

All volumetric water content levels and several calibration points of the soil recorded and reading 1, 2, and 3 were taken to have a more complex behaviour of the Agrotronic instrument in the soil during the tests. In general, the fixed pattern in the Agrotronic moisture instrument is more pronounced. A comparison between measurements of the sensor at the same volumetric water content level was made based on samples 1, 2, and 3 depending on the depth of the insertion and the moisture level. Regarding sensor-to-sensor substitutability. As shown in *Fig. 5* comparison made gives a similar response of both sensors.

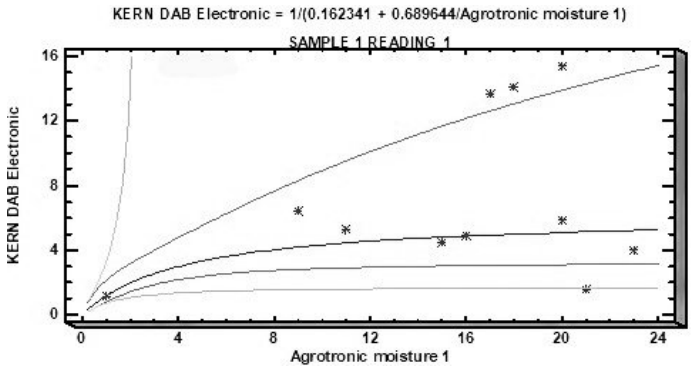


Fig. 5. Graph of simple regression-KERN-DAB electronic commercial moisture sensor versus Agrotronic moisture sensor, from sample 1, reading1.

The Simple Regression of KERN DAB Electronic commercial sensor vs Agrotronic moisture sensor reading 1, 2, and 3 at an interval on soil samples 1, the test results confirm no significant differences between the two sensors. P-value derived from the ANOVA table shows less than 0.05 for reading 1, 2, and 3 in soil sample 1 also shows a statistically substantial union between KERN DAB Electronic and Agrotronic moisture at the 95.0% level of confidence. The Root-Squared statistic indicates that the model as fitted explains between 58.9% and 72.27% of the KERN DAB Electronic moisture sensor variability. The correlation coefficient equals 0.77 to 0.85, indicating a solid connection between the variables. The standard of estimation error shows the deviation of the residuals to be 0.17 to 0.14, respectively. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu. Finally, the mean absolute error of 0.097 is the average value of the residuals.

Comparison of Regression Lines

The experimental characterization also gave more to the understanding of how the novel sensor (Agrotronic moisture instrument) works compared to a commercialized, well-controlled soil sensor.

The study demonstrated a correlation between the dependent variable: KERN DAB Electronic (% moisture by volume), Independent variable: Agrotronic moisture (reading 1% moisture vol by my instrument). Double reciprocal mathematical model of $Y = 1/(a + b/X)$. KERN DAB Electronic versus Agrotronic moisture by Vol of water added the dependent variable as shown in *Fig. 6*. Agrotronic moisture with level codes of the volume of water added. Several complete cases, 11 Number of regression lines, 11. 90% of the outputs show the results of matching a linear regression mathematical model to describe the connection between KERN DAB Electronic, Agrotronic moisture, and volume of water added. The P-value derived from the ANOVA table shows less than 0.05, therefore exists a statistically meaningful correlation between both variable quantities at the 95.0% certainty level.

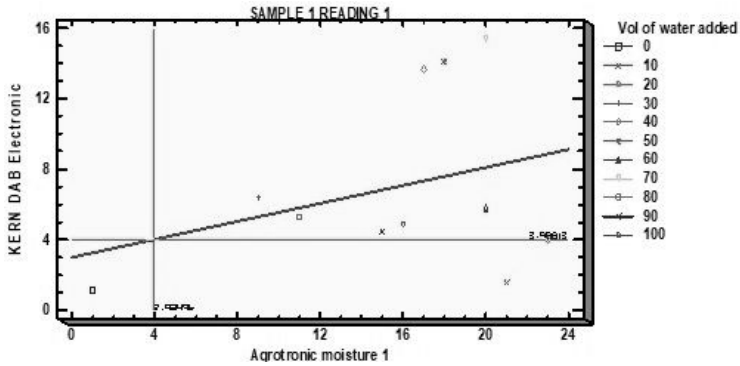


Fig. 6. Graph of Comparison model for Kern Dab electronic commercial moisture sensor versus Agrotronic moisture sensor from Sample 1, Reading 1.

In addition, the new advanced instrument is handy as it is affordable and can be a substitute for the expensive ones in terms of durability and efficiency. The commercially available instruments are expensive and most often complicated for the farmer to use. Current improvements in electronics have led to the development of affordable sensors that can be coupled into fully operational systems. This research study exhibits an extraordinary possibility for applications of digital technologies in cultivation/agriculture. It helps in decision-making, as shown in *Fig. 4*, where users will access web-based services of data collected on the webpage from sensors and interactive support system http://agrotronicsystems.com/. The strong connection between water matric potential and water available for plant needs is good for broad applications in irrigation and hydrology control and management. Electronic devices and the Internet of Things was used to implement the automated acquisition of data for irrigation control and management. A low-cost Agrotronic system was designed based on an open-source microcontroller platform and other parts. It accomplishes precise measurements of soil matric potential at regular periods. It uses a software platform to keep data in a hard drive for future use for control and management, therefore optimizing the use of water on the farm for improved agricultural production. The intelligent instrument knows how much water in the soil depth is accessible by the plants. The rooting depth is different for various crops and their age.

Conclusions

A novel, intelligent, low-cost soil moisture instrument was designed and developed; it can be run with digital outputs. There are three major components of the instrument capacitive moisture sensor, soil matric potential sensor, and microcontroller). The optimized, low-cost intelligent system determines the maximum volume of moisture that can be irrigated before losing water to deeper percolation. Capacitive sensors are proven to efficiently measure soil moisture at a low cost and with adequate accuracy. The calibration process validated the effectivity

of the instrument based on plant needs. Consequently, the possibility of using the calibration curve without removing the instrument from the soil and transmitting data via the Internet of Things to a web-based platform http://agrotronicsystems.com/ offers flexibility and comfort. The Agrotronic instrument's accuracy might be a little lower than a few commercial sensors, but it is sufficiently precise to trigger irrigation missions for precision agricultural demands. Nevertheless, for farmers, the low cost and cheap substitutability are a significant deciding factors. Localizing irrigation at a certain depth, temperature correction, available water holding capacity of soil and soil water pressure provide more helpful information than the VWC value used by commercial sensors.

Acknowledgements

This research was funded by TKP2021-NKTA-32 project. Project no. TKP2021-NKTA-32 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

Al Alia, A. – Nabulsia, A. – Mukhopad, H.S. – Shihab A.M. – Fernandes S. – Ailabouni, K. (2019): IoT-solar energy powered smart farm irrigation system. Journal of Electric Science and Technology, 17(4), 14p.

Hop, Q. T. – Fehér, Zs. Z. – Túri N. – Rakonczai, J. (2022): Climate Change as an Environmental Threat on the Central Plains of the Carpathian Basin Based on Regional Water Balances. Geographica Pannonica, 26(4), pp. 194–199.

Nagy, A. – Szabó, A. – Farkasné Gálya, B. – Tamás, J. (2021): Real-time spectral information to measure crop water stress for variable rate irrigation scheduling. In: Stafford, J.V. (szerk.) Precision agriculture '21. Wageningen Academic Publishers. 427–433. eISBN: 978-90-8686-916-9, ISBN: 978-90-8686-363-1 doi: 10.3920/978-90-8686-916-9

Peters, R. – K. Desta. – L. Nelson. – Su W. (2013): Prosser Irrigated Agriculture Research & Extension Center.

Rakonczai, J. – Ladányi Zs. – Blanka, V. – Fehér Zs. – Kovács, F. (2021): A globális környezeti változások fontosabb magyarországi hatásai. In: Elfogyasztott jövőnk? Corvinus University, Budapest, pp. 271–303.

Shock, C. – E. – Jaderholm, S. (2012): A Comparison of six soil moisture Sensors. Agricultural Experiment Station – Special Report, 1038, pp. 262–267.

Sinha, B. – Dhanalakshmi, R (2021): Recent advancements and challenges of Internet of Things in smart agriculture: A survey, Future Generation Computer Systems, 126(4) DOI:10.1016/j.future.2021.08.006

WorldView–2 és WorldView–3 felvételek értékelése képosztályozáson keresztül

Papp Melitta[1] – Szabó Szilárd[2] – Abriha Dávid[3]

[1] BSc hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, pmeli999@gmail.com
[2] tanszékvezető egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.szilard@science.unideb.hu
[3] PhD hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, abriha.david@science.unideb.hu

Abstract: Geoinformatics tends to be more important in every fields of life as it helps to speed up many time-consuming tasks. In our research, we compared a WorldView–2 (WV2) and a WorldView–3 (WV3) satellite image in a classification. The image classification aimed the identification of roofing materials and we used the Maximum Likelihood classifier. The F1-scores obtained from the confusion matrices were used to compare the accuracies. Our results showed that, in general, we obtained better accuracies using WV2, but in the case where we only classified different tile roofs, WV3 performed better.

Bevezetés

Napjainkban egyre fontosabb szerepet tölt be a geoinformatika. A távérzékelt felvételek segítségével a különböző munkákat, amikhez korábban terepi vizsgálatokra volt szükség, sokkal gyorsabban el lehet végezni, ha rendelkezésünkre állnak a megfelelő felvételek (Abriha et al. 2018; Szabó et al. 2014). Az infravörös csatornák segítségével a bioszféra elemei is viszonylag jól elkülöníthetők, mely városi környezetben nem csak a bioszféra elemeinek elkülönítését, osztályozását segíti, hanem az épített környezet felmérését is (Burai et al. 2015).

Az osztályozás a különböző objektumok eltérő fényvisszaverési tulajdonságain alapul. A műholdak szenzorai különböző hullámhosszokon különböző mértékben érzékelik a visszavert fényt. Ha a látható fény tartományán túl lévő csatornákat vegyítjük a látható tartományban lévő csatornával vagy csatornákkal, akkor azonosíthatóvá tehetünk a felvételeken az objektumok jellegzetességeit, tulajdonságait, amiket csak a látható tartományban nem látszanak (Mucsi et al. 2017).

A feldolgozáshoz ellenőrzött, illetve nem ellenőrzött osztályba sorolást is használhatunk. A nem ellenőrzött osztályba sorolás lényege, hogy a használt algoritmus a spektrális tulajdonságok alapján önmagától, egyéb külső információ nélkül hoz létre osztályokat (spektrális osztályok). Ebbe nincs beleszólásunk, hogy milyen osztályokat készítsen, csak azt tudjuk megadni, hogy hány kategóriát szeretnénk kinyerni. Abban az esetben, ha az osztályozandó területről nem rendelkezünk elegendő információval, és szeretnénk róla kapni egy átfogó képet, érdemes a munkát ezzel kezdeni, és utána rátérni az ellenőrzött osztályba sorolásra.

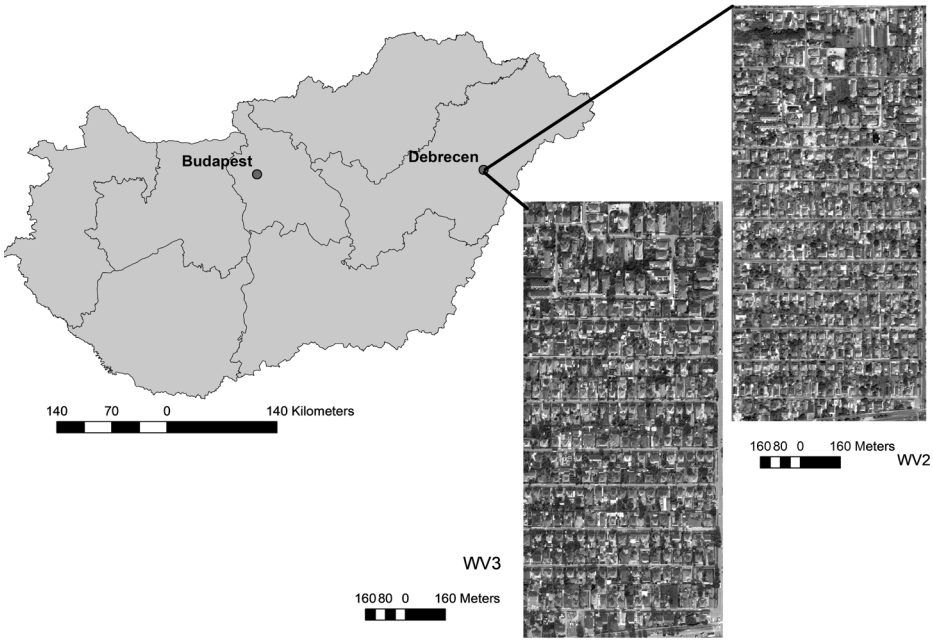
Az ellenőrzött osztályba sorolás során mi magunk adhatjuk meg a tanulóterületeket, vagyis, hogy milyen osztályokat szeretnénk később látni (információs osztályok; Schlosser et al. 2020).

Munkánkban azt vizsgáltuk meg, hogy a WorldView (WV) műholdcsaládhoz tartozó két, spektrális tulajdonságaiban megegyező, de egyéb paramétereiben eltérő (térbeli felbontás, off-nadír helyzet stb.) felvétel (WV2 és WV3) milyen pontossággal osztályozható tetőfedő anyagok tekintetében.

Anyag és módszer

A mintaterület Debrecen keleti részén található a Csapókertben, a Vámospércsi út és a Veres Péter utca találkozásánál (*1. ábra*). Ezen a területen leginkább családi házak találhatóak, melyek jellemzően a 70-es években épültek, bár előfordulnak új építésű házak is. A régebbi házaknál számos esetben azbeszt a tető anyaga, amely jó hőszigetelő tulajdonsága és alacsony ára miatt terjedt el, azonban a 2000-res évek elejére betiltották, ugyanis kiderült, hogy az azbesztrostok a szervezetbe jutva súlyos megbetegedéseket okozhatnak.

A WV műholdcsalád két különböző felvételét értékeltük ki: a WV2 és WV3 felvételekkel dolgoztunk. A WV2 2016.07.24-én készült, a pankromatikus sáv felbontása 0,5 m, míg a multispektrális csatornáké 2 m. A WV3 felvétel 2019.09.16-án készült, ennek térbeli felbontása meghaladja a WV2-ét: a pankromatikus csatorna 0,3 m, a multispektrális csatornák pedig 1,64 m-es felbontással rendelkeznek.



1. ábra A mintaterület elhelyezkedése

A két felvétel között jelentős különbség van az off-nadir helyzetüket illetően: a WV2 esetében 18,4 fok, a WV3-nál pedig 29,5 fok, de Debrecenre nem érhető el más felvétel az archívumban. A pankromatikus sáv mellett mindkét műhold 8 multispektrális csatornával rendelkezik, ezek: coastal, blue, green, yellow, red, red edge, nir1, nir2.

A kutatás első lépéseként terepbejárást végeztünk, melynek során azonosítottuk a területen található egyes tetőfedő anyagokat. Ezt követően az összegyűjtött adatokat ENVI szoftverben digitalizáltuk. Minden előforduló tetőtípust rögzítettünk, de volt olyan, ami nem fordult elő nagy gyakorisággal, pl. a kék fém tető, amiből csak egy darab volt, így ezeket kihagytuk az osztályozásból. Az osztályozásba az alábbi tetőfedő anyagok kerültek bele:

- barna cserép
- fekete cserép
- szürke cserép
- vörös cserép
- vörös fém
- vörös kátrány
- szürke azbeszt

A referencia adatokat véletlenszerűen szétosztottuk tanító és tesztelő adatokra 70–30%-os arányban, majd ezt követően különböző szempontok szerint csoportosítottuk a kategóriákat és így végezük el az osztályozást.

A kategóriák a következőek voltak:

a) cseréptetők

b) vörös színű tetők

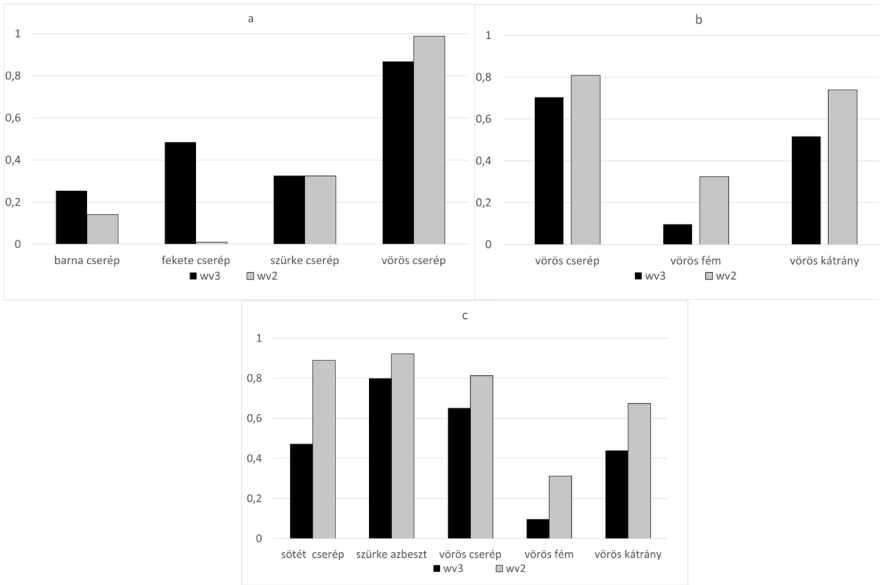
c) az összes tetőfedő anyagot tartalmazó kategória úgy, hogy a sötét színű cserepeket (fekete, barna, szürke) összevontuk egy osztályba

Az osztályozásokat Maximum Likelihood (ML) algoritmussal végeztük el az ENVI szoftver segítségével. Az ML minden képpontra kiszámítja az egy adott osztályba tartozás valószínűségét. Mivel mi nem adtunk meg valószínűségi küszöbértéket, így minden pixel besorolása került valamely kategóriába. Az elkészült osztályozott felvételeket hibamátrixok felhasználásával pontosságellenőrzésnek vetettük alá, amihez a korábban elkülönített teszt adatokat használtuk fel. A hibamátrixok segítségével az általános pontosságon túl az előállítói, és felhasználói pontosságokat is kinyertük, majd utóbbi kettő felhasználásával kiszámoltuk az F1-értéket (F1-score), amely ezen értékek harmonikus közepe.

Eredmények

Az eredményekből összeállított diagramok a *2. ábrán* láthatóak.

A különböző cseréptetőkkel végzett osztályozás során (*2/a. ábra*) egyedül a vörös cserép kategóriánál kaptunk jobb eredményt a WV2 esetében, azonban ennél



2. ábra A különböző felosztásban végzett osztályozások eredményei. a) cseréptetők; b) vörös színű tetők; c) összes tetőfedő anyag

az osztálynál a WV3 is jól teljesített. Míg a szürke cserépre nagyon hasonló F1-értékeket kaptunk, addig a barna és fekete cserepeknél a WV3 jelentősen felülmúlta a WV2-t.

A vörös színű tetőfedő anyagok esetében (*2/b. ábra*) a vörös cserép volt az, amely mindkét felvételen a legnagyobb pontossággal elkülönült, azonban még a vörös kátrány esetében is viszonylag magas F1-értékeket kaptunk.

Az összes, a területen nagyobb számban előforduló tetőfedő anyagot vizsgálva (*2/c. ábra*) a WV2 egyértelmű fölénye rajzolódik ki: minden kategóriában felülmúlja a WV3-at. Bár a cseréptetőket osztályozva (*2/a. ábra*) azt az eredményt kaptuk, hogy a WV3 a sötét színű cserepek (fekete, barna, szürke) tekintetében minden kategóriában külön-külön magasabb pontosságokat hozott, azonban, ha ezeket a spektrálisan nagyon hasonló osztályokat összevonjuk, a helyzet megváltozik: míg a WV3 esetében meglehetősen pontatlan (F1 = 0,47) eredményeket kapunk, addig a WV2-nél (F1 = 0,89) ez a kategória adta a második legjobb pontosságot.

Konklúzió

Általánosságban elmondható, hogy a WV2 felvételen végzett osztályozások nagyobb pontosságokat eredményeztek. Ennek oka több tényezőre visszavezethető: egyrészt a WV3 felvétel közel 30 fokos off-nadír helyzete nagyobb torzulásokkal és több árnyékos területtel jár, másrészt a jobb térbeli felbontás fokozza a pixelalapú képosztályozás állandó velejáróját, az úgynevezett só-bors hatást, mely tényezők

együttesen a pontosság csökkenését eredményezik. A területen leggyakrabban előforduló vörös cserép, valamint az egészségre igen káros, nagy mennyiségben fellelhető azbeszttartalmú tetők azonosítása mindkét felvételen jó pontossággal végezhető.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a TKP2020-NKA-04 és az NKFIH K 138079 projektek támogatták.

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.

Műholdadatokból származtatott talajnedvességadatok vizsgálatának nehézségei

Pataki Angelika[1] – Szabó Szilárd[2]

[1] PhD hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, pataki.angelika@science.unideb.hu
[2] tanszékvezető egyetemi tanár, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.szilard@science.unideb.hu

Absztrakt: Tanulmányunkban azt elemeztük, hogy a műholdadatokból származtatott talajnedvességadatok használata során milyen kérdések és nehézségek merülhetnek fel. Ehhez példaként a SMAP műhold talajnedvességadatait vizsgáltuk meg.

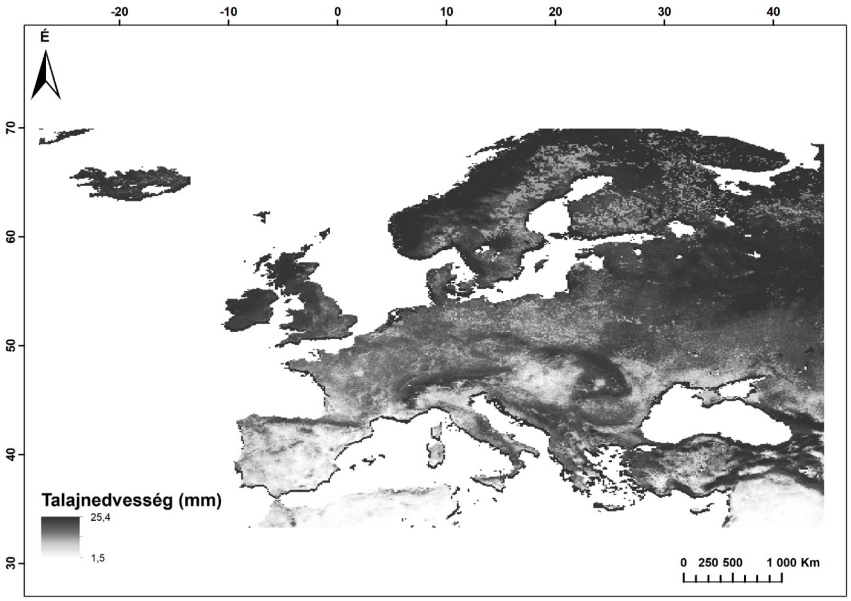
A talajnedvesség az 50 legfontosabb éghajlati tényező egyike (GCOS-138). Jelentős szerepe van aszályos területek vizsgálata során (Wang et al. 2011), ezen kívül hidrológiai (Western et al. 2002) és mezőgazdasági szempontból is fontos paraméter (Garg et al. 2016). A talajnedvesség mértéke hatással van a növényzet fejlődésére (Veihmeyer – Hendrickson 1950), amely a mezőgazdasági haszonnövények esetén, azok élelmezésben betöltött szerepe miatt kiemelt fontosságú.

A talajnedvesség monitorozása több eszköz segítségével is történhet, attól függően, hogy a talaj mely rétegét és mélységét szeretnénk vizsgálni. Kis területek esetén jól alkalmazható módszer a gravimetriás mérés (Little et al. 1998), hordozható szenzorokkal történő vizsgálat (Skierucha 2000), vagy UAV-ra szerelt különböző hullámhosszon adatot rögzítő kamerákkal (multispektrális, termális) történő talajnedvesség becslés készítése (Bai et al. 2021; Li et al. 2022). Nagyobb területek esetén alkalmazott eljárás talajnedvességmérő szenzorok telepítése, ilyen például az ISMN mérő hálózat, amely in-situ talajnedvesség-adatokat szolgáltat 2842 mérőállomásról (Dorigo et al. 2021). Abban az esetben, amikor régió, ország vagy kontinens léptékű adatokra vagyunk kíváncsiak, a műholdfelvételekből származtatott adatbázisok a legkézenfekvőbbek, mert nagy területet fednek le és szabályos időközönként visszatérnek egy adott terület fölé. Számos műholdfelvételből származtatott adat létezik (például: ESA-CCI, GLDAS, SMAP, SMOS), amelyek eltérnek mind területi lefedettség, mind pedig a szenzor által érzékelt hullámhossz szempontjából (Peng et al. 2021).

A műholdas talajnedvesség adatok használata során viszont számos kérdés vetődhet fel. Ilyenek a műholddal kapcsolatos paraméterek, azaz a műholdak érzékelőjének aktív vagy passzív mivolta (Ahmed et al. 2011), az érzékelő dőlésszöge (nadír, oblique) (Crow et al. 2010), a műhold által monitorozott területi lefedettség (Peng et al. 2021), a felszín érdessége (Verhoest et al.

2008), éghajlati szempontból a csapadék mennyisége, eloszlása, valamint a talaj száradása (Wei – Dirmeyer 2012), illetve a klímaváltozás hatásainak kérdésköre is megjelenik (Berg – Sheffield 2018). Ezen tényezők jelentősen befolyásolhatják az adatok megbízhatóságát. A műholdas talajnedvességadatok esetén nem elegendő csupán talajmintavétellel, vagy szenzorok adatai alapján összevetni az adatokat, hanem számolni kell a talajnedvességet befolyásoló tényezőkkel, ennek fényében pedig törekedni kell az elfogadott hibahatárok/mérési bizonytalanságok mértékének betartására (Gruber et al. 2020). A legtöbb műholdas talajnedvesség adat esetében lehetőségünk van arra, hogy akár a nyers adatokkal végezzünk vizsgálatokat, de az esetek többségében már rendelkezésre állnak kész talajnedvesség adatok, amelyek egy megfelelően paraméterezett modell alapján kerültek kiszámításra. Leggyakrabban a TU-Wien, illetve az LPRM modellek által kiszámított műholdas talajnedvességadatokkal találkozhatunk (Scipal et al. 2010).

E tanulmányban példaként a SMAP (Soil Moisture Active Passive) műhold adatait mutatjuk be. Adatait főként a talaj nedvességtartalmának vizsgálatára és fagyott/olvadt területek megfigyelésére használják. A műhold radiométerrel (L-sáv) és radarral (korábban L, majd C sáv) rendelkezik. Radaradatokat tekintve 2015 óta a Sentinel-1 műhold adatait használják fel. Időbeli felbontása területtől függően 6–12 nap. Adatai globálisak, térbeli felbontásuk 3/9/10/36 km és a talaj felső 5 cm-ére vonatkoznak (Entekhabi et al. 2010; Colliander et al. 2017). E talajnedvesség adatnak az érdekessége, hogy mind Google Earth Engine-ből (továbbiakban: GEE) (10 km) (Internet1), mind pedig a NSIDC (National Snow and Ice Data Center)



1. ábra Példa a SMAP adatokra 2021. 03.31–04.02. időpontra vonatkozóan GEE-ből letöltött adatok alapján

weboldaláról (3/9/36 km) letölthető (Internet2). Az NSIDC adatbázisai esetében érzékelőtől, térbeli felbontástól és a feldolgozott paraméterektől függően számos különféle adat található. A GEE-ben található 10 km-es adatok területi kiterjedéstől függően akár 3 napos időablakra is vonatkozhatnak (*1. ábra*), míg a NSIDC adatai 30 perces vagy napi adatok is lehetnek, így a területi lefedettség megegyezik a műhold által aznap monitorozott sávval. A két adatforrás eltérő mértékegységekkel rendelkezik, azaz a GEE adatai mm-ben, az NSIDC adatai pedig m^3/m^3-ben vannak megadva.

Az ilyen adatforrásokból származó talajnedvesség adatok feldolgozását több tényező is megnehezítheti. A két adatforrás eltérő mértékegységeket használ, így egy összehasonlítás esetén azok egyeztetésére van szükség, ami viszonylag jelentős matematikai, talajtani ismereteket igényel. Bizonyos esetekben problémás lehet az adatok fájlkiterjesztése is. ami az NSIDC adatok esetén .h5, az ilyen adatok feldolgozása szintén komolyabb szakértelmet igényelhet.

Attól függően, hogy mely adatbázissal dolgozunk, az NSIDC adatai esetében rendelkezésre álló adatok konverziójára lehet szükség időbeli felbontástól és a kívánt térbeli lefedettségtől függően. Egy komplex elemzés esetén további nehezítő tényező lehet az adatok térbeli felbontása is, mivel több kilométeres pixelek talajnedvességértékeiről beszélünk, amelyek validációja esetében egy nagy kiterjedésű szenzoros hálózatra lehet szükség.

Colliander és munkatársai 2017-ben arra jutottak, hogy a SMAP több adattípusának pontossága megfelel az elvárt 0,04 m^3/m^3 térfogati talajnedvességnek.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a TKP2020-NKA-04 és az NKFIH K 138079 projektek támogatták.

Felhasznált irodalom

Ahmed A. – Zhang Y. – Nichols S. (2011): Review and evaluation of remote sensing methods for soil-moisture estimation. SPIE reviews, 2(1), 028001.

Bai X. – Chen Y. – Chen J. – Cui W. – Tai X. – Zhang Z. – Cui J. – Ning J. (2021): Optimal window size selection for spectral information extraction of sampling points from UAV multispectral images for soil moisture content inversion. Computers and Electronics in Agriculture, 190, 106456.

Berg A. – Sheffield J. (2018): Climate change and drought: the soil moisture perspective. Current Climate Change Reports, 4(2), 180–191.

Colliander A. – Jackson T.J. – Bindlish R. et al. (2017): Validation of SMAP surface soil moisture products with core validation sites. Remote Sensing of Environment 191, 215–231.

Crow W. T. – Wagner W. – Naeimi V. (2010): The impact of radar incidence angle on soil-moisture-retrieval skill. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 7(3), 501–505.

Dorigo W. – Himmelbauer I. – Aberer D. et al. (2021): The International Soil Moisture Network: serving Earth system science for over a decade. Hydrol. Earth Syst. Sci. 25, 5749–5804.

Entekhabi D. – Njoku E.G. – O'Neill P.E. et al. (2010): The Soil Moisture Active Passive (SMAP) Mission. Proc. IEEE 98, 704–716.

Garg A. – Munoth P. – Goyal R. (2016): Application of soil moisture sensor in agriculture. In Proceedings of Internation Conference on Hydraulic (pp. 8–10).

GCOS-138, 2010. Implementation plan for the global observing system for climate in support of the unfccc.

Gruber A. – De Lannoy G. – Albergel C. et al. (2020): Validation practices for satellite soil moisture retrievals: What are (the) errors? Remote Sensing of Environment 244, 111806.

Li W. – Liu C. – Yang Y. – Awais M. – Ying P. – Ru W. – Cheema M. J. M. (2022): A UAV-aided prediction system of soil moisture content relying on thermal infrared remote sensing. International Journal of Environmental Science and Technology, 1–14.

Little KM - Metelerkamp B. – Smith C. W. (1998): A comparison of three methods of soil water content determination. South African Journal of Plant and Soil, 15(2), 80–89.

Scipal K. – Dorigo W. – deJeu R. (2010): Triple collocation—A new tool to determine the error structure of global soil moisture products. In 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (pp. 4426–4429). IEEE.

Skierucha W. (2000): Accuracy of soil moisture measurement by TDR technique. International agrophysics, 14(4).

Peng J. – Albergel C. – Balenzano A. et al. (2021): A roadmap for high-resolution satellite soil moisture applications – confronting product characteristics with user requirements. Remote Sensing of Environment 252, 112162.

Veihmeyer F. J. – Hendrickson A. H. (1950): Soil moisture in relation to plant growth. Annual review of plant physiology, 1(1), 285–304.

Verhoest N. E. – Lievens H. – Wagner W. – Álvarez-Mozos J. – Moran M. S. – Mattia F. (2008): On the soil roughness parameterization problem in soil moisture retrieval of bare surfaces from synthetic aperture radar. Sensors, 8(7), 4213–4248.

Wang A. – Lettenmaier D. P. – Sheffield J. (2011): Soil moisture drought in China, 1950–2006. Journal of Climate, 24(13), 3257–3271.

Wei J. – Dirmeyer P. A. (2012): Dissecting soil moisture-precipitation coupling. Geophysical Research Letters, 39(19).

Western A. W. – Grayson R. B. – Blöschl G. (2002): Scaling of soil moisture: A hydrologic perspective. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 30(1), 149–180.

Internetes források

Internet 1 – https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NASA_USDA_HSL_SMAP10KM_soil_moisture#description

Internet 2 – https://nsidc.org/data/smap/data

Medencék azonosítása éghajlati jellegzetességeik alapján, műholdfelvételek elemzésével

Pecsmány Péter[1] – Hegedűs András[2] – Vágó János[3] – Szalontai Lajos[4]

[1] tudományos munkatárs, Miskolci Egyetem, Földrajz-Geoinformatika Intézet, ecopeter@uni-miskolc.hu
[2] egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Földrajz-Geoinformatika Intézet, ecoeged@uni-miskolc.hu
[3] egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Földrajz-Geoinformatika Intézet, ecovago@uni-miskolc.hu
[4] egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Földrajz-Geoinformatika Intézet, ecoszalo@uni-miskolc.hu

Abstract: Digital elevation models and morphometric indicators can be used for identifying basins. In this study, we analyzed climate data to prove the presence of these landforms. Our goal was to identify the basins by analyzing landsurface temperature (LST) data from satellite images by applying GIS tools. Landsat 8 and MODIS satellite images were used in the research. Taking into account the vegetation and the aspect of slopes, the vegetation-free, nighttime acquired MODIS imagery proved to be useful. We examined those images from the last 20 years which met the specific criteria. Based on the results of our investigations, we found that the basins located in the northern foreland of the Bükk Mountains can be clearly delineated based on the average temperature values of the 20 years, while the basins in the southern part of the mountain can be identified only in ideal weather conditions.

Bevezetés

A medencék olyan kvázi zárt térszíni mélyedések, amelyeket magasabb térszín vesz körül és befelé forduló lejtőkkel rendelkeznek (Hevesi 2002; Pecsmány 2019). A völgyekkel együtt a felszíni bemélyedések csoportjába tartoznak (Bulla 1954).

Korábbi kutatásaink során digitális domborzatmodellen végzett morfometriai elemzések segítségével sikerült medencéket azonosítanunk a Bükkalján (Pecsmány 2018, 2021). Ezek egy része már ismert volt, de voltak olyanok is, amelyeket a szakirodalom még nem említett. Jelen tanulmányban arra teszünk kísérletet, hogy a felszínalaktani jellemzőik alapján korábban is ismert és az általunk újabban feltételezett medencéket éghajlati sajátosságaik alapján is azonosítsuk (Martonné Erdős 2007; Pajtókné Tari 2011, 2012) és igazoljuk.

Medence-hatás, mint éghajlati jelleg

A medence-hatás, mint a Kárpát-medence időjárását és éghajlatát befolyásoló tényező jól ismert a szakirodalomban (Péczely 1979; Bartholy – Pongrácz 2011) és a mindennapi életben (pl. az időjárás jelentésekben is rendszeresen elhangzik a "hideg légpárna" kifejezés, utalva a Kárpát-medencét esetenként kitöltő és hosszan megülő hideg levegőre). A medence-hatás több éghajlati paraméter térbeli eloszlásában is megnyilvánul, mint pl.: az évi csapadékösszeg, relatív nedvesség

és párolgás, évi középhőmérséklet (Pajtókné Tari 2011, 2012). Korábbi kutatások rávilágítottak arra, hogy télen a medence peremei több besugárzást kaphatnak, míg a medence belsejét hidegebb levegő töltheti ki (hideg légpárna). Nyáron ennek ellenkezője valósul meg, a medence belseje melegebb, és a hőmérséklet a peremek felé fokozatosan csökken (Péczely 1979; Bartholy – Pongrácz 2011).

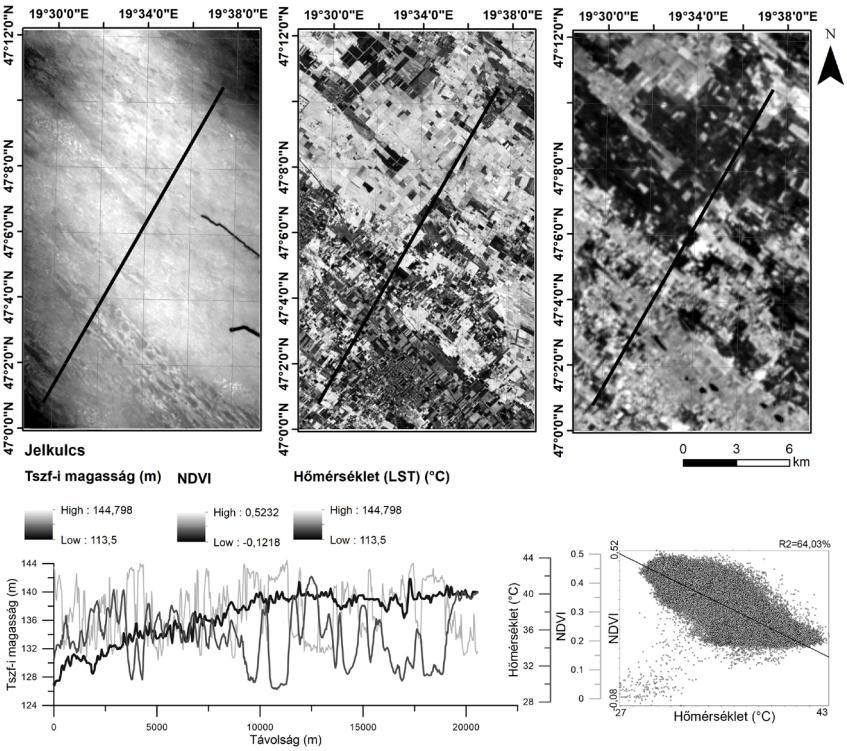
Anyag és módszer

Munkánk során két műholdcsalád a Landsat és a MODIS felvételeit elemeztük. A felszíni hőmérséklet (LST – Landsurface Temperature) kiszámításához a Landsat 8 OLI/TIRS műhold 100 m-es térbeli felbontású termális csatornáit (TIRS1 – 10,6-11,9 µm, TIRS2 – 11,5-12,51 µm), valamint terra MODIS 11A1 műhold 1 km-es térbeli felbontású felvételeit használtuk fel. Az LST kiszámítása a szakirodalomban ismertetett módon történt (Internet1; Internet2; Bendib et al. 2016; Yasir et al. 2020). A normalizált differenciált vegetációs index (NDVI) elkészítéséhez a Landsat 8 OLI/TIRS műhold 30 m-es térbeli felbontású látható vörös (Red – 0,64-0,67 µm) és közeli infravörös (NIR – 0,85-0,88 µm) csatornáit alkalmaztuk. Az adatok feldolgozását ArcGIS Pro-ban és Google Earth Engine platformon végeztük el.

Eredmények

A nyáron készült műholdfelvételekből számított LST térkép azt mutatta, hogy a felszín a medence belsejében jóval melegebb, mint a peremeken. Az eredmények kiértékelése során azonban felfigyeltünk arra, hogy a vizsgált területen a medencék belseje sokkal kevésbé erdősült, mint a magasabban fekvő területek, köszönhetően a völgytalpakon és medencékben megtelepült ember területfoglalásának. A növényzet, kiemelten a fás növényzet árnyékolása és párologtatása hűtő hatású, ezért a fátlan felszínek erősebben felmelegedhetnek. A növényzet hőmérsékletre gyakorolt hatásának szűrése érdekében az NDVI segítségével próbáltuk korrigálni az LST értékét (többet: Bendib et al. 2016). Az eredeti és az NDVI-al korrigált LST állományok között lényeges különbséget nem tapasztaltunk. Mivel szerettük volna kétséget kizáróan feltárni a vegetáció és az LST közötti kapcsolatot, ezért egy, a tengerszint feletti magasságkülönbség és a lejtőkitettség által alig befolyásolt alföldi mintaterületen vizsgáltuk meg a változók közötti összefüggést. A NDVI és az LST közötti determinációs együttható értéke (R2) 64,03% volt. Ott, ahol magasabb volt az NDVI értéke, alacsonyabb volt a LST. A mintaterület csekély magasságkülönbsége a felszín hőmérsékletére jelentős hatást nem gyakorolt (*1. ábra*).

Ezek alapján feltételezhetjük, hogy a fás növényzet megléte (vagy hiánya), kiterjedése és sűrűsége a medencék és a medenceperemek hőmérséklet-különbségét is jelentősen meghatározza. Ezért a következő lépésben vegetációs időszakon kívül készült felvételeket elemeztünk. A téli felvételekből számolt LST esetében azt tapasztaltuk, hogy a felszín felmelegedését nem elsősorban a növényzet milyensége,

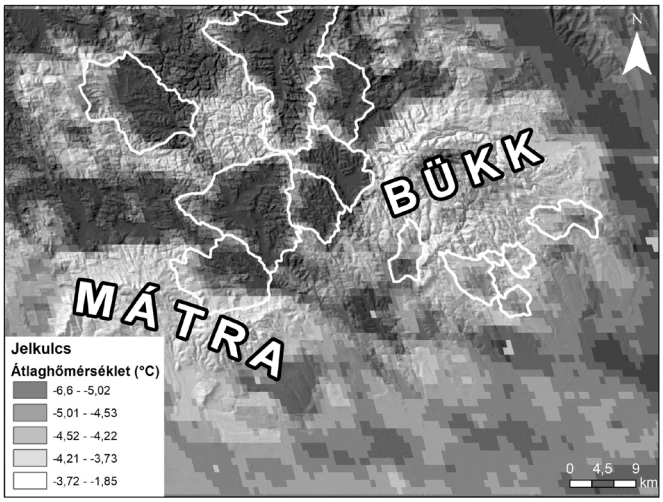


1. ábra A tengerszint fölötti magasság, a vegetáció (NDVI) és a felszíni hőmérséklet (LST) kapcsolata

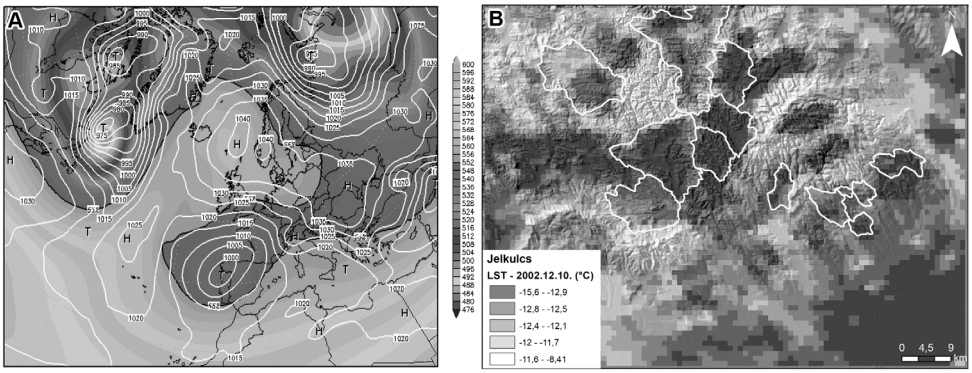
de nem is a medence-jelleg, hanem a lejtőkitettség határozza meg. Ennek oka az, hogy a felvételek 10:27:17-kor (CET) készültek, a napsugarak ilyenkor a délies kitettségű lejtőket érik nagyobb szögben, így azok környékükhöz képest magasabb felszíni hőmérsékleti értékekkel rendelkeznek az LST térképeken.

Tehát a vizsgált területen a felszíni hőmérséklet térbeli eloszlását a nyári félévben a növényzet, a téliben pedig a lejtőkitettség jelentős, sokszor a medence-hatást meghaladó mértékben meghatározza. Ezt szem előtt tartva olyan műholdfelvételekre volt szükségünk, amelyek télen és éjszaka készültek, kiküszöbölve ezzel vegetáció és a kitettség módosító hatását. A terra MODIS 11A1 1 km-es térbeli felbontású éjszakai felvételei (LST_Night_1km) megfelelnek ezeknek a feltételeknek. A MODIS állományokat korábban már sikeresen alkalmazták regionális és globális vizsgálatoknál (Peng et al. 2012; Aguilar-Lome et al. 2019; Zhao et al. 2020).

Az előzetes vizsgálatok eredményei, amelyeket néhány kiválasztott időpontra végeztünk el biztatóak voltak, ezért nagyobb időtávot átfogó elemzést is lefuttattunk. Google Earth Engine felhasználásával kiszámoltuk 20 év (2002–2022) vegetációs időszakon kívüli (november 1. – február 27.), éjszakai felszíni hőmérsékletének átlagát (*2. ábra*). Azt tapasztaltuk, hogy a nagyobb, a Bükktől ÉNy-ra fekvő medencék, mint környéküknél hűvösebb területek, jól "kirajzolódnak" a térképen,

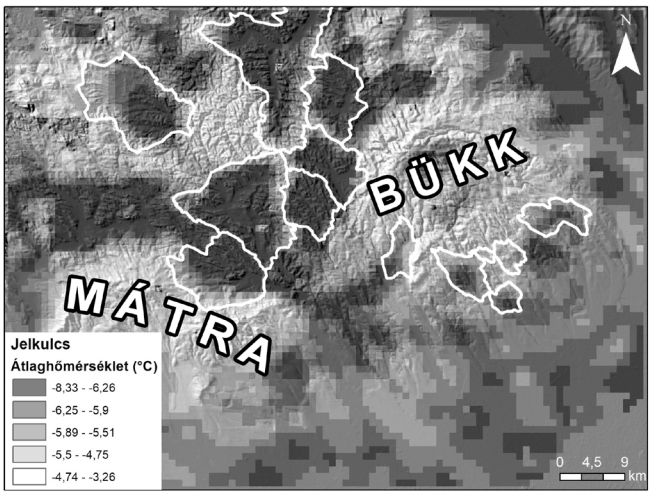


2. ábra 20 év (2002–2022) éjszakai felszíni átlaghőmérséklete a vegetációs időszakon kívül (november 1. – február 27.)



3. ábra Optimális időjárási körülmények (A: Európa légnyomás térképe [www.wetterzentrale.de]) esetében mért éjszakai földfelszíni hőmérséklet (LST) (B) 2002.12.05.

míg a jóval kisebb bükkaljai medencék elkülönülése kevésbé határozott. Ennek az lehet az oka, hogy a kis területű medencék kimutatására a MODIS felvételek térbeli felbontása elégtelen és/vagy a sekélyebb kismedencékben ritkábban reked meg a ködös, hideg levegő. Ez utóbbit valamelyest kezelni tudjuk azzal, ha olyan időpontokban készült műholdképeket elemzünk, amikor az időjárási helyzet leginkább kedvezett a hideg-légpárna kialakulásának. Ezért a Wetterzentrale online (INTERNET3) térképes archívumában olyan időpontokat kerestünk, amikor a téli félévben Magyarország fölött tartósan anticiklon helyezkedett el és hideg volt (*3. ábra*). A további vizsgálatokhoz az ezekben az időpontokban készült, felhőmentes és a területre nézve adathiányt nem, vagy csak csekély mértékben tartalmazó MODIS felvételeket használtuk. Az ezekből származtatott LST térképeken (pl.: *3. ábra*) és az azokból számolt átlagértékeket bemutató térképen (*4. ábra*) már jobban elkülöníthetők a bükkaljai kismedencék is a környéküktől.



4. ábra 14 optimális időjárási helyzet alatt készült éjszakai LST átlaghőmérséklete

Konklúzió

A medence-jelleg éghajlati alapú vizsgálatára a Landsat 8 OLI/TIRS állományai ebben a cikkben említett formában nem alkalmazhatók.

A vegetációs időszakon kívül készült, hosszú időtávot átfogó, éjszakai MODIS felvételek átlagából származtatott LST térképeken a nagyobb (nagy területű és mélyebb) medencék jól azonosíthatók, de pontos lehatárolásuk az alkalmazott módszer további finomítása nélkül nem lehetséges. A kisebb (kis területű és sekélyebb) medencék esetében a hideg-légpárna kialakulása szempontjából kedvező időjárási helyzetekben készült műholdfelvételekből számolt LST térképek és azok átlaga ad jobb eredményt. Azokon, ha nem is a nagyobb medencéket elérő mértékben, de határozottan "kirajzolódnak". Ezzel a bükkaljai medencék medence jellege újabb megerősítést nyert, hiszen éghajlati hatásuk hasonló a szakirodalomban is medenceként említett nagyobbakéhoz.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az RRF-2.3.1-21-2022-00014 Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium/National Multidisciplinary Laboratory for Climate Change finanszírozásában valósult meg.

Felhasznált irodalom

Aguilar-Lome, J. – Espinoza-Villar, R. – Espinoza, J.C. – Rojas-Acuña, J. – Willems, B.L. – Leyva-Molina, W.M. (2019): Elevation-dependent warming of land surface temperatures in the Andes assessed using MODIS LST time series (2000–2017). International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 77. pp. 119–128.

Bartholy J. – Pongrácz R. (2011): Éghajlattan. Edutus Főiskola TAMOP-4.1.2.A/2-10/1.

Bendib, A. – Dridi, H. – Kalla, M.I. (2017): Contribution of Landsat 8 data for the estimation of land surface temperature in Batna city, Eastern Algeria. Geocarto International, 32(5), pp. 503–513.

Bulla B. (1954): Általános természeti földrajz. II. kötet. Tankönyvkiadó, Budapest.

Hevesi A. (2002): Természetföldrajzi kislexikon. Műszaki Kiadó, Budapest. p. 124.

Martonné Erdős K. (2007): Magyarország tájföldrajza. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen.

Pajtókné Tari I. (2011): A medence-jelleg tükröződése hazánk éghajlatában és annak változásaiban. In: Rakonczai J (szerk.) Környezeti változások és az Alföld. Békéscsaba. A Nagyalföld Alapítvány Kötetei, 7, pp. 233–245.

Pajtókné Tari I. (2012): A „medence-jelleg" vizsgálata éghajlati megfigyelések és modell-szimulációk alapján. In: Lóczy D (szerk.) Geográfia a Kultúra Fővárosában I.: az V. magyar Földrajzi Konferencia természetföldrajzi közleményei, Pécs: Publikon Kiadó, 2012 Geographia Pannonica Nova, 13. pp. 189–201.

Pecsmány P. (2018): A Bükkalja medencéinek kimutatása digitális felszínmodellen végzett statisztikai vizsgálatok segítségével. In: Mucsi G. – Papp R.Z. (szerk.) Doktoranduszok Fóruma: Műszaki Földtudományi Kar szekció kiadványa, Miskolc, pp. 57–67.

Pecsmány P. (2019): A medence fogalma, medencék osztályozása. In: Szabó N.P. – Papp R.Z. (szerk.) Doktoranduszok Fóruma: Műszaki Földtudományi Kar szekció kiadványa, Miskolc, pp. 82–95.

Pecsmány P. (2021): A mélyszerkezet felszínfejlődésre és formakincsre gyakorolt hatása a Bükkalján. Miskolci Egyetem – Földrajz-Geoinformatika Intézet. Miskolc. 207 p.

Peng, S. – Piao, S. – Ciais, P. – Friedlingstein, P. – Ottle, C. – Bréon, F. M. – Nan, H. – Zhou, L. – Myneni, R.B. (2012): Surface urban heat island across 419 global big cities. Environmental Science & Technology, 46, pp. 696–703, https://doi.org/10.1021/es2030438

Péczely Gy. (1979): Éghajlattan. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Yasir, M. – Hui, S. – Rahman, S.U. – Ilyas, M. – Zafar, A. – Mehmood, A. (2020): Estimation of Land Surface Temperature using LANDSAT-8 Data- A Case Study of District Malakand, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. Journal of Liberal Arts and Humanities (JLAH), 1(4), pp, 140–180.

Zhao, B. – Mao, K. – Cai, Y. – Shi, J. – Li, Z. – Qin, Z. – Meng, X. – Shen, X. – Guo, Z. (2020): A combined Terra and Aqua MODIS land surface temperature and meteorological station data product for China from 2003 to 2017. Earth System Science Data, 12. pp. 2555–2577.

Internetes források

Internet1 – https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product Letöltés ideje: 2022.09.02.

Internet2 – https://lpdaac.usgs.gov/products/mod11a1v006/ Letöltés ideje: 2022.09.02.

Internet3 – https://www.wetterzentrale.de/ Letöltés ideje: 2022.09.02.

Lithological Discrimination Utilizing Advanced Land Imager: A Case Study From The Egyptian Eastern Desert

Ali Shebl[1,2] – Maher Dawoud[3] – Amr S. Fahil[2] – Mohamed A. Abdelkader[3,4] – Árpád Csámer[1]

[1] Department of Mineralogy and Geology, University of Debrecen, Hungary
[2] Department of Geology, Faculty of Science, Tanta University, Egypt
[3] Department of Geology, Faculty of Science, Menoufia University, Egypt
[4] Department of Earth Resource Science, Akita University, Japan

Abstract: Optical data mostly introduce robust tonal discrimination that could deliver a detailed lithological mapping for arid and rugged terrains. In the current research, Advanced Land Imager (ALI) is adopted to clearly delineate the lithological boundaries of complicated rock units around Um Salatit–Mueilha area, Eastern Desert, Egypt. To that end, several image processing techniques including false color combinations (FCCs), Band ratios (BRs), and principal component analysis (PCA) are implemented. Due to the higher resolution of the ALI panchromatic band (10 m), reasonable lithological differentiation is achieved by separating 1 –metavolcanics, 2 – ophiolitic mélange, 3 – ophiolitic serpentinites, 4 – ophiolitic metagabbro, 5 – metagabbro-diorite, 6 – syn-orogenic granite, 7 – post-orogenic granite, 8 – Nubian sandstone, 9 – Wadi deposits. Our results have been validated with various previous geological maps and intensive field work. The current study strongly recommends ALI for further geological mapping in similar terrains.

Introduction

Remote sensing data has incredibly facilitated lithological mapping by saving time, and effort and covering wide terrains compared to traditional fieldwork. Several studies have utilized different remote sensing datasets including Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer or ASTER (Abd El-Wahed et al. 2021; Askari et al. 2018; Liu et al. 2017; Ninomiya – Fu 2019; Othman – Gloaguen 2014; Pieczonka et al. 2011; Pour et al. 2019; Shebl et al. 2022b; Shebl – Csámer 2021a; Yu et al. 2012), Landsat data (Abd El-Wahed et al. 2019; Ashmawy et al. 2018; Bachri et al. 2019; Carranza – Hale 2010; Gad – Kusky, 2006; Hamimi et al. 2020; Ibrahim-Bathis – Ahmed 2016; Lobell – Asner 2003; Rajendran et al. 2012; Saleh et al. 2015; Shebl et al. 2022b; Shebl – Csámer 2021b), and Sentinel 2 (Hu et al. 2018; Kumar et al. 2021; Serbouti et al. 2022; Shebl et al. 2022b, 2022a, 2021b, 2021a; Wang et al. 2020, Dawoud et al. 2017, 2022) in delivering a reliable lithological mapping. Advanced Land Imager (ALI) is not frequently utilized (compared to ASTER, Landsat sensors, or Sentinel 2) for lithological mapping, however, its reported efficiency (Pour – Hashim 2014). Consequently the main target for the current research is testing the capability of ALI for lithological discrimination within the study area.

Geological Setting, Materials and Methods

The study area is located in the Eastern Desert (ED), Egypt (*Figure 1a*). the area is covered mainly by ophiolitic mélange constituted mainly of allochthonous ophiolitic fragments blended in a sheared matrix, as well as, metavolcanics, metagabbro- diorites and granitic rocks (Shebl – Csámer 2021a; Zoheir et al. 2019). The used data in the current research include ALI that is mounted on Earth Observing-1 (EO-1). The latter is a NASA Earth observation satellite with 2 sensors (ALI (Advanced Land Imager) and Hyperion). ALI is a hybrid multisensor system, a technology verification instrument, for the measurement of Earth surface reflectance. Advanced Land Imager (ALI) provides image data from ten spectral bands (*Table 1*). The instrument operates in a pushbroom fashion, with a spatial resolution of 30 meters for the multispectral bands and 10 meters for the panchromatic band. The standard scene width is 37 kilometers. The standard scene length is 42 kilometers, with an optional increased scene length of 185 kilometers. To discriminate the lithological units of the study area False Color Combinations (FCCs), Band Ratios (BRs), and Principal component analysis are implemented due to their reliable results over similar terrains.

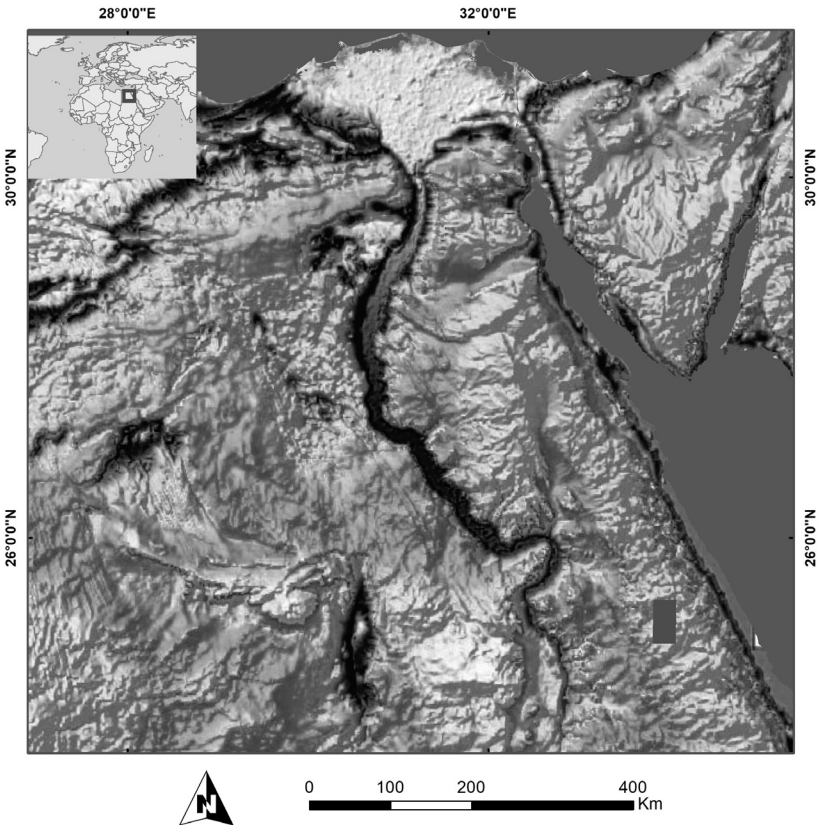


Figure 1. Location map of the study area.

Table 1. Characteristics of the utilized ALI data

Band	Central Wavelength(µm)	Spatial Resolution (m)
Panchromatic	0.585	10
1	0.443	30
2	0.482	30
3	0.565	30
4	0.660	30
5	0.790	30
6	0.867	30
7	1.250	30
8	1.650	30
9	2.215	30

Results and Discussion

Our results indicate reasonable lithological discrimination utilizing ALI bands and their different combinations. For Instance, FCCs of 853 and 963 in RGB clearly separate serpentinites in a blackish color, metavolcanics in reddish color, and granitic rocks in light bright colors (*Figures 2a* and *b*). Further discrimination is achieved using PCs 231 in RGB where metavolcanics are differentiated in a golden-yellow color. Syntectonic granites in the northern part are clearly discriminated by a bluish hue (*Figure 2c*) from late tectonic granite in the southern part of the study area, which is confirmed by *Figure 2d*. Band ratios 8/9, 4/1, and 4/8 in RGB proved its usefulness with ALI bands by discriminating all the rock units within the study area (*Figure 2c*). The latter clearly highlighted serpentinites in pinkish color, metavolcanics in yellowish green color, syntectonic granites in a blueish hue, metagabbro- diorites in dark green color, cyan color for Nubian sandstone, and a yellowish green color for the ophiolitic melange within the study area.

Conclusion

The current study is an attempt to utilize the rarely implemented ALI data in lithological mapping of Um Salatit–Mueilha area, Eastern Desert, Egypt through applying false color combinations (FCCs), Band ratios (BRs), and principal component analysis (PCA). The current findings reasonably discriminate all the lithological units within the study area. Our results indicate the reliability of ALI data in geological mapping after verification with previous geological maps of the study area. The current investigation strongly recommends applying ALI data in further lithological mapping.

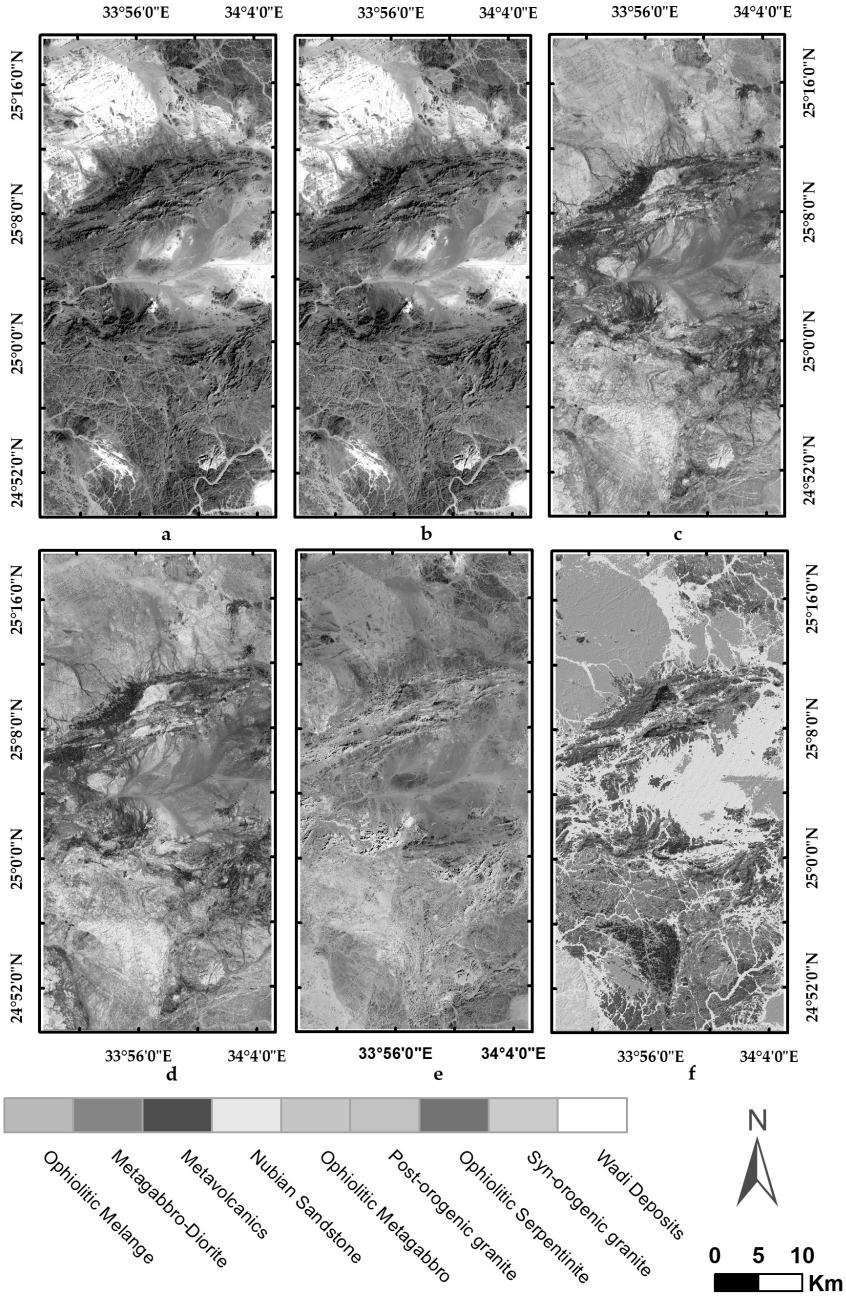


Figure 2. Lithological discrimination using ALI through: (a) FCC 853 in RGB; (b) FCC 963 in RGB; (c) PCs 321 in RGB; (d) PCs 231 in RGB; (e) Band ratio 8/9, 4/1, 4/8 in RGB; and (f) lithological map of the study area modified after (Shebl – Csámer 2021a; Zoheir et al. 2019) for comparison.

References

Abd El-Wahed, M. – Kamh, S. – Ashmawy, M. – Shebl, A. (2019): Transpressive Structures in the Ghadir Shear Belt, Eastern Desert, Egypt: Evidence for Partitioning of Oblique Convergence in the Arabian-Nubian Shield during Gondwana Agglutination. Acta Geol. Sin., English Ed. 93, 1614–1646. https://doi.org/10.1111/1755-6724.13882

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

Ashmawy, M.H. – Abd El-Wahed, M.A. – Kamh, S.Z. – Shebl, A. (2018): Scientific Journal of Basic and Applied Sciences Comparative study of the drainage basin morphometry extracted from topographic maps and SRTM DEMs: an example from Ghadir watershed, Eastern Desert, Egypt. Sci JBAS 39, 52–64.

Askari, G. – Pour, A.B. – Pradhan, B. – Sarfi, M. – Nazemnejad, F. (2018): Band Ratios Matrix Transformation (BRMT): A Sedimentary Lithology Mapping Approach Using ASTER Satellite Sensor. Sensors 2018, Vol. 18, Page 3213 18, 3213. https://doi.org/10.3390/S18103213

Bachri, I. – Hakdaoui, M. – Raji, M. – Teodoro, A.C. – Benbouziane, A. (2019): Machine Learning Algorithms for Automatic Lithological Mapping Using Remote Sensing Data: A Case Study from Souk Arbaa Sahel, Sidi Ifni Inlier, Western Anti-Atlas, Morocco. ISPRS Int. J. Geo-Information 2019, Vol. 8, Page 248 8, 248. https://doi.org/10.3390/IJGI8060248

Carranza, E.J.M. – Hale, M. (2010): Mineral imaging with Landsat Thematic Mapper data for hydrothermal alteration mapping in heavily vegetated terrane. https://doi.org/10.1080/01431160110115014 23, 4827–4852.

Dawoud, M. – Abdel Ghani, I.M. – Elsaid, M. – Badr, Y.S. (2017): The integration of ASTER imagery and airborne Gamma-ray spectrometry in lithological discrimination of Ras Barud -Um Tagher area, North Eastern Desert, Egypt. International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 4 Issue 9, September 2017.

Dawoud, M. – Saleh, G.M. – Kamar, M.S. – Badr, Y.S. – Mahmoud, M. Kh. (2022): Utilization of Landsate-8 OLI Data in the lithological discrimination and mapping of W. El Gemal – W. Sikait area, South Eastern Desert, Egypt. International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 09 Issue 08, August 2022.

Gad, S. – Kusky, T. (2006): Lithological mapping in the Eastern Desert of Egypt, the Barramiya area, using Landsat thematic mapper (TM). J. African Earth Sci. 44, 196–202. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2005.10.014

Hamimi, Z. – Hagag, W. – Kamh, S. – El-Araby, A. (2020): Application of remote-sensing techniques in geological and structural mapping of Atalla Shear Zone and Environs, Central Eastern Desert, Egypt. Arab. J. Geosci. 13. https://doi.org/10.1007/s12517-020-05324-8

Hu, B. – Xu, Y. – Wan, B. – Wu, X. – Yi, G. (2018): Hydrothermally altered mineral mapping using synthetic application of Sentinel-2A MSI, ASTER and Hyperion data in the Duolong area, Tibetan Plateau, China. Ore Geol. Rev. 101, 384–397. https://doi.org/10.1016/J.OREGEOREV.2018.07.017

Ibrahim-Bathis, K. – Ahmed, S.A. (2016): Geospatial technology for delineating groundwater potential zones in Doddahalla watershed of Chitradurga district, India. Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci. 19, 223–234. https://doi.org/10.1016/J.EJRS.2016.06.002

Kumar, C. – Chatterjee, S. – Oommen, T. – Guha, A. – Mukherjee, A. (2021): Multi-sensor datasets-based optimal integration of spectral, textural, and morphological characteristics of rocks for lithological classification using machine learning models. https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1920632. https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1920632

Liu, L. – Zhou, J. – Han, L. – Xu, X. (2017): Mineral mapping and ore prospecting using Landsat TM and Hyperion data, Wushitala, Xinjiang, northwestern China. Ore Geol. Rev. 81, 280–295. https://doi.org/10.1016/J.OREGEOREV.2016.10.007

Lobell, D.B. – Asner, G.P. (2003): Comparison of earth observing-1 ALI and Landsat ETM+ for crop identification and yield prediction in Mexico. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 41, 1277–1282. https://doi.org/10.1109/TGRS.2003.812909

Ninomiya, Y. – Fu, B. (2019): Thermal infrared multispectral remote sensing of lithology and mineralogy based on spectral properties of materials. Ore Geol. Rev. https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2018.03.012

Othman, A.A. – Gloaguen, R. (2014): Improving Lithological Mapping by SVM Classification of Spectral and Morphological Features: The Discovery of a New Chromite Body in the Mawat Ophiolite Complex (Kurdistan, NE Iraq). Remote Sens. 2014, Vol. 6, Pages 6867-6896 6, 6867–6896. https://doi.org/10.3390/RS6086867

Pieczonka, T. – Bolch, T. – Buchroithner, M. (2011): Generation and evaluation of multitemporal digital terrain models of the Mt. Everest area from different optical sensors. Pieczonka, T; Bolch, T; Buchroithner, M (2011). Gener. Eval. multitemporal Digit. terrain Model. Mt. Everest area from Differ. Opt. sensors. ISPRS J. Photogramm. Remote Sensing, 66(6)927-940. 66, 927–940. https://doi.org/10.1016/J.ISPRSJPRS.2011.07.003

Pour, A.B. – Hashim, M. (2014): ASTER, ALI and Hyperion sensors data for lithological mapping and ore minerals exploration. Springerplus 3, 130.

Pour, A.B. – Hashim, M. – Hong, J.K. – Park, Y. (2019): Lithological and alteration mineral mapping in poorly exposed lithologies using Landsat-8 and ASTER satellite data: North-eastern Graham Land, Antarctic Peninsula. Ore Geol. Rev. 108, 112–133. https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2017.07.018

Rajendran, S. – al-Khirbash, S. – Pracejus, B. – Nasir, S. – Al-Abri, A.H. – Kusky, T.M. – Ghulam, A. (2012): ASTER detection of chromite bearing mineralized zones in Semail Ophiolite Massifs of the northern Oman Mountains: Exploration strategy. Ore Geol. Rev. 44, 121–135. https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2011.09.010

Saleh, A.M. – Belal, A.B. – Mohamed, E.S. (2015): Land resources assessment of El-Galaba basin, South Egypt for the potentiality of agriculture expansion using remote sensing and GIS techniques. Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci. 18, S19–S30. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.06.006

Serbouti, I. – Raji, M. – Hakdaoui, M. (2022): Lithological Mapping for a Semi-arid Area Using GEOBIA and PBIA Machine Learning Approaches with Sentinel-2 Imagery: Case Study of Skhour Rehamna, Morocco. Adv. Sci. Technol. Innov. 143–156. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80458-9_11

Shebl, A. – Abdelaziz, M.I. – Ghazala, H. – Araffa, S.A.S. – Abdellatif, M. – Csámer, Á. (2022a): Multi-criteria ground water potentiality mapping utilizing remote sensing and geophysical data: A case study within Sinai Peninsula, Egypt. Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci. 25, 765–778. https://doi.org/10.1016/J.EJRS.2022.07.002

Shebl, A. – Abdellatif, M. – Elkhateeb, S.O. – Csámer, Á. (2021a): Multisource Data Analysis for Gold Potentiality Mapping of Atalla Area and Its Environs, Central Eastern Desert, Egypt. Miner. 2021, Vol. 11, Page 641 11, 641. https://doi.org/10.3390/MIN11060641

Shebl, A. – Abdellatif, M. – Hissen, M. – Ibrahim Abdelaziz, M. – Csámer, Á. (2021b): Lithological mapping enhancement by integrating Sentinel 2 and gamma-ray data utilizing support vector machine: A case study from Egypt. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 105, 102619. https://doi.org/10.1016/J.JAG.2021.102619

Shebl, A. – Csámer, Á. (2021a): Stacked vector multi-source lithologic classification utilizing Machine Learning Algorithms: Data potentiality and dimensionality monitoring. Remote Sens. Appl. Soc. Environ. 100643. https://doi.org/10.1016/J.RSASE.2021.100643

Shebl, A. – Csámer, Á. (2021b): Lithological, structural and hydrothermal alteration mapping utilizing remote sensing datasets: a case study around Um Salim area, Egypt. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 942, 012032. https://doi.org/10.1088/1755-1315/942/1/012032

Shebl, A. – Kusky, T. – Csámer, Á. (2022b): Advanced land imager superiority in lithological classification utilizing machine learning algorithms. Arab. J. Geosci. 2022 159 15, 1–13. https://doi.org/10.1007/S12517-022-09948-W

Wang, Q. – Li, J. – Jin, T. – Chang, X. – Zhu, Y. – Li, Y. – Sun, J. – Li, D. (2020): Comparative Analysis of Landsat-8, Sentinel-2, and GF-1 Data for Retrieving Soil Moisture over Wheat Farmlands. Remote Sens. 2020, Vol. 12, Page 2708 12, 2708. https://doi.org/10.3390/RS12172708

Yu, L. – Porwal, A. – Holden, E.J. – Dentith, M.C. (2012): Towards automatic lithological classification from remote sensing data using support vector machines. Comput. Geosci. 45, 229–239. https://doi.org/10.1016/J.CAGEO.2011.11.019

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.

Térszkenner használata az UVATERV Zrt. munkáiban

Stenzel Sándor

Szakosztályvezető, 504. Térszkennelési és BIM Szakosztály, UVATERV Zrt.,
stenzel.sandor@uvaterv.hu

Abstract: UVATERV C.C. Ltd, with its 70 years of history, is one of the largest transport infrastructure companies in Hungary, always a leader in the use of state-of-the-art devices and software. The Company's BIM Program has been started more than three years ago. Last year, thanks to the ÉPÍTŐ-5.2021.5-2021-00079 tender, the Surveying and Land Management Division has been upgraded with a Trimble TX8 3D scanner with its whole IT background and expanded with a new Department of 3D scanning and BIM. The primary task of the new Department is to support the internal professional divisions with high precision geospatial data. In the other hand it may also take on scanning and post-processing tasks from external market. The high level of expertise of the new Scanning Department can cover the entire geodetical workflow from the installation of field control points to post-processing and vectorizing of point clouds and 3D modelling.

A 70 éves múltra visszatekintő UVATERV Zrt. hazánk egyik legnagyobb közlekedési infrastruktúra tervező cége. Ebben a több, mint hét évtizedben mindig nagy hangsúlyt fektetett a legkorszerűbb hardverek és szoftverek használatára a tervezési feladatokban. Ez a szemlélet jellemzi az 504. Geodéziai és Ingatlanrendezési Iroda műszerbeszerzéseit is. Eszközparkja modern és nagy pontosságú Trimble Robot mérőműszerekből, RTK GNSS vevőkből és digitális szintezőkből áll.

Több, mint három éve, hogy a Cég elindította BIM programját, melyben a nagy teljesítményű terepi adatgyűjtés fejlesztésének első lépcsőjét egy Trimble SX10 mérőállomás beszerzése jelentette.

Ez a műszer egy 3D-szkenner tulajdonságokkal felruházott, képalkotó Robot mérőrendszer. 1”-es szögmérési- és 1 mm + 1.5 ppm távmérési megbízhatóságával kiválóan alkalmas szélső pontossági igényű mérnökgeodéziai feladatok ellátására.

Alacsony zajszintű, 600 m-es hatótávolságú és 26.600 pont/mp sebességű téradat gyűjtési képességei pedig kisebb munkaterületek 3D szkennelésére is alkalmassá teszik, elsősorban, a hagyományos geodéziai észlelések kiegészítéseként. A terepen keletkező, valódi színes georeferált 3D pontfelhők és a diszkrét pontok, vonalak terepi kezelése és irodai feldolgozása egy időben történik meg.

A Cégen belüli 3D technológiai fejlesztések következő mérföldkövét egy 2021-ben történő beszerzés jelentette, mely az ÉPÍTŐ-5.2021.5-2021-00079 pályázat keretében valósult meg. Az elnyert tender lehetővé tette egy Trimble TX8 3D

1. ábra Trimble TX8 az M44 Tisza-híd szkennelése közben

szkenner beszerzését, irodai feldolgozó háttér kialakítását, illetve a Térszkennelési és BIM Szakosztály felállítását.

A Szakosztály elsődleges feladata az UVATERV Zrt. különböző szakági tervezőinek támogatása nagy pontosságú, georeferált téradatokkal. Emellett belső leterheltségének és szabad kapacitásának függvényében külső megrendeléseket is teljesít.

Maga a Trimble TX8 egy nagy teljesítményű mérőrendszer, melynek szkennelési sebessége 1.000.000 pt/mp, maximális felbontása 5.7 mm@30 m. A standard szkennelési zaj tipikusan < 2 mm, ugyanakkor HP (High Precision) módban 2-80 m között <1 mm. Standard észlelési hatótávolsága 120 m, de kiterjesztett (Extended) módban 340 m-re is képes szkennelni.

A Szakosztály mérnökei a legtöbb feladatban az un. LEVEL2 felbontási beállítással dolgoznak terepen. Ez 3.8 mm@10m felbontást biztosít, ugyanakkor fényképezéssel együtt is csak 4 percnyi állásponton való észlelési időt jelent.

A valódi színezett pontfelhő előállításához lehetőség van műszerállásonként panoráma kép készítésére is, melyről a 10MPx-es HDR kamera gondoskodik.

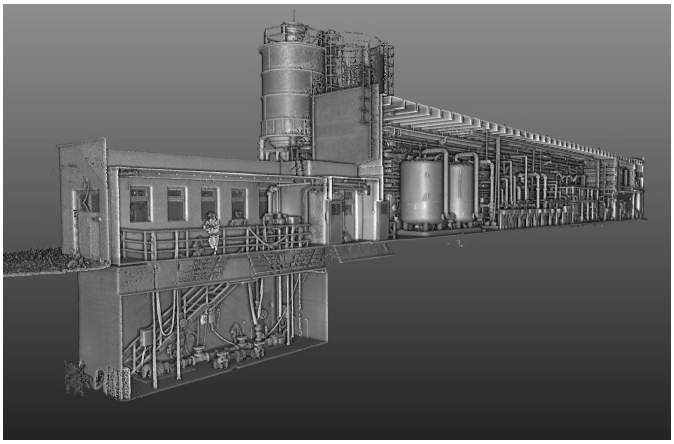
A műszer kezelése a műszeroszlopon található TFT LCD érintőképernyőről, saját fedélzeti szoftverével történik. Ezt kiegészítendő, távolról is vezérelhető bármilyen külső eszközről (pl.: okostelefon, tablet, laptop), WiFi kapcsolaton keresztül.

A TX8 mérőrendszer minden alkalommal dómszkennelést végez, 360° x 317° látómezővel. Az elkészült pontfelhők síkba feszítve, barangolható, nagyítható módon megtekinthetők a kijelzőn. Az aktuális állásponton, egy, már meglévő pontfelhőben lehetőség van, további un. szektor szkennelésekre is. Ezek a szkennelendő „szeletek” szintén az érintőképernyőn jelölhetők ki. A szektorokhoz megadhatók az eredeti pontfelhőtől teljesen eltérő paraméterek, pl.: más felbontás, hatótávolság, vagy akár plusz fényképezési lehetőség.

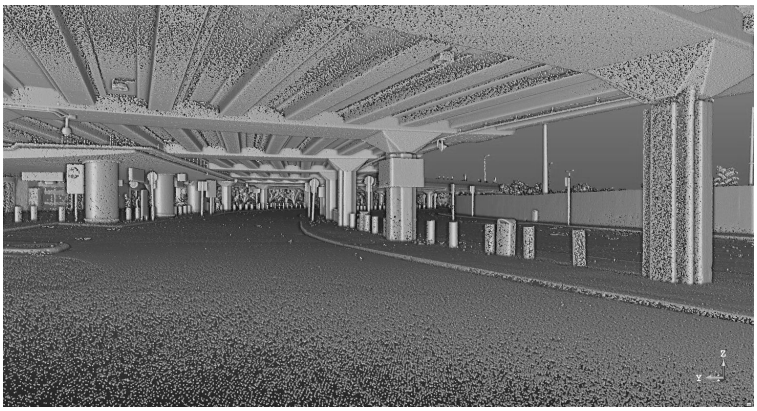
Kiváló élő példa a szektorozásra az UVATERV Zrt. által tervezett és nemrégiben átadott ferdekábeles M44 Tisza-híd szkennelése. A monumentális műtárgy pilonjainak távolsága meghaladja a TX8 alapértelmezett 120 m-es észlelési hatótávolságát. Így az első körös standard szkennelést követően, az elkészült pontfelhőben külön kellett kijelölni a távolabbi pilon helyét szektor észlelésre, majd azt Extended módban (é.: 340 m) megszkennelni azt.

Hasznos lehet a szektor észlelés továbbá minden olyan terepi részletre, pontjelre, amiről feltételezhető, hogy szükség lehet rá az illesztési, feldolgozási fázisokban, pl. az alapértelmezettől eltérő felbontásban.

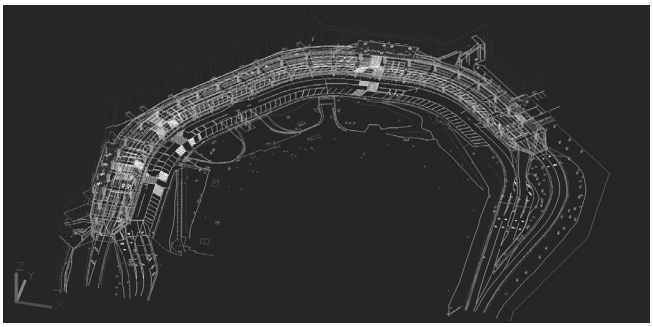
Az 504.Térszkennelési és BIM Szakosztály szinte kivétel nélkül georeferált eredményterméket állít elő, így a relatív illesztések mellett szükség van pontfelhők abszolút regisztrációjára is. Ezért a Csapat tevékenysége és kompetenciája az alapponthálózatok kialakításától és sűrítéstől az illesztőpont méréseken és 3D szkennelésen át, a feldolgozásig és kiértékelésig teljes egészében lefedik a terepi és irodai munkafolyamatokat.



2. ábra Erőmű épület metszet pontfelhőben



3. ábra Liszt Ferenc Repülőtér terminál körhídja pontfelhőben



4. ábra Pontfelhőből vektorizált tervezési alaptérkép, bővített tartalommal

5. ábra Pontfelhőből készített 3D épületmodell

Az eredménytermék – noha nem példanélküli – szinte sohasem csak a tisztított 3D pontfelhő. A legtöbb esetben 3D vektorizálással réteghelyes tervezési alaptérkép kerül kiértékelésre belőle. Az alaptérképi tartalmon túl természetesen számos egyéb információ is digitalizálható még a pontfelhőből.

A Szakosztály legutóbbi nagy projektje a Liszt Ferenc Repülőtér terminál körhídjának szkennelése és kiértékelése volt. A megszokott térképi tartalom mellett vektorizálásra kerültek a hídszerkezet hossz- és keresztgerendái, a pillérek és kelyhek közötti csúszó saruk. Sőt, a pontfelhőből az UVATERV Zrt. Hídigazgatóságának tervezői a híd repedéseiről, azok hosszáról, mélységéről is képet kaphattak. Átadásra kerültek továbbá keresztszelvények, illetve a híd síkba fejtett hossz-szelvénye is.

A 3D vektorrajzok mellett pontfelhőből származó eredménytermék továbbá a terepi objektumokat legjobban leíró, a pontfelhőből generálható térháló (mesh), avagy felületmodell is. Ezt a Szakosztály csakúgy, mint a pontfelhőre illesztett, helyettesítő térelemekből előállított 3D modellt is képes szállítani.

Felhasznált irodalom

Stenzel S. (2022): Műszerismertetés – A Trimble TX8 3D-szkenner. Geodézia és Kartográfia Magazin 2022/4 (74.vf.), pp. 42–45.

A pénzügyi kockázat topográfiája: A térinformatika döntéstámogatási funkciójának megjelenése a pénzügyi világban

Szabó György[1,2]

[1] egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék, szabo.gyorgy@emk.bme.hu
[2] főtitkár, Magyar Térinformatikai Társaság (HUNAGI), szabo.gyorgy@hunagi.hu

Abstract: Human civilization, has mostly focused on addressing the factors that threaten its values, rather than reducing the risk of an unwanted phenomenon, managing it, or increasing the resilience of the given organization. The fuel of economic development is money, so the behaviour of the financial system fundamentally affects the development priorities of civilizations, their resource management. In recent years, the financial system of national economies has been faced with the fact that global climate change and local degradation of the human environment, biodiversity, pose a significant risk to the economy and the financial sector. Economic and financial organizations, realizing the amazing costs of retrofitting, try to avoid, manage and prevent the risk of environmental change. Financial regulators have recognized their responsibility for biodiversity, but in the absence of indicators that reliably measure the risk of financial decisions, they are groping in the dark. The present publication highlights the possibilities and uncertainties of the biodiversity degradation of interventions and the quantification of economic and financial risks related to biodiversity in the field of geospatial and earth observation applications related to the ecological and financial risks of environmental interventions.

Bevezetés

Az emberi civilizáció emberöltőkön keresztül többnyire az értékeit veszélyeztető tényezők kezelésére koncentrált a nem kívánt jelenség kockázatának csökkentése, menedzselése vagy az adott szerveződés ellenállóképességének növelése helyett. A probléma explicit megjelenése, elfajulása beindítja a társadalmon tűzoltó jellegű védekezési reflexeit, minek következtébe a szakemberek tudásuk legjavát adva, erőforrásokat nem kímélve nekilátnak a probléma kezelésének. Az elmúlt évszázadok robbanásszerű népességnövekedése, gazdasági fejlődése, a modern társadalom által igényelt infrastruktúra rendszerek, a növekedés szentsége csapda jelleggel magában hordozza a természeti, környezeti erőforrások túlfogyasztását. A gazdasági fejlődés hajtóanyaga a pénz, így a pénzügyi rendszer viselkedése alapvetően befolyásolja a civilizációk fejlesztési prioritásait, erőforrásgazdálkodását. Az utóbbi években a nemzetgazdaságok pénzügyi rendszere szembesült azzal a ténnyel, hogy a globális klímaváltozás és az emberi környezet, a biodiverzitás lokális degradálódása jelentős kockázatot jelent a gazdaságra és a pénzügyi szektorra. A gazdasági, pénzügyi szervezetek felismerve az utólagos kárenyhítés elképesztő költségeit, megkísérlik elkerülni, kezelni, megelőzni a környezetváltozás kockázatát.

A pénzügyi szabályozó hatóságok felismerték a biodoverzitással kapcsolatos felelősségüket, de a pénzügyi döntések kockázatát megbízhatóan mérő indikátorok hiányában a sötétben tapogatóznak. Jelen publikáció a környezeti beavatkozások ökológiai és pénzügyi kockázatával kapcsolatos térinformatikai, földmegfigyelési alkalmazások területén villantja fel a beavatkozások biodiverzitási degradációja és a biodiverzitással kapcsolatos gazdasági, pénzügyi kockázatok kvantifikálásának lehetőségeit, bizonytalanságait.

A fejlődés és fenntarthatóság csapdájában: diagnózis

Az emberi civilizáció működésében alapvető változásokat indított el a pénz megjelenése. A pénz fogalma, és megjelenési formája napjainkig jelentős fejlődésen ment keresztül, de igazán nagy gazdasági, társadalmi hatásokat a hitelezés megjelenése indított el. A pénzügyi világ legnagyobb rizikójú tevékenysége a hitelezés, melynek kockázata csak a hitelbiztosíték rendszerének kiépítésével csökkenthető. Az állami garanciavállalással hitelesített telekkönyvi rendszerek fejlesztésnél a tulajdonjog szavatolása mellet a jelzáloghitelezés hitelbiztosíték rendszerének fejlődése volt az alapvető hajtóerő. A mezőgazdasági termelés iparosodása és az ipari fejlődés hitelekkel történő támogatása új kihívást jelentett. Gróf Széchenyi István felismerve a hitelezés nemzetgazdasági jelentőséget Hitel című művében kemény kritikával illette az elmaradott hazai viszonyokat, hiányolva a körülmények ismeretére épülő döntéstámogatást *„Mit kell tenni, s min kell kezdeni?”* teszi fel az alapkérdést:

„Meg kell ismérni, ezen tudomány, melynek eddig neve sincs, gyermekkorában van még; de nem ellenkezik ítélőtehetségünkkel annak valaha, most tán még nem is gyanított csudálatos kifejlendhetése. Újabb időkben e nevetlen tudomány, melynek létét sok ember nem is sejdíti, ámbár maga is józanul kombinál egyet s mást előre – mint egykor a legbölcsebb se képzelé, hogy a Föld kerek, s maga tengelye körül forog, noha rajta volt – oly előmeneteleket tőn, hogy annak utóbbi még nagyobb haladásán nem is kételkedhetni, mert mi áll mozdulatlan a világon? S éppen úgy, mint a földmérés s csillagászat csak lassan-lassan fejlődtek ki mostani tökéletesb létekre, de ma már száraz és csalhatatlan számolás s mechanikai szerszámok által folytattatnak: úgy a földművelés, gazdaság, kereskedés, pénz dolga, nemzeti gyarapodás is sat. csak lassan bontakoztak ki, de már valamely bizonyos elvekre – princípiumokra – állíttattak, s ma tapasztalás s hasonlítás által felvilágosított tudományok segítségével jóformán s elég bizonyosan tudjuk előre mondani: mily következést szül p. o. a legelők felosztása, papirospénz, bank, jutalmak sat. S mi ebben szerencsénkre Smithnél, Youngnál, Pittnél, Baringnél későbbek vagyunk, mint Herschel is csak Kopernikus s Galilei fáradozásin emelheté vizsgálatit s tudományit oly magasra. Mi mások utánzásában minden veszélytűl mentek vagyunk, mert hatalmunkban áll mások századi tapasztalásit sajátinkká tenni.

Ehhez, mint már mondám s még százszor mondani szeretném, szükséges helyezetünk s körülményink tökéletes ismérete, tudomány mind hazánkrúl, mind

külföldről, s végre a józan összehasonlításból szerkesztetett szisztémák életbe hozása." (Széchenyi 1830)

Széchenyi meglepő éleslátással fogalmazta meg az igényt egy előre jelző tudományra, melynek technikai lehetőségei csak a közelmúltban jelentek meg az információ technológia, távérzékelés, földmegfigyelés metszetében Al Gore „Digitális Föld" víziójának realizálásával.

Emberöltőkön keresztül az emberiség abban a naiv hitben élt, hogy minden hitelekkel megtámogatott fejlesztés fejlődést jelent és értéket produkál, amit a GDP mér. A Fugger Bankház a XV. században már szélesebb körben alkalmazott kettős könyvelés eszköz, forrás számlaosztályát kibővítette egy az ellenőrzést, revizori tevekénységet támogató harmadik pillérrel (Ogger 2009). A kettős könyvelés számviteli alapelve a gazdasági élet minden területén általánossá vált, de a gazdasági fejlődés, befektetések esetében többnyire megelégszünk a nemzeti összermékre, a GDP-re gyakorolt pozitív hatás nominális számbavételével, megfeledkezve a napi könyvelés nyelvére nehezen leképezhető kockázatokról, közép, hosszú távú direkt és externális költségekről, beruházásainkkal létrehozva egy nem fenntartható, csapda helyzetet. Az erőforrások túlhasználásának problémája már 1958-ban megfogalmazásra került a „közlegelők tragédiája" játékelméleti modellben (Hardin 1968). A leírásra került fenntarthatósági probléma a közgondolkodásba a Római Klub jelentésével került be (Meadows 1972), elindítva egy végeláthatatlan polémiát a fentarthatóságról, a növekedés határairól. A fenntartható fejlődés fogalmát 1987-ben az ENSZ Környezet és Fejlődés Világbizottsága határozta meg. „A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit, anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket". Az éghajlatváltozással kapcsolatos kockázatokat vizsgáló Stern jelentés megállapítja: „Az éghajlatváltozás egy egyedülálló kihívást jelent a közgazdaságtannak: ez a valaha létezett legnagyobb és a legkiterjedtebb piaci kudarc."(Stern 2006).

Az elmúlt évszázadban a Föld népessége megnégyszereződött, napjaikban éri el a 8 milliárd főt, a gazdaság anyagfelhasználása nyolcszorosára, a világgazdasági összermék huszonnégyszeresére nőtt. A Föld gazdasága napjainkban 1,6 bolygónyi erőforrást igényelne szükségletei kielégítésére, jelentősen lerontva a jövő generációk életesélyeit (Gyulai et al. 2015).

A földmérés, térinformatikai megjelenése a hitelkockázat csökkentésében

A föld, mint termelőeszköz már a legrégibb időkben is fontos szerepet töltött be a gazdasági és társadalmi életben. A XV. századi középkori városokban merült fel először annak a szükségessége, hogy a legfontosabb vagyontárgyak az ingatlanok tulajdoni viszonyait megbízhatóan nyilvántartsák. Az ingatlanokat a bíró és az esküdtek jelenlétében lehetett elidegeníteni. A tulajdonlás tényét erre a célra rendszeresített hiteles nyilvántartásokba vezették be. Ingatlanoknak nagy értékű, sajátos jellemzőkkel rendelkező tulajdoni tárgyak, amelyek egyik helyről a másikra egyáltalán nem, vagy

csak állaguk lényeges sérelmével helyezhetők át, birtoklásuk fizikailag helyhez kötött (Varga 2009). A XV. században a bankok megélénkült hitelezési kockázatuk csökkentésére bevezették az ingatlanok jelzálogjoggal való terhelését és az ingatlan elzálogosítását hiteles jelzálogkönyvbe történő bejegyzését, jelentősen csökkentve a hitelezés kockázatát és elindítva a telekkönyvi nyilvántartás fejlődését. Tanulságos példával ismertetett meg bennünket a Műegyetem egykori tanára Forrai József, aki az Izraeli Állami Földmérés szakmai vezetőjeként szembesült a hitelbiztosítékok jelentőségével. A Szovjetunió szétesése után a volt szocialista országokból jelentősen bevándorló tömegek érkeztek Izraelbe, akik a szocialista rendszer szabályainak kijátszásában szerzett rutinjukat az izraeli kereskedelmi bankok csalárd eszközökkel történő megkopasztására hasznosították. Az állam vezetése még idejében feleszmélt és utasította a földmérés szervezetét egy XXI. századi, ingatlan alapú hitelbiztosíték rendszer kiépítésére, létrehozva Izrael állam modern 3D kataszterét (Forrai et al. 1998).

Gazdaság, pénz, hitelezés: a pénzügyi rendszer szerepe és felelőssége a gazdaság és a háztartások működésében

Hardin már 1968-ban „A közlegelők tragédiája" című írásában a fegyverkezési verseny példáján növekvő katonai hatalom és a folyamatosan csökkenő biztonság ellentétét felhasználva felhívta a figyelmet egy alapvető dilemmára: hétköznapi életünkben számos olyan csapdahelyzettel találkozunk melynek nincs technikai megoldása. A technikai megoldást úgy határozta meg, mint amely megoldás csak a tudományos módszerek technikáinak megváltoztatását igénylik, de az emberi értékek vagy erkölcsök vonatkozásában nem lép fel a változások igényével (Hardin 1968). Meglátása szerint korunk alapproblémája a népességrobbanás, amely a fentiekhez hasonlóan nem rendelkezik technikai megoldással, mivel az emberiség rendelkezésére álló élettér és erőforrásmennyiség korlátos. A gazdasági fejlődés mindenható elve arra kényszeríti a társadalmi szereplőket, hogy saját növekedésük érdekében a közös erőforrásokat túlfogyasszák, dezertáljanak az archaikus társadalmak méltányos, fenntartható fogyasztást alapelvnek tekintő szentségétől. A közösség nyereségmaximalizálásra törekvő racionális logikája törvényszerűen tragédiát generál (Lorenz 2002). A civilizáció „hatékony" működése következtében megjelenő szennyezés kezelésének és az erőforrások méltányos használatának törvényekkel való korlátozása elvileg járható út, de a túlhasználatot, túlfogyasztást korlátok közé szorító mértékletesség kikényszerítése jogi, technikai eszközökkel nem egyszerű. A kapitalista fejlődés a gazdasági rendszeren belül a magántulajdonból származó haszonra helyezi a hangsúlyt a társadalom örökségét képező természeti tőkével, közjavakkal szemben. Mivel a biodiverzitás gazdasági értékét megállapítani nem egyszerű, eladni nem lehet, így úgy tekintik, mint valamit, aminek nincs ára tehát értéktelen. Napjaink alapvető kihívása olyan indikátor mechanizmusok kidolgozása, melyek hitelesen jelzik tevékenységünk jelenlegi, jövőbeni hatásait, kockázatát.

A gazdasági fejlődés üzemanyagát biztosító pénzügyi világ szembesülve a hitelezéssel serkentett növekedés csapda jellegével, megfogalmazta igényét a természeti tőke számbavételét, a természeti környezet ökológia értékének meghatározását, az élővilág genetikai örökségét tudományosan igazolt eljárásokkal jellemezni képes indikátorokra és a jelenségek változását hatékonyan követni képes eljárásokra. Az életfeltételeink meghatározó részét biztosító fajok értékét felismerte az emberiség, az élővilág genetikai öröksége a legjelentősebb társadalmi vagyonunk, amely számos gyakorlati célt szolgál. Hozzájárul a klímaváltozáshoz alkalmazkodni képes új mezőgazdasági kultúrák elterjesztéséhez, az élelmiszerbiztonság növeléséhez, az orvostudomány, gyógyszerészet számára alapanyagok ezreit biztosítják. Ezek ugyan fontos szempontok, de csak igen korlátozottan tudják fékezni a természeti környezet mezőgazdasági hasznosítására, urbanizációjára nehezedő nyomást (Myers 1982). Napjainkban robbanásszerű civilizációs fejlődésének következtében a hiány kivételével szinte minden fogyóban van, a technológiai fejlődés pedig egyre újabb nyersanyagokat igényel támaszkodva genetikai örökségünkre (lásd. gumiipar, bio-üzemanyagok).

Az ökológia, környezettudomány, urbanisztika szakterületeken kidolgozott monitoring eljárások térinformatikai módszertani keretek közötti történő integrációja lehetőséget biztosít az ökoszisztéma állapotát leíró indikátorokból a társadalom és a pénzügyi világ számára jelentéssel bíró szolgáltatási értékek előállítása (Rahman – Szabó 2021, 2022).

Napjaink turbulens világgazdasági viszonyai, az időjárási szélsőségek fokozódása, az energiatermelés és felhasználás szélsőségei fokozzák a pénzügyi világ érzékenységét. A hitelezés folyamatában a hagyományos hitelbiztosítéki funkciók mellett egyre nagyobb szerepe van a hitelkihelyezés következtében létrejövő beruházás megtérülési és környezeti fenntarthatósági jellemzőinek. A gazdasági bizonytalanságok fokozódása, a geopolitikai kockázatok növekedése előtérbe helyezi a hitelminősítés, kockázatkezelés, hitelmonitoring rendszerekkel kapcsolatos követelmények növelését. A fenntarthatóság eszméjének, zöld transzformációnak, az új normalitásnak a megújuló közgazdasági, pénzügyi gondolkodásba történő bevezetésre a nemzetközi és hazai pénzügyi szabályozás világában hosszabb ideje történnek törekvések ("Recovery plan for Europe" 2020; Virág 2019). A világgazdaság jelenlegi prosperitásának egyre súlyosabb ára van, minden szereplő kell, hogy szembesüljön a ténnyel, hogy a második világháborút követő időszak fejlődésének az lett az ára, hogy Földünk már nem képes a civilizáció környezetterhelésnek korrekciójára, a növekedés korábbi formája már rövidebb távon sem fenntartható. Egyre inkább teret nyer a DNSH gazdaságfejlesztési elv (DNSH – do not significant harm), a CO_2 kibocsájtás és az egyes tevékenységek ökológiai lábnyomának csökkentése.

A társadalmilag és környezetileg is hasznos pénzügyi szemlélet (ESG – Environmental, Social, Govenrnance) a tradicionális pénzügyi menedzselési, elemzési elveken túlmutató tényezők figyelembevételét jelenti a befektetések megvalósításánál

és pénzügyi finanszírozásánál előtérbe helyezve a környezeti fenntarthatóságot objektív indikátorok formájában leképező kockázatelemzést. A kereskedelmi bankok tevékenységénél a gazdasági szereplők ESG besorolása az adott ágazaton belüli környezettudatosságuk alapján rangsorolónak alapanyagforrásuk, tevékenységük, értékesítési folyamataik, környezet terhelése, termékeik újrahasznosíthatósága alapján. Az ESG indikátorok és minősítés elfogadottságát nagymértékben korlátozza az indikátorok és módszertanok jelentős száma, heterogenitása, az ahány ház, annyi szokás megközelítés. Az Economics elemzése arra a következtetésre jutott, hogy a mintegy 35 milláród USD befektetést felvevő ESG piac szereplői PR fogásként, „Green Washing" jelleggel öltik magukra a zöld jelmezt, elbújva a nehezen vagy szinte nem mérhető indikátorok mögé. AZ ESG piacot áttekintő Global Sustainable Investment Aliance megkérdőjelezi az auditáló szervezetek objektivitását, akik több mint 700 különböző indikátort alkalmaznak 64 kategóriában, melyek közül csak 10 a közös, de nincs közöttük a melegházhatású gázkibocsájtás (ESG 2022).

Az elemzés tömör következtetése: mérj kevesebbet, de pontosabban „Measure less, but better". A biodiverzitás monitoring pénzügyi rendszerekbe történő integrációja szükségessé teszi a biodiverzitási változók standardizált definíciójának, gazdaságos, hatékony, validált reprodukciójának előállítását biztosító módszertan kidolgozását.

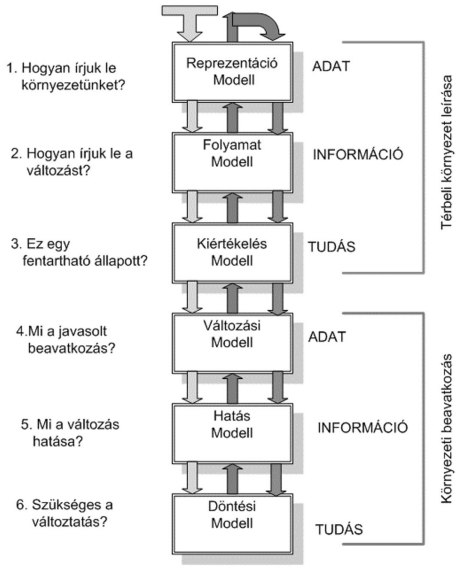
A biodiverzitás helyzetének, állapotának jellemzésére a „Mit, hol, mikor, milyen gyakran, hogyan, mérjünk?" kérdések megválaszolása nem egyszerű feladat:

- A legtöbb szakmai műhely a nagy szaktudást igénylő, idő- és költségigényes in-situ mérések és a távérzékelési módszerekkel történő kiterjesztésében, integrációjában látja a kivezető utat.
- A pénzügyi világban új a hagyományos statisztikai elemzésekkel szemben új megközelítést igényel a területiség kezelése, a természeti környezet, gazdaság, társadalom, népesség demográfiai helyzete közötti kölcsönhatások megértése, algoritmizálása, kezelése.
- Kinek a szempontjai érvényesülnek a biodiverzitás definíciójában?: környezeti fenntarthatósági diverzitás, agro biodiverzitás, biológiai diverzitás, faj diverzitás, fajon belüli diverzitás. Az alapvető, szélesebb szakmai konszenzussal elfogadott indikátorok száma is jelentős (EBVs – Essential Biodiversity Variables)
- Hogyan vezetjük le a regisztrált index változókból a jelentéssel bíró indikátorokat: pl. ökológiai szolgáltatás érték ESV, természeti erőforrás-, szabályozó-, támogató-, kulturális, rekreációs szolgáltatás
- Milyen biodiverzitási jellemző érdekelhet bennünket?:
    - » Funkció: hasznosság: fotoszintézis, biomassza, szén megkötés, tápanyag megkötés, talajképződés
    - » Struktúra: 2D,3D felszín borítottság, területhasználat, heterogenitás, fragmentáltság
    - » Kompozíció: faj diverzitás, életközösség térbeli, időbeli dinamikája

- Ok-okozati viszonyok, hatásmodell: klíma változás, felszínborítottsági változás, víz körforgás dinamikája, ENSZ fenntartható fejlesztési célok (UN SDGs) figyelembe vétele.

Döntéstámogatás integrációja a környezeti beavatkozások modellezési folyamatába

A természeti környezetre legnagyobb hatást gyakorló környezeti beavatkozások finanszírozóiként a pénzügyi rendszer meghatározó szabályozó szerepet tölthet be a fenntartható gazdaságfejlődés támogatásával. A civilizáció növekvő területfelhasználása, környezeti terhelése olyan exponenciális jellegű változásokat indítanak el, melyek a szokványos módszerekkel prognosztizált következményeknél jelentősen nagyobb károkozással járnak. A pénzintézetek és a gazdasági élet szereplő széleskörűen elfogadott, tudományosan megalapozott indikátorok, minősítési rendszer és az egyes beavatkozások kockázatát valószínűsítő eljárások hiányában legjobb törekvéseik ellenére sem képesek választ adni az új kihívásokra. A befektetői döntések környezeti kockázatának értékelése egy olyan dinamikus környezetei modell létrehozását igényli, amelyben az aktuális állapot és a megvalósítandó állapot viszonyait a kívánt célnak megfelelő minőségű, kiterjedésű, részletességű, ismételten gazdaságosan előállítható adatkör és a természeti környezet, gazdaság, társadalom, népesség összetett viszonyait és a befektetések közép, hosszú távú környezeti, pénzügyi kockázatát kezelő modellezési módszertan is kifejlesztésre kerül. A Carl Steinitz által kidolgozott GeoDesign modell folyamatában kezeli a térbeli környezet leírását és környezeti beavatkozás tervezését magába foglalva a reprezentáció, folyamat, kiértékelés, változás, hatás, döntés alrendszereit (*1. ábra*)(STEINITZ 2012).



1. ábra Carl Steinitz GeoDesign modellje

Az elmúlt évtizedekben számos hazai és nemzetközi kutatás, projekt (Corine, MÉTA, NÖSZTÉP, EuMon) járta körbe a területfelhasználás, felszínborítottság, élőhelytérképezés, biodiverzitás térképezés témakörét, de üzleti, döntéstámogatási célú integráció hiányában a pénzügyi, gazdálkodó szervezetek számára alkalmazható megoldást nem eredményeztek. Az üzleti világ igényeit lefedő döntéstámogatási megoldás csak az épített környezet alakításában, a természeti környezet megóvásában, a gazdaság finanszírozásában érdekeltek teljes körének bevonásával, a szakterületek közötti átjárást biztosító reprezentáció, folyamat integráció és közös nyelv kialakításával születhet meg.

Források

ESG (2022): Three letters that won't save the planet | Jul 23rd 2022 [WWW Document]. The Economist.

Forrai J. – Raizman Y. – Gavish J. (1998): The National GIS in Israel. Presented at the GISopen'98.

Gyulai I. – Fridrich R. – Éger Á. (2015): Pénz és fenntartható fejlődés.

Hardin, G. (1968): The Tragedy of the Commons. Science, New Series 162,

Lengyel, S. – Déri, E. – Varga, Z. – Horváth, R. – Tóthmérész, B. – Henry, P.-Y. – Kobler, A. – Kutnar, L. – Babij, V. – Seliškar, A. – Christia, C. – Papastergiadou, E. – Gruber, B. – Henle, K (2008): Habitat monitoring in Europe: a description of current practices. Biodivers Conserv 17, 3327–3339.

Lorenz K. (2002): A civilizált emberiség nyolc halálos bűne. Cartaphilus Kiadó.

Meadows, D.H. (Ed.) (1972): The Limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. Universe Books, New York.

Myers, N. (1982): A süllyedő bárka. Natura.

Ogger, G. (2009): A Fuggerek – császári és királyi bankárok. KELLY KIADÓ KFT.

Rahman, Md. – Szabó, G (2021): Impact of Land Use and Land Cover Changes on Urban Ecosystem Service Value in Dhaka, Bangladesh. Land 10, 793. https://doi.org/10.3390/land10080793

Rahman, Md.M. – Szabó, G (2022): A Novel Composite Index to Measure Environmental Benefits in Urban Land Use Optimization Problems. IJGI 11, 220. https://doi.org/10.3390/ijgi11040220

Recovery plan for Europe [WWW Document] (2020): European Commission - European Commission. URL https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_en (accessed 9.14.22).

Steinitz, C. (2012): A framework for geodesign: changing geography by design. ESRI Press, Redlands, Calif.

Stern, N. (2006): Stern jelentés – Az Éghajlatváltozás Közgazdaságtana.

Széchenyi, I. (1830): Hitel. Trattner és Károlyi.

Varga, J. (2009): Magyar ingatlan-nyilvántartás. BME Jegyzet.

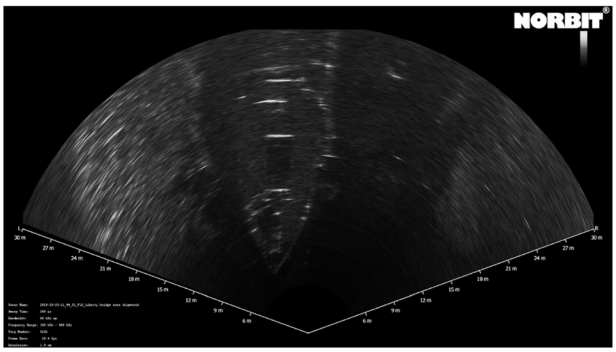
Virág, B. (2019): A jövő fenntartható közgazdaságtana. Magyar Nemzeti Bank.

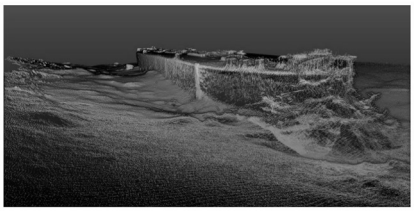
Multibeam szonárok belvízi alkalmazási lehetőségei

Szentpéteri László[1] – Bajdik János[2]

[1] Regional Sales Manager EMEA, NORBIT Connect, Laszlo.Szentpeteri@norbit.com
[2] VNV and Application Specialist, NORBIT Subsea, Janos.Bajdik@norbit.com

Absztrakt: A trondheimi (Norvégia) NORBIT Group SUBSEA részlege (https://norbit.com/subsea/) immár másfél évtizede fejleszt piacvezető többsugara ultrahangos mélységmérő rendszereket (multibeam echosounder systems, MBES). Különböző okok miatt úgy alakult, hogy ma a norvég csapat az alapvető kutatás-fejlesztéssel, a hardver tervezéssel, a tengeri/mélyvízi tesztelésekkel, és a gyártással foglalkozik. Ugyanakkor már több éve Budapesten működik az a csapat (NORBIT Hungary Kft., 1095-Budapest, Tinódi u. 1–3., "C" lh., 4. em.) amely szoftver fejlesztéseket, a PCB tervezések egy részét, – valamint az édes/belvízi teszteléseket végzi. Ennek köszönhetően elsőkézből tudjuk bemutatni azokat a lehetőségeket, – melyeket a különböző MBES rendszerek biztosíthatnak a tavakban és folyókon dolgozó hidrológusoknak, hidrográfusoknak, környezet- és természetvédelmi szakembereknek, illetve a hídépítési szakembereknek.





Localization Behaviour of the THz Radio Communication Based on Unsupervised Machine Learning

Djamila Talbi[1] – Zoltán Gál[2]

[1] Ph.D. Student, University of Debrecen (Doctoral School of Informatics), talbi.djamila@inf.unideb.hu
[2] Ph.D., University of Debrecen (Faulty of Informatics), Gal.Zoltan@inf.unideb.hu

Abstract: Machine learning became useful tool not just in the engineering applications but in the geo-localization fields, as well. In this paper we analyzed Terabit/sec bandwidth wireless technology using specific ns-3 simulation tool. Different simulation cases were generated with parameters like population density, topology types and overlapping ratio between consecutive radio sectors around the unique base station. DBScan, unsupervised learning method was used to determine number of classes of the sector efficiency features. The optimization method takes in consideration the number of outliers and the minimum number of elements in each radio sector. Important findings were made concerning the optimum working point of the synthetic data set collected from the simulation cases.

Introduction

Moving toward a new wireless communication Beyond 5G (B5G) or 6G, will provide us the wireless connectivity with Terabit per-second (Tbps) data rate, that will support more smart services, increases the number of mobile users and it also focuses on reaching ultra-high security, ultra-low latency, high reliability and high energy efficiency (Taleb et al. 2020). Machine Learning (ML) promises the next generation with incredible facilities including the self-driving vehicles, voice assistants and managing a huge amount of stored data that might be unutilized yet (Ali et al. 2020).

The integration of the THz communication with the next generation 6G along with the Geolocation techniques is recently a new topic, where this combination will provide a ubiquitous connectivity and low latency in a three-dimensional (3D) network coverage (Chen et al. 2021). The use of the localization along with the high-speed communication will enhance in the efficiency of the THz communication, the high precision of the localization, and it also improves the collection of the high-resolution images of the environment (Sarieddeen et al. 2020) which will bring a considerable achievement to the B5G and 6G wireless services.

In the second chapter, we mention some of the papers that are related to this work. Third chapter explains the features of the THz radio communications having in focus localization possibilities of the high frequency technology. Chapter number four analyses the behavior of the THz radio communication sectors. The fifth chapter concludes and summarizes the results.

Related work

The Terahertz communication will play a huge role being one of the most important keys to enable the 6G especially from the localization aspect. This aspect was clearly highlighted by Chen et al. (2021), where the authors compared between the 5G mmWaves localization system and the beyond 5G THz localization system. They found that the performance of the THz communication provides better localization, and moreover development are required in the future works to improve the efficiency and the accuracy of the THz localization system. Similarly done by Sarieddeen et al. (2020), it was mentioned that the THz will benefit the next generation in the sensing, imaging and the localization, beside the use of Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) techniques and the Multidimensional Scaling (MDS) data visualization technique along with the THz localization system.

For achieving a high precision range measurement, it was proposed by Parker et al. (2016) to use the THz frequencies in the GPS-like, where they explained in their paper the capabilities of the use of this frequency band. Moving toward using the Machine Learning (ML) in the geolocation was applied by Arvinte et al. (2019), they applied the ML on the geolocation information to solve the beam management problem in the New Radio (NR) 5G.

Moreover, using the ML for the positioning in the 5G and 6G networks was also done by Mogyorósi et al. (2022). They conclude that it improves more the indoor and outdoor positioning techniques in the new cellular networks. Additionally, Xiao – Zeng (2022) noted that the location information will improve and benefit even more the next wireless technology from other aspects as well like the channel estimation, MAC, routing, beam alignment and the network optimization.

Features of the THz radio communication

For efficient analyzing of the 6G we used a special tool to simulate in the high frequency THz named TeraSim (Hossain et al. 2018), which propose a new Medium Access Control (MAC) mechanism that is compatible along with the new physical layer defined in IEEE 802.11.3d in the first standardization of the THZ band communication scheme. We used to provide example for the macroscale scenario, where the Base Station (BS) is placed in the center of the cell with radius $r = 18$ m. The Base Station turns into equally sized sectors sending and receiving data to reach the high frequency requirements where in our case we had number of sectors $n = 30$.

Different number of Mobile Terminals (MTs) are used in each state having low, medium and high population densities: $N \in \{60,120,240,480,960\}$ for all together 5 different densities of population. We added a new parameter to the MAC mechanism to make visible the radio channel property called overlapping ratio m where:

$$m = A_{i+1} / A_i \tag{1}$$

where A_i represents the area of the sector $i = 1,\ldots,N$, in our case $m \in \{0.1,0.3,0.5,0.7,0.9\}$. The number of simulation cases in this way were $M = 5*2*5 = 50$. *Fig. 1* and *Fig. 2* represent the spatial distribution of the collisions for both the centred (d1) and the uniform random (d2) distributions for high population density where the overlap ratio $m = 0.5$. The bubble radius size is proportional with the total number of the control frames sent by the Mobile Terminals, and the darkness level is a quantitative metric of the collision rate. Square marker means no collisions happened at the MT level.

Fig. 3 and *Fig. 4* show the relative dependence of the sector level and collision rate of MTs on the overlapping rate for the two possible topology types and four density values, respectively. There we can observe that as we increase the density, the collision rate becomes higher and higher. To compare the effect of population density, we normalized these curves. It is obvious that for very low population density no collision appears.

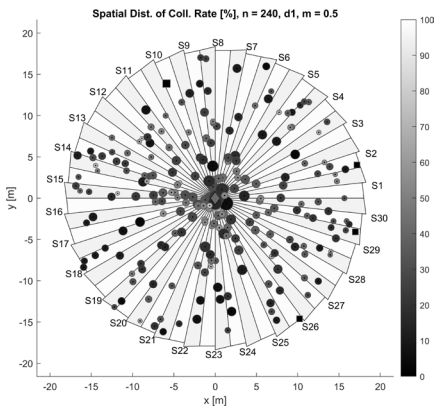


Fig. 1. Spatial distribution of the collision rate, medium congested case in centred topology (d1)

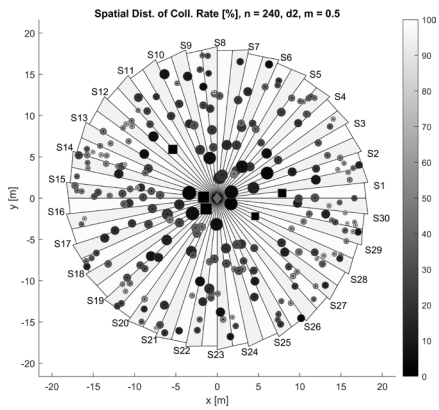


Fig. 2. Spatial distribution of the collision rate, medium congested case in uniform topology (d2)

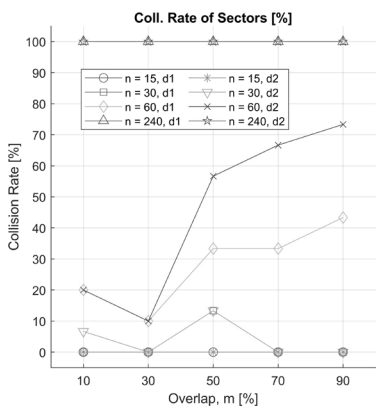


Fig. 3. Collision rate of sectors vs. overlapping between consecutive sectors

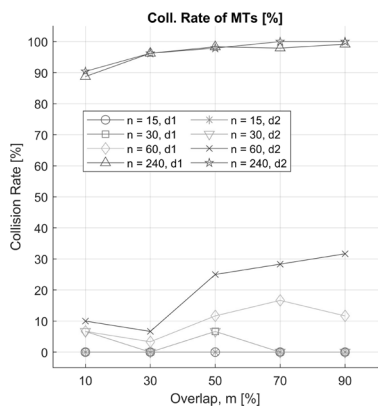


Fig. 4. Collision rate of mobile terminals vs. overlapping between consecutive sectors

Fig. 5 and *Fig. 6* are the histograms of the collided sector and the sector population, respectively. The range of the collided sectors intensity is [100, 500]. Sector populations have range in the interval [30, 80]. This difference between the ranges is caused by the activity of the MTs in the corresponding sectors.

The dependence of the angles of the colliding nodes and dependence of the colliding nodes are shown in *Fig. 7* and *Fig. 8*, respectively. One should observe that both distributions apparently are independent and identically distributed (i.i.d) in the 2D space. This property shows that the nodes have similar random activity in each sector.

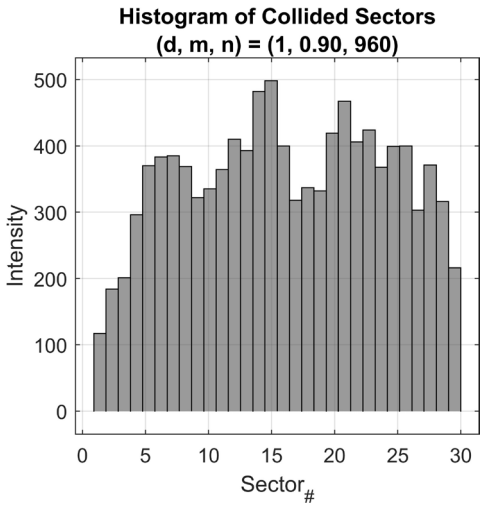


Fig. 5. Histogram of the collided sectors

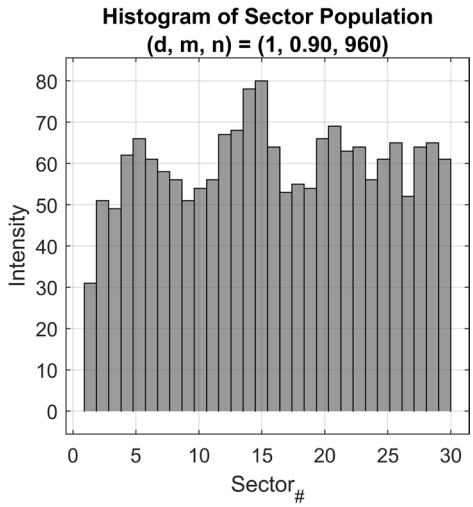


Fig. 6. Histogram of the sector population

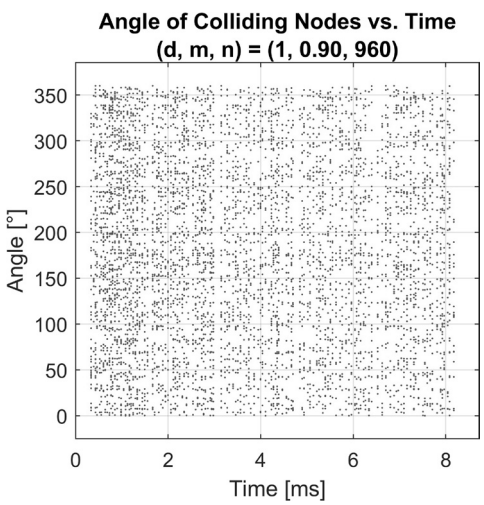


Fig. 7. Dependence of the angle of the colliding nodes on the time

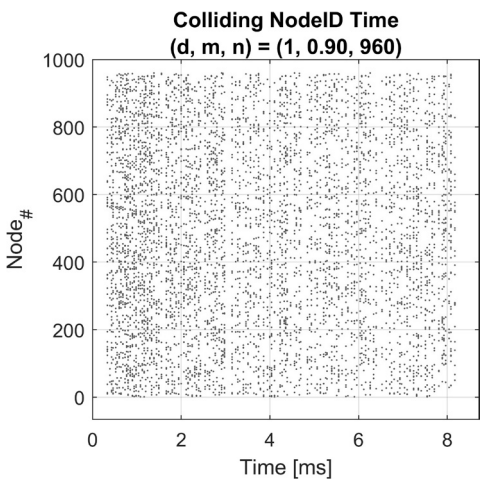


Fig. 8. Dependence of the nodes ID on the time

Behavior of the THz radio sectors

We searched for the dependency of the efficiency of the sector's vectors in 50 cases long to extract the feature of the THz radio channel. *Fig. 9* and *Fig. 10* present the efficiency vectors against the sectors and the rotations and the efficacy vectors vs. number of the cases, respectively.

Fig. 11 shows the dependence of the number of the clusters on the radius and the minimum number of the cluster elements using the DBScan clusterization method. DBScan algorithm is an unsupervised machine learning method with two parameters: radius of clusters and minimum required number of elements (e_{min}) in each cluster. The *Fig. 12* presents the same clusterization solution the dependence of the number of outliers on the radius and the minimum number of the cluster elements using the same clusterization method.

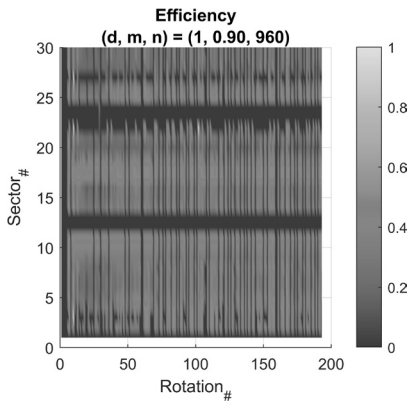


Fig. 9. Sectors efficiency vs. rotations

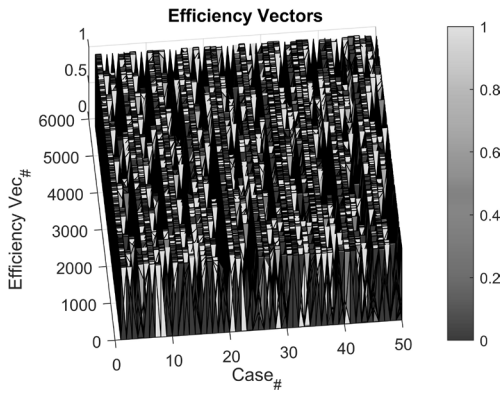


Fig. 10. Dependence of the efficiency vectors on the number of the cases

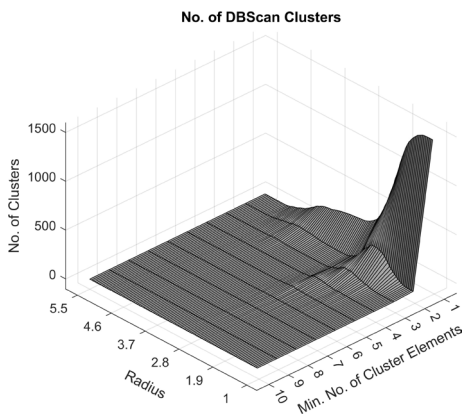


Fig. 11. Dependence of the number of the clusters on the radius and the number of cluster elements

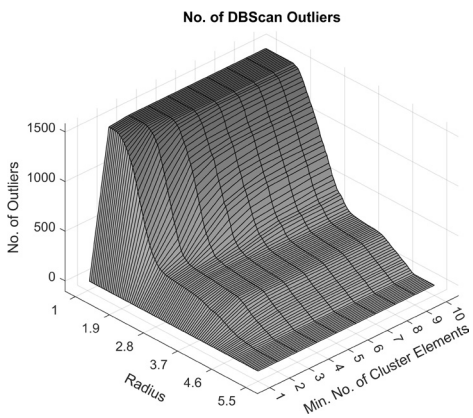


Fig. 12. Dependence of the number of outliers on the radius and the number of cluster elements

Fig. 13 represents the dependence of the number of clusters on the value of the cluster radius. Different curves belong to specific minimum number of elements in the cluster. All the efficiency vectors being outliers are enrolled into the cluster 0. *Fig. 14* shows the effect of the radius values of the clusters on the number of outliers. The higher is the radius the lower is the number of clusters and number of outliers. This sets task to find the working point dependent on the radius and minimum number of cluster elements conform.

To determine this working point *Fig. 15* shows the dependence of the outliers' number in function of the minimum number of cluster elements. It is obvious that if e_{min}=1, then we have each element in a separate cluster and the number of clusters becomes equal to the number of elements. This is the reason why the number of outliers is 0 for e_{min}=1 in *Fig. 15*.

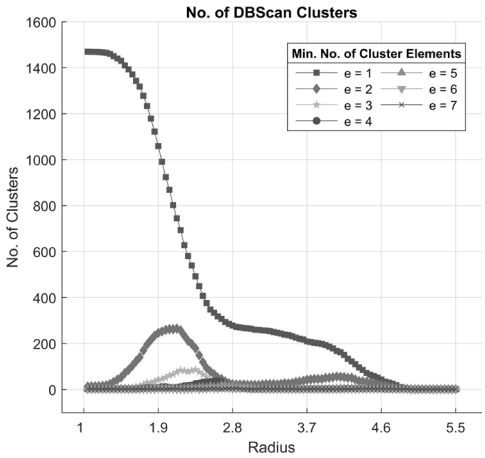


Fig. 13. Dependence of the number of DBScan clusters on the radius

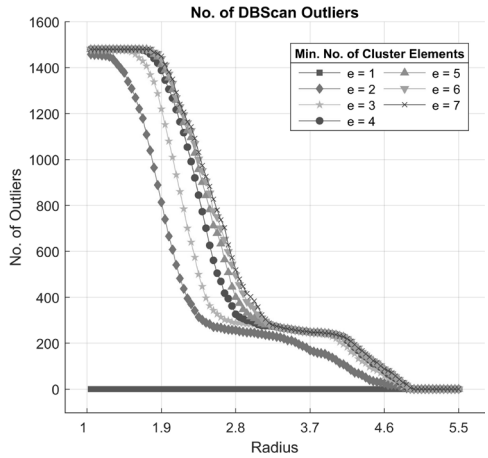


Fig. 14. Dependence of the number of DBScan outliers on the radius

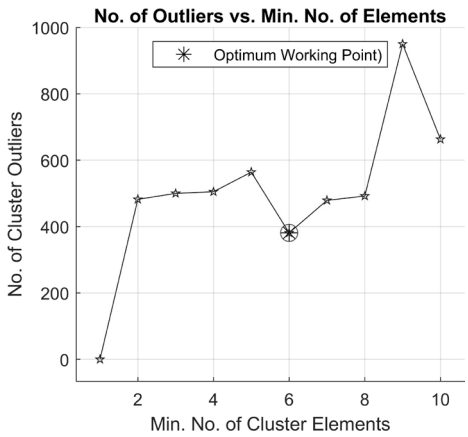


Fig. 15. Number of outliers vs. number of elements

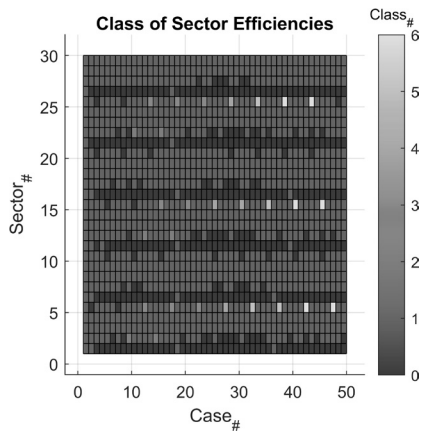


Fig. 16. the classes of sector efficiencies

It was found that the working point induces to have at least 6 elements in each cluster of sector efficiency vectors, because gives the absolute minimum of the curve for $e_{min}>1$ (see *Fig. 15*). In this case we found that the number of outliers is 383. *Fig. 16* plots the sector efficiency belongings to the number of 7 different classes $\{C_0,C_1,C_2,C_3,C_4,C_5,C_6\}$ determined.

Because the number of outliers is relatively high (383/1500 = 25.5 %) on the figure there are high number of low values. It is open question not answered yet why the sectors with identifiers $Sector_{ID} \in \{5,15,25\}$ and case identifiers are localized in the clusters having $Cluster_{ID} \in \{C_4,C_5,C_6\}$.

Conclusions

In this paper we presented a method of unsupervised machine learning based clusterization of the local properties of the Terahertz radio communication technology in M = 50 simulation cases. The 2D spatial localization is related to the 30 sectors around the Base Station. It was found that the optimum number of sector efficiency classes is 7. This optimum working point value was determined based on the DBScan clusterization algorithm. Open questions like unequal distribution of the number of sectors between the classes and applicability of labeling proposed in this work how can be used in the supervised machine learning, as well.

Acknowledgement

This work has been supported by 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

Ali, S. – Saad, W. – Steinbach, D. (2020): White Paper on Machine Learning in 6G Wireless Communication Networks. [White paper], 6G Research Visions, No.7.

Arvinte, M. – Tavares, M. – Samardzija, D. (2019): Beam Management in 5G NR using Geolocation Side Information, 1–6.

Chen, H. – Sarieddeen, H. – Ballal, T. – Wymeersch, H. – Alouini, M.-S. – Al-Naffouri, T. (2021): A Tutorial on Terahertz-Band Localization for 6G Communication Systems.

Hossain Z. – Xia Q. – Jornet J. M. (2018): TeraSim: An ns-3 extension to simulate Terahertz-band communication networks. Nano Communication Networks, 17, pp. 36–44.

Mogyorósi, F. – Revisnyei P. – Pašić A. – Papp Zs. – Törös I. – Varga P. – Pašić A. (2022): Positioning in 5G and 6G Networks – A Survey. Sensors, 22(13), 4757.

Parker, J.S. – Mickelson, P. – Yeak, J. et al. (2016): Exploiting the Terahertz Band for Radionavigation. J Infrared Milli Terahz Waves, 37, 1021–1042.

Sarieddeen, H. – Saeed N. – Al-Naffouri T. Y. – Alouini M.-S. (2020): Next Generation Terahertz Communications: A Rendezvous of Sensing, Imaging, and Localization. IEEE Communications Magazine, 58(5), pp. 69–75.

Taleb, T. – Aguiar, R. L. – Yahia, I. G. B. et al. (2020): White Paper on 6G Networking. [White paper], 6G Research Visions, 6.

Xiao, Z. – Zeng, Y. (2022): An overview on integrated localization and communication towards 6G. Sci. China Inf. Sci., 65, 131301.

A változó klíma hatására megváltozó hidrológiai rendszer modellezése a Berettyó vízgyűjtőjén

Tran Quang Hop[1],[2]*– Rakonczai János[1] – Pásztor Dávid[3] – Fehér Zsolt Zoltán[3]

[1] Szegedi Tudományegyetem, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék
[2] Országos Vízügyi Főigazgatóság, Vízgyűjtő-gazdálkodási Osztály
[3] Debreceni Egyetem, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet
* email: tran.quang.hop@ovf.hu

Absztrakt: A tanulmány a MIKE SHE modell alapján értékeli a Berettyó vízgyűjtő hazai területének hidrodinamikai viszonyait és törekszik rámutatni a feltételezett klímaváltozás jövőbeni hatásaira. Elemzéseink rámutatnak arra, hogy a különböző klímaváltozási szcenáriók esetén az egyes hidrodinamikai elemek milyen mértékben változnak. Végső következtetésünk alapján a vízgyűjtő vízgazdálkodási problémáinak megoldásának kulcsa a felszín alatti vízkészlet.

Bevezetés

Az 1980-as évek végétől kezdődően tudományos szintéren előbb a Duna-Tisza közén, majd egyre kiterjedtebben kezdtek foglalkozni a vízhiány tájra és a népességre gyakorolt hatásaival (gondoljunk csak Rónai, Major, Pálfai munkásságára), a megfogalmazott ajánlások és figyelmeztetések azonban mindeddig a nagy nemzeti beruházások szintjén nem igazán realizálódtak. A 2022-es év extrém száraz hidrometeorológiai adottságai a csökkenő nemzetgazdasági mutatók és a romló élelmiszer-biztonsági helyzet hosszú idő után végre-valahára megkerülhetetlen helyzetbe állították a kormányzati szerveket. A jó döntésekhez, az optimális vízkormányzáshoz szükséges adottságok megteremtéséhez ugyanakkor a változó hidrodinamikai és klimatológiai adottságok lehető legrészletesebb modelljeire van szükség.

Anyag és módszer

Vizsgálatunk tárgya a Berettyó-vízgyűjtő magyarországi területe (2 748,44 km^2). A vizsgált vízgyűjtő alacsonyabb részein inkább réti (37%) és szikes (21%), a magasabb részeken pedig leginkább váztalajok (25%) és csernozjom talajok (15%) találhatók. A Berettyó vízgyűjtőn a területhasználatban a szántó dominál (53%), 20%-a rét és legelő, 17%-a erdő. A Berettyó vízgyűjtő éghajlata mérsékelten meleg-száraz. Az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) adatbázisa szerint az évi középhőmérséklet 2000-től 2021-ig emelkedő tendenciát mutatott (a két szélsőség: 9,3 ºC és 12,6 ºC).

A tanulmányban felhasznált modul jelleggel felépülő DHI – MIKE hidrodinamikai modellező környezet (Tran et al. 2022) a víz felszíni és felszín alatti áramlásainak integrált megoldását kínálja, ezáltal kifinomult hidrológiai és hidrodinamikai elemzéseket tesz lehetővé. A rendelkezésre álló modell-komponensek közül a MIKE Hydro River és a MIKE SHE modelleket használtuk (Tran – Fehér 2022).

A szimulációt a 2018-as évben megfigyelt környezeti paraméterek alapján végeztük el. A 2018-as évre a következő okok miatt eset a választás:

1) A 2018-as év mérsékelten aszályos volt a területen. Tehát a 2018-as alap szimuláció tökéletesen alkalmas az érzékenységi vizsgálatokra és jövőbeli szcenárióelemzéseink során e szimuláció eredményei lesznek a referencia értékek.

2) A felszínborítási adatok a 2018-as Corine Land Cover-ből származnak;

3) A felszíni talaj jellemzők a MÁFI egyes talajtípusok térbeli (horizontális eloszlású) adataival, a felszín közeli 10 m-es összlet kőzetkifejlődés (vertikális eloszlású) térképének jelkulcsai segítségével és a RETC szoftverrel a telítetlen talaj hidraulikus tulajdonságainak, beleértve a retenciós görbe és a hidraulikus vezetőképesség paramétereinek adataival, illetve a Pásztor et al. (2020) kutatási eredményeikből a talaj tömörödésére vonatkozó adatokkal lettek előállítva;

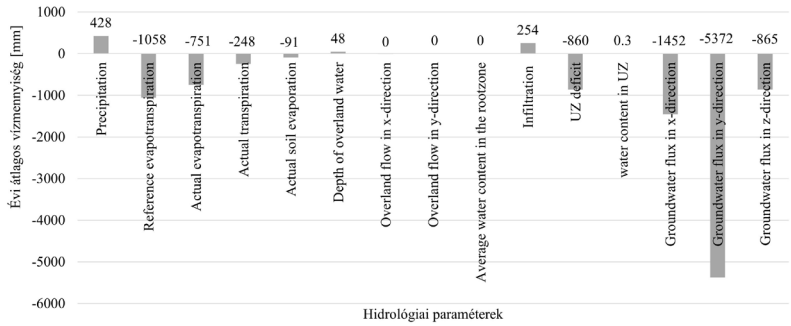
A fenti adatokon felül a szimuláció során az alábbi bemeneti adatokat használtuk fel:

- Berettyóújfalu, Debrecen, Nyírlugos, és Szeghalom meteorológiai állomásainak havi részletességű adatai (csapadék, hőmérséklet, szélsebesség, globális besugárzás, levegő páratartalma, légnyomás (OMSZ és OVF adatok). A Penman-Monteith megközelítéssel határoztuk meg az evapotranszspiráció értékét (Allen et al. 2018).
- A MODIS felvételek és a CORINE kategóriák alapján meghatároztuk a levélfelületi index értékét, amely a gyökérzóna mélységének és a növényzeti párologtatás meghatározásának alapját adta (Myneni et al. 2015).
- A Berettyó vízgyűjtő vízfolyásainak és csatornáinak nyomvonala (OTAB)
- Az 1:10 000-es topográfiai térképek szintvonalai alapján előállított 10 méteres felbontású domborzatmodell.

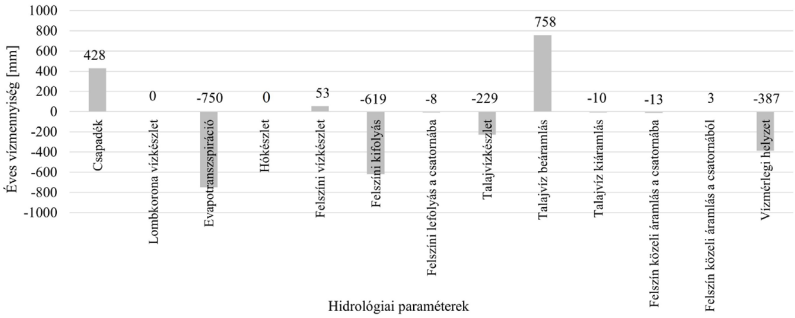
A modellt a 2018-ban mért talajvízszint adatok (OVF) alapján validáltuk.

Eredmények

A 2018-as év szimulációjának eredményei szerint a potenciális evapotranspiráció meghaladja a lehullott csapadék mértékét, miközben a beszivárgás mennyisége a lehullott csapadék mennyiségnek körülbelül a 68,5%-a. Érdekes kérdés, hogy ez a beszivárgott mennyiség hol helyezkedik el? És a potenciális párolgás honnan származik? Ezek a kérdések jogosak, hiszen mind a gyökérzónában és mind a telítetlen zónában a víztartalom zérussal egyenlő. A talaj felső rétege ebben az esetben



1. ábra A Berettyó vízgyűjtő 2018-as alap szimuláció hidrológiai paraméterek értékei



2. ábra 2018-as alap szimuláció vízmérlegi komponensek értékei

kap fontos szerepet. Mind a két kérdésére választ adhat, hiszen a talaj felső réteg egy víztározóként működik, tárolja a korábbi időszakokból a csapadékvizet, tehát a potenciális evapotranspiráció ebből a vízkészletből származik. Miközben az aktuális lehulló csapadékot ugyanúgy magába szívja és itt raktározódik el, ez egy fajta kis vízkörforgás. Ezt a feltevést a VÁRALLYAY (2006) is alátámasztja. A felszíni lefolyás az α szögű (y/x) lejtőn annyira kicsi, hogy a kerekítés során zérussal egyenértékű. A negatív telítetlen és telített zóna közötti áramlás (–114 mm) azt jelenti, hogy a talajvíz táplálja a telítetlen zóna alsó rétegeit, azaz felfelé irányuló vízmozgásról van szó. A talajvíz áramlás intenzitása az x- és y-irányban negatív, a talajvíz keletről nyugatra (x-iránnyal ellenkezően) és északról délre (y-iránnyal ellenkezően) áramlik (*1. ábra*). Az eredmények alapján, megállapítható, hogy az észak-déli irányú talajvízáramlás dominál a térségben. A negatív értékű z-irányú talajvíz áramlás (–865 mm) a felfelé irányuló vízmozgást jelenti, az ilyen irányú talajvíz áramlás egyrészt a telítetlen zónát táplálja, másrészt pedig a felszíni vízfolyásokat vagy a mélyedéseket tölti fel vízzel.

A vízgyűjtő vízmérlegi komponenseinek értékei az egy teljes éven belül felhalmozott vízmennyiségek (*2. ábra*). A csapadék 2018 évi összege a vízgyűjtőn 435 mm, ezzel szemben az evapotranspiráció 609 mm és a felszíni lefolyás 625 mm mértéke jóval nagyobb. A kérdés az, hogy a rendszer honnan kapja a vizet a párolgáshoz és a felszíni kifolyáshoz? A válasz a talajvíz beáramlásban rejlik.

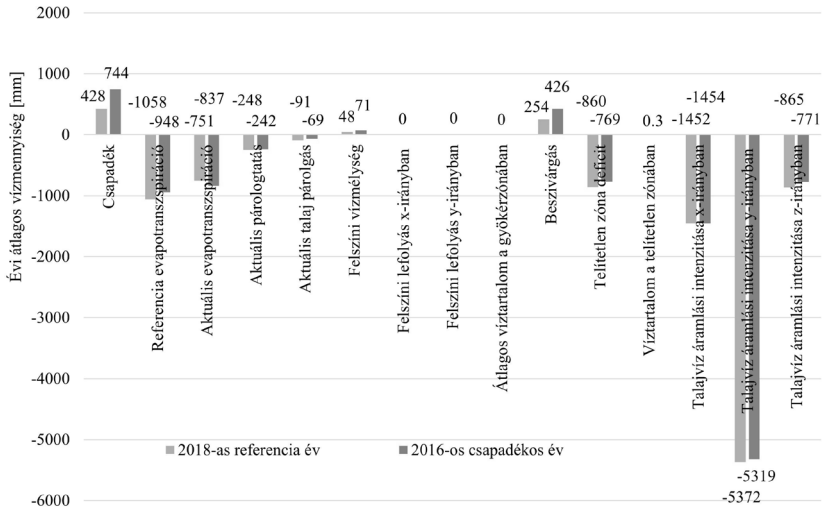
A talajvíz beáramlás becsült értéke 754 mm, ez a legnagyobb vízmennyiség, ez pótolja nagyrészben a vízveszteséget, de nem elég ahhoz, hogy a Berettyó vízgyűjtő vízmérlegi helyzete egyensúlyban legyen. Talajvíz kis mértékben (11 mm) áramlik ki a rendszerből a talajvíz beáramláshoz képest, ez a tény erősíti azt a megállapítást, hogy a Kárpát-medencében mélyen lévő folyó medreket és deflációs mélyedéseket jelentős mennyiségben tölti fel vízzel a hegységperemek felől érkező felszín alatti vízáramlás. Így a felszínen lévő vízkészlet +57 mm. Ellenben a talajvízkészlet –102 mm, ami csökkenésre utal. A talajvíz kis mennyiségben járul hozzá a telített zóna-, és a telítetlen zóna vízkészletének feltöltéséhez (*1. ábra*). Ez a csekély mennyiségű talajvíz a telített zónából (exfiltráció), a telítetlen zónából (evaporáció), illetve a gyökérzónából (transzspiráció) hagyja el a rendszert. A felszín közeli áramlások közül a csatornába befolyó a jelentős, amely szintén a Kárpát-medence medence-jellegét támasztja alá. Összeségében a vízgyűjtő 2018. évi vízmérlegére 387 mm-es vízhiányt szimuláltunk, amely 1 062 millió m^3 víznek felel meg. Az eredmények alapján kijelenthetjük, hogy a talajvíz beáramlás és az evapotranspiráció, illetve a felszíni kifolyás határozza meg legnagyobb mértékben a Berettyó vízgyűjtő vízmérlegét.

Az adatokat elemezve a talajvíz leginkább északkeleti, azaz a magasabban fekvő területek felől áramlik a rendszerbe. A vízgyűjtőben egy kis mennyiség feltehetően a Berettyó folyó mentén áramlik tovább az alacsonyabban fekvő területekre és nagy része a vízfolyásokat és defláció üregeket tölti fel vízzel. A felszíni és felszínalatti vízválasztó nem esik egybe (a Berettyó magyarországi vízgyűjtője esetében ez nyilvánvaló).

Szélsőséges csapadék események szimulációja

Vizsgáltatunk ezt követően arra irányult, hogy egy közelmúltbeli csapadékosabb év hogyan hat a hidrológiai paraméterekre és a vízmérlegi komponensekre. Ennek érdekében a 2016-os év csapadék adatai kerültek a 2018-as év csapadék idősor helyére, miközben a többi 2018-as évhez tartozó paraméterek értékei változatlanul maradtak (*3. ábra*).

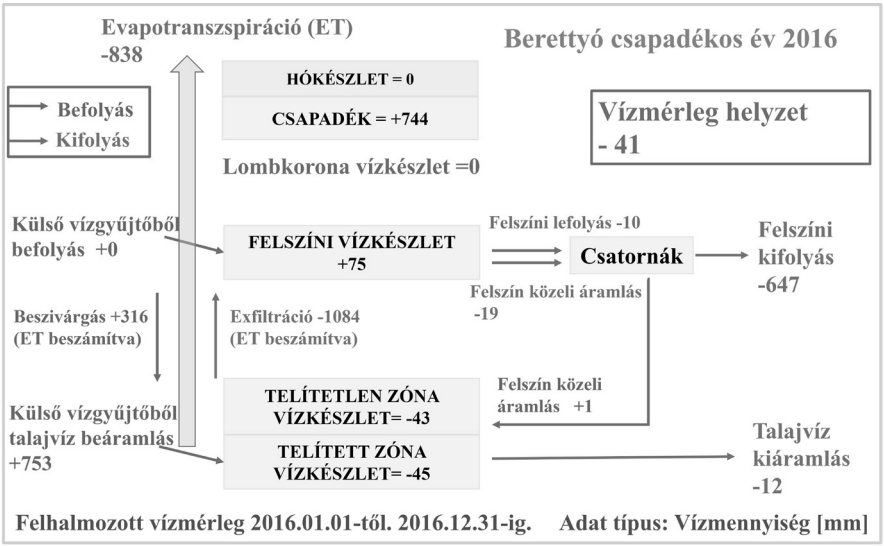
A hidrológiai paraméterek alapján, ha több a csapadék, akkor az evapotranspiráció és a növényzet párologtatása is megnövekszik. Bőséges csapadék hatására több a beszivárgás is, így csökken a telítetlen zóna deficitje, ami főleg a vízgyűjtő északkeleti részében, a jobb vízvezetőképességű homokos talajokon figyelhető meg. Mindazonáltal a gyökérzónában (kerekítés miatt zérussal egyenlő) és a telítetlen zónában elenyésző a víztartalma. Ez azzal magyarázható, hogy a csapadékos eseményekből származó víztömeg általában nem jut le a gyökérzónáig, illetve a telítetlen zónáig, hanem a felső talajrétegekben átmenetileg tározódik, majd az evapotranspiráción keresztül elhagyja a vízrendszert. Ez egybevág a Dong-ér vízgyűjtő területén végzett korábbi kutatások eredményeivel (Kozák 2020; Tran 2021; Tran et al. 2022). A Berettyó vízgyűjtő délnyugati részében a felszín nagyobb részén gyenge és szélsőségesen gyenge vízvezető-képességű agyagos vályog, agyag és vályog talajok találhatók, ahol a felszín beszivárgási tulajdonságai rosszabbak,

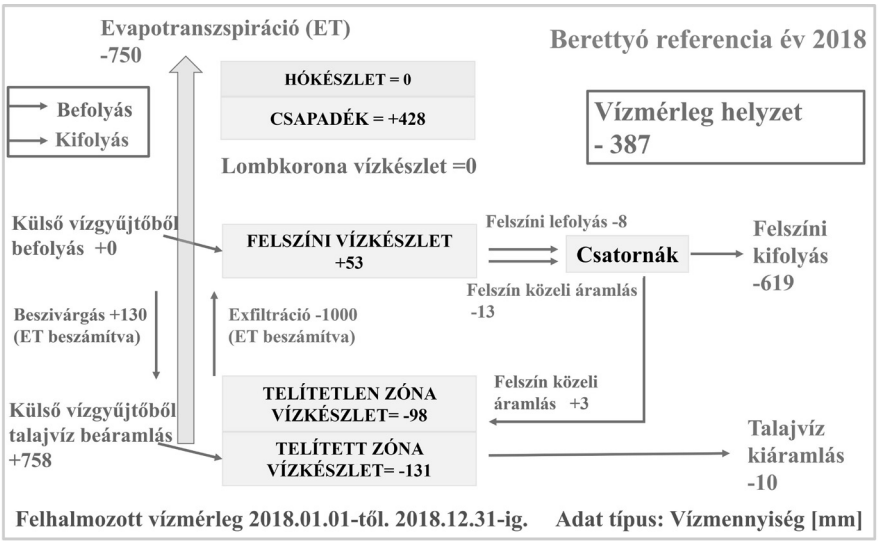


3. ábra 2016 csapadékos és a 2018-as alapmodell eredményeinek összehasonlítása a hidrológiai aspektusból

mint a terület északkeleti részén. A terület délnyugati részén ezáltal gyakori a belvizek megjelenése. A talajvíz áramlásai csökkennek a 2018-as évhez képest, ennek okaként a kicsiny szivárgási tényezőket lehet feltételezni, hiszen annak az áteresztőképessége homok esetében 10^{-5} m/s, tehát lehulló vagy olvadó víztömegek mozgása csak nagyon lassan szivárog lefelé. A szimuláció során kapott talajvíz mennyiségek forrása nagy valószínűséggel a korábbi évek a csapadéka.

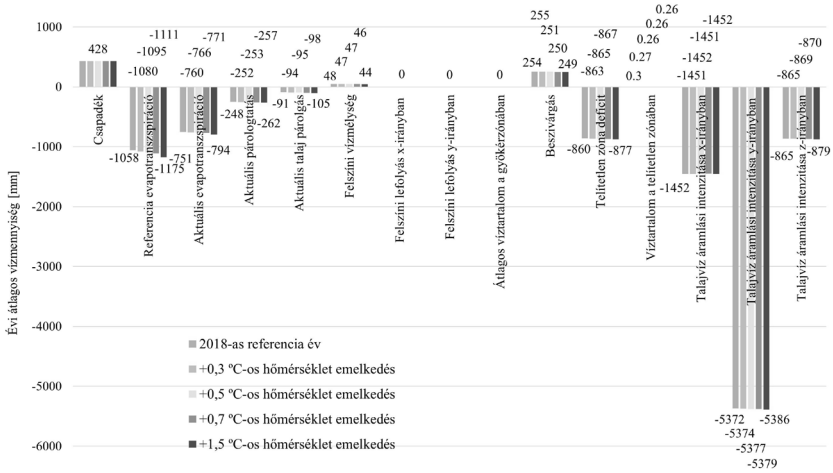
Az összehasonlító *4. ábrában* szereplő adatok alapján a felszíni és a felszín közeli folyamatok nagyobb mértékben változnak, mint a mélyebb áramlások. 2018-ban az evapotranspiráció révén a csapadékhoz képest 44%-kal több vízmennyiség hagyja el a vízrendszert, a 2016-os évben ez a különbség pedig mindössze 11,2%. Ez azt jelenti, hogy a csapadékosabb időszakban kevésbé intenzívek az evapotranspirációs folyamatok. Mind a felszíni- és felszín alatti vízkészletek változásokon mentek át. A nagyobb csapadékok hatására a felszíni vízkészlet 53 mm-ről 75 mm-re emelkedett, ez főleg a terület délnyugati részén jellemző, ahol gyenge és szélsőségesen gyenge vízvezető-képességű talajok vannak. A 2016-os telítetlen zóna vízkészletében csökkenés tapasztalható, amely az előző 2015. évi gyér csapadékra vezethető vissza (a 2015-ös csapadékösszeg mindössze 432 mm, míg 2016-ban 744 mm hullott). A fent említett kicsiny szivárgási tényezők miatt a telítetlen zónáig a beszivárgás nagyon lassú folyamat, az előző évi csapadék nagy hatással lehet a vizsgált évben a telítetlen zóna vízkészletére. A telítetlen zóna vízkészletének lefelé történő mozgása révén becsatlakozik a telített zónában lezajló talajvízáramlásba. A telített zóna vízkészletét más tényezők is befolyásolják: a magasabb külső területekről beáramló talajvíz folyamatosan táplálja az alacsonyabb helyen fekvő vízgyűjtők talajvízkészletét. Azonban az összehasonlító *4. ábrán* az látható, hogy a csapadékos időszakok hatására a telítetlen zóna vízkészlete csökken, ellenben a telített zóna





4. ábra 2016 csapadékos és a 2018-as alapmodell vízmérlegi eredményeinek összehasonlítása

vízkészlete nő. Tekintettel arra, hogy a külső vízgyűjtőből a talajvíz beáramlás és kiáramlás kicsiny a változás a két vizsgált év között, így megállapítható, hogy e két vízmérlegi összetevő nagyon lassan reagál a szélsőséges csapadékhelyzetekre. A 2016-os bőséges csapadék következtében jelentősen (346 mm) javul a vízgyűjtő vízmérlegi helyzete, ám ez nem elég ahhoz, hogy egyensúlyi helyzet alakulhasson ki, így még mindig 41 mm vízhiány mutatható ki a területen, ami megfelel 110 millió m^3 vízmennyiségnek.



5. ábra Az 2018-as alap szimulációhoz viszonyított +0,3 ºC, +0,5 ºC, +0,7 ºC, illetve a +1,5 ºC-os hőmérséklet emelkedés hatása a hidrológiai paraméterekre a Berettyó vízgyűjtőjén a modellezés alapján

A +0,3 ºC, +0,5 ºC, +0,7 ºC, illetve a +1,5 ºC-os hőmérséklet emelkedések hatásának vizsgálata

Magyarországon az ipari forradalom előtti időszakhoz képest a jelenlegi hőmérséklet emelkedés meghaladja a 1,2 ºC-ot. Az IPCC a következő időszak éghajlati forgatókönyveiben reálisan számol +1,5 ºC-os globális hőmérséklet emelkedéssel és +2,9 ºC-os hőmérséklet-emelkedéssel a század végére. Az alábbi 6. ábrán látható az alapszimulációhoz viszonyított +0,3 ºC, +0,5 ºC, és +0,7 ºC, illetve a várható 1,5 ºC hőmérséklet emelkedés hatása a hidrológiai paraméterekre. Az eredmények alapján leginkább az evapotranspiráció (referencia-, aktuális evapotranspiráció, aktuális párolgás, aktuális evaporáció) értékei emelkednek (+1,5 ºC emelkedés esetén majdnem 2018-as év adatának a kétszeresére). A felszínen lévő vízmennyiségek a hőmérséklet-emelkedéssel egyenes arányosan a párolgáson keresztül hagyják el a rendszert. A felszíni lefolyás az x-és y-irányban, illetve az átlagos víztartalom a gyökérzónában annyira kicsi, hogy a kerekítés során zérussal egyenértékűek. A hőmérséklet emelkedések hatására csökken a beszivárgás, ezáltal a talaj deficitje nő, ez azt jelenti, hogy a telítetlen zóna szárazabb. A telítetlen zónában a víztartalom is ezt a tényt erősíti. A talajvíz áramlások változatosan reagálnak a hőmérséklet emelkedésre, például minimálisan ingadozik a kelet-nyugati irányú talajvíz mozgás (x-irányú), viszont nőnek az észak-déli (y-irányú) és a felfelé (z-irányú) vízmozgások (*5. ábra*). Összességben azt látjuk, hogy a Berettyó vízgyűjtőn a talajvíz mozgások dominálnak. Ez tükrözheti a Kárpát-medencei vízmozgások jellegzetességét.

A vízmérlegi komponensek szempontjaiból azt tapasztaljuk, hogy a +0,3 °C, +0,5 ºC, +0,7 ºC, illetve a +1,5 ºC-os hőmérsékletemelkedés hatására az evapotranspiráción keresztül közel 149 mm, 155 mm, 160 mm és 183 mm-es vízmennyiség hagyja el a rendszert, miközben csökkennek a felszíni és felszíni alatti

1. táblázat A Berettyó vízgyűjtő vízmérlegi komponensei a 2018-as alapmodellben és +0,3 ºC, +0,5 ºC, +0,7 ºC, illetve a +1,5 ºC-os hőmérséklet-emelkedés hatására

Paraméter [mm]	Ref.	+0,3˚C	+0,5˚C	+0,7˚C	+1,5˚C	%	%	%	%
Csapadék	428	428	428	428	428	0	0	0	0
Evapotranszspiráció (ET)	-750	-758	-764	-769	-792	24,5	25,5	26,3	30,0
Felszíni befolyás	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Felszíni kifolyás	-619	-618	-621	-622	-619	-1,1	-0,6	-0,5	-1,0
Lombkorona vízkészlet	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hókészlet	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Felszíni lefolyás a csatornába	-8	-8	-7	-11	-9	14	0	57	29
Felszíni vízkészlet	53	52	52	51	50	-9	-9	-11	-12
Telítetlen zóna vízkészlet	-98	-102	-103	-104	-112	-538	-544	-550	-600
Telített zóna vízkészlet	-131	-133	-136	-138	-146	-55	-58	-60	-70
Felszín közeli áramlás a csatornába	-13	-13	-13	-13	-12	-13	-13	-13	-20
Felszín közeli áramlás a csatornából	3	4	4	4	4	100	100	100	100
Talajvíz beáramlás	758	756	758	757	757	0	1	0	0
Talajvíz kiáramlás	-10	-10	-9	-9	-9	-9	-18	-18	-18
Beszivárgás (ET beszámítva)	130	126	123	119	106	-104	-104	-104	-104
Exfiltráció (ET beszámítva)	-1000	-997	-997	-995	-990	-5	-5	-5	-6
Vízmérlegi helyzet	-387	-402	-411	-426	-460	-214	-221	-233	-259

vízkészletek. Meglepő, hogy a felszíni vízkészletek csak kis mértékben (–9%, –9%, –11% és –12%) csökkennek, ugyanakkor a telítetlen zónában lényeges csökkenés tapasztalható (–538%, –544%, –550% és –600%, feltehetően a transzspiráción keresztül). A telített zóna vízkészlete rendre –55%, –58%, –60% és –70%-kal csökken, miközben a külső vízgyűjtőből a beáramlás (0% – 1%) és a talajvíz kiáramlás (–9% – 18%) komponensek értékei alig változnak (*1. táblázat*). A felszín alatti vízkészletek csökkenésében szerepet játszik az exfiltráció és a beszivárgás közötti különbség is. A hőmérséklet emelkedés hatására a felszíni kifolyás nagyobb mennyiségben hagyja el a rendszert, mint a talajvíz kiáramlás. Eszerint megállapítható, hogy a talajvíz beáramlik a Kárpát-medencében és nagy mennyiségben itt is marad vagy a mélyedéseket (folyómedreket, deflációs mélyedéseket) tölti fel vízzel. A legtöbb talajvízből táplált vízennyiséget a folyó tovább szállítja. A klímaváltozás okozta vízhiány pótlása egy lehetősége lehet a talajvíz visszatartása, például a folyó menti tározók létesítése. A telítetlen zóna vízkészlete változik a legnagyobb mértékben, ennek oka az evapotranspiráció növekedése (*5. ábra*). Összességben elmondható, hogy a +0,3 °C, +0,5 ºC, +0,7 ºC, illetve a +1,5 ºC-os hőmérsékletemelkedés hatására

rendre 402 mm, 411 mm, 426 mm, és 460 mm-es vízhiánnyal kell számolnunk, ami a teljes vízgyűjtő területére vonatkozóan összesen mintegy 1 100 – 1 260 millió m^3 vízmennyiséget jelent.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk megköszönni a DHI Magyarország Kft.-nek, hogy biztosították számunkra a hozzáférést a MIKE SHE modellezési környezethez.

Felhasznált irodalom

Allen, R. G. – Pereira, L.S. – Raes, D. – Smith, M. (1998): Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization, Rome.

Kozák, P. (2020): Changes in the surface runoff on the south-eastern slope of the Danube-Tisza Interfluve Sand Ridge in the context of climate change. In: Farsang, A. – Ladányi, Zs. – Mucsi, L. (Ed.) Climate change challenges – From global to local. GeoLitera, 109–115

Myneni, R. – Knyazikhin, Y. – Park, T. (2015): MCD15A2H MODIS/Terra+Aqua Leaf Area Index/FPAR 8-day L4 Global 500m SIN Grid V006. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. DOI: https://doi.org/10.5067/MODIS/MCD15A2H.006

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, ISSN 2352-0094, https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00269

Tran, Q. H. (2021): Sensitivity Analysis for Effect of Changes in Input Data on Hydrological Parameters and Water Balance Components in the Catchment Area of Hungarian Lowland. Journal of Environmental Geography, 14(3–4), 1–13. DOI:10.2478/jengeo-2021-0007

Tran, Q. H. – Fehér, Zs. Z. (2022): Water balance calculation capability of hydrological models. Acta Agraria Kaposváriensis (2022) 26(1), 37–53; DOI: 10.31914/aak.2877. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE), Kaposvári Campus, Kaposvár

Tran, Q. H. – Fehér, Zs. Z. – Túri N. – Rakonczai, J. (2022): Climate Change as an Environmental Threat on the Central Plains of the Carpathian Basin Based on Regional Water Balances. Geographica Pannonica, 26(4), pp. 194–199.

Várallyay Gy. (2006): Soil Degradation Processes and Extreme Soil Moisture Regime as Environmental Problems in the Carpathian Basin. Agrokémia és talajtan, 55(1), pp. 9–18.

Új kurzusok a Geoinformatika mesterképzésben

Ungvári Zsuzsanna[1] – Gede Mátyás[2]

[1] adjuktus, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai Kar, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, ungvarizs@map.elte.hu
[2] egyetemi docens, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai Kar, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, saman@inf.elte.hu

Absztrakt: A Geoinformatika mesterszak elindulása újabb szakmai kihívások elé állította az egyetemi oktatókat. A szak tantervébe több olyan tárgy is bekerült, amelyet eddig nem vagy csak részben szerepeltek más képzések tantervében. A cikk két ilyen tárgy újonnan kidolgozott tárgy, a *Térbeli adatbázisok*, és az *Adatbányászat, felhő alapú adatok* tematikáját ismerteti.

Bevezetés

A Geoinformatika mesterszak elindítása régóta nagy vágya volt a térinformatikában érdekelt hazai felsőoktatási intézményeknek, így az ELTE-nek is. A Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet munkatársai is teljes erőbedobással vágtak neki az új tanterv kidolgozásának. Miután az Akkreditációs Bizottság elfogadta a szakindítási kérelmünket, idén 2022 szeptemberében elindulhatott a geoinformatikus mesterképzés az ELTE Informatikai Karán. A képzésben az IK Térképtudományi és Geoinformatikai Intézetének munkatársai, illetve a Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi intézetének kollégái vesznek részt.

A KKK (Felvi.hu 2022), vagyis a képzési és kimeneti követelmények iránymutatást adtak számunkra a tanterv összeállításában, ugyanakkor azért intézményenként adódhatnak bizonyos eltérések a tantervek között. Vannak olyan tárgyak, amelyek a térképész mesterképzésünkben, illetve a Geográfus mesterszakokon már megvoltak – ezeket részben változatlanul, részben kisebb módosításokkal átemelhettük az új mesterképzés tantervébe. Azonban akadtak olyan tárgyak, amelyek egyáltalán nem szerepeltek eddig egyik szak tantervében sem, ezekhez ki kellett dolgozni egy-egy tantervet. Ebben a cikkben ezeket a tantárgyakat, illetve a hozzájuk kidolgozott tanterveket fogjuk ismertetni.

Térbeli adatbázisok

A térbeli adatbázisok kezelése eddig nem szerepelt semelyik előbb említett képzés tantervében. Mivel a KKK előírja, hogy egy geoinformatikus szakember képes megbirkózni ezekkel a rendszerekkel, ezért időszerű volt egy ilyen kurzust bevezetni.

A *Térbeli adatbázisok* tantárgy alapvető célja, hogy a hallgató képes legyen térbeli adatokat kezelni egy adatbáziskezelő rendszerben. Az elmúlt években megfigyelhető trendek alapján a térbeli adatbázis kezelő rendszerek közül a PostgreSQL és PostGIS (PostGIS, 2022) vált a vezetővé az ingyenesen letölthető szoftverek közül. Ezeket választottuk. A PostgreSQL-t általában pgAdmin4-es felületen szokták használni, amely kissé robosztus. Léteznek ennél könnyebben kezelhetőbb, „kézreállóbb" szoftverek is, ezért az oktatáshoz nem ezt választottuk, hanem egy univerzális adatbáziskezelő szoftvert, a DBeaver-t (DBeaver 2022). E szoftver képes kezelni pl. a MySQL-t, SQLite fájlokat, Oracle-t és egyéb adatbázisokat is.

A tárgy részletes tematikája

A térbeli adatbázisok kezelése már meglévő SQL ismereteket feltételez. Azonban a hallgatók különböző alapszakokról érkezhetnek be a geoinformatika mesterképzésre. Például az ELTE földtudományi alapszakján tanulók hallgathattak Adatbázis-kezelési ismereteket (ahol MySQL-t tanultak), azonban a földrajz alapszakon ez a tárgy például hiányzik. Nekik biztosítani kell egy-két hetet a félév elején, hogy megszerezhessék azt az a tudást, ami már elvárt lenne. Így ez a tárgy ismétléssel indul: az említett Adatbázis-kezelés órán használt minta relációs adatbázist importáljuk DBeaver felületre és vesszük át az SQL alapjait: rendezés, feltételszabás és a feltételekben használható operátorok, egyszerű (szövegfeldolgozó, matematikai és dátumfüggvények) és csoportfüggvények. Hangsúlyosan szóba kerül a táblák összekapcsolása és az egymásba ágyazott lekérdezések is. Az alapszakos tananyagot kiegészítjük a CASE elágazásokkal. Emellett felfedezzük a DBeaver felületet is, amely eltér a MySQL-nél használt phpMyAdmin felülettől.

A harmadik héttől kezdődik a tényleges ismerkedés a PostGIS-szel. Ehhez egy Magyarország mintaadatbázist készítettünk (részben meglévő, már a térinformatika oktatásban használt állományokból, részben az OpenStreetMap-ből letöltött adatokból). A mintaadatbázisban szerepelnek közigazgatási határok (megye, járás, külterülethatár), fedettség (épített, növényzeti), vízrajz (kategorizálva, több táblában: folyók, patakok, tavak), úthálózat (kategorizáltan, több táblában), települések centroidjai statisztikai adatokkal kiegészítve.

Először bemutatjuk a hallgatóknak a WKT, WKB, EWKT formátumot, majd megismerjük az ehhez tartozó adatkonvertáló függvényeket. Átvesszük, hogyan tudnak alapvető geometriai elemeket definiálni: pontot, vonalat és felületet gyűrűvel is. A témához szorosan hozzátartozik a vetületek megadása is, illetve koordináták átszámítása más vetületi rendszerbe.

Ezek után következik a mérések témaköre. Itt a szokásos hossz-, terület-, kerületmérés mellett a két geometria közötti legkisebb és legnagyobb távolságot, illetve ezt a vonalat visszanyerő, valamint az egy vonal és az északi irány által bezárt szöget meghatározó függvényt is megtanuljuk. A témakörben már alkalmazzuk a korábban tanultakat: különböző vetületekben vett méreteket íratunk ki, illetve különböző vetületű pontok koordinátáit is bevesszük a távolságok számításába.

A harmadik nagy témakör a geometriai információk lekérdezése, a geometria szerkesztése és feldolgozása. Itt elég sok függvénnyel találkozhatnak a hallgatók: a geometria típusának és számosságának lekérdezése mellett, a centroid, befoglaló téglalap, a konvex és konkáv burok, pufferzónák létrehozása, a poligonok zártságának és gyűrű irányultságának meghatározása, valamint a geometria érvényességének vizsgálata is előkerül.

Ezután elérkezünk talán a legfontosabb témakörhöz: a térbeli relációkat elemző valamint a térbeli relációk alapján geometriát képező függvényekhez. Talán ez lesz a leghangsúlyosabb rész, ezzel 2–3 alkalommal is foglalkozunk, és haladunk egyre inkább a többszörösen egymásba ágyazott és több táblát összekapcsoló lekérdezésekig, közben pedig alkalmazzuk az az eddig tanultakat.

Az említett függvények elsajátítása az alapszakos órához hasonlóan, a Magyarország adatbázisra kidolgozott kérdésbankkal történik. Nézzünk rá néhány példát!

1. Készítsünk egy poligont WKT formátumban, amelynek sarokpontjai a következő nagyvárosokban vannak: Budapest–Székesfehérvár–Siófok–Tatabánya (47.5° 19.1°, 47.2° 18.4°, 46.9° 18.05°, 47.58° 18.4°).
2. Milyen messze van Barcs a X=600 000 és Y=200 000 EOV koordinátáktól?
3. Írassuk ki, hogy ha Barcsról indulunk, a Balaton partjának melyik pontja lesz a legközelebb légvonalban? Mekkora ez a távolság?
4. Határozzuk meg a település réteg centroidjait, és az egyes települések befoglaló téglalapjait, és konvex burkát!
5. Hány geoláda található az M7-es autópálya 4 km-es pufferzónájában?

Ezen eszközök elsajátítása után a hallgatók számot adnak tudásukról egy 8–10 kérdésből álló zárthelyi dolgozat formájában.

A félév hátralévő részében a következő témaköröket dolgozzuk még fel: a topológia használata, raszteres fájlok tárolása és feldolgozása, valamint shapefile-ok importálása, exportálása, térbeli adatok létrehozása, szerkesztése és törlése.

A topológia témakörét a térképi generalizálás automatizálásán keresztül értjük meg. A felületek topológiai-megőrző generalizálására nem minden szoftverben találhatóak eszközök. Pedig, ha kisebb térképi méretarányban szeretnék bemutatni pl. közigazgatási határokat, úgy kell egyszerűsítenünk a határvonalak rajzolatát, hogy közöttük ne legyenek se hézagok, sem átfedések, vagyis a topológia megőrződjön. Ha csak önmagában használjuk a vonalegyszerűsítési algoritmust, nem felelünk meg a követelményeknek. Ha a topológia adatszerkezetet segítségül hívjuk, akkor a vonalegyszerűsítés során a két szomszédos közigazgatási egység közös határszakaszát együtt egyszerűsítjük. Majd a topológiákat visszaalakítjuk geometriává.

Az adatimport és -export témakörében nemcsak a shapefile-ok, hanem Excel táblázatok importálását is megnézzük. Megtanuljuk, hogyan lehet új adatbázisokat, táblákat létrehozni, ebbe adatokat feltölteni, szerkeszteni és törölni. Emellett a kulcsok és indexek beállításával is foglalkozunk.

A tárgyat a már említett zárthelyi mellett egy beadandó zárja az adatimport/

export témaköréből. A hallgatóknak egy saját adatbázist kell létrehozniuk, valamint ebben lekérdezéseket kell végrehajtaniuk.

Adatbányászat, felhő alapú adatok

Az adatbányászat szintén egy új tárgyként jelent meg a mesterképzés tantervében. Itt részben eltérünk egy klasszikus adatbányászat kurzustól (pl. Steinback et al. 2006): ugyanis a fő hangsúlyt nekünk a térbeli adatok feldolgozására kell fordítanunk. A tárgy célja olyan technikák, praktikák megismerése, amelyek segíthetik a különböző forrásokból érkező adatok előfeldolgozását, majd a megfelelő rendszerbe hozott adatok (például egy adatbáziskezelő, vagy akármelyik térinformatikai adatcsere-formátuma) elemzésével és egyszerű vizualizációjával is foglalkozunk. A következőkben témakörökre bontva olvasható a részletes tematika, azonban némely témakört akár 2 héten át is taglalunk.

A tárgy részletes tematikája

Az első héten a hallgatók egy elméleti bevezetőt hallhatnak magáról az adattudományról, adatbányászatról és a big data fogalmáról. Emellett áttekintünk olyan ingyenes, főleg vektoros adatforrásokat, amelyeket a térinformatikában alkalmazunk. Hangsúlyosak a magyarországi adatbázisok.

A következő héttől már a gyakorlaté a főszerep: az első nagy témakör, amellyel megismerkedünk az az OpenStreetMap adatbázisa és az ebből való letöltési lehetőségek: az Overpass Turbo API és a QGIS Quick OSM modulja (Overpass Turbo 2022). A letöltés során elsajátítjuk az Overpass Turbo API QL lekérdező nyelvét és a varázsló használatát. A hallgatók bepillantást nyernek az OSM adatbázis felépítésébe, a tagek használatába (OpenStreetMap Map Features 2022).

A következő témakör a General Transit Feed Specification (GTFS) adatformátum megismerése (GTFS 2022). A GTFS tulajdonképpen egy ZIP fájlba csomagolt textfájlok sokasága. A QGIS-ben vannak olyan modulok, amelyek képesek lehetnek importálni ezeket a fájlokat (GTFSGO, GTFSLoader). Azonban a BKK kb. havonta frissülő GTFS adatsorában a szabványban megadotthoz képest hiányzik az egyik TXT fájl (*2022 májusi és szeptemberi példa), ezért nem mindegyik plugin tudja betölteni a magyar közlekedési cég menetrendi adatait. Éppen ezért megnézzük, hogyan lehet szöveges fájlként betölteni az adatokat. A stops.txt fájlban benne vannak a megállók koordinátái, ezeket megjelenítjük, a shapes.txt-ben pedig a járatok útvonala szerepel töréspontokkal, ebből vonalat generálunk. Ezek után pedig a QGIS DBManager menüpontját sajátítjuk el: lekérdezéseket futtatunk a menetrendi adatbázison.

A következő témakör a geokódolás. Teszteljük az QGIS MMQGIS geokódoló modulját, majd ugyanezen az adatsoron, Python környezetben a GeoPy működését nézzük meg az OSM Nominatim és egy másik geokódoló alkalmazás használata közben.

A következő hetekben összetett feladatok következnek: a kétszintű érettségi eredményeit tartalmazó Excel táblázatokat fogjuk feldolgozni (Oktatási táblák, 2022). Ahol van benne térbeli adat (megyére/városra vonatkozó), ott geokódolást is alkalmazunk, ahol nincs, ott először Python környezetben dolgozzuk fel, egységesítjük ezeket a táblázatokat, majd készítünk belőle diagramokat.

Hasonlóan fogunk eljárni a HydroInfo-n fellelhető vízállási adatokkal. Mindkét adatsor esetén ugyan táblázatos rendezett formában szerepelnek az adatok, de ezekből csak statisztikai módszerekkel lehet következtetéseket levonni (és így csatlakozunk az adatbányászat témaköréhez). Python környezetben a Pandas és matplotlib és a gdal/ogr modulok használatába nyerhetnek betekintést a hallgatók.

Az utolsó nagy témakör egy internetes fotómegosztó oldalon található képek adatainak kinyerése és feldolgozása lesz. A flickr.com publikusan elérhető, geotaggelt fotóihoz tartozó metaadatok könnyedén kinyerhetők az erre a célra készített QGIS plugin segítségével. Mivel a fényképek térbeli és időbeli eloszlása jól korrelál az adott terület látogatottsági adataival, ez az adatforrás jól használható urbanisztikai vagy turizmussal kapcsolatos kutatásokhoz (Kádár – Gede 2020).

Ebben a témakörben a feladat különböző térbeli és időbeli elemzések végrehajtása: egy adott területen készült fotók alapján hőtérkép készítése, a fényképkészítés szezonalitásának vizsgálata az egyes hónapokban, vagy a hét különböző napjain készült képek számának összevetésével; a turisták és a helybeliek által készült képek szétválasztása, azok eloszlásbeli különbségeinek megjelenítése.

Ebből gyakorlati tárgyból beadandó feladatok teljesítésével lehet jegyet szerezni. Négy rövidebb, az egyes órai témakörökhöz kapcsolódó feladat lesz és kettő nagyobb, részben a Térbeli adatbázisok órához is kapcsolódó feladatot is meg kell oldaniuk a hallgatóknak. Az egyik feladatban az érettségi táblázatokat kell adatbázisba szervezni, geometria mezőt hozzáadni, térbeli lekérdezéseket végrehajtani. Ezek után adatcsere formátumba exportálást követően QGIS-ben kell térképet szerkeszteni a lekérdezett adatokhoz. A másik feladatban meteorológiai adatok előfeldolgozása után azokból statisztikák és térképek készítése lesz a feladat.

Összefoglalás

A Geoinformatika mesterszak tantervének és új tárgyainak kidolgozása nagy kihívás elé állított minket, főleg abban a tekintetben, hogy aktuális problémákat, eszközöket és módszereket vegyünk át az órákon. Az elkövetkező tanévekben nyilvánvalóan még finomodni, kis mértékben változni fognak az itt felvázolt tematikák, de abban bízunk, hogy a bemutatott feladatokkal és a megszerzett tudással felvértezve olyan szakemberek kerülnek majd ki a felsőoktatásból, akik képesek lesznek a jelenkor geoinformatikai kihívásait innovatívan megoldani.

Irodalomjegyzék

DBeaver (2022): A DBeaver dokumentációja: https://dbeaver.io/

Felvi.hu (2022): A geoinformatika mesterszak leírása: https://www.felvi.hu/felveteli/szakok_kepzesek/szakleirasok/!Szakleirasok/index.php/szak/21445/szakleiras

GTFS (2022): A formátum dokumentációja https://developers.google.com/transit/gtfs/

HydroInfo: https://www.hydroinfo.hu/Html/archivum/archiv_tabla.html

Kádár B. – Gede M.: Egynapos desztinációk követése a közösségi médiában közvetített fényképeken keresztül – a Balaton-felvidék és a Dunakanyar elemzése és összehasonlítása. https://doi.org/10.14267/TURBULL.2020v20n4.3

Oktatási táblázatok (2022): a kétszintű érettségiről: https://dari.oktatas.hu/fir_stat_pub

OpenStreetMap Map Features (2022): https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Map_features

Overpass Turbo API (2022): https://overpass-turbo.eu/

PostGIS (2022): Hivatalos dokumentáció. https://postgis.net/

Steinback et al. (2006): Pang-Ning Tan–Michael Steinbach–Vipin Kumar: Bevezetés az adatbányászatba. Pearson Education Inc. Panem Könvkiadó, 2006. 1. fejezet.

(Linkek utolsó elérése: 2022.09.30.)

Az integrált kataszter alkalmazási lehetőségei a településrendezésben

Utasi Zoltán

Főiskolai docens, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, utazo74@gmail.com

Absztrakt: A településrendezésben használatos hivatalos, azaz jogi erővel is bíró adatbázisok jelen állapot szerint Magyarországon külön rendszerekben tároltak, így a közöttük lévő kapcsolatok – automatizált – feltárása nem valósítható meg. A publikáció egy integrált kataszter (kiemelten az ingatlan és a településrendezés rétegek) előnyeit, alkalmazási lehetőségeit mutatja be néhány példán keresztül, egri mintaterületen, rávilágítva arra, hogy a valós állapot jelentős százalékban eltér az engedélyezett értékektől.

Bevezetés

A jelenlegi hivatalos nyilvántartásokban a települések kataszteri (ingatlan, erdészet, településrendezés, közmű, stb.) és az ezekhez kapcsolódó egyéb adatbázisai egymástól függetlenül kezeltek, így a közöttük lévő kapcsolatok elemzése meglehetősen nehéz (Apagyi – Mihály 2005). Az ezekre épülő integrált térinformatikai rendszer nagy segítséget jelent a döntéselőkészítés-tervezés fázisától a konkrét engedélyek kiadásáig, mivel az egyes rétegek egymás közötti kapcsolata automatizált módszerekkel vizsgálható és az esetleges ütközések, ellentmondások már a tervezés korai fázisában felismerhetők, megkönnyítve és meggyorsítva ezzel a szükséges módosításokat. Jelen állapot szerint a felhasználók maguk kénytelenek összevetni ezen tartalmakat, legtöbbször hagyományos módon (szemrevételezéssel), amely jellegénél fogva pontatlan és nem teljes. A közigazgatásban elindult elektronikus nyilvántartási rendszerek (E-Ingatlan, E-Közmű) (Internet1; Internet2) ugyan ebbe az irányba mutatnak, de még mindig függetlenek egymástól. Az egységes térinformatikai rendszerbe integrálható rétegek számának lényegében csak a rendelkezésre álló adatok mennyisége szab határt, azok mindegyike felhasználható. Ezen publikáció a lehetőségek közül Eger ingatlan-nyilvántartási és településrendezési terveinek integrálásával készült állomány néhány elméleti és gyakorlati vonatkozását mutatja be.

Anyag és módszer

Eger 2013-as ingatlankatasztere jelenti az alapadatbázist, a hiányosságok pótlása, a változások nyomon követése és javítása ortofotók, illetve az újabb

településrendezési tervek (2018–2019 között) vektoros állományai alapján történt. Eger Megyei Jogú Város esetében a törvényi szabályozás csak a településszerkezeti terv esetében teszi kötelezővé, hogy egy adott időpontra vonatkozóan a település teljes területére, azt teljesen lefedve készüljön el. Az erre épülő településrendezési tervek már történelmi városrészenként készültek, s jelenleg már mindegyikről rendelkezésre áll a HÉSZ szabvány szerinti állomány (Internet3). Az alapvető adatok tekintetében így egységesek, de vannak eltérések is, például az egyes övezetek pontos jelölésében és magyarázatában. A területi kiterjedés nagyon változatos: lefedhetik csak a belterületet (a belső városrészekre jellemző), tartalmazhatja a belterülettel többé-kevésbé szomszédos külterületi vagy zártkerti részeket (ezek általában beépített, lakó, üdülő vagy ipari funkciójú telkek – ez jellemzi a nyugati városrészeket) vagy jó esetben a teljes külterületet is (elsősorban a keleti városrészeknél). Emiatt a számításoknál csak a – hiánytalanul lefedett – belterületet vettük figyelembe, de a térképi megjelenítésnél szerepelnek azon környező területek is, amelyekről rendelkezésre állnak adatok. Az ezen a területen meghatározott övezettípusok nagyrészt megfelelnek az aktuális állapotnak, a tervezett övezetváltozások (jellemzően új beépítések) döntő része a jelenleg még külterületi státusú területeken tervezett. A városrészek határán sokszor szembetűnő a tervek egymástól függetlenül való elkészítése, amely például az elválasztó közterületek (főként utak) eltérő besorolásában nyilvánul meg. Az aktuális állapotból kiindulva a településrendezési tervben (és helyi építési szabályzatban) megfogalmazott követelmények jó esetben igazodnak a valós állapotokhoz – eltekintve az olyan lehetőségektől, amikor egy terület teljes átalakítása tervezett például az összes épület bontása, majd újak létesítése révén, vagy teljesen új beépítés esetén. A valóságban azonban sok az eltérés, ezek jellegére és mértékére, az ebből adódó problémákra mutatunk be példákat.

Az integrált kataszteri állomány két alapvető rétege a földrészlet és az épület, ezt egészítik ki a különböző vonalas állományok (pl. közművek) vagy egyéb, speciális adatbázisok (pl. pincekataszter). A földrészletek tekintetében alapelv, hogy tartalmazzon minden olyan aktuális beosztást, amelynek jogi, illetve gyakorlati szerepe van. Ennek létrehozásának módja az egyes rétegek egymással történő kombinálása. A cél olyan területmozaikok létrehozása, amelyek minden tekintetben homogének – ezek kisebbek az eredeti kiindulási rétegek objektumainál, mivel a szabályozási határok sok esetben nem egyeznek meg az alapul szolgáló ingatlankataszteri térkép parcelláival (Utasi 2017). A mozaikok attribútumok alapján összevonhatók, ha egy adott elemzés ezt megkívánja.

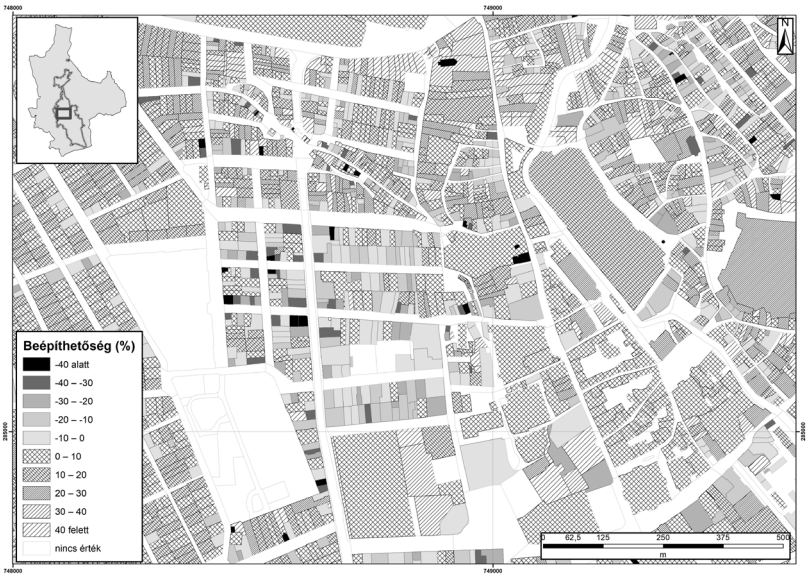
A jelen publikációban az ingatlan-nyilvántartás és településrendezési terv egyesítéséből származó többlettartalmak lefedettség alapján két csoportba oszthatók. Minden esetben meghatározottak a településrendezési övezetek: a típus minden esetben, a beépítésre szánt területek esetében ezen felül a beépítés módja, a beépíthetőség aránya, az engedélyezett maximális épületmagasság és az engedélyezett legkisebb telekméret. Csak egyes területeken meghatározott többlettartalmak a védterületek határvonalai, hidrológiai paraméterei, stb. A számításokban csak azon földrészleteket vettük figyelembe, amelyekre beépítési előírások vonatkoznak, így a

közterületek érték nélkül szerepelnek. A teljes ingatlanokat tekintettük alapegységnek, amely feltételez egyszerűsítést, összevonást, ugyanis a valóságban esetenként egy földrészlethez több övezetbeosztás is tartozik. Ennek gyakori oka, hogy már az aktuális állapot is megosztott, például a közterületek egyes részei közútként, míg más részei valamilyen zöldfelületként vannak megjelölve (leginkább a lakó-nagyvárosias, vagyis a tömbházas övezetben jellemző). Más esetben tervezett változásokat jelöl: gyakori, hogy egy magántulajdonú telek utcafronti részéből egy sáv jövőbeli közterület kialakítására van fenntartva – ez esetben eldöntendő, hogy a „maradék" parcellára milyen beépítési paraméterek érvényesek (azaz például a beépítettséget az eredeti vagy a jövőbeli telekméret alapján kell számítani). A feldolgozott egri mintaterületen (a belterületre vonatkozóan) a telkek 91,5%-a csak 1, 6,8%-a 2, míg 1,7%-a 3 vagy több (maximálisan 8) övezetbe tartozik.

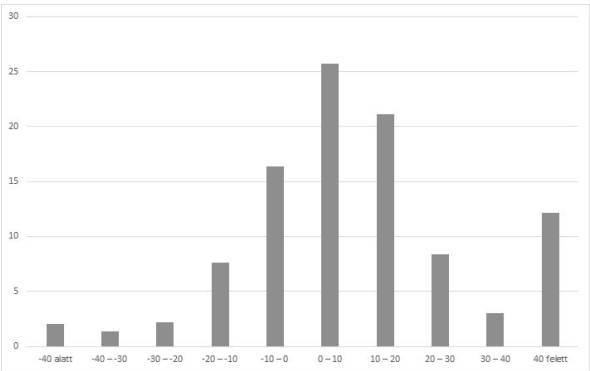
Eredmények

A beépíthetőségre vonatkozó paraméterek közül a beépítés módjával (szabadon vagy oldalhatáron álló, zártsoros, ikres, stb.) kapcsolatos számítások is elvégezhetők – itt a problémát annak eldöntése jelenti, hogy a telekhatár és az épület néhány deciméteres eltérése térképészeti, illetve beépítési pontatlanság vagy az előírásoktól való eltérés. Az engedélyezett legkisebb telekméretnek inkább csak az új telekalakításnál van jelentősége, így az említett két érték terjedelmi korlátok miatt nem kerül bemutatásra.

A beépítettség tekintetében összevetettük a tényleges beépítettséget az engedélyezett maximális beépíthetőséggel. Első lépésként az adott telken álló épületek összesített alapterületét határoztuk meg, amely a hivatalos ingatlankataszteri térkép alapján történt. Ebben megengedtük azt az egyszerűsítést, hogy az összes épületet figyelembe vettük. Valójában jogi kérdés, hogy mi minősül épületnek (alapvetően az alapozás és a szilárd falazat megléte a döntő kritérium, azaz pl. egy betonalapon nyugvó könnyűszerkezetes garázs nem számít annak), de tapasztalataink alapján ezek nem is szerepelnek a hivatalos nyilvántartásban (mint ahogyan sokszor hiányoznak a főépületen kívüli melléképületek, amelyek viszont beleszámítanának). Mivel nem csak a főépület (amely általában lakó-, köz- vagy gazdasági épület) alapterületét vettük figyelembe, számos esetben megfigyelhető, hogy a bizonytalan státuszú épülettartozékok (pl. külső lépcső, fedett terasz) beszámításával néhány százalékkal az engedélyezett érték fölé emelkedik a beépítettség. Amennyiben a rendezési terv a beépíthetőségre nem egy értéket, hanem intervallumot adott meg, ott a felső határt vettük figyelembe. Továbbá a kialakult beépítésű (K) jelzéssel ellátott telkek esetében a beépítettséget úgy határoztuk meg, hogy a tényleges beépítettségi arányt vettük az engedélyezett legnagyobb beépítésnek, különben a számítás nem lenne elvégezhető. Ez esetben 100%-os értéket kapunk, amely főként a történelmi belváros területén jellemző – mivel ezen épületek többsége műemléki védelem alatt áll (38,5% a telkek arányában), így a beépítés megváltozásával nem kell számolni.



1. ábra Telkek beépítettségének eltérése az engedélyezett értéktől a terület arányában (Utasi Z.)



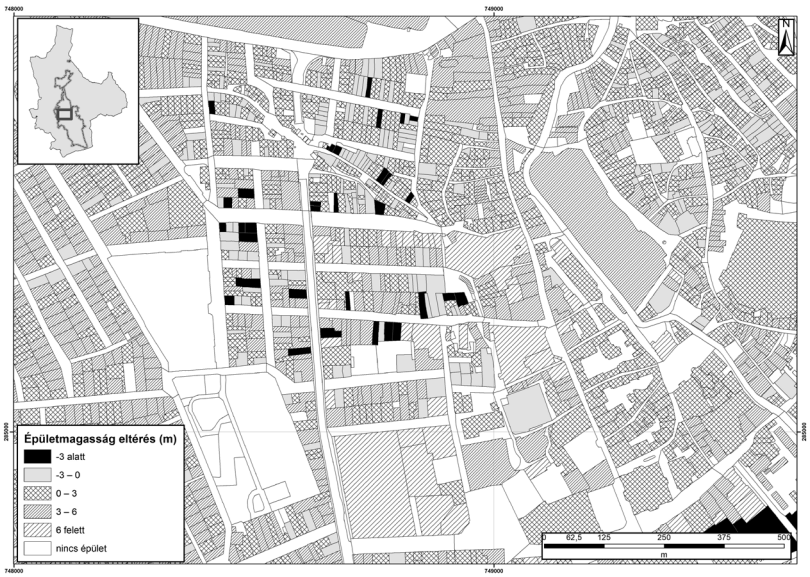
2. ábra Telkek potenciális beépíthetőségének megoszlása (Utasi Z.)

Az *1. ábra* (mely az áttekinthetőség kedvéért csak a belváros egy kiemelt részét mutatja be) a tényleges és jogilag engedélyezett maximális beépítés közötti különbséget mutatja a telek területének százalékában. A negatív értéknél (folyamatos kitöltés) a beépítés meghaladja az engedélyezettet, a pozitív értéknél (sraffozás) pedig még lehetséges beépítés. Megállapítható, hogy a telkek egy részén az aktuális beépítettség meghaladja az engedélyezett értéket. A város egészére nézve elmondható, hogy főként a történelmi belváros sűrű (leggyakrabban zártsoros) területein jellemző a túlzott beépítés, míg a kertvárosias övezetben alatta marad, megfelelve az előírásoknak – kivételek természetesen mindkét irányban vannak. A telkek beépítettség szerinti százalékos megoszlásán (*2. ábra*) látható, hogy beépítettség átlaga és mediánja is kevéssel 0 felett van, ami azt jelenti, hogy a telkek

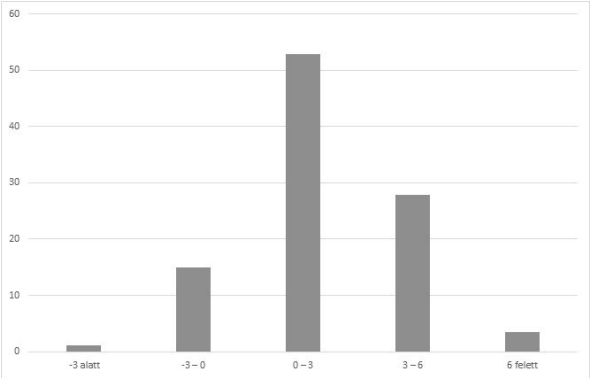
nagyobb része teljesen kihasznált. A 40% feletti kategória magas aránya a beépítésre kijelölt, de még be nem épített területekkel magyarázható, amelyek főként a 25-ös főút közelében kerültek kijelölésre (pl. Volt Kemping, Nagylapos).

Az engedélyezett épületmagassággal kapcsolatos számításoknál nagy problémát jelent, hogy ezek a felhasznált térképeken nem szerepelnek, s más forrásokból sem pótolhatók. A hivatalos topográfiai állományoknál megadott szintszám csak intervallum, nem konkrét érték (FÖMI 2010). Az Eszterházy Károly Egyetemen zajlott Eger-Energiarégió projekt (INTERNET4) keretében terepbejárással megtörtént az épületek épületenergetikai szempontú szintszámának felmérése. Az épültenergetikai szempont azt jelenti, hogy csak a fűtött épületek felmérése történt meg, ami jelen elemzés számára elfogadható, mivel a főépületek – amelyekre a szabályozás vonatkozik – általában fűtöttek, a melléképületek pedig általában alacsonyabbak. Ennek alapelve, hogy az átlagos (2,5–3 méter) belmagasságú szint 1-es értéket kapott, a többszintes épületek ennek egész számú többszörösét. Ha egy légtérben a belmagasság az átlagos értéket meghaladta (pl. iparcsarnokok esetében), az érték is nagyobb. Tizedes értékek megadására akkor került sor, ha a fűtött szint az átlagos értéknél alacsonyabb belmagasságú (például földszint plusz tetőtérbeépítés 1.8-as értéket kapott). Ez alapján a szintszámot 3 méterrel felszorozva kaptuk az épületmagasságot: ez nem a tényleges magasság, hiszen például a tető nincs benne, de az építési szabályzatban is a homlokzat magasságára vonatkoznak ez előírások – így ezen egyszerűsítés megengedhető.

A telkek 26,8%-a nem tartalmaz épületet, a megoszlási statisztika a következőkben csak a beépített földrészletekre terjed ki. A kategorizálás 3 méteres intervalluma a szintszámmal korrelál. A *3. ábra* alapján az eltérések területi mintázata



3. ábra: Épületek magasságának eltérése az engedélyezett értéktől, telkekre vonatkoztatva (Utasi Z.)



1. ábra Telkek beépítettségének eltérése az engedélyezett értéktől a terület arányában (Utasi Z.)

hasonló a beépítettséghez: negatív értékek (ahol az épületmagasság meghaladja az engedélyezettet – folyamatos kitöltés jelzi) főként a történelmi belvároshoz közeli, de már a műemléki övezeten kívüli térségében fordul elő, míg a kertes, illetve nagyvárosias övezetben alatta marad (sraffozott). A telkek szerinti megoszlásnál (*4. ábra*) látható, hogy az épületek döntő többségének magassága nem haladja meg az engedélyezett értéket, de ahhoz közeli, azaz a beépítés során igyekeztek a lehetőségeket maximálisan kihasználni.

Összegzés

Az integrált települési kataszter alkalmazása nagymértékben megkönnyíti a terepülésrendezési tervek készítésének folyamatát. Az aktuális állapot számszerűsítése, térbeli és statisztikai analízise jó kiindulási pontot jelent, az automatizált megoldásokkal könnyen meghatározható, hogy aktuális állapotnak mennyiben felelnek meg a tervezett előírások, s amennyiben jelentős az eltérés, lehetőség van még a rendelkezések elfogadása és hatálybalélése előtt a paraméterek korrigálására. Mint a bemutatott elemzésekből is kitűnik, Eger esetében elég jelentős és releváns ez az eltérés, főként a már kialakult beépítésű területeken, így adódik a felvetés, hogy ezen számításokat alapul véve az építési szabályzatban megfogalmazott kritériumokat a valóságos állapothoz lehetne igazítani.

Felhasznát irodalom

Apagyi G. – Mihály Sz. (2005): A magyarországi kataszter jelene és fejlesztési irányai. http://www.foldhivatal.hu/content/view/150/102/

FÖMI: DTA10 V3 Objektum-attribútum katalógus és adatfeltöltési utasítás (Verzió: 20100701)

Utasi Z. (2017): Az egységes szemlélet felé: az alaptérképek integrálásának elvi és gyakorlati problémái. In.: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII. (szerk.: Balázs B.), Debrecen Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 393–399.

Internet1 – E-ingatlan-nyilvántartás: http://uj.lechnerkozpont.hu/oldal/e-ingatlan-nyilvantartas (2022.09.30.)

Internet2 – E-Közmű: http://uj.lechnerkozpont.hu/oldal/e-kozmu (2022.09.30.)

Internet3 – OTÉK: https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700253.kor (2022.09.30.)

Internet4 – Innorégió Területi döntéstámogató rendszer (IDS): http://innoregio.uni-eszterhazy.hu/hu/projektek/innoregio-teruleti-dontestamogato-rendszer-ids--132 (2022.09.30.)

Osztályozási módszerek és új megoldások teljesítményének és pontosságának összehasonlítása UAV-alapú, közel valós idejű adatfeldolgozás céljából

Varga Zsófia[1] – Vörös Fanni[2] – Pál Márton[3] – Kovács Béla[4] – Jung András[5] – Elek István[6]

[1] egyetemi tanársegéd, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, vargazs@inf.elte.hu
[2] PhD hallgató, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, vorosfanni@map.elte.hu
[3] PhD hallgató, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, pal.marton@inf.elte.hu
[4] egyetemi adjunktus, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, climbela@map.elte.hu
[5] habl. egyetemi docens, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, jung@inf.elte.hu
[6] habl. egyetemi docens, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, elek@map.elte.hu

Abstract: The development of remote sensing sensors carried on UAVs is bringing their integration into automated systems to the fore. For this purpose, the primary task is to achieve real-time data processing. However, the increasing sensor resolution, fast data recording and the simultaneous inclusion of more sensors in the tests, generating an ever-increasing amount of data, also challenge the speed of data processing. In our study, we intended to investigate how the running time and accuracy of commonly used image classification algorithms evolve using Altum Micasense multispectral and thermal data with GSD=2cm spatial resolution. The running times were examined for two PC configurations, with 4GB and 8GB DRAM capacity, as these parameters are closer to the memory of NRT microcomputers. During the accuracy assessment we compared the accuracy %, the Kappa index value and the area ratio of correct pixels.

Bevezetés

Napjainkban a drónokon hordozható távérzékelési szenzorok óriási fejlődése (Fan et al. 2020) lehetővé tette a cm-es vagy annál kisebb térbeli felbontású felvételezést, ami akár a precíziós gazdálkodással kapcsolatos kutatási területeket (Tsouros et al. 2019; Liu et al. 2021; Jung et al. 2022; Willkomm et al. 2016), például a növényvédelmet és a tápanyagellátást segítheti, de az Ipar 4.0 fejlesztésekben (Gómez-Candón et al. 2014; Hognogi et al. 2021; Chen et al. 2021; Balázsik – Tóth 2019), például az önvezető technológiában is szerepet kaphat. Ezek a kutatási fejlesztések egyre inkább valós idejű adatfeldolgozást igényelnek, mely lehetővé teszi ezek integrálását az automatizált megoldások fejlesztésébe (Fanta-Jende et al. 2020; Luo et al. 2019; Ampatzidis et al. 2020).

Jellemző lehet azonban ezekre a képekre, hogy ha ortorektifikált, többcsatornás képként dolgozunk velük, akkor oly mértékben megnövekedett adatmennyiséggel

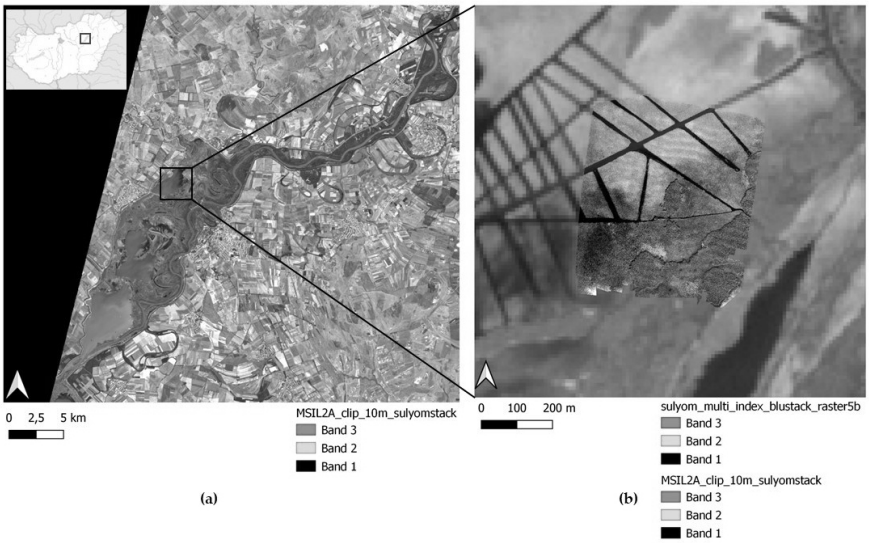
találkozhatunk, mely könnyen elérheti az 5-10 GB-os méretet egyetlen fájl esetében. Ez kihívást jelent a képfeldolgozás oldaláról, különösen, ha végül mindezt közel valós időben szeretnénk elvégezni.

Emiatt elsősorban a képosztályozó algoritmusokat szerettük volna megvizsgálni, összehasonlítva, hogy melyek azok, amelyek nagyobb pontosságot érnek el, és egyúttal kisebb futási idővel működtethetők. A leggyakrabban használt képosztályozó algoritmusok mellett két másik irányt is megvizsgáltunk, az egyik a főkomponens-elemzés (PCA), a másik pedig az egyedi döntési szabályokon alapuló képosztályozás.

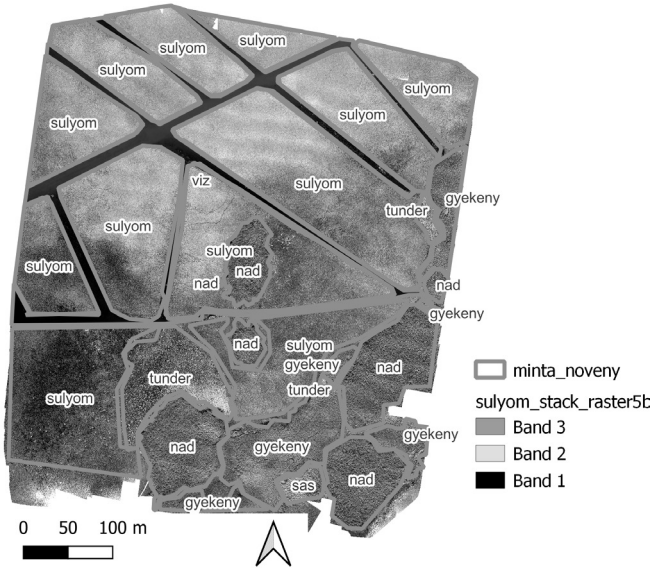
Anyag és módszer

A vizsgált terület

A terepi vizsgálatot 2021. 09. 08-án végeztük egy DJI Matrice 210 V2 RTK drónnal, amely egy Micasense Altum 6 csatornás multispektrális kamerával volt felszerelve. A teljes felmért 25,5 ha, a Tisza-tó egyik sporthorgász területe volt (centroid koordinátái: Lat=N47.659, Lon=E20.717, EPSG=4326)(*1. ábra*), amelyet három akkumulátorcserével (DJI TB55 akkumulátor: 7660mAh/db, párban használva egy repüléshez) felvételeztük. A repülést 70 méteres magasságban végeztük, amivel a kapott kép 'Ground Sampling Distance' (GSD) értéke elérte a 2 cm-es felbontást, mely szintén kutatási célunk volt.



1. ábra Tisza-tavi vizsgálati terület, Magyarország: (a) Sentinel MSIL2A műholdkép valódi színkompozitja az előfeldolgozás után; (b) Micasense Altum 5 sávos ortofotójának valódi színkompozitja az előfeldolgozás után



2. ábra Referencia növényborítás képe a terepi bejárás alapján

A feldolgozás munkafolyamata és a vizsgált algoritmusok

A felvett UAV-felvételeket a Pix4D szoftver segítségével radiometrikusan kalibráltuk és ortorektifikáltuk. Ezután a QGIS SCP plugin (Congedo 2021) segítségével többcsatornás képeket készítettünk több változatban, egy 4 csatornás (RGB+NIR, 6 GB méretű), egy 5 csatornás (RGB+RedEdge+NIR, 8 GB méretű) és egy 6 csatornás (5 csatorna+termális, 10 GB méretű) változatot.

Mindhárom esetében a következő három leggyakrabban használt algoritmust futtattuk le az ellenőrzött képosztályozáshoz: Minimum Distance (MD) – minimális távolság, Maximum Likelihood (ML) – maximális hasonlóság, Spectral Angle Mapper (SAM) – spektrális szög, majd megvizsgáltuk ezek pontosságát a terepi felmérésből származó referencia növénytakaróhoz viszonyítva (*2. ábra*). Mivel a 4 és 5 csatornás verziók között nem volt jelentős időbeli különbség (míg a 6 csatornás verzió esetében drasztikus időnövekedés volt tapasztalható), jelen tanulmányban az 5 csatornás képek eredményeire összpontosítunk a továbbiakban.

A betanítás során alkalmazott növényborítási osztályok az alábbiak szerint alakultak: 1. osztály – sulyom (*Trapa natans*), 2. osztály – nád (*Phragmites australis*), 3. osztály – gyékény (*Typha angustifolia*), 4. osztály – víz felszín, 5. osztály – tündérrózsa (*Nymphaea alba*) és a 6. osztály – sás (*Carex acutiformis*). Az ellenőrzött osztályozás betanítása során ezen referenciaréteg 60% használtuk validációként.

Az ellenőrzött képosztályozás mellett a nem felügyelt klaszterezést (ISODATA módszerrel) és a Random Forest osztályozást is elvégeztük. Mivel ezek futtatása lényegesen hosszabb időt vett igénybe, és kevésbé bizonyultak pontosnak, mint az ellenőrzött osztályozás eredményei, ezért pontossági eredményeiket nem, csak futtatási idejüket mutatjuk be.

A három algoritmus eredményeit pontossági értékeléssel hasonlítottuk össze, megvizsgálva a teljes modell pontosságot %-ban, illetve a Kappa index értékeit. Emellett a helyes és helytelen pixelek térbeli alakulását keresztosztályozással vizsgáltuk.

A területen domináns növénye a sulyom, emellett nagyobb foltokban nád és gyékény található, így viszonylag kis területet tudtunk használni a sás és a tündérrózsa betanítására. A tündérrózsa esetében jellemző, hogy elszórtan találjuk. Ezt nehéz kezelni a betanítás során, emiatt a tündérrózsa (5. osztály) esetében két nagyobb "foltot" használtunk, a sás esetében pedig csak egyet (6. osztály).

A fentiek mellett azt is megvizsgáltuk, hogy a két kisebb osztály kizárása az elemzésből növeli-e a pontosságot a négy fő osztály esetében.

Mivel a PCA elemzés mind a terepi spektroradiométeres, mind a hiperspektrális adatok feldolgozásánál általánosan használt megoldás (Agarwal et al. 2007; Licciardi et al. 2012; Uddin et al. 2021), ezért ezen képeken is megvizsgáltuk ennek eredményeit, mivel ebben az esetben a térbeli felbontás miatt szintén nagyobb adatmennyiséggel dolgozunk. Ennek vizuális kiértékelésnek eredményei a 2., 3., 4. és 5. osztály referenciaadataival mutattak korrelációt, így ezen eredmények pontossági ellenőrzését is bemutatjuk.

A tündérrózsa (5. osztály) korábban említett tulajdonságai miatt más módszereket keresve vizsgáltuk, hogy mely esetben növelhető ennek az osztálynak az előre jelezhetősége. A nagy adatmennyiségek feldolgozása során egy új megoldás a különböző tulajdonságok összekapcsolásán alapuló objektum-orientált elemzések lehetőségei (Elek et al. 2021; Mittal et al. 2022; Śledziowski et al. 2022), de több más tanulmány (Wang et al. 2021; Fekete et al. 2021; Zawieska et al. 2016; Bou et al., 2010; Patel – Prajapa 2018) is foglalkozott egyedi megoldásokkal, illetve az úgynevezett osztályozási döntési fára épülő elemzésekkel (CTA). Ezek a megoldások különösen Python környezetben, így a QGIS-ben is könnyen fejleszthetők, a NumPy "where array" szintaxisának megfelelően, de a Scikit-learn környezetbe is bármikor integrálhatóak (a fentiek mellett a Random Forest osztályozás is ezen elven alapul). Így az első 5 osztály tulajdonságai alapján egy egyedi döntési struktúrát alakítottunk ki. Ennek során a szabályrendszer fejlesztésébe beépítettük a termális tulajdonságokat, az NDVI jellemzőket, valamint néhány egysávos reflektancia réteget és a PCA analízis egyes szintjeinek eredményét. Az elemzést a QGIS SCP plugin moduljának 'Decision Rules' menüjében futtattuk, Python operátorok segítségével. Ezután teszteltük a kapott eredmények pontosságát, és azt, hogy ezzel a megoldással növelhető-e a helyes pixelek aránya a tündérrózsa esetében.

Minden osztályozási futtatást 2 gépen párhuzamosan végeztünk, a futási időre vonatkozó adatokat gyűjtve. A két használt konfiguráció elsősorban a DRAM-memóriában különbözött, az egyik esetben 4 GB, a másikban 8 GB volt (az I5 CPU kapacitás, a Win10 operációs rendszer és a használt QGIS szoftver 3.22-es verziója megegyezett). Ezek a paraméterek jellemzik a legtöbb felhasználók által használt mikro- és miniszámítógépek memóriáját (különösen Közép-Európában). Például a

Raspberry Pi 4 mikroszámítógépek 2, 4 vagy 8 GB RAM-mal kaphatók, de az ipari egységekre szintén a 4-8 GB RAM jellemzőbb szélesebb körben, illetve csak újabban kezdik meghaladni ezen paramétert. A GIS szoftverek követelményei ettől némileg eltérhetnek, a Python 3.9-es verziója minimum 4 GB RAM-ot igényel, a QGIS 3.22 vagy 3.24 4-8 GB-ot (a használt pluginoktól függően), míg az ESRI ArcGIS Pro 3.0 legalább 8 GB-ot, de inkább 16 GB-ot vagy ennél nagyobbat ajánl.

Eredmények

Futtatási idők eredményei

Az *1. táblázat* a tanulmányban használt algoritmusok futási idejét mutatja. Minden esetben csak az adott algoritmus futási idejét láthatjuk, ugyanannak az ortorektifikált, 5 csatornás képnek a megfelelő beállításai után.

A leggyorsabb futási időt a "döntési fa", majd az ellenőrzött osztályozások mutatták. Bár ez utóbbi lépés megköveteli a gyakorlóterületek előkészítését (ami növeli a teljes futási időt, különösen a spektrális adatgyűjtés esetén), azonban ha ugyanazt a területet szeretnénk automatikusan, ugyanazon érzékelővel többször is osztályozni, ezt a lépést is csak az első alkalommal kell elvégezni. Az eredmények szerint a Random Forest és a klaszterezési megoldások jelenleg túl hosszú futási időt igényelnek a valós idejű adatfeldolgozáshoz.

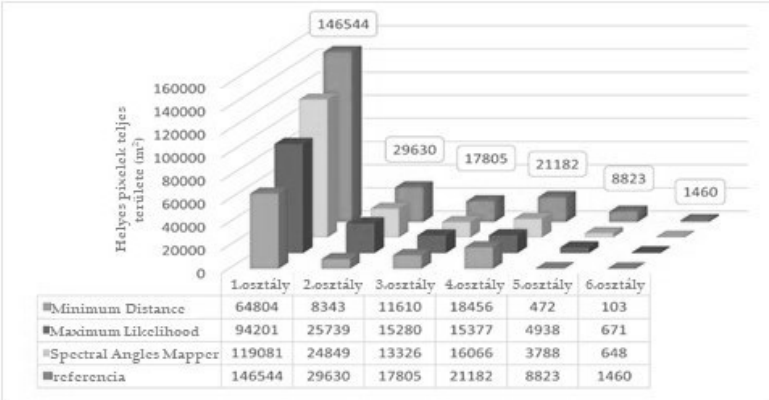
Pontossági elemzések eredményei

Először az osztályozott képek térbeli pontosságát vizsgáltuk meg keresztosztályozással, amelyből a helyes pixelek osztályonkénti térbeli összegét a *3. ábra* mutatja.

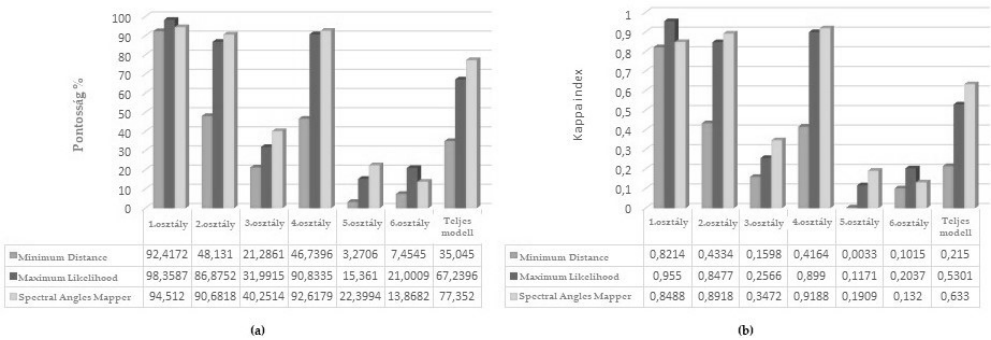
Összességében a három algoritmus közül a SAM algoritmus arányosan nagyobb pontossággal tudta elvégezni az osztályozást. A dominánsabb vegetációs

1.táblázat A különböző osztályozási algoritmusok futtatási idejének (h) eredményei két eltérő DRAM konfiguráció esetén ugyanazon adatok felhasználása mellett

Osztályozási megoldás		**8GB DRAM**	**4GB DRAM**
		futtatási idő (h)	
nem ellenőrzött képosztályozás	klaszterezés (ISODATA)	**9,7**	**>24h**
gépi tanulás	Random Forest	**7,4**	**>24h**
ellenőrzött képosztályozás	Minimum Distance	**1,2**	**6,5**
	Maximum Likelihood	**1,2**	**6,5**
	Spectral Angle Mapper	**1,2**	**6,5**
	PCA	**3,5**	**8,5**
	Döntési fa	**0,5**	**2**



3. ábra A teljes referenciaterülettel vizsgált helyes, illetve helytelen pixelek területi összegének m²-ben vizsgált eredményei

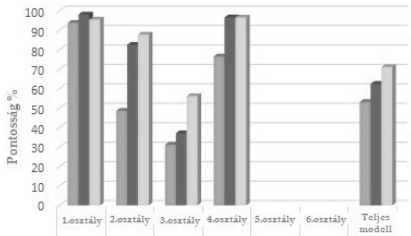


4. ábra a) Az osztályozó algoritmusok pontossági %-a osztályok szerint bontásban, illetve a teljes modellre vizsgálva; b) az osztályozó algoritmusok Kappa-index eredményei az osztályok és a teljes modell esetén

osztályok (1., 2., 3. osztály) esetében a SAM és a ML algoritmusok jelentősen jobban teljesítettek. Az 1. osztály esetében a különbség a sulyom sűrűségének változásával magyarázható, így a víz pixelek számának növekedése az algoritmusok hibájának növekedéséhez vezet. Másrészt megfigyelhető, hogy míg a növénytakaró osztályok esetében a MD függvény alapvetően elmarad a másik két algoritmus pontosságától, addig a vízfelület esetében a legnagyobb térbeli pontosság jellemzi. Ezért a jövőbeni vízfelület-elemzések során ajánlott ezt az algoritmust használni.

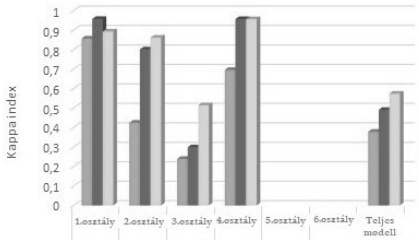
A pontossági értékelés eredményeit a *4. ábra* mutatja. Ezen látható, hogy a betanítási folyamat során képzett spektrális osztályaink (validáció) milyen pontosan tudták megbecsülni a többi pixel helyes osztályát (verifikáció), azaz az osztályozási eredményeket az eredeti referenciaréteggel (*2. ábra*) vetettük össze.

Látható, hogy a fő osztályok (1, 2, 4) esetében a ML és SAM modellünk megbízható pontossággal viselkedik (a Kappa index kiváló, 0,75 feletti eredményt mutat), míg a 3, 5, 6 osztályok esetében a modell általános pontossága nem kielégítő.



	1.osztály	2.osztály	3.osztály	4.osztály	5.osztály	6.osztály	Teljes modell
Minimum Distance	93,8024	48,6201	31,2033	76,5427			53,159
Maximum Likelihood	98,1468	82,5306	37,0851	96,6376			62,4957
Spectral Angles Mapper	95,5012	87,8009	56,1712	96,5381			71,1197

(a)



	1.osztály	2.osztály	3.osztály	4.osztály	5.osztály	6.osztály	Teljes modell
Minimum Distance	0,8568	0,4248	0,2386	0,6955			0,3781
Maximum Likelihood	0,9575	0,8012	0,2987	0,9573			0,4905
Spectral Angles Mapper	0,8934	0,8617	0,5144	0,9564			0,5738

(b)

5.ábra a) Az osztályozó algoritmusok pontossági %-a az osztályok szerint bontásban, illetve a teljes modellre vizsgálva (4 osztály esetén); b) az osztályozó algoritmusok Kappa-index eredményei az osztályok és a teljes modellesetén (4 osztály mellett)

Ezt valószínűleg nem a vizsgált területek mérete okozza, hanem ezek spektrális értékei nagyon hasonlóak voltak az 1. és 2. osztályhoz (különösen a 2. osztály (nád) esetében feltételezhető, hogy a belső területet vegyes növényzet borítja), ami megnehezítette a pontos előrejelzést. A tündérrózsa (5. osztály) esetében pedig a korábban említett növényi jellemzők szintén megnehezítik a betanítást. A teljes modell esetében jó Kappa index eredményeket láthatunk, amelyek közül a ML és a SAM algoritmus adta a legmagasabb pontosságot.

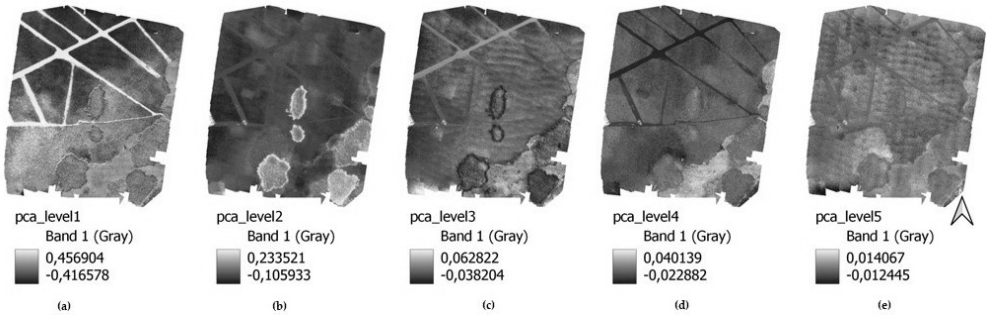
Ezért megvizsgáltuk, hogy javítja-e ezen eredményeinket, ha az 5. és 6. osztályt kivesszük a tesztből (*5. ábra*).

A 2. osztály kivételével a pontosság mindhárom másik osztály esetén nőtt. Nem vártunk javulást a teljes modellre vonatkozóan, mivel ebben az esetben, ugyanazt a referenciát használva, a hiányzó osztályok rontják az általános pontosságot.

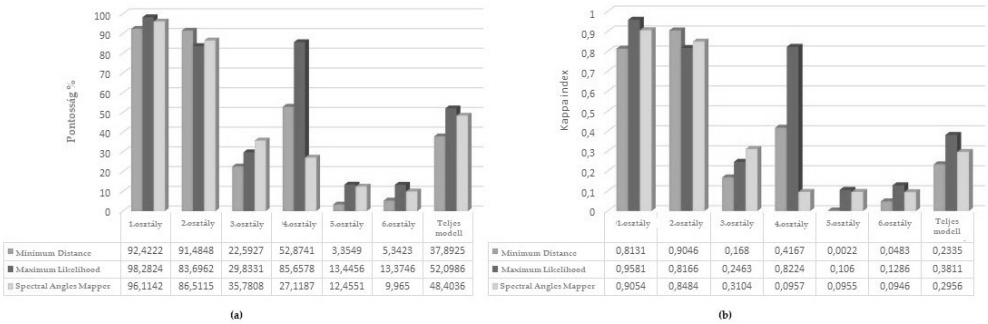
Összefoglalva azonban elmondható, hogy az olyan vizsgálatok esetében, ahol az elemzés egy osztályra összpontosít, előnyösebb, ha minél kevesebb más osztályt vonunk be a betanítás folyamatába, így növelve a fókuszált paraméter pontosságát. Másrészt elmondható, ha a növénytakarót elemezzük, a SAM algoritmus adja a legpontosabb eredményeket a multispektrális UAV-felvételek esetén.

A főkomponens-elemzés (PCA) eredményei

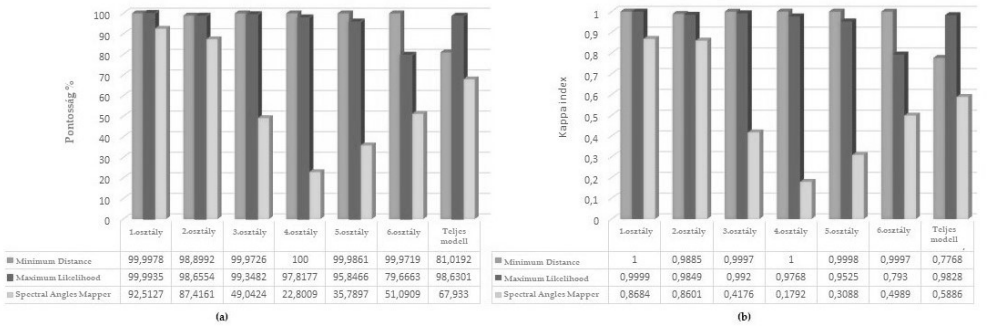
A PCA elemzés nagyobb mennyiségű adat elemzésének megkönnyítésére használható. Az eredmények vizuális kiértékelése során megmutatkoztak a tanulmányban vizsgált osztályok (*6. ábra*). Az *a)* ábrán az intenzív sárga szín a vízfelszínt (4. osztály), míg a sötétkék a sulyom sűrű borítását (1. osztály) mutatja. Így a későbbiekben a vízfelszínt borító vízi növényzet sűrűségének vizsgálatához is segítséget nyújthat. A *b)* ábrán az intenzív sárga a 2. osztálynak (nád) felel meg; a *c)* ábrán a sötétkék a nádast, míg a sárga a gyékényt (3. osztály) mutatja. Ez utóbbi a *d)* képen még intenzívebben megjelenik. Az *e)* többnyire már nem használatos, bár a legintenzívebb sárga (a kép első harmadának közepén) a tündérrózsa fő területének felel meg.



6. ábra A PCA-elemzés eredményeinek képei: (a) PCA 1.szint. (b) PCA 2.szint. (c) PCA 3.szint. (d) PCA 4.szint. (e) PCA 5.szint



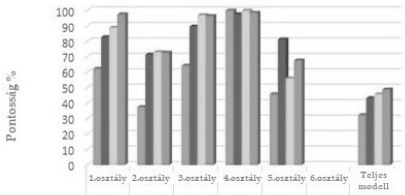
7. ábra a) A PCA-elemzés és a referenciaréteg általános pontossága (%); b) A PCA-elemzés és a referenciaréteg Kappa-indexének eredményei.



8. ábra a) A PCA és az UAV "eredeti" osztályozásának általános pontossága %; b) A PCA és az UAV "eredeti" osztályozásának Kappa indexei

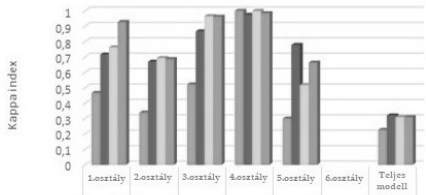
Ezen tapasztalatok ismeretében szintén lefuttattuk a korábban tesztelt ellenőrzött képosztályozási algoritmusokat (e rétegek összefűzése után), és a pontossági elemzés során összehasonlítottuk a referenciával (*7. ábra*) és az UAV "eredeti" osztályozási eredményeivel (*8. ábra*).

Az eredményeken látható, hogy a SAM algoritmus pontossága jelentősen romlott, de a MD a 6. osztály kivételével minden osztály esetében javult (pl. a 2.



	1.osztály	2.osztály	3.osztály	4.osztály	5.osztály	6.osztály	Teljes modell
UAV Minimum Distance	62,3263	37,5318	64,3126	100	45,8611		32,3227
UAV Maximum Likelihood	82,7319	71,432	89,6304	97,5421	81,2308		43,2347
UAV Spectral Angles Mapper	88,8729	73,1161	97,0731	99,9603	56,0674		45,7835
referencia	97,5025	72,6643	96,4486	98,5213	67,7069		48,9055

(a)



	1.osztály	2.osztály	3.osztály	4.osztály	5.osztály	6.osztály	Teljes modell
UAV Minimum Distance	0,4667	0,3389	0,522	1	0,3		0,2265
UAV Maximum Likelihood	0,7157	0,6692	0,8666	0,9735	0,7781		0,3205
UAV Spectral Angles Mapper	0,7625	0,6932	0,9654	0,9996	0,5184		0,3103
referencia	0,9275	0,6857	0,9614	0,9838	0,6637		0,3094

(b)

9. ábra a) A tündérrózsára vonatkozó döntési fa pontossági értékelésének (%) eredményei; b) A tündérrózsára vonatkozó döntési szabályok Kappa indexének eredményei.

osztály esetében 48%-ról 91%-ra). A legnagyobb pontosságot a ML érte el. Az előző képosztályozás osztályeredményeihez képest a pontosság ugyanolyan vagy kissé alacsonyabb volt. A legdominánsabb 1. osztály esetében mind a ML, mind a SAM pontossága minimálisan javult, míg a modell teljes pontossága csökkent.

Ha az eredeti osztályozási eredményeket vesszük alapul a pontossági elemzéshez, akkor a MD és a ML esetében nagyon magas pontosságot láthatunk. A modell teljes pontossága esetében is a legmagasabb értékeket kaptuk.

A döntési fa eredményei

A leggyorsabb futási idő mellett a módszer nagy előnye, hogy egyszerre sok különböző paramétert tesztelhetünk vele. Ahogy növeljük a paraméterek számát, úgy kapunk egyre pontosabb előrejelzési megoldást.

A futtatások során érdemes figyelni az elemzés fókuszára, és a szabályok sorrendjét ennek megfelelően változtathatjuk. Ha például a tündérrózsát szeretnénk közelebbről megvizsgálni, akkor az első 5 osztályra vonatkozó szabálykészletünk sorrendjének megváltoztatásával javíthatjuk az eredményeket. Ha ezt a szabályt az 5. helyen vizsgáltuk, akkor 863,34 m^2-t, míg a 3. helyen 876 m^2-t, az 1. helyen pedig 915,75 m^2-t válogatott le. Ez utóbbit használtuk a pontossági elemzés elvégzésére, mind az osztályozott UAV-képekkel, mind a referenciaréteggel szemben (*9. ábra*).

Ha ezeket az eredményeket összehasonlítjuk az eredeti ellenőrzött képosztályozás (*4. ábra*) pontosságával, akkor szinte minden osztály esetében ugyanolyan jó vagy jobb eredményeket kaptunk (kivéve a 2. osztály (nád) esetén). Ennek oka az lehet, hogy a valóságban a poligonnal kialakított tanítóterület (illetve referencia) azt feltételezi, hogy a nádas teljesen kitölti ezen térrészt, míg a valóságban valószínűbb, hogy a nádas belső részeit vegyes növényzet borítja. A döntési szabályrendszer valószínűleg reálisabban képes elkülöníteni, mint a poligon-alapú felügyelt osztályozási módszerek.

Általánosságban elmondható, hogy az 1., 3., 4. osztályok teljes pontossága (%-ban) és a Kappa index értéke jó előrejelzési megbízhatóságot mutatnak, különösen a referenciaréteghez viszonyítva. Az 5. osztály esetében, míg a legpontosabb eredményt

korábban ebben az osztályban a SAM algoritmus érte el a referenciával szemben (teljes pontosság 22,4% volt), ugyanez az érték most 67,7%-ra nőtt.

A teljes modell esetében azonban nem látjuk az egyes osztályokra jellemző magas értékeket. Eredményeinkből levezetve ez a 6. osztály hiányának és annak köszönhető, hogy ebben az esetben kaptuk a legtöbb egyik osztályba sem sorolt képpontot. Ha a pixelek nem felelnek meg egyik szabálynak sem, akkor egy külön osztályban maradnak, amelyet tovább lehet vizsgálni, vagy további szabályok kidolgozásához lehet felhasználni. Például jelen tanulmányban, ahol a sulyom (1. osztály) ritkult, ezek a pixelek az osztályozás után nem kerültek az 1. osztályba. A jövőben tehát ezt a módszert használhatjuk a növénytakaró sűrűségének könnyebb feltérképezésére. De a vízfelszínen lévő növénytakaró is külön vizsgálható (jelen futtatáskor is leválogatásra került), és nyomon követhető lesz annak időbeli változása.

A valós idejű képfeldolgozás szempontjából ezen módszer másik nagy előnye, hogy egyszerű rétegek felhasználásával lehet komplex szabályrendszert kidolgozni (például a többi elemzésben használt 8 GB-os 5 csatornás képpel szemben az „egyszerű" rétegek esetében 1 GB alatti (NDVI, termális csatorna) vagy 1-2 GB közötti fájlméretű (vörös, zöld, NIR, PCA) rétegekre dolgoztuk ki jelen szabályokat. Ez utóbbi magyarázhatja a drasztikusan alacsonyabb futási időt is, miközben láthattuk, hogy a pontosság nem feltétlenül romlott.

Következtetések

Eredményeink alapján, a cm-es pontosságú UAV-képalkotás elérésével fel kell készülnünk a gyorsan növekvő adatmennyiségre. Informatikai oldalról ez a növekvő futási időn keresztül érzékelhető. Ezért a képosztályozó algoritmusokat kívántuk értékelni, amelyek közül a felügyelt osztályozásban a SAM algoritmus bizonyult a legpontosabbnak a multispektrális adatfeldolgozás során. Mivel azonban a PCA analízis (különösen a vizuális kiértékelés után) meglepően jól feltérképezte a számunkra legérdekesebb felszínborítási osztályokat, a jövőben szeretnénk ezt a módszert még pontosabban és több paraméterrel tovább vizsgálni. Így elmondható, hogy a PCA-elemzés segítheti a jövőben az UAV-képfeldolgozást, futási ideje valamivel ugyan magasabb, mint a felügyelt osztályozásoké, de segíthet más összetett modellalkotási folyamatot (pl. a növénytakaró sűrűségének változásait), és az egyszerűsített adathalmaz miatt az erre épülő egyéb algoritmusok gyorsabbakká válnak egyúttal. Eredményeink szerint a PCA eredményeken alapuló osztályozásokhoz a MD és a ML algoritmusok ajánlottak.

Emellett szeretnénk tovább vizsgálni a döntési szabályok Python-alapú megoldásait is, bevonva ezeket egy sokoldalúbb modellalkotási folyamatba (pl. a növénytakaró sűrűségében bekövetkező változások feltérképezésébe, vízfelszín változásai). A rövid futási idő, a jó osztályszintű általános pontosság és az egyszerű GIS-be vagy más rendszerekbe való integrációja nagyban segítheti a jövőbeli, valós idejű fejlesztéseket.

Összességében a szenzoradatok növekvő száma már olyan – elsősorban időbeli – adatfeldolgozási nehézségeket vetnek fel, amelyek nem igazán teszik lehetővé a közel valós idejű rendszerekhez való kapcsolódást (miközben ez egyre inkább elvárás). Ráadásul az ilyen adatfeldolgozás csak kalibrálás, ortorektifikálás és egyéb előfeldolgozási megoldások után indítható el, amelyből az ortorektifikálás hasonló gépkonfigurációk esetén 12–24h-t vesz igénybe. Természetesen felhő alapú gyors adatátvitellel vagy nagyobb memóriakapacitással, illetve kisebb területi egységekre bontott elemzéssel gyorsítható. Így nagyobb figyelmet kellene fordítani olyan módszerek (pl. PCA, döntési szabályok) további kutatására, amelyek egyszerűbb adatreprezentációjuk révén gyorsabb futási időt érnek el kellő pontossággal.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a Tisza-tó Sporthorgász Egyesületnek, hogy lehetővé tette számunkra a terület UAV-val történő felmérését, és segítséget nyújtott a növénytakaró referenciák összeállításában.

A projektet a TKP2021-NVA-29 támogatta, amely az Innovációs és Technológiai Minisztérium által a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból, a TKP2021-NVA támogatási program keretében finanszírozott támogatással valósult meg.

Felhasznált irodalom

Agarwal A. – El-Ghazawi T. – El-Askary H. – Le-Moigne J. (2007): Efficient Hierarchical-PCA Dimension Reduction for Hyperspectral Imagery. IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology, pp. 353–356. https://doi.org/10.1109/ISSPIT.2007.4458191

Ampatzidis Y. – Partel V. – Costa L. (2020): Agroview: Cloud-based application to process, analyze and visualize UAV-collected data for precision agriculture applications utilizing artificial intelligence. Computers and Electronics in Agriculture, 174, 105457. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105457

Balázsik V. – Tóth Z. (2019): Az UAV technológia pontossági kérdései. Drón Felhasználói Fórum, Budapest. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33934.92481

Bou Kheir R. – Bøcher P. K. – Greve M. B. – Greve M. H. (2010): The application of GIS based decision-tree models for generating the spatial distribution of hydromorphic organic landscapes in relation to digital terrain data. Hydrology and Earth System Sciences, 14, pp. 847–857. https://doi.org/10.5194/hess-14-847-2010

Chen K. – Reichard G. – Akanmu A. – Xu X. (2021): Geo-registering UAV-captured close-range images to GIS-based spatial model for building façade inspections. Automation in Construction, 122, 103503. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103503

Congedo L. (2021): Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. Journal of Open Source Software, 6(64), 3172. https://doi.org/10.21105/joss.03172

Elek I. – Cserép M. (2021): Processing Drone Images with the Open Source Giwer Software Package. Proceedings of the Future Technologies, Lecture notes in networks and systems, 359(2), pp. 201–209. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89880-9_15

Fan B. – Li Y. – Zhang R. – Fu Q. (2020): Review on the Technological Development and Application of UAV Systems. Chinese Journals of Electronics, 29, pp. 199–207. https://doi.org/10.1049/cje.2019.12.006

Fanta-Jende P. – Steininger D. – Bruckmüller F. – Sulzbachner C. (2020): A versatile UAV near real-time mapping solution for disaster response – concept, ideas and implementation. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIII-B1-2020, pp. 429–435. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2020-429-2020

Fekete A. – Cserép M. (2021): Tree segmentation and change detection of large urban areas based on airborne LiDAR. Computers & Geosciences, 156(6), 104900. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2021.104900

Gómez-Candón D. – De Castro A.I. – López-Granados F. (2014): Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for precision agriculture purposes in wheat. Precision Agriculture, 15, pp. 44–56. https://doi.org/10.1007/s11119-013-9335-4

Hognogi G.G. – Pop A.M. – Marian-Potra A.C. – Someşfălean, T. (2021): The Role of UAS–GIS in Digital Era Governance. A Systematic Literature Review. Sustainability, 13, 11097. https://doi.org/10.3390/su131911097

Jung A. – Vohland M. (2022): Hyperspectral Remote Sensing and Field Spectroscopy: Applications in Agroecology and Organic Farming. In De Marchi et al (szerk.) Drones and Geographical Information Technologies in Agroecology and Organic Farming Contributions to Technological Sovereignty, 1st ed., pp. 99–121. https://doi.org/10.1201/9780429052842

Licciardi G. – Marpu P.R. – Chanussot J. – Benediktsson J.A. (2012): Linear Versus Nonlinear PCA for the Classification of Hyperspectral Data Based on the Extended Morphological Profiles. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 9(3), pp. 447–451. https://doi.org/10.1109/LGRS.2011.2172185

Liu J. – Xiang J. – Jin Y. – Liu R. – Yan J. – Wang L. (2021): Boost Precision Agriculture with Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing and Edge Intelligence: A Survey. Remote Sensing, 13, 4387. https://doi.org/10.3390/rs13214387

Luo F. – Jiang C. – Yu S. – Wang J. – Li Y. – Ren Y. (2019): Stability of Cloud-Based UAV Systems Supporting Big Data Acquisition and Processing. IEEE Transactions on Cloud Computing, 7(3), pp. 866–877. https://doi.org/10.1109/TCC.2017.2696529

Mittal P. – Sharma A. – Singh R. (2022): On the performance evaluation of object classification models in low altitude aerial data. Journal of Supercomputing, 78, pp. 14548–14570. https://doi.org/10.1007/s11227-022-04469-5

Patel H. H. – Prajapa P. (2018): Study and Analysis of Decision Tree Based Classification Algorithms. International Journal of Computer Applications, 6(10), pp. 74–78. https://doi.org/10.26438/ijcse/v6i10.7478

Śledziowski J. – Terefenko P. – Giza A. – Forczmański P. – Łysko A. – Maćków W. – Stępień G. – Tomczak A. – Kurylczyk A. (2022): Application of Unmanned

Aerial Vehicles and Image Processing Techniques in Monitoring Underwater Coastal Protection Measures. Remote Sensing, 14, 458. https://doi.org/10.3390/rs14030458

Tsouros D.C. – Bibi S. – Sarigiannidis P.G. (2019): A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture. Information, 10, 349. https://doi.org/10.3390/info10110349

Uddin Md. P. – Mamun Md. A. – Afjal M. I. – Hossain A. (2021): Information-theoretic feature selection with segmentation-based folded principal component analysis (PCA) for hyperspectral image classification. International Journal of Remote Sensing, 42(1), pp. 286–321. https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1807650

Wang H. – Duan Y. – Shi Y. – Kato Y. – Ninomiya S. – Guo W. (2021): EasyIDP: A Python Package for Intermediate Data Processing in UAV-Based Plant Phenotyping. Remote Sensing, 13, 2622. https://doi.org/10.3390/rs13132622

Willkomm M. – Bolten A. – Bareth G. (2016): Non-destructive monitoring of rice by hyperspectral in-field spectrometry and UAV-based remote sensing: Case study of field-grown rice in north Rhine-Westphalia, Germany. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B1, pp. 1071–1077. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B1-1071-2016

Zawieska D. – Markiewicz J. – Turek A. – Bakuła K. – Kowalczyk M. – Kurczyński Z. – Ostrowski W. – Podlasiak P. (2016): Multi-criteria GIS analyses with the use of UAVs for the needs of spatial planning. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B1, pp. 1165–1171. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B1-1165-2016

Debrecen felszínmozgásának vizsgálata az országos szintezési hálózat alapján

Varga Zsolt[1] – Czédli Herta[2] – Kézi Csaba Gábor[3]

[1] egyetemi docens PhD, Építőmérnöki Tanszék, Debreceni Egyetem, vzs@eng.unideb.hu
[2] egyetemi docens PhD, Építőmérnöki Tanszék, Debreceni Egyetem, herta.czedli@eng.unideb.hu
[3] egyetemi docens PhD, Műszaki Alaptárgyi Tanszék, Debreceni Egyetem, kezicsaba@eng.unideb.hu

Absztrakt: Debrecen felszínmozgását a rendelkezésre álló szintezési alappontok időbeli magassági változásainak felhasználásával vizsgáltuk. Miután az alappontok Magyarország területét lefedik, így a módszer az egész ország területén alkalmazható, s egyben egy költséghatékony eljárás is, hiszen kiváltja a költséges terepi méréseket. Ezzel a módszerrel a felszínváltozások tendenciája és mértéke is „előre jelezhető", aminek az aktualitását az egyre fokozódó vízkivétel és az egyre csökkenő éves csapadék mennyisége adja. Ezek a tényezők ugyanis jelentősen befolyásolhatják, ezáltal felgyorsíthatják a térség már egyébként is jelentős süllyedését.

Előzmények

Magasságot mérni mindig valamihez viszonyítva tudunk. A viszonyítási alapot az un. alappontok adják, amelyek rendszerbe foglalt, s a szabályzatokban előírt pontossággal, módszerekkel mért és állandósított sokaságát magassági hálózatnak nevezzük. A hálózat legfőbb célja tehát, hogy alappontot biztosítson a további magasságmérésekhez. A magassági hálózatot, vagy más néven szintezési hálózatot az egydimenziós alappontok alkotják. A magyarországi szintezési hálózatot úgy alakították ki, hogy először az elsőrendű (legnagyobb pontosságú) hálózatot határozták meg, majd ebből vezették le az alacsonyabb rendű másod, majd ebből a harmadrendű hálózatot és végül ez utóbbi sűrítése révén a negyedrendű hálózatot hozták létre. Az ötödrendű pontok az előbbi hálózatok valamelyikének felhasználásával kerülnek meghatározásra, mint részletpontok, ezért alappontoknak nem tekinthetők. A szintezési hálózat alappontjait két csoportba soroljuk. Az egész ország területét lefedő első-, másod-, és harmadrendű hálózatokat, felsőrendű (országos) szintezési hálózatnak, míg a negyedrendű hálózatot pedig alsórendű hálózatnak nevezzük.

Magyarországon eddig négy alkalommal hoztak létre szintezési hálózatot. Az első ilyen hálózatot a bécsi Katonai Földrajzi Intézet kezdte mérni, 1872-től az akkori Osztrák-Magyar Monarchia területén. A felmérést katonatisztek irányították, ezért ezt a felmérési munkát I. országos katonai szintezésnek nevezték. Az akkori Magyarország területén 7 főalappontot létesítettek, melyek magasságát az Adriai-tenger középvízszintjéhez képest határozták meg. Ezek közül egy esik az ország jelenlegi területére, mely a Velencei-hegységben lévő Nadap községben található. A nadapi főalappont (ősjegy) ma is az ország összes szintezési hálózatának számítási

kiindulópontja. Az akkori méréseket azonban komoly hibák terhelték az eszközök kezdetleges volta, a pontok bizonytalan állandósítása, valamint a mérések nagy időintervalluma miatt.

A II. országos szintezési hálózatot az első világháborút követően hozták létre. A hálózat kialakítását az indokolta, hogy megváltoztak az államhatárok és az osztrákok a korábbi mérési jegyzőkönyveket nem bocsájtották rendelkezésünkre. Az új hálózat kiépítése Gárdonyi Jenő nevéhez fűződik, így a hálózatot Gárdonyi- hálózatnak is nevezik. A méréshez Oltay Károly által szerkesztett szabatos szintezőműszert és mérőlécet használtak, melyet Süss Nándor gyárában készítettek el. A hálózat teljes kiépülése előtt, kitört a II. világháború. Ekkor a hálózat mintegy 60%-a elpusztult.

A III. országos szintezési hálózat a második világháborút követően 1948 és 1964 között épült ki. A hálózat kiépítésének legfőbb célja az volt, hogy az ország újjáépítéséhez alappontokat biztosítson úgy, hogy minden lakott területen legyen legalább egy szintezési alappont. A hálózat kiépítése Bendefy László nevéhez fűződik, ezért a III. hálózatot Bendefy-hálózatnak is nevezik.

A mérés során mintegy 23500 pontot határoztak meg. Azonban a hálózat teljes kiépítése előtt 1960-ban elrendelték az Adriai alapszintről a Balti alapszintre való áttérést. A rendelet a kelet-európai szocialista országokra, így Magyarországra is vonatkozott. A balti középtengerszintet a Kronstadt szigetén lévő vízmérce szolgáltatta. Az áttérés a gyakorlatban úgy valósult meg, hogy az adriai rendszerű pontok magasságát 0,6747 méterrel csökkentették.

Az 1960–2006 évek között az ország geodéziai alapjainak korszerűsítése keretén belül került sor a (ma is használt) IV. országos szintezési hálózat, az EOMA (Egységes Országos Magassági Alapponthálózat) létrehozására. Az EOMA kiinduló magassága, az időközben létrehozott Nadap II főalappont volt. A munkák során, a korábbi hálózatok kialakításához képest változott a mérésre használt eszközök pontossága, a kiegyenlítés, de alapjaiban nem változott a mérési módszer. Az EOMA hálózata mintegy 90%-ban a Bendefy hálózatéval azonos, így csak 10 %-ban új kiépítésű hálózat. Megjegyzendő, hogy az EOMA II. és III. rendű hálózatát úgy csatlakoztatták az I. rendű hálózathoz, hogy nem vették figyelembe a két mérés között eltelt idő alatt bekövetkezett felszínmozgásokat, azaz, hogy az alappontok a felszínnel együtt változtatják a helyzetüket, melynek értéke, süllyedés esetén –4.4 mm/év, de akár –7,1 mm/év is lehet (Joó 2006).

Az V. magasságmérési kampány az EOMA modernizációja volt, ami csak az ország Keleti részére terjedt ki, ugyanis a teljes országos hálózat újra mérése a 2008-as gazdasági válság miatt abbamaradt, s azóta sem indult újra. Ekkor a magasságmeghatározás nem Nadaphoz történt, hanem 5 főalappont (Baksipart, Börzsöny, Dunakeszi, Szarvaskő és Tokaj) magasságát változatlannak tekintették, s így mint kötött hálózatot egyenlítették ki. A kiegyenlítés eredménye alapján megállapítást nyert, hogy az alföldi területeken, Hajdúböszörményben, Debrecenben és Balmazújvároson az alappontok magassága jelentősen megváltozott, ami 2–3 mm/év süllyedést jelentett (Virág 2016).

Mérések és meghatározások eszköze és módszere

A vizsgálat során (időrendben) a Bendefy hálózat pontjainak magasságait, az EOMA hálózatának pontjait, valamint a KMO mérés pontjait (az EOMA kelet-magyarországi újraméréséből származó magasságokat) vetettük össze egymással. A munkához olyan magassági alappontokat választottunk Debrecen kül- és belterületén egyaránt, amelyek mindhárom mérési kampányban meghatározásra kerültek. Természetesen az összehasonlítás megelőzően (az összehasonlíthatóság biztosítása végett) meg kell vizsgálnunk, hogy az eltérő időszakokban alkalmazott mérési, számítási módszerek és eszközök hibái, esetleg milyen mértékben torzíthatják az összehasonlítás eredményét. Általánosságban kijelenthető, hogy a magassági alappontmeghatározás módszere (szintezés hátra és előre, a szakmai szabályzatoknak megfelelően) az idők során nem változott. A mérésekhez használt eszközök fejlődtek, hiszen manapság a felsőrendű szintezéshez már nem analóg, hanem digitális szintező műszereket használnak.

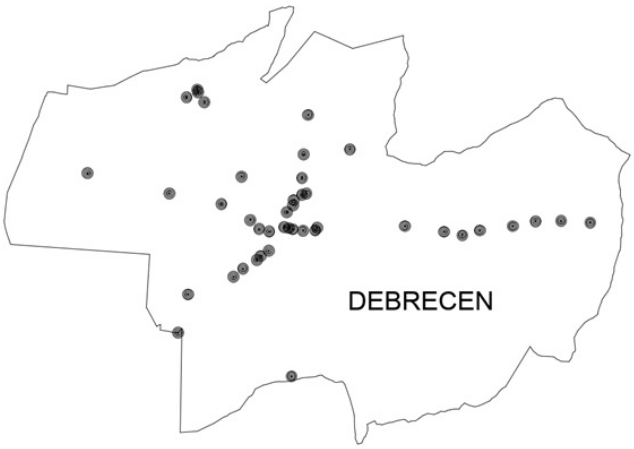
A Bendefy-féle I. rendű hálózat km-es középhibája +/– 0.78 mm, de a IIII. rendűé is csak +/– 1.5 mm, ettől a hálózattól jobb minőségű az EOMA I. rendű hálózata (Joó 2006). A KMO mérés km-es középhibája szintén +/– 1 mm alatti (0.49–0.79 mm). A különböző számítási (kiegyenlítési) módszerek, valamint a nehézségi erőtér változásából adódó eltérések figyelembevételéhez célszerű megállapítanunk egy intervallumot. Ennek meghatározására nagy létesítmények falában elhelyezett falicsapok magasságait használtuk. Ezek a mélyalapozással rendelkező épületek (templomok) vertikális mozgása feltételezhetően elenyésző volt az évek során. Megállapítottuk, hogy a 7 db épületben elhelyezett alappont különböző években történő meghatározásának magasságkülönbsége közel azonos. Az eltérések átlaga (és mediánja egyaránt) 42 mm, ami láthatóan szintén süllyedést mutat. Magyarország területén kb. 13 ezer olyan pont van, amelyek rendelkeznek mind EOMA, mind Bendeffy magassággal, s a pontok kb. 80 %-a esetén az eltérések 0–4 cm közöttiek. A maradék 20 % esetében az eltérések vagy hibás meghatározásból (pl. átépítés) vagy a felszínmozgásból fakadhatnak. Ha ezt az értéket elosztjuk a mérések között eltelt évek számával, úgy 1 mm alatti értéket kapunk.

Ha feltételezzük, hogy magassági elmozdulás (süllyedés) ezeknél az alappontoknál nem történt, úgy azt mondhatjuk, hogy a technológiából adódó eltérések éves sebessége 0–1 mm/év intervallumban helyezkedik el. Amennyiben feltételezzük, hogy ezek az építmények is süllyedtek az évek során (csupán nem olyan jelentős mértékben, mint a vizsgált alappontok) úgy megállapítható, hogy az eltérő technológiák okozta ellentmondások értéke közelít a nullához. Ebből az is következik, hogy előbbi értéktől nagyobb eltérések mind az elmozdulásból adódnak, tehát kijelenthető, hogy sem a különböző mérési számítási módszereknek, sem a különböző eszközök alkalmazásának érdembeli hatása nincs a vizsgálatunkra.

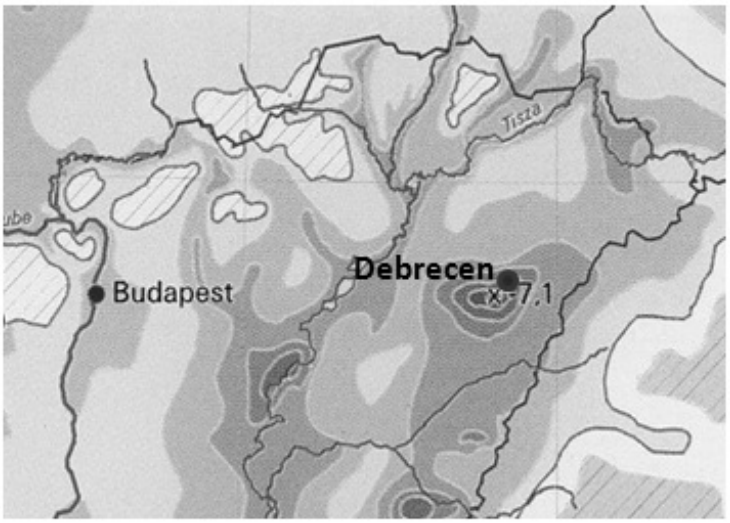
Az elemzés a költséghatékonyságot tartotta szem előtt, ezért a munka során csak meglévő adatbázisokat használtunk. Ennek megfelelően a rendelkezésre álló

felsőrendű szintezések eredményeit vetettük össze egymással. Kiválasztottunk 50 magassági alappontot (*1. ábra*) Debrecenben és környékén, amelyek Bendefy és EOMA, valamint KMO EOMA magassággal (egyrészük) is rendelkeznek. Ebből kiindulva az első és az utolsó mérés között 53 év telt el (1955–2008).

Az elmúlt években különböző eredmények láttak napvilágot Debrecen és környékének felszínmozgása kapcsán. ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszéke szerint a terület 5 mm-t süllyed évente, míg a Geo-Sentinel Kft. műholdradar-interferometria mérései azt mutatják, hogy süllyedés helyett emelkedés detektálható (Internet 1).



1. ábra A vizsgálatban szereplő pontok elhelyezkedése Debrecen közigazgatási területén



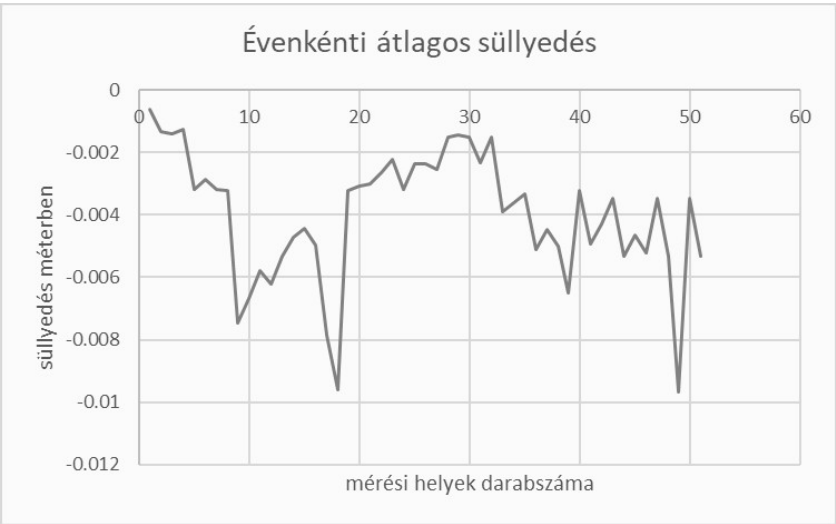
2. ábra Kárpát-régió vertikális kéregmozgásait ábrázoló digitális térkép (adatok mm/évben) (Joó 2003)

A vizsgálat arra keresi a választ, hogy a három mérési kampány (Bendefy, EOMA, KMO) eredményeiből lehet-e a kéreg valós függőleges elmozdulására, illetve annak mértékére, irányára következtetni, illetve az eredmények felhasználásával adható-e „előrejelzés" a jövőbeli változásokra.

Magyarországon az 1990-es évektől folyamatosan tart a felszínmozgások geodéziai vonatkozásaival kapcsolatos információk megismerése, különösen a magassági változások idő- és helyfüggésének vizsgálata (Joó 2006). Egy korábbi radar interferometriás vizsgálat szerint, a felszín süllyedés sebességének a maximuma 1995-1997 között Debrecen egyes területein meghaladta az 10 mm /évet. A jellemző süllyedés nagysága egybevág a Joó féle térképpel (*2. ábra*) (Petrik 2007).

Eredmények

A statisztikai számításaink alapján megállapítható, hogy a vizsgálatban szereplő alappontok süllyednek. A süllyedés közel lineárisnak tekinthető, ugyanis a mérési eredményeket közelítő regressziós egyenesek esetén a korrelációs együttható értéke közel 1 (általában 0,99). Számításainkból az is kiderül, hogy a pontok magasság-változásinak mediánja –3,5 mm, az évenkénti átlagos süllyedési sebesség –3,99 mm. Az elemzéseink rámutatnak arra is, hogy a szórás alacsony (2 mm). A regressziós egyenes egyenletét felhasználva a rendelkezésre álló adatok alapján prognózis adható a jövőre nézve. Összevetve a különböző években történt mérési eredményeket, minden mérési helynél lineáris függvényt kapunk. Ahol a magasság szintén lineárisan változik, mégpedig egy irányban, negatív előjellel, tehát süllyed mindegyik vizsgált pont. Az évenkénti átlagos süllyedés átlagos intervalluma 0–(–5) mm közé tehető (*3. ábra*). Az évenkénti eltérések átlaga pedig –4 mm-re adódott.



3. ábra A vizsgált pontok süllyedésének átlagos sebessége (m/év)

1. táblázat A süllyedés várható mértéke

Pontok száma	Mérés éve 1961	Mérés éve 1982	Mérés éve 2008	Elméleti értékek 2022	Elméleti értékek 2061	Változás 100 évre
1	132.400	132.333	132.232	132.160	132.047	-0.353
2	140.631	140.571	140.484	140.440	140.310	-0.311
3	132.021	131.954	131.863	131.817	131.686	-0335
4	126.676	126.608	126.520	126.473	126.344	-0.332

A magassági alappontjaink elmozdulásának sebessége három csoportba sorolható, átlagosnak tekinthető az elmozdulás, ha a mozgás sebessége 2 mm/év, jelentősebb elmozdulásról beszélünk, ha ez az érték 4.4 mm/év, s extrém az elmozdulás, ha eléri a 7.1 mm/évet. Ha a két mérés között eltelt időben (25 év) végbement magassági változás eléri 10–11 cm-es értéket, úgy az jelentősebb elmozdulásnak tekintendő (Joó 2006). Az eredményeink alapján Debrecen felszínváltozása mind a változás sebességének, mind a mérések között eltelt idő viszonylatában, a süllyedés jelentősnek definiálható. Miután a változások kivétel nélkül lineárisak, így a jövőbeli süllyedésekre elméleti értékek is számíthatók (*1. táblázat*).

A számítás alapján megállapítható, hogy az alappontok változásainak értéke nagyon hasonló, mindössze néhány cm-es eltérést mutat 100 év viszonylatában, tehát a felszín tulajdonképpen „egyenletesen és folyamatosan süllyed".

Összegzés

Bizonyítottuk, hogy sem a különböző mérési számítási módszereknek, sem a különböző eszközök alkalmazásának érdembeli hatása nincs a vizsgálatunkra. A felhasznált alappontok különböző időpontokban mért, adatbázis szerinti magasságai alapján megállapítható, hogy azok magassága az idők során változott. A változás minden pontnál negatív előjelű, tehát egyirányú volt, ami süllyedést jelent. A süllyedés lineáris és egyenletes, melynek sebessége –4 mm/évre adódott. A változás értékének ismeretében a felszínváltozások értéke „előre jelezhető". A vizsgálat az országos nyilvántartás pontjait felhasználva készült, így nem volt szükség költséges terepi meghatározásokra. A bemutatott módszerrel költséghatékonyan megállapíthatók a változások akár az egész ország területére, s így megállapíthatók azok tendenciái és nagyságai, akár jövőre nézve is. Különösen aktuális kérdés ez napjainkban, amikor a vízkivétel egyre fokozódik, a csapadék mennyisége pedig egyre csökken, hiszen ezen tényezők felgyorsíthatják a térség már egyébként is jelentős süllyedését.

Felhasznált irodalom

Joó I. (2003): A Kárpátok-régió jelenkori függőleges irányú mozgásai vizsgálatának eredményei és problémái. Geodézia és kartográfia 5.2003/2 (55. évf. 1–12 szám)

Joó I. (2006): Magyarország felsőrendű magassági alaphálózatának helyzete és jövőbeli szerepe. Geodézia és kartográfia 1.2006/1 (58. évf. 1–12 szám)

Petrik O. (2007): Műholdas radar-interferometria hazai alkalmazása: felszínsüllyedés-vizsgálat Debrecen környékén. Geodézia és kartográfia 8.2007/5 (59. évfolyam 1–12 szám)

Virág G. (2016): Az EOMA I. rendű hálózat régi és új méréseinek feldolgozása és összehasonlítása Magyarország északkeleti részén. Geodézia és kartográfia 1.2016/11-12 (68. évfolyam 1–12 szám)

Internet1 – https://magyarnemzet.hu/lugas-rovat/2021/01/kicsuszik-a-talaj-a-labunk-alol Letöltés ideje:2022 09.

A hullámtéri érdesség változásának vizsgálata a Felső-Tisza Lónya menti szakaszán

Vass Róbert

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

Abstract: In the present study, I determined the changes in vegetation cover and the associated roughness values of the upper Tisza floodplain between the settlements of Lónya and Tiszamogyorós based on aerial photographs taken in 1967 and 2017. The study area lies between 655–650 fkm. It covers an area of 450 hectares, with a width of 1500-2000 m, while the lower part of the area narrows to 550 m. The roughness values for the different cultivations are determined according to the criteria developed by Chow (1959) and Németh (1959). In 1967, long grass grassland and pasture accounted for 56% of the total area, while the very dense forest with the highest roughness value was only 42,1 hectar, less than 10% of the area. The total roughness value is then 25.42. There has been a significant change in the type of cultivation by 2017, with a significant reduction in the area under long grass grass and pasture and an increase in the area under very dense forest. Long grass grassland has decreased to less than 3% of its former size, while the area of very dense forest has increased sevenfold to 290.75 hectar. The total roughness has increased by 250% to 63.24, which contributes significantly to delaying the run-off of flood waters and thus accelerating the accumulation of floodplain runoff.

Bevezetés

A hullámterek kialakítása bő másfél évszázada fejeződött be a Tisza mentén. A beavatkozás következtében a folyó több ezer négyzetkilométeres ártere egy keskeny, pár száz, maximum 2–3 ezer méter szélességű hullámtérre szűkült. Már a hullámterek kialakítása során viták folytak arról, hogy a szűkebb, vagy a tágabb töltéstávolság lesz hosszú távon előnyösebb. Az ármentesítések során Vásárhelyi Pál a szűk, míg Pietro Paleocapa a jóval szélesebb, akár 5 km-es töltéstávolságot javasolt. A munkálatok ebben a tekintetben a jórészt a Vásárhelyi féle elképzelést követték, így alakultak ki a hullámtér mai viszonyai, melyek egyben a nagyvízi medret is kijelölik. A széles hullámtérrel szemben Vásárhelyi fő ellenérve a feliszapolódás volt, ami a Pó folyó mentén napjainkban is megfigyelhető. A feltöltődés gondolata, tehát már annak tényleges bekövetkezte előtt megfogalmazódott a szakemberekben. A jelenség első kvantitatív felmérése az 50-es évek végén történt meg és Károlyi (1960) A *Tisza mederváltozásai* című kutatási összefoglalójában került publikálásra. Munkájában a különböző időpontokban felvett hullámtéri keresztszelvények magassági értékeit hasonlította össze. Károlyi már ekkor felhívta a figyelmet a sűrű növényzet, akkumulációt gyorsító hatására, holott akkor még jóval kisebb érdességi értékekkel rendelkezett a hullámtér. A Szamos hullámterében az 1970-es árvíz után végzett

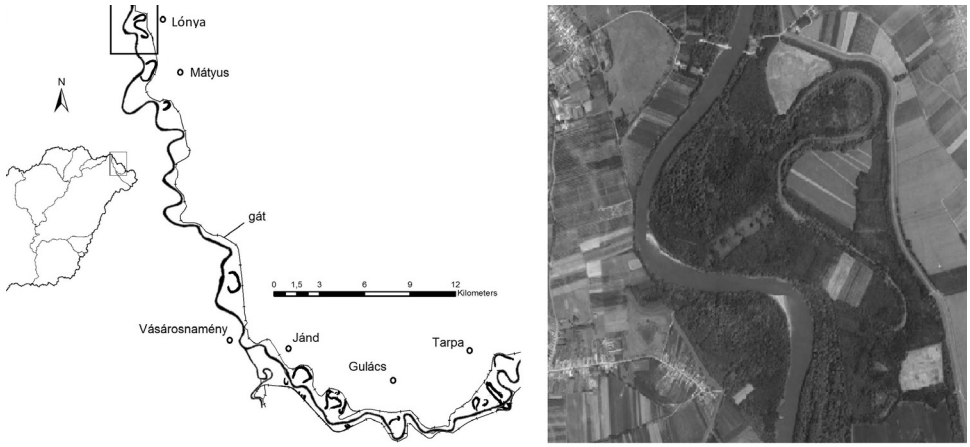
üledékvizsgálati során Borsy (1972) egyes helyeken 160 cm-es feltöltődéssel számolt a szabályozások után. A 2000-es évek fordulóján sorozatban levonuló, minden addig látott szintnél magasabb árvizek, a hullámterek részletes geomorfológiai vizsgálata felé terelték a szakembereket. Az egy-egy árvíz okozta akkumuláció vizsgálata mellett, egyre nagyobb figyelem fordult a hosszabb távú, a gátépítésektől ható folyamatok feltárására (Schweitzer 2001; Kiss et al. 2002, 2004; Babák 2006; Vass 2007). A feltöltődés mértékét, a hagyományos szedimentológiai módszerek mellett a topográfiai térképekből generált digitális domborzatmodellek elemzésével is sikerült kimutatni (Gábris et al. 2002; Vass et al. 2017). A módszer a gátak két oldalán lévő területek magasságértékeinek összevetésén alapszik. Alkalmazására leginkább ott nyílik lehetőség, ahol szabályozások során létesített új medret egykori futásától távol, alföldi viszonylatban is kis reliefű területen alakították ki. Az új meder környezete a töltések menti területek egyforma kiindulási magassági értékekkel rendelkeztek, ebből adódóan, ha a mérések során a hullámtér magasabb lett, mint a gát túloldalán lévő területek az egyértelműen a szabályozásokat követően alakult ki. A hullámtéri feltöltődés területi rendje jelentős eltéréseket mutat, amiben jelentős szerepet játszanak a terület vegetációs sajátosságai is. Újabb vizsgálatok során a növényzetborítottság dússágának meghatározására az NDVI (Normalizált Vegetációs Index), azaz a zöldességi érték mértékét határozzák meg (Vass – Túri 2020).

Jelen munkában a Felső-Tisza Lónya és Tiszamogyorós települések közötti hullámtéri tágulatának került meghatározásra a növényborítottság változása és a hozzá tartozó érdességi értékek az 1967-ben és 2017-ben készült légifelvételek alapján.

Mintaterület bemutatása

A vizsgált hullámtéri terület a Felső-Tisza szakaszához tartozik, a folyó 655–650 fkm-e közötti szelvényében. A terület egy hullámtéri tágulatnak tekinthető, mivel a szélessége 1500–2000 között van. Az, egyedül az alsó szakaszán szűkül le 550 méterre (*1. ábra*). A Tisza, de különösen a Felső-Tisza hullámterére általánosan jellemző, hogy a hullámtér szélessége jelentősen, 300–2000 méter között változik, annak függvényében, hogy a gátak között található-e túlfejlett levágott, vagy aktív kanyarulat. A folyó esése Tiszavidtől Záhonyig 5 cm/km, a mederhordalék frakciómérete középszemű homok. A hullámtéri tágulat, területe 450 ha.

A Felső-Tisza mentén már a 18. század végén folytak bizonyos szintű árvízvédelmi munkálatok, de ezek többnyire helyi indíttatású, nem kellően összehangolt műveletek voltak. A Bereg vármegyei Ármentesítő Társulat 1846-os megalakulásával kezdetét vették az összehangolt vízrendezési munkálatok. A Tarpa-Lónya települések közötti gátszakasz 1856-ra készült el, a bal parti védművek Tiszamogyorós és Benk települések között, mintegy 900 m hosszan nem kerültek kiépítésre, mivel ott a Nyírségi hordalékkúp buckái szolgálnak természetes gátként. A mintaterületen egy 1863-ban levágott meder is található.



1. ábra A vizsgálati területek helyzete

A Felső-Tisza vidék hullámtéri területeit több évszázadra visszanyúlóan szinte egybefüggő szilva, alma, körte és diófák alkotta ún. „ártéri dzsungelgyümölcsösök" borították. A művelési ágakban az 1949-es politikai fordulatot követően, az első téeszesítéssel jelentős változás bontakozott ki. Ekkor a nagyüzemi műveléssel a szántók, kaszálók fokozatosan szorították ki a hullámtéri gyümölcsösöket. Ennek következtében jelentősen csökkent a hullámtér érdessége. Az 1990-es rendszerváltozást követően, a termelő szövetkezetek felszámolásával erősen csökkent az intenzíven művelt területek aránya, emellett a vízügyi igazgatóságok hullámtérkezelésre szánt forrásai is korlátozottabban álltak rendelkezésre. A jelentős kiterjedésű hullámtéri legelők, kaszálók felhagyása, „elvadulása" és a 2000-es évek elejétől történő fokozatos erdőtelepítés révén újra jelentős érdesség növekedéssel lehet számolni.

Anyag és módszer

A hullámtéri érdességvizsgálathoz a Földmérési és Távérzékelési Intézet jogelődje által 1967-ban készített, majd digitalizált fekete-fehér ortofotókat, valamint a GoogleEarth 2017-es felvételei kerületek felhasználásra. A terület ArcGIS szoftverben került georeferálásra, majd a különböző felszíntípusok szerint digitalizálásra. A felszín és növényzettípusokhoz tartozó érdességi kategóriák a CHOW (1959) és NÉMETH (1959) által kidolgozott szempontok szerint kerületek meghatározásra (*1. táblázat*). A két időpontban összesen nyolc felszínborítás típust lehetett azonosítani. Az egyes felszínborítási kategóriák területe hektárban került megadásra. A területhez tartozó érdességi értékek megszorzásra kerültek a hektárban megadott kiterjedéssel.

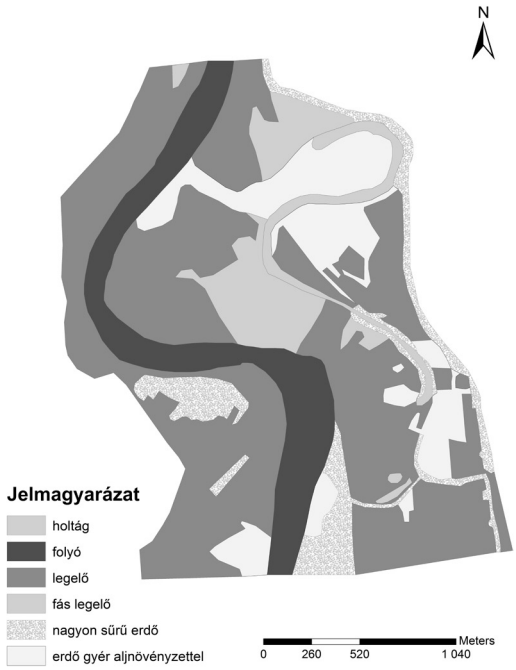
1. táblázat A növényzet által befolyásolt érdességi kategóriák (Chow 1959, Németh 1959 alapján)

Hullámtéri növényzet/ felszín típusa	Érdesség értékek (n)
folyó	0,025
szántó	0,03
gyümölcsös	0,06
hosszúfüvű gyep, legelő	0,035
fás legelő	0,035
holtág	0,05
erdő gyér aljnövényzettel	0,12
nagyon sűrű erdő	0,2

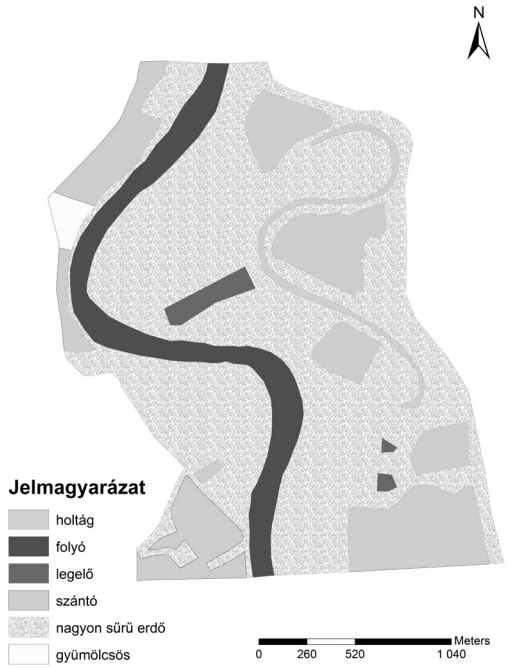
Eredmények

Az 1967-ben készült ortofotón összes hat fajta felszínborítási típust lehet azonosítani. Ezek a folyó, a hosszúfüvű gyep, legelő, a fás legelő, a holtág, az erdő gyér aljnövényzettel és a nagyon sűrű erdő (*2. ábra, 2. táblázat*). Ebben az időszakban nem lehetett szántóterületet és gyümölcsöst elkülöníteni. A legdominánsabb, összesen 253,74 hektár kiterjedésű felszíntípus a 0,035 érdességi értékkel rendelkező hosszúfüvű gyep, legelő, amely a teljes terület 56%-át teszi ki. Itt az érdesség értéke 8,88. A folyó területe, az akkori vízállásnak megfelelően 63,24 hektár volt. Ezt követi a legmagasabb, 0,2-es érdességi értékkel rendelkező nagyon sűrű erdő 42,1 hektár területtel, melynek teljes érdessége 8,42. Emellett, mintegy 40–40 hektár kiterjedésben borítja a felszínt a fás legelő és az erdő gyér aljnövényzettel. A 0,12-es érdességű gyér aljnövényzetű erdő teljes érdessége 4,48. Az 1863-ban levágott holtág területe a felvételen 13,7 hektár, a súlyozott érdessége 0,69. A 450 hektáros terület teljes érdesség érétke 25,42-re adódott.

A 2017-es felvételen szintén hat felszínborítási típust sikerült azonosítani, de a korábbi állapottól eltérően ezek között szerepel a szántó és a gyümölcsös, míg a fás legelő és a gyér aljnövényzetű erdő eltűnt a területről (*3. ábra, 2. táblázat*). Igen jelentős változás, hogy a hosszúfüvű gyep, legelő területtípus 253,74 hektárról 6,89 hektárra, azaz 2,7%-ára csökkent, ennek az érdességi értéke 0,24. Az érdességnövekedés szempontjából legnagyobb változás a nagyon sűrű erdőnél figyelhető meg, ennek 42,21 hektárról 290,75 hektárra nőt a kiterjedése, ami a teljes terület 64,7%-a. Az érdességi értéke 8,42-ről 58,15-re növekedett. Ki kell emelni, hogy ez a teljes hullámtéri érdességi érték 92%-a. A folyó vízfelülete, vélhetően az alacsonyabb vízállás miatt mintegy 15 hektárral csökkent. A holtág területe, vélhetően a feltöltődés miatt, csaknem a felére csökkent. Jelentősen, jellemzően a hosszúfüvű gyep, legelő területén kerültek kialakításra a szántók, mint új művelési ág. Ezek csaknem 100 hektár kiterjedésben vannak jelen, érdességük 2,97. Szintén új elem a 4,23 hektár kiterjedésű gyümölcsös. A változásokkal a terület érdessége a 63,24-ra növekedett.



2. ábra A hullámtéri felszíntípusok helyzete 1967-ben



3. ábra A hullámtéri felszíntípusok helyzete 2017-ben

2. táblázat A mintaterület érdességi viszonyai 1967-ben és 2017-ben

Év	Hullámtéri felszín típusa	Terület (ha)	Érdesség
1965	folyó	63,24	1,58
	hosszúfüvű gyep, legelő	253,74	8,88
	fás legelő	39,27	1,37
	holtág	13,7	0,69
	erdő gyér aljnövényzettel	37,34	4,48
	nagyon sűrű erdő	42,1	8,42
Összesen:			**25,42**
2017	folyó	47,78	1,19
	szántó	99,29	2,97
	gyümölcsös	4,23	0,25
	hosszúfüvű gyep, legelő	6,89	0,24
	holtág	8,89	0,444
	nagyon sűrű erdő	290,75	58,15
Összesen:			**63,24**

Konklúzió

A 450 hektár kiterjedésű hullámtéri tágulat vizsgálata során megállapítható, hogy annak érdessége a növényborítottság változása következtében jelentősen megnőtt 25,42-ről 63,24-re. A legjelentősebb változások oka a birtokrendszerek átalakulásában keresendő. Az 1967-es felvételen a legeltető állattartást kiszolgáló hosszúfüvű gyep, legelő területek voltak a dominánsak, a terület több mint a felét kitéve. A legeltető állattartás következtében az erdőterületek érthető módon igen kis kiterjedésűek voltak. A rendszerváltást követően a termelő szövetkezet megszűnésével jelentősen lecsökkent a kérődző állomány, majd a 2000-es évek elején a háztáji körülmények között tartott szarvasmarhatenyésztés is megszűnt. Ezzel a legelők funkciója gyakorlatilag megszűnt, azok kis részén szántók kerültek kialakításra, míg a döntő hányadukon erdőtelepítések folytak. Ez a folyamat figyelhető meg a vizsgálati területen is, ahol a sűrű erdők területe hétszeresére nőtt, ezzel a teljes érdesség több, mint duplájára emelkedett. Ez a folyamat igen kedvezőtlen árvízvédelmi szempontból, mert az árhullámok fékeződnek és ezzel megnő az összetorlódásuk esélye, mivel a Felső-Tiszának itt relatív nagy esése és ez kritikus vízszintek kialakulásához, esetleg gátszakadáshoz vezethet. Ezt támasztják alá a Maros és az Alsó-Tisza mentén végzett növényzeti érdesség vizsgálatok is. Ezek szerint egyértelmű összefüggés mutatható ki a dús növényzet és az áramló víz sebességének csökkenése között, aminek következtében jelentősen nő a feliszapolódás mértéke (Ororszi – Kiss 2006; Sándor – Kiss 2008; Sándor 2011).

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkát a Nyíregyházi Egyetem Tudományos Tanácsa támogatta.

Felhasznált irodalom

Babák K. (2006): A Hármas-Körös hullámterének feltöltődése a folyószabályozások óta. Földrajzi Értesítő, 55, 393–399.

Borsy Z. (1972): Üledék- és morfológiai vizsgálatok a Szatmári-síkságon az 1970. évi árvíz után. Földrajzi Közlemények, 96, 38–42. Geographica, 37, 51–55.

Chow V.T. (1959): Open-channel hydraulics. McGraw-Hill, New York, 89–127.

Gábris Gy. – Telbisz T. – Nagy B. – Bellardinelli E. (2002): A tiszai hullámtér feltöltődésének kérdése és az üledékképződés geomorfológiai alapjai. Vízügyi Közlemények, 84/3, 305–322.

Károlyi Z. (1960): A Tisza mederváltozásai, különös tekintettel az árvédelemre. VITUKI, Budapest, p. 102.

Kiss T. – Sipos Gy. – Fiala K. (2002): Recens üledékfelhalmozódás sebességének vizsgálata az AlsóTiszán. Vízügyi Közlemények, 84, 456–472.

Kiss T. – Sipos Gy. – Oroszi V. – Barta K. (2004): Üledékfelhalmozódás mértékének vizsgálata a Maros és az Alsó-Tisza hullámterén. II. Magyar Földrajzi Konferencia (CD kiadvány), Szeged, 1–22.

Németh E. (1959): Hidrológia és hidrometria. Tankönyvkiadó, Budapest, 179–210.

Oroszi V. – Kiss T. (2006): Területhasználat-változás a Maros egy hullámtéri öblözetében a XIX. századtól napjainkig. Tájökológiai Lapok, 4/2, 309–316.

Sándor A. – Kiss T. (2008): A területhasználat változás hatása az üledék-felhalmozódásra, közép-tiszai vizsgálatok alapján. IV. Magyar Földrajzi Konferencia (CD kiadvány), 1–6.

Sándor A. (2011): PhD értekezés, Szeged, p. 121.

Schweitzer F. (2001): A magyarországi folyószabályozások geomorfológiai vonatkozásai. Folyóink hullámtereinek fejlődése, kapcsolatuk az árvizekkel és az árvízvédelmi töltésekkel. Földrajzi Értesítő, 50/1–4, 63–72.

Vass R. – Czomba P. – Liba N. – Szabó G. (2017): Szedimentológiai és geoinformatikai vizsgálatok a Felső-Tisza hullámtéri típusterületein. 8. Térinforamtikai Konferencia és Szakkiállítás Debrecen.

Vass R. (2007): Adalékok a mentett ártéri és hullámtéri feltöltődéshez a Beregi-síkon a 2001. évi tiszai árvíz tükrében. Acta GGM Debrecina, Physical Geography Series Debrecen, 2, 229–235.

Vass R. – Túri Z. (2020): Hullámtéri érdességvizsgálat egy felső-tiszai mintaterületen. In: Molnár, V. É. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában XI.: Theory meets practice in GIS. Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 305–310, 6 p.

Turistautak eróziós mérése LiDAR szkenner és légi fotogrammetria segítségével

Virág Martin[1] – Molják Sándor[2] – Hőgerl Bence[3] – Sütő László[4]

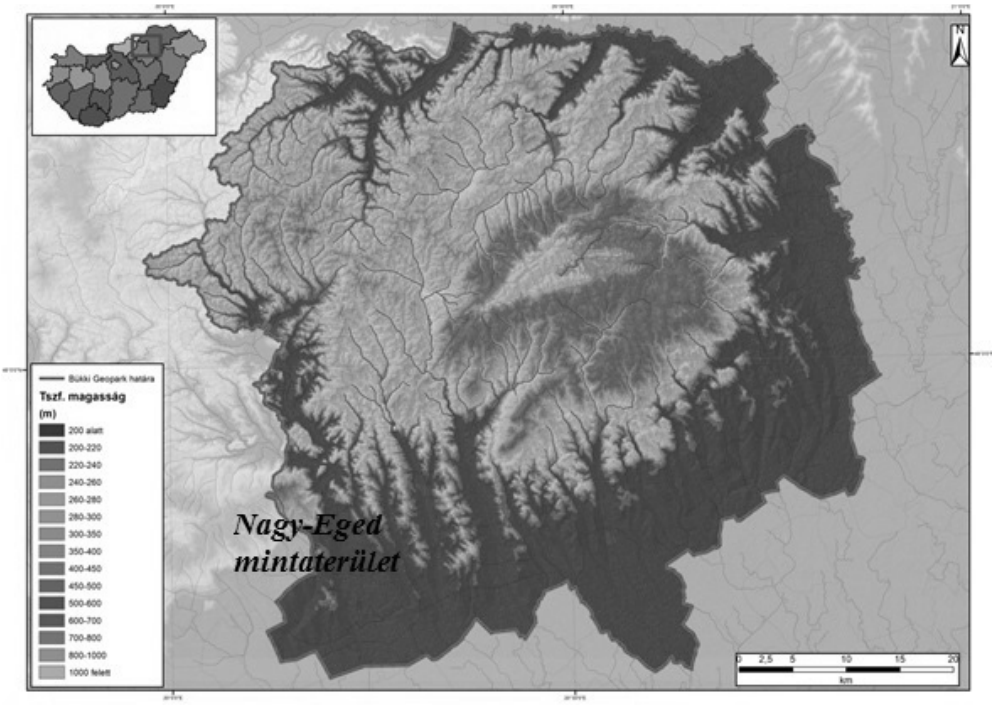
[1] PhD hallgató, Debreceni Egyetem Földtudományi Intézet kulpaper1000@gmail.com
[2] Tanszéki mérnök, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Innorégió Tudásközpont, moljak.sandor@uni-eszterhazy.hu
[3] földrajz-testnevelés tanárszakos hallgató, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Földrajz és Környezettudományi Intézet, bence.hogerl@gmail.com
[4] Egyetemi docens, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Földrajz és Környezettudományi Intézet, sutogeo@gmail.com

Bevezetés

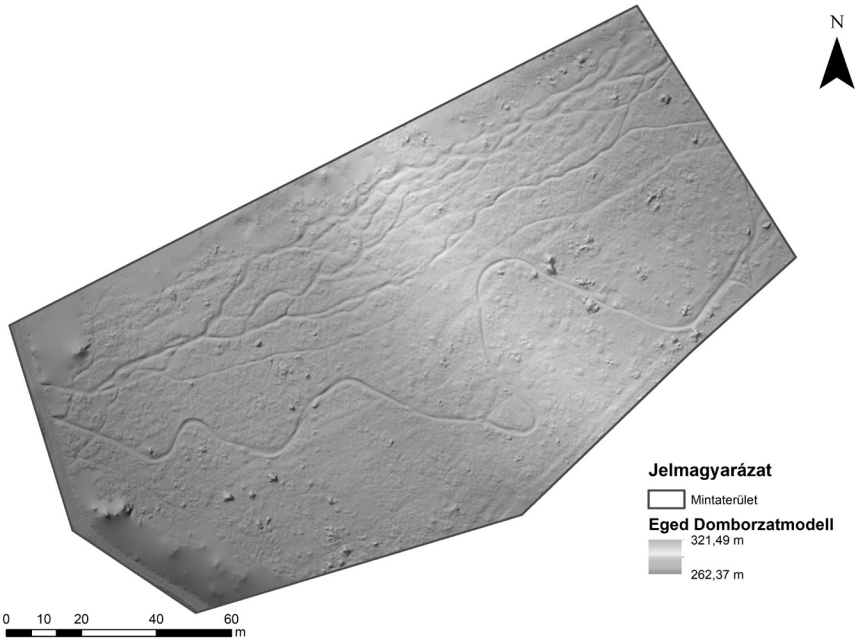
Az antropogén erózió nemcsak olyan nagyléptékű társadalmi beavatkozások nyomán jelenik meg, mint a bányászat, hanem olyan természetközeli tevékenységek is okozhatják, mint a természetjárás. Vizsgálataink során szerettük volna bemutatni a túrázásnak azon negatív hatásait, amelyek hozzájárulnak a turistautak felszíni eróziójához, felhasználva a mai modern fotogrammetriai eljárások két formáját a drónnal történő felszínleképezést és a lézerszkenner használatának eljárását.

Célkitűzés és területlehatárolás

A kutatás elején arra kerestük a választ, hogy azok a modern fotogrammetria eljárások, amelyek a felszín leképezésére alkalmasak, megfelelőek-e arra, hogy ilyen antropogén tájformálási folyamatok apró változásai is nyomon követhetőek-e alkalmazásukkal. A turistautak mentén megfigyelhető erózió több tényező folyamatának az eredménye, mint például a turistaút használatának az időtartama, az út látogatottsága, az alapkőzet összetétele, a talaj borítottsága, a talaj vízáteresztőképessége (Marion – Wimpey 2017; Olive – Marion 2009; Salesa – Cerda 2019). Mivel már korábbi kutatások bizonyították, hogy az ösvény erózióra hajlamosságában a legnagyobb szerepet a lejtőmeredekség (slope) és lejtőkitettség (trail slope aligment) játszik, ezért ezeket a tényezőket vizsgáltuk tüzetesebben (Leung – Marion 1996; Marion – Wimpey 2017; Marion et al. 2006; Meadema et al. 2020). Kutatási területünk a Bükk-vidék Geopark területére (*1. ábra*) esik, mivel itt az aktív turizmus és természetjárás eróziós hatásai erőteljesen megfigyelhetőek. Első mérési térszínünket a Nagy-Eged lejtőjén jelöltük ki (*2. ábra*).



1. ábra A Bükk-vidék Geopark domborzata és határai (Forrás: saját készítés)

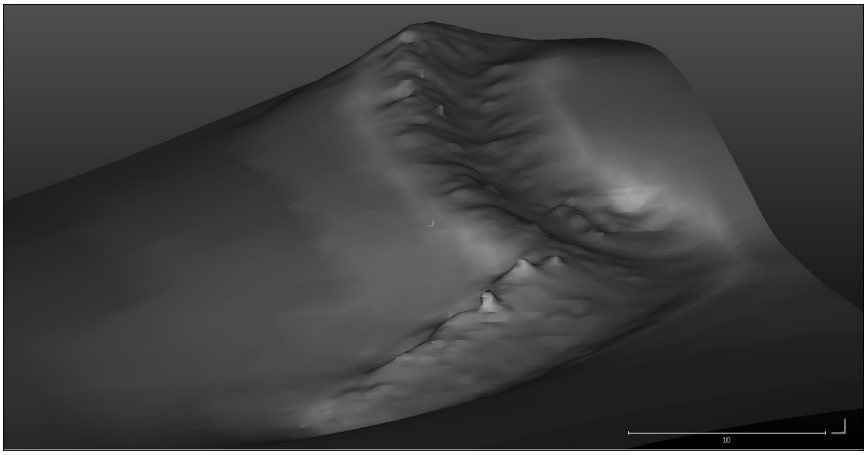


2. ábra A Nagy-Eged turistaösvényeinek dombormodellje (Forrás: saját készítés)

Azokat a turista útszakaszokat kerestük fel, amelyek nagy lejtő meredekségű domboldalakon futnak, mivel itt az eróziós hatások erőteljesebben érvényesülnek, a nagy lejtő meredekség következtében előálló gyors vízlefolyás és egyéb tényezők miatt. Ezeken a területeken az elhordott anyag mennyisége szignifikánsan látható és az ösvény eróziós mélysége mérhető. A kutatás szükségességét bizonyítja az is, hogy a területet évről-évre egyre több turista látogatja és jelen esetben a Bükk-vidék Geopark hosszútávú céljai között szerepel olyan turisztikai infrastrukturális hálózat kiépítése, amely nem okoz kedvezőtlen hatásokat a természetvédelem szempontjából, viszont hosszútávon is el tudja látni azon céljait, hogy hozzájáruljon a komplex földtani örökség menedzselésével ezen értékek fennmaradásához. Továbbá kutatásunk hozzájárulhat a geopark tervezésében a túristaút nyomvonalak kijelöléséhez és fenntartásához, oly módon, ha jelezni tudjuk azokat az erózióveszélyes útszakaszokat, amelyeken beavatkozás szükséges a további degradáció megelőzése érdekében.

Anyag ás Módszer

A méréssorozatok egyik felét földön végeztük, a másikat pedig levegőből. A földi mérések lebonyolítását GeoSlam ZebHorizon típusú LiDAR szkennerel végeztük. Ezután a pontfelhőket CloudCompare térinformatikai szoftver segítségével értékeltük. A pontfelhőkelhők feldolgozása alatt problémát jelentett az ösvényváll meghatározás, tehát az a pont, ahol az erózió már mérhetően jelentkezik a valóságban. Minden esetben a lézeres szkennelés folyamatával egy hagyományos mérési módszerrel megállapított ösvény mélység is rögzítésre került, annak érdekében, hogy kalibrálni tudjuk méréseink pontosságát. Ahol lehetőség volt drónos felmérésre, ott azt is elvégeztük. Azokon a területeken, ahol ez nem volt lehetséges, ott a felszín borítottság miatt nem volt látható a turistaút nyomvonala. A mérés folyamatát bonyolító környezeti adottságok közül a sűrű vegetáció és a változatos domborzati adottságok nehezítették a felmérést.



3. ábra A Nagy-Eged turistaút eróziós barázdáinak drónfelvétele (Forrás: Molják Sándor)

A mérések másik sorozatát a levegőből végeztük drón segítségével.

A mintaterületek berepülését egy DJI Mavic 2 Pro quadrocopterrel hajtottuk végre, a 907 grammos drón a 59,29 Wh-s akkumulátora segítségével akár 29 percet tölthet egyhuzamban a levegőben. A beépített műholdas helymeghatározó rendszer mellett infravörös-, és optikai érzékelők segítik a gépet a navigációban és az autonóm működésben. Tovább javítja a navigációt a nagypontosságú IMU, iránytű és barométer. Az RGB felvételek a beépített 20 megapixeles 1” CMOS kamera segítségével készültek el.

A földi kapcsolópontok beméréséhez egy 216 csatornás GPS+Glonass jelvételi képességű kétfrekvenciás Javad Triumph 2 GNSS rover-el végeztük. A GNSS vevőt egy Juniper Systems Mesa2 típusú tábla számítógépre telepített Carlson SurvPC segítségével irányítottuk. Az RTK korrekciós szolgáltatást a www.gnssnet.hu biztosította, amelyet jelenleg a Lechner Tudásközpont Területi, Építészeti és Informatikai Nonprofit Kft. – Kozmikus Geodéziai Obszervatórium – GNSS Szolgáltató Központ üzemeltet. A GCP -k barkács módszerrel kettő darab 5 cm széles és 55 cm hosszú vékony fa deszkából készültek, középen csavar összefogatással, fehérre festve.

A távérzékelt adatokat Pix4Dmapper Professional fotogrammetriai szoftverrel dolgoztuk fel, a kész ortofotókat .tif formátumba exportáltuk ki. További feldolgozást ArcMap 10.4 térinformatikai szoftverrel végeztük. A fotogrammetriai és térinformatikai feldolgozás egy asztali számítógépen zajlott, amelyben kettő darab Intel(R) Xeon(R) Silver 4114 processzor, 128 GB DDR4 memória és egy Quadro P4000 videókártya volt.

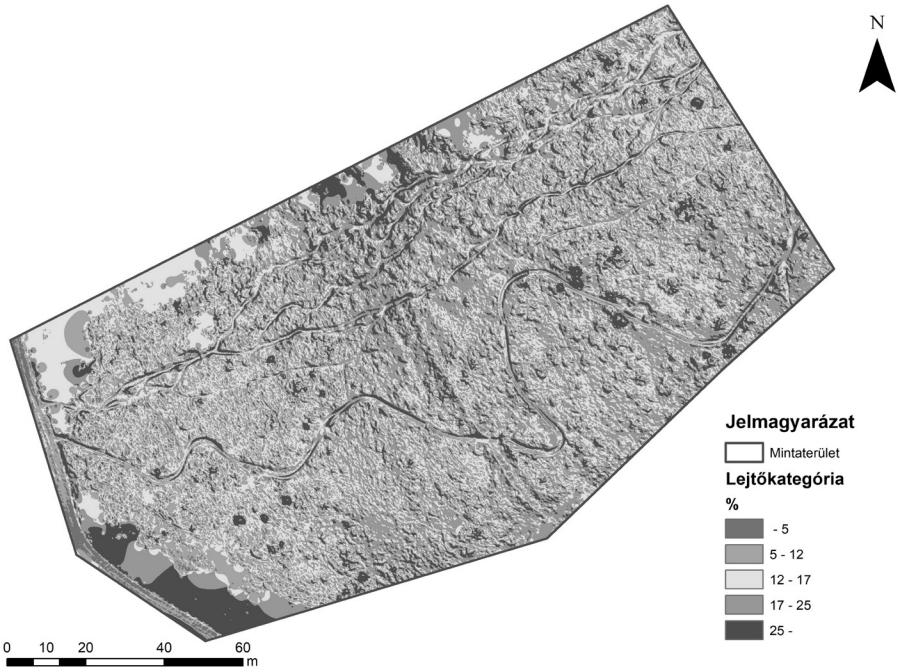
4. ábra Mintaterület repülési sorok (Forrás: Molják Sándor)

Repülési és feldolgozási adatok

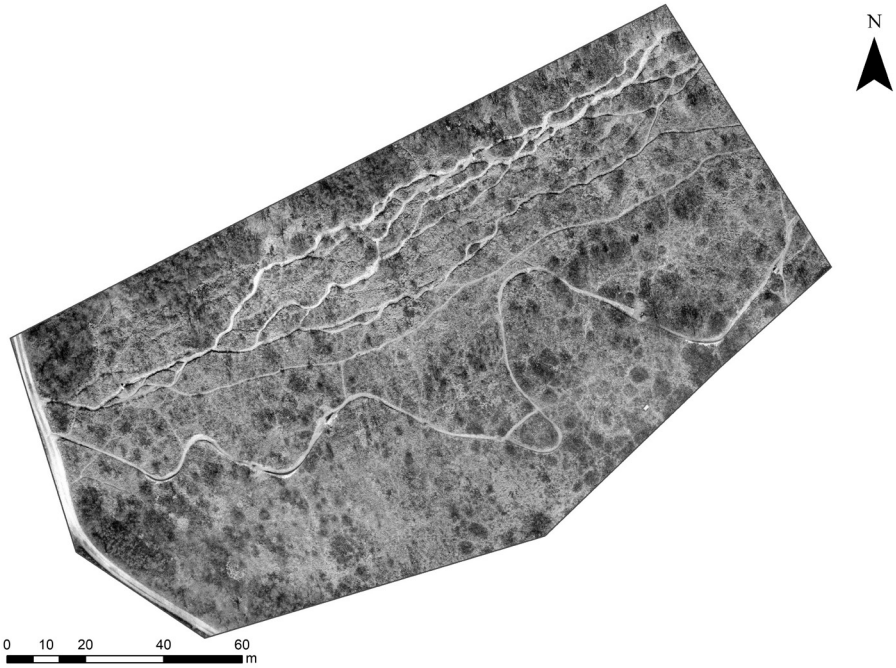
A mintaterület felmérésére 2022. február 25-én került sor. A repülést 100 méter magasságban 75%-os oldalátfedéssel hajtottuk végre. A 9 repülési sort (*4. ábra*) a drón 18 perc 32 másodperc repülte be. A kézzel kijelölt területet a drón 5 m/s-es sebességgel repülte le. 6 földi kapcsolópont került kihelyezésre, a feldolgozás során ezek 0,5 centiméteres RMS error középátlag pontossággal kerültek bejelölésre. A felmérés során 298 kép készült ortogonális kamerapozícióban. A tervezett GSD 2,34 cm/pixel volt.

Eredmények

A felvételek alapján a lejtőmeredekség és az eróziós barázdák mélysége a felvételek alapján vélelmezhető összefüggést mutat. A lefolyó víz minden megkezdett ösvény mentén barázdát képezett a meredekebb szakaszokon. A megtisztított felvételeken a barázdák inflexiós pontjától mérve akár 50 cm-es mélyülést is mértük. A sekélyebb szakaszok többségében a kisebb meredekségű átkötő ösvényszakaszokra estek. A felvételeken nehezen elkülöníthető a kőzettörmelékkel kitöltött és a kevésbé erodált felület. Nagy lejtőfelületen a feljutási lehetőséget kereső turisták újabb és újabb ösvényeiből fonatos barázdahálózat alakult ki. A további vizsgálatok az eróziós felárkolódás nyomán lepusztult anyag mennyiség képi meghatározására irányulnak.



5. ábra Lejtőmeredekség az egri Nagy-Eged lejtőjén (Forrás: Molják Sándor)



6. ábra Vizsgált ösvények fonatos hálózata az egri Nagy-Eged lejtőjének ortofotóján (Forrás: Molják Sándor)

Irodalomjegyzék

Leung, Y. -F. – Marion, J. L. (1996): Trail degradation as influenced by environmental factors, a state-of-knowledge review. Journal of Soil & Water Conservation, 51, 130–136.

Meadema, F. – Marion, J. L. – Arredondo, J. – Wimpey, J. (2020): The influence of layout on Appalachian Trail soil loss, widening, and muddiness: Implications for sustainable trail design and management. Journal of Environmental Management, 257. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109986.

Marion, J. L. – Leung, Y. -F. – Nepal, S. (2006): Monitoring trail conditions, new methodological considerations. The George Wright Forum, 23(2), 36–49.

Marion, J. L. – Wimpey, J. (2017): Assessing the influence of sustainable trail design and maintenance on soil loss. Journal of Environmental Management, 189, 46–57.

Olive, N. – Marion, J. L. (2009): The influence of use-related, environmental and man-agerial factors on soil loss from recreational trails. Journal of Environmental Management, 90(3), 1483–1493.

Salesa, D. – Cerda, A. (2019): Four-year soil erosion rates in a running-mountain trail in Eastern Iberian Peninsula. Geographical Research Letters, 45(1), 301–331. https://doi.org/10.18172/cig.3826.

Area Change Detection in Sikkim Himalayan Glaciers from the year 2000 To 2017 using Remote Sensing and GIS Tools And Techniques

Ubaid Akhtar[1] – László Bertalan[2]

[1] Department of Physical Geography and Geoinformatics, University of Debrecen, Debrecen, Hungary, akhtarubaid45@gmail.com
[2] Department of Physical Geography and Geoinformatics, University of Debrecen, Debrecen, Hungary, bertalan@science.unideb.hu

Abstract: This study highlights the detection of area change in Sikkim glaciers between the year 2000 and 2017 using LANDSAT TM / ETM+ and IRS LISS III satellite images. Sikkim glaciers are the part of Tista Basin surrounded by snow clad mountains of Eastern Indian Himalayas. There are 96 glaciers mapped including both, 80 debris free and 16 debris covered glaciers. The area loss in these glaciers is calculated as 10.60 sq. km (2.14 %) from the year 2000 and 2017 which was 493.82 sq. km in 2000 and 483.21 sq. km in 2017. On further analysis, we observed debris free glaciers are more in numbers but smaller in size as compared to the debris covered glaciers which are very less in numbers but larger in size. The area loss in debris free glaciers is 6.89 sq. km while in debris covered glaciers it is 3.70 sq. km. All the glaciers of Tista basin are retreating with no advance in glaciers and the glacier retreat is caused mainly by global climate change.

Introduction

Because glaciers are dynamic in nature, their metrics such as area, velocity, thickness, debris cover, snow cover, and mass balance change at various rates, aiding in the evaluation of glacial retreat/advance. For the monitoring and assessment of glacier change, we require data that is difficult to collect on-field by multiple measuring equipments due to harsh weather conditions and rugged terrain, whereas remote sensing clearly focuses on providing quantitative datasets that can be used to estimate and monitor glacier change, but the data must be of a long time period so that the actual rate of change can be assessed. As a result, the Remote Sensing technique is an excellent alternative strategy for collecting real-time data for cryospheric investigations, which includes satellite photos of the necessary time and place.

Monitoring glacier changes using remote sensing is becoming more common in mountain regions experiencing dramatic changes in glacier extent, such as the Himalayas, Alaska, the Andes, and the Alps because remote sensing data can provide useful information for glaciological applications (Racoviteanu et al. 2008). In remote glacierized areas, traditional methods of study have limited its approach due to many difficulties like lack of logistical support, maintaining network and extreme climatic conditions. As a result, in such regions, information on glacier parameters, particularly glacier area, surface topography, ELA, and snout location, can be obtained

using space-borne remote sensing methods (Racoviteanu et al. 2008). Because of the ease of access to satellite imagery from remote sensing platforms with near-global coverage, low financial costs, and adequate spatial and temporal resolution, which aids in the measurements of glacier parameters over longer time spans and larger areas, there is a need for continuous monitoring of mountain glacier parameters using satellite data in poorly surveyed glacierized ranges such as the Himalaya (Racoviteanu et al. 2008). The use of remote sensing techniques in glacier research has been established and is widely employed for glacial mapping (Basnet et al. 2011). To estimate or assess glacial physics or dynamics like glacial velocity, glacial mass balance, AAR, snow or debris cover, the areal extent of the glacier, etc. there is the need for glacial mapping as a basic step which helps in the proper understanding of the glacial morphology or features like glacier boundary, snowline, snout or terminus of the glacier, difference between accumulation or ablation area, lateral or terminal moraines, etc. (Racoviteanu et al. 2008; Basnett et al. 2011).

Two parameters like change in glacier area and snout positions are usually used as the major indicators of glacier change detection and can be extracted from multispectral satellite images by delineating glacial boundary in false color composite (FCC) (Kulkarni – Bahuguna 2001; Racoviteanu et al. 2008). The calculated glacier area from glacier boundary mapping can be used extensively in multiple tasks and techniques like volume-area scaling techniques and along with Digital Elevation Model (DEM), glacial outline helps in hypsometry as well. Mapping these characteristics on satellite images might be done to discern between glacial and non-glacial features based on spectral reflectance changes by producing False Color Composites (FCC) from visible or near-infrared satellite images (Basnett et al. 2011). Area or areal extent of glaciers also change with time, it gets fluctuated based on the climatic condition of that particular area. Areal change detection in the Himalayas can be interpreted by the location of snout, either it shifts backwards or forward. Backward shifting of the snout depicts the decrease in the area of the glacier whereas forward shifting portrays an increase in area. Mostly when snout shifts backwards a lake left behind called Moraine Dammed Lake (Racoviteanu et al. 2008). In the Himalayas, multiple studies have suggested that there is a decrease in the areal extent of glaciers of Sikkim region over a while due to climate change, therefore Sikkim glaciers is an abode of thousands of lakes. Study of the changes in glacial areal extent is very crucial to monitor upcoming changes in stream run-off pattern. Sikkim has a high percentage of glaciers and meltwater from these glaciers give birth to the Tista River which runs from North to South and feed the huge population of Sikkim and Bangladesh (Basnett et al. 2011). So, it is a need of an hour to study the change in the area of Sikkim glaciers because climate change will have a deep impact on accumulation rate, ablation rate and runoff pattern of the glaciers because of their high sensitivity towards the climate change.

Study Area

Sikkim is a state in northeastern India that shares its borders with three neighboring countries: Bhutan, China, and Nepal (*Figure 1*). Nepal is to the west, China is to the north and northeast, and Bhutan is to the southeast (Pramanick et al. 2019). West Bengal is the only Indian state that shares a southern border with Sikkim. The state receives 1200–4500mm of precipitation every year. It is notable for its alpine and subtropical temperatures, as well as its diverse wildlife. The greater and smaller Himalayan zones (with uneven and rough hilly terrain) encompass the majority of Sikkim. Multiple snow-fed streams and glaciers carved out river basins in the western and southern parts of the state, giving rise to the Tista River and its tributary, the Rangeet. Sikkim lies in the upper Tista basin, hence all of the state's major rivers flow southwards because the structural slope of this region is north to south. Because of the area's high elevation, the northwestern half of the state is covered with snow virtually all year. All the major glaciers of the Himalayas are on the eastern or central part but in the western Himalayas, Sikkim contributes a large number of glaciers and also shows a quite different pattern of glacial dynamics unlike the other glaciers of the Himalayas (*Figure 1*) (Pramanick et al. 2019). Sikkim has about 90 glaciers, 100 rivers and streams that originate in 28 Himalayan peaks, and 227 high-altitude lakes, including the, and Khecheopalri, Tsongmo and Gurudongmar Lakes. In the south of the Sikkim Himalayas, the snow line is around 20,000 feet. while in the north it is around 16, 100 ft. Because in Sikkim heavy snowfall starts from the month of January to March hence it is a time of accumulation in Sikkim glaciers whereas June and July mark the highest ablation rate.

Therefore, unpredictable precipitation patterns, variable accumulation and ablation seasons are responsible for the deep study of the change in Sikkim glaciers which in turns reflects the climatic pattern. The heterogeneous behaviors of the Sikkim glaciers can be predicted by detecting the change in the areal extent of glaciers by the mapping of glacial boundaries. The lifestyle of the people of that particular region

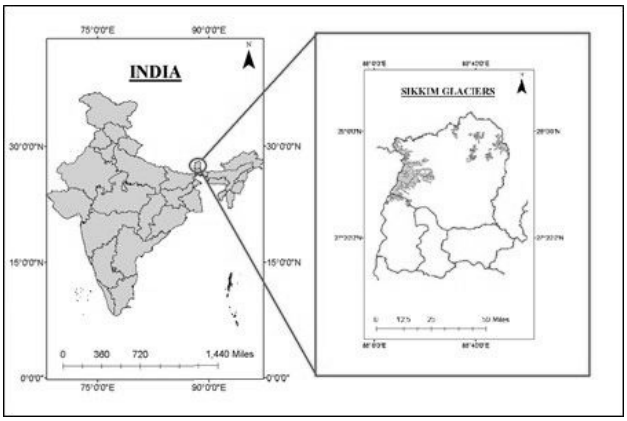


Figure 1. Map showing the location of Sikkim state and Sikkim Glaciers

totally depends on the freshwater which originates from these glaciers because it helps in Irrigation, hydel power and adventure tourism to the people of Sikkim, West Bengal and Bangladesh. Major glaciers of the Sikkim are Zemu glacier, North Lhonak glacier, South Lhonak glacier, Tent Peak glacier, Changsang glacier etc (*Figure 1*) (Pramanick et al. 2019).

Data Used

Since the early 1970s, medium resolution satellite data has proven to be quite useful for cryospheric studies, thanks to technological advancements and the launch of new spaceborne sensors, both Indian and international, such as IRS LISS III, LISS IV of the former and Landsat Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) and Landsat Multispectral Scanner (MSS) of the latter. The availability of SWIR band in these sensors plays a major role for the delineation of glaciers in the digital images (Krishna 2005). IRS LISS III and Landsat TM and ETM+ satellite data of the year 2000 and 2017 have been used to analyze and characterize the glacier features which further helps in the detection of the areal change in Sikkim glaciers. For monitoring and identifying glacier borders, the LISS III photos have been co-registered with the Landsat images.

Methodology

The major steps which have been followed while mapping of outlines of glaciers and their changes have been summarized in following points.

1. Delineation of glaciers using remote sensing data were done following methods and procedures given in other earlier similar studies (Racoviteanu et al. 2008; Basnett S et al. 2011). Interpretations were done by visual methods. The change in area of glaciers was visibly checked before mapping. Direct methods have been employed in many studies, but visual methods are equally important to understand the complexities of glaciated terrains. If the change is not visible to eyes, it cannot be mapped. Since this method is subjective in nature, a checking of maps was carried out at three levels, i.e., i) by team itself; ii) cross-checking by second team and iii) checking by experienced people in visual interpretations. Thus, all ambiguities were resolved.
2. Scale was fixed at 1:25000 for all the areas so that there remain no discrepancies or digitization errors due to difference in scales. The smoothness of any polygon decreases with the increase in scale and vice-versa. Higher is the scale, more accurate is the mapping.
3. Debris free glaciers are easily distinguished on RS data as bare ice has unique reflectance properties (Kulkarni – Bahuguna 2001). Therefore, mapping accuracy of our results of debris free glaciers is 100 % except in peripheral pixels.
4. In debris covered glaciers, help of google time series data was taken to confirm the snouts and ablation zones. It has worked like ground validation.
5. The outlines on the accumulation zone are marked following the ridges. Ridges are

accompanied by shadows, so more than one season is used.

6. Snouts are identified by observing the origin of drainages from glacier. Most of the glaciers have cave like morphology which gives shadow and can be observed on high resolution data.
7. Changes have been mapped only in ablation zones or near the terminus (Basnett et al. 2011) (Kulkarni – Bahuguna 2001)
8. In those glaciers on which lateral moraines are seen, outlines should remain inside the moraines.

Glaciologists emphasize the snout or terminal as an important aspect of glacier morphology when studying glacier advance and retreat. The lower limit of an active glacier is often denoted by glacial snouts and may be spotted on satellite data by a combination of indicators linked to glacier morphology and glacierized terrain. The main signs for glacier snouts or terminal are the sites from where the streamflow at the glacier's end or the shadow of the glacier cave created at the snouts originate. Glacier Lake also serves as a guide to the terminus, which is created by the glacier terminus and an earlier terminal moraine further down the valley. The accumulation zone looks white due to the strong reflectance of snow in bands 2, 3, and 4. The transient snow line can also identify which differentiate between the accumulation and ablation area because ablation area marks by blue-green tone due to low reflectivity in NIR (band 4) region. Debris gives a red tone cover on the glacier because the reflectance of rock is higher than that of ice in band 5. Due to the tone of glacier moraines, their exact location and rough texture they are easily identifiable on satellite data. Debris cover can be easily identifiable due to high textural variability from that of a smooth glacial surface as debris look rough. There are total of 96 glaciers in Sikkim Himalayas which are mapped. The vector layers of glaciers of the year 2000 (*Figure 2*) and 2017 (*Figure 3*) get compared by overlapping each other. After overlapping, the actual change in both layers can be easily detected. Due to the change in the shape of the

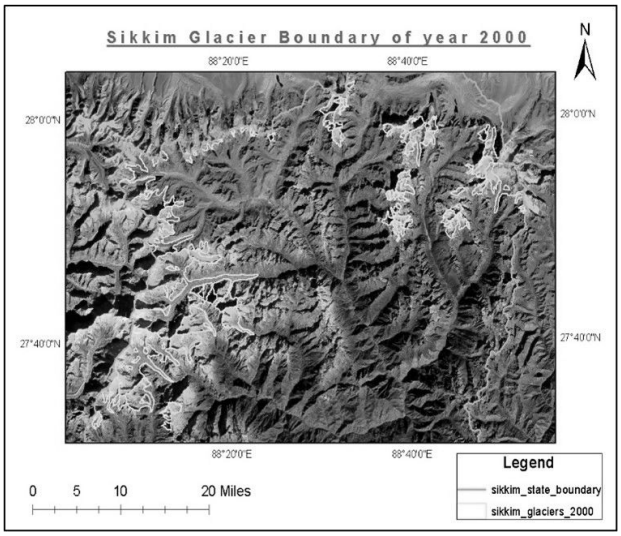


Figure 2. Boundary of Sikkim Glaciers of the year 2000

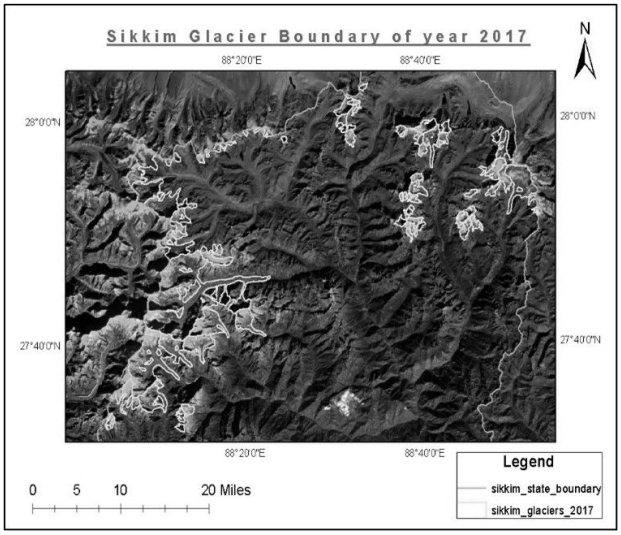


Figure 3. Boundary of Sikkim Glaciers of the year 2017

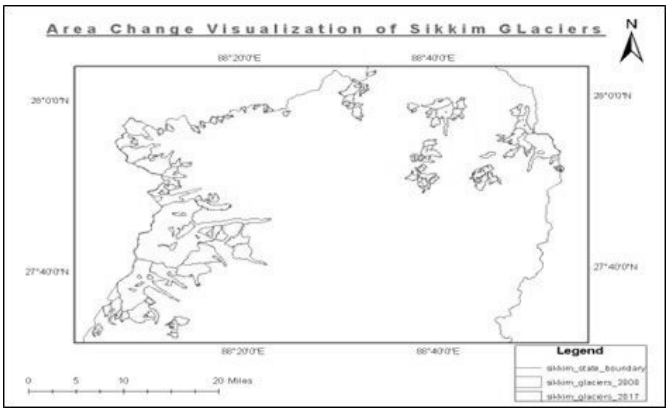


Figure 4. Visualization of areal change in Sikkim Glaciers between years 2000 and 2017

polygon in the ablation region of glaciers, we can conclude that there is some change in the glaciers of both the years (*Figure 4*). Then on satellite images also, we can easily visualize the change in the areal extent of glacier. Either there is a change in snout position or not, which tell us about the advance or retreat in the glacier.

In this way, we can detect the areal change in the Sikkim glaciers for the span of seventeen years (2000 – 2017) (*Figure 4*). After the detection of a change in the areal extent of Sikkim glaciers, calculation of area changes in two different years (2000 – 2017) is important. Initially, calculation of area for the year 2017 is required by 'calculate geometry' option in the attribute table of the same layer in ArcGIS software. Secondly, the calculation of area for the year 2000 is required by the same method (*Table 1*). Then the difference between the areas of polygon of both the layers is calculated using MS Excel software program.

Results

The Tista basin in Sikkim consists of 96 glaciers, among which 16 glaciers are debris-free while remaining 80 glaciers are debris-covered (*Figure 4*) (*Table 2*). The total glacier area of 96 glaciers has been observed as 493.82 sq. km in the year 2000 and 483.21 sq. km in the year 2017 (*Table 1* and *2*) (*Figure 5*). The net loss in glacier area for 17 years between 2000 and 2017 was observed as 10.60 sq. km. The percentage of area change in Sikkim Glaciers from the year 2000 to 2017 is calculated as 2.14 (*Table 1*). The total number of glaciers retreated from the year 2000 to 2017 are 93, whereas there is no glacier advanced but there are 03 glaciers which remain unchanged in these 17 years (*Table 3*). In debris-covered glaciers, the total area in the year 2000 was 329.032 sq. km and in 2017 it gets reduced by 1.12 % as 325.32 sq. km. The change in area is 3.70 sq. km (*Table 4*). In debris-free glaciers, the total area in the year 2000 was 164.78 sq. km and in the year 2017, it gets reduced by 4.18 % as 157.89 sq. km (*Table 4*).

Table 1. Total area change in Sikkim glaciers from year 2000 to 2017

Basin Name	**Area 2000 (Sq. Km.)**	**Area 2017 (Sq. Km.)**	**Change in Area (Sq. Km.)**	**Percentage**
Tista Sub-Basin	493.82	483.21	10.60	2.14

Table 2. Distribution of Sikkim glaciers

Basin Name	**No. of Debris Cover Glaciers**	**No. of Debris Free Glaciers**	**Total**
Tista Sub-Basin	16	80	96

Table 3. Advance / Retreat in Sikkim glaciers from year 2000 to 2017

Basin Name	**No. of Retreat Glaciers**	**No. of Advanced Glaciers**	**No change Glaciers**	**Total**
Tista Sub-Basin	93	0	3	96

Table 4. Distribution of areal change between Debris covered and Debris free Sikkim glaciers from year 2000 to 2017

Tista Sub-Basin	**Area 2000 (Sq. Km.)**	**Area 2017 (Sq. Km.)**	**Change in Area (Sq. Km.)**	**Percentage**
Debris Cover Glacier	329.03	325.32	3.70	1.12
Debris Free Glacier	164.78	157.89	6.89	4.18

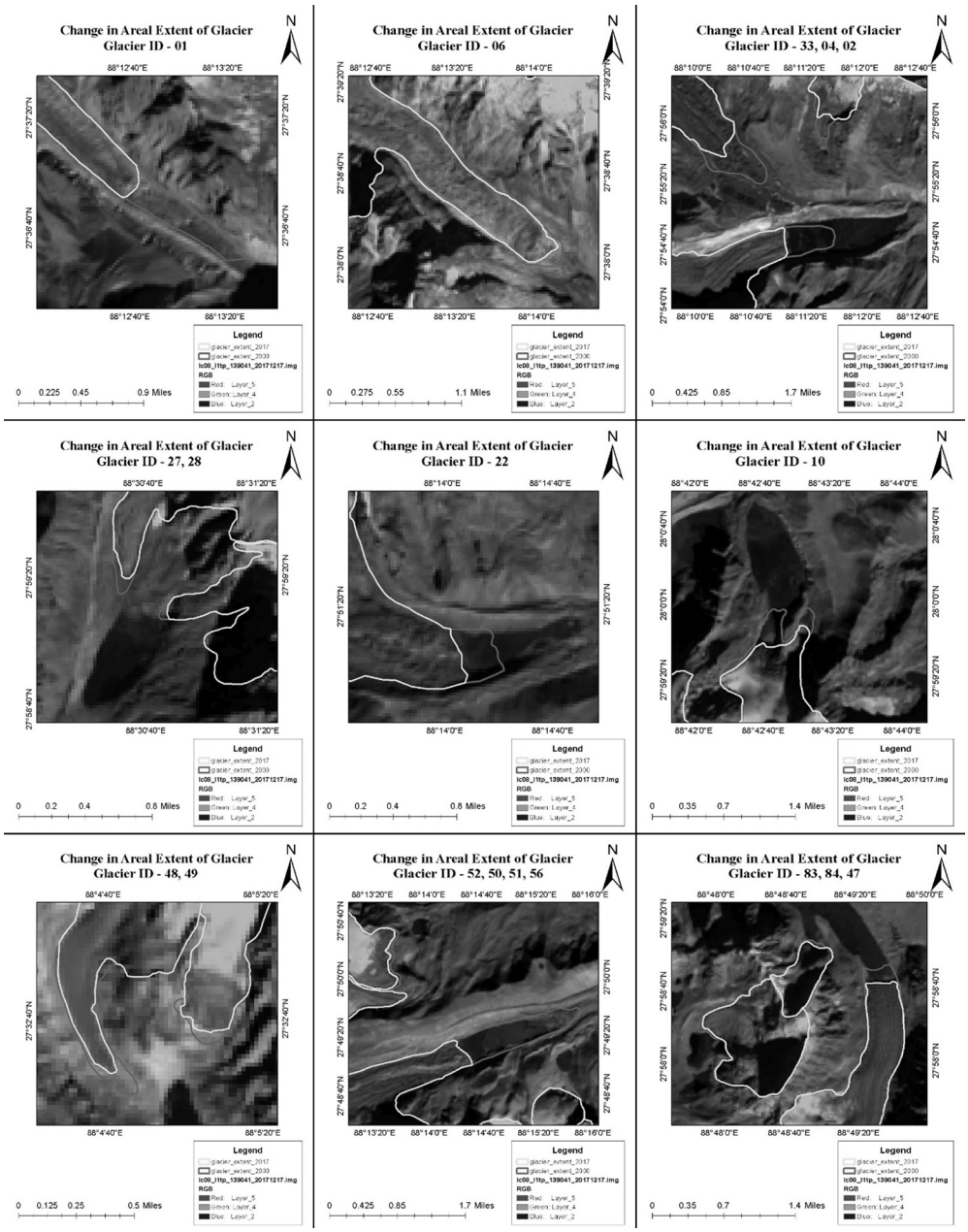


Figure 5. Maps showing deep visualization of area change in the few major glacier of Sikkim Himalayas from the year 2000 to 2017

Conclusions

For the years 2000 and 2017, remote sensing data were utilized to assess the glacier area of Sikkim glaciers in the Tista basin. This estimation was done by mapping glacial boundaries. The investigation has shown an overall decrease of 10.06 sq. km (2.14 %) in the glacier area between the year 2000 and 2017 (*Table 1*). There are very less debris-covered glaciers but large while the number of debris-free glaciers is very high, but they are small in size (*Figure 5*). The net loss in debris-free glacier is almost double to that of debris-covered glaciers, it means more area loss can be seen in individual debris-covered glaciers because of very less number of these glaciers. Debris-covered glaciers are far larger than debris-free glaciers (*Figure 5*). As a result, we may conclude that the existence or absence of debris-cover plays a significant influence in the change of glacier area, and debris-free glaciers are a direct signal of glacier melting since it directly transforms to water. By this technique, we cannot calculate the amount of debris cover of the glacier, for that purpose we should prefer alternate techniques like geodetic mass balance, thermal data etc. In this study, almost all the glaciers of Sikkim are retreating without any glacier advancement, it suggests that due to continuous retreating of the glaciers the glacial area loss can be seen in every single glacier. Hence, there might be many reasons behind the area loss or melting in these glaciers, but climate change is one of the major reasons.

References

Bahuguna, I.M. – Kulkarni, A.V. – Nayak, S. – Rathore, B.P. – Negi, H.S. – Mathur, P. (2007): Himalayan glacier retreat using IRS 1C PAN stereo data. International Journal of Remote Sensing 28, 437–442.

Bahuguna, I.M. – Rathore, B.P. – Brahmbhatt, R. – Sharma, M. – Dhar, S. – Randhawa, S.S. – Kumar, K. – Romshoo, S. – Shah, R.D. – Ganjoo, R.K. – Ajai (2014): Are the Himalayan glaciers retreating? Current Science 106, 1008–1013.

Basnett, A. – Kulkarni, A. (2012): Monitoring of Seasonal Snow Cover in Sikkim Himalaya Using Remote Sensing Techniques. Climate Change in Sikkim Patterns 101, 69–80.

Basnett, S. – Kulkarni, A. – Shresta, D.G. (2011): Glacier Studies in Sikkim Himalaya. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24023.88487

Bolch, T. – Kulkarni, A. – Kääb, A. – Huggel, C. – Paul, F. – Cogley, J.G. – Frey, H. – Kargel, J.S. – Fujita, K. – Scheel, M. – Bajracharya, S. – Stoffel, M. (2012): The State and Fate of Himalayan Glaciers. Science 336, 310–314.

Hazra, P. – Krishna, A.P. (2019): Spatio-temporal and surface elevation change assessment of glaciers of Sikkim Himalaya (India) across different size classes using geospatial techniques. Environmental Earth Sciences 78, 387.

Krishna, A.P. (2005): Snow and glacier cover assessment in the high mountains of Sikkim Himalaya. Hydrological Processes 19, 2375–2383.

Kulkarni, A.V. – Bahuguna, I.M. (2001): Role of satellite images in Snow and Glacial

Investigations, in: Proceedings of: Snow, Ice and Glaciers. Geological Survey of India, Lucknow, pp. 233–240.

Mukhopadhyay, S.C. (1982): The Tista Basin: A Study in Fluvial Geomorphology. K.P. Bagchi, Calcutta. 308 p.

Pramanick, A.S. – Gupta, H.K.D. (2019): Rivers of Sikkim & its Impact on Physiography. JAC: A Journal Of Composition Theory XII, 1429–1438.

Racoviteanu, A.E. – Williams, M.W. – Barry, R.G. (2008): Optical Remote Sensing of Glacier Characteristics: A Review with Focus on the Himalaya. Sensors 8, 3355–3383.

AI-based image compression methods in crowd-sourced street imagery segmentation

Horváth, Viktor Győző[1] – Barsi, Árpád[2]

[1] PhD student, BME Department of Photogrammetry and Geoinformatics, horvath.viktor.gyozo@emk.bme.hu
[2] professor, BME Department of Photogrammetry and Geoinformatics, barsi.arpad@emk.bme.hu

Abstract: Image-based crowd-sourcing mapping solutions require large-capacity image storage. AI-based image compression methods like the transformer neural network-based CompressAI solutions are efficient technology in managing huge image collections. CompressAI offers several pre-trained deep neural network models with various compression efficacy and stored image quality. In evaluating compression models, beyond the usual "before-after" comparisons, we are using a semantic image segmentation technique prior object detection and calculating the quality measures for characterizing their application suitability. Input datasets were chosen from Mapillary Vistas samples, regularly Mapillary image database, and KITTI repositories.

Introduction

Today, crowdsourced mapping solutions are gaining ground. One of these is Mapillary, which can produce an environmental map, and in particular a navigation map, from images taken on the street. It uses artificial neural networks to perform semantic segmentation of the images to isolate, recognize and map individual objects such as road surfaces, pavement signs, buildings, and traffic signs.

The images collected in this way require a large amount of back-up storage. In recent years, image compression algorithms based on transformer neural networks have emerged. The main goal is to develop a compression method that can be applied to machine vision, so that compressed images can be interpreted by a computer in the same way as uncompressed ones. In 2020, Bégaint et al. presented their library and evaluation platform CompressAI to investigate end-to-end compression methods [1]. CompressAI is available on the developers' GitHub page; five pre-trained neural network models are available [2]. These compression methods have been developed for general images; in the present research we want to investigate their applicability for processing street images captured for mapping purposes. For this purpose, we selected images from different datasets and compressed them using all five methods. The 6 images were then subjected to semantic segmentation. Semantic image segmentation is an image classification procedure that classifies pixels according to their content. For the segmentation, we used a convolutional neural network based on the MobilenetV3 architecture, which was trained by Eric Zhang and published on GitHub. Originally, this is a model developed for real-time video image segmentation, which can be used to perform segmentation also on a still-image frames [3] [4].

The use of street images for navigation purposes is not new. It was recognized early on those images, on the one hand, a source of enormous geometric data in terms of resolution, which can be used in spatial shape determination using various machine vision and photogrammetry techniques, and ultimately in 3D mapping. Since the images also carry color or at least grayscale information, the identification of objects is much easier than with raw points, such as point clouds obtained by laser scanning. With this additional data, even the identification and continuous tracking of moving road users, people, vehicles, etc., is now possible.

The images can be used not only to monitor traffic from fixed locations, such as poles, to determine its characteristics, but also to enable safe, increasingly automated driving with onboard vehicle cameras. In our case study, we investigated image segmentation mainly for object recognition for mapping purposes.

Image compression technology with deep learning

Our images are often compressed for efficient network transfer and local storage. The best known and most commonly used image compression algorithms are JPEG, JPEG2000, WebP, BPG1. These have shown quite impressive performance gains in reducing image size without compromising image quality. However, with the exponential growth of the data produced, newer and newer lossy image compression techniques are emerging that can achieve very small, compressed sizes - even with high-quality reconstruction [5].

Image compression using artificial neural networks aims to produce codecs by complex, nonlinear transformations using convolutional neural networks. The goal of the learning process is to minimize the estimated bitstream length (i.e., image size) while keeping potential distortions as low as possible. To characterize the compression of images, three metrics seem to be obvious using CompressAI. These are:

- PSNR (peak signal-to-noise ratio),
- MS-SSIM (Multiscale structural similarity),
- bits-per-pixel (bitrate).

PSNR is a ratio that can be used to compare the maximum signal power with the strength of the noise that interferes with it as a characterization of the quality of the storage. Since in many cases the signal covers a very wide dynamic range, PSNR is given as a logarithmic value on a decibel scale. PSNR is commonly used to quantify the reconstruction quality of lossy image and video compression [6].

SSIM (Structural Similarity Index Measure) is a measure used to estimate the perceived quality of a digital image or video. SSIM measures the similarity of two images. The SSIM index estimates image quality relative to an uncompressed or undistorted image. An enhanced version of SSIM, Multiscale SSIM (MS-SSIM), is used in a variety of image aspect ratios when performing multi-scale sampling. Based on a variety of subjective image and video datasets, it is as good or better than the traditional SSIM metric [7].

The third measure of compressed images is bits-per-pixel (bpp) or bitrate. When referring to individual pixels, the term bits-per-pixel is used to indicate the number of bits in the pixels.

Five models are available in CompressAI:

- bmshj2018-factorized — Factorized prior
- bmshj2018-hyperprior — Hyperprior [8]
- mbt2018-mean — Hyperprior with a Gaussian mixture model
- mbt2018 — Joint autoregressive and hyperprior [9]
- cheng2020-anchor — Extension from mbt2018 residual blocks and sub-pixel deconvolution [10]

All these models are state-of-the-art models in the field of image compression.

The pre-trained models expect input batches of RGB image tensors of shape (N, 3, H, W). H and W are expected to be at least 64. The image data must be in the range of [0, 1]. Based on the number of strided convolutions and deconvolutions of the model used, the input tensors H and W dimensions might have to be padded to be a power of 2.

In our study, the evaluation of the five models were ran on all images downloaded from three databases. The resulting images were identified by the original image name and the model's name. The compressed and original images were then subjected to semantic segmentation.

Segmentation was implemented using a model based on a MobilenetV3 convolutional neural network architecture. MobilnetV3 is a state-of-the-art model for real-time classification that can be run on mobile devices. Eric Zhang's FastSeg model is also based on it, which was trained on the Cityscapes database. His best model achieved 72.3% mIoU accuracy, but this is not relevant for our research. During our evaluation we used the segmentation generated from the original images with this model as ground truth.

Segmentation input pre-processing is done by the PyTorch inference running function.

Inferences were performed on the compressed images previously produced using CompressAI and their originals. The segmentation obtained from the different models was compared with the segmentation derived from the original JPEG compressed image. As a measure of this, we used the overall accuracy (OA), which is a well-established classification feature. We also examined which pixels in the two segmentations were assigned the same class and then gave a percentage value. In the processing, we recorded the overall compression efficiency achieved by each compression model.

Since the images in the KITTI dataset had a very different aspect ratio than the images used for the training, a smaller canvas was cut out from the middle of the image while keeping the same aspect ratio, so that the inference could be run. A similar resizing was done for the Vistas images.

Figure 1. Location of the sample area used from the Mapillary database

Datasets for testing compression

KITTI is a joint project of the Karlsruhe Institute of Technology and the Toyota Technological Institute at Chicago, which makes freely available in-vehicle data for research purposes worldwide [12]. The files we downloaded were color camera images of urban environments from the 2012 database. The images were available in PNG format with 1242 x 375 pixels, and 24-bit radiometry (color).

Mapillary Vistas is a global database of 25,000 images of diverse street scenes. In our research, two images from six continents were extracted from this database [13].

The third data set is Mapillary's "normal" database, where users upload their own georeferenced images and videos. Using the built-in API, 139 images of the Budapest area were downloaded from the platform.

The geometric resolution and lighting conditions of the images are varied; the images in the sample area were chosen randomly. Image IDs were generated by concatenating the Mapillary sequence ID with the image ID. The images obtained via the Mapillary API were resized at the time of download, resulting in a lower resolution than the original uploaded image stored on Mapillary's server.

Experimental results

The downloaded datasets were processed with all the models presented. The results of the compression are presented both visually and in terms of numerical features.

In the visual evaluation, the juxtaposed figures can be compared. The images as a whole show that the implemented models do not change in tone or contrast (*Figure 2*).

If we look at a single detail, there is more or less blurring of the details (top row of *Figure 4*). The image of the arrow showing the location of the upper traffic sign

Figure 2. The original image and its compressed version according to five different models (Mapillary dataset image)

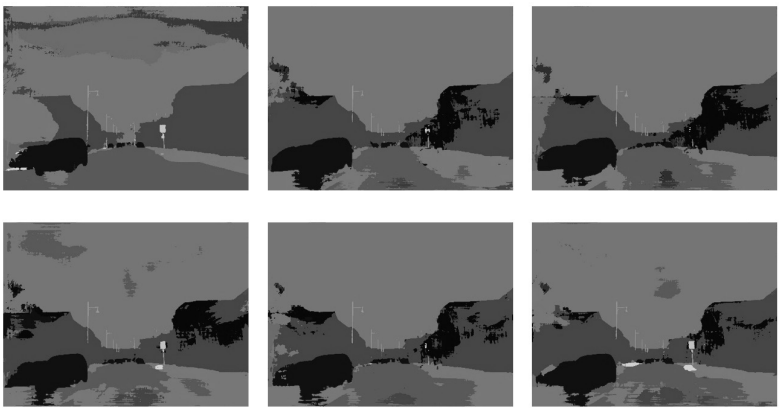


Figure 3. Result of the semantic segmentation of the complete images

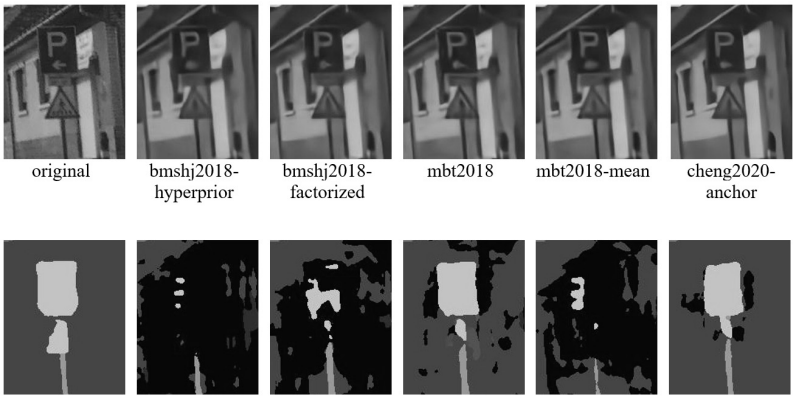


Figure 4. Original image cut-off with the five compression models and the segmentation results (Mapillary dataset image)

(waiting area) in the cut-out is blurred, i.e., such fine details are lost when the models are run. For the lower sign (pedestrian crossing hazard sign), the image of the icon in the middle of the sign also becomes unrecognizable.

The main purpose of our research is to assist in the processing of images used in the production of the transport map database. To this end, we have also performed a semantic segmentation of the images, so that the delineation of possible map objects can be studied. The segmentation described in Section 2 can thus be used to form homogeneous image segments, from which, for example, pavement markings or signs can be recognized during the workflow.

By segmenting the images in *Figure 2*, we obtained the results in *Figure 3*. Visually, it can be seen that the segmentation has created a sense of smoothing in the image content due to the compression models, as is clearly shown by the number and location of the segments. For example, the sky in the original image belongs to several segments, while the compressed versions show a more uniform result. In the case of the envelope, the opposite phenomenon is seen: the larger coherent envelope is broken down into several blended segments (*Figure 3*).

A more subtle assessment can be made on the image parts. The segmentation of the traffic sign segmentation provides a basic assessment of the models: besides the original image, the mbt2018 and cheng2020-anchor models were able to detect it, the other models only identify some sign patches but do not return them as coherent fields (bottom row of *Figure 4*).

It is worth analyzing the quality of segmentation further. In *Figure 5*, the left-hand side shows a result where each segment is appropriate, while the right-hand side shows a relatively homogeneous sky classified into several odd categories. True, in this result the vehicles of interest are correctly identified.

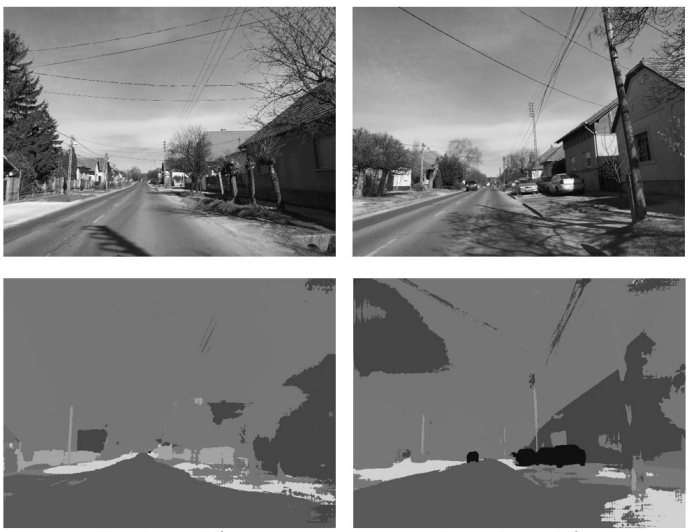


Figure 5. Correct and incorrect segmentation results with the original image

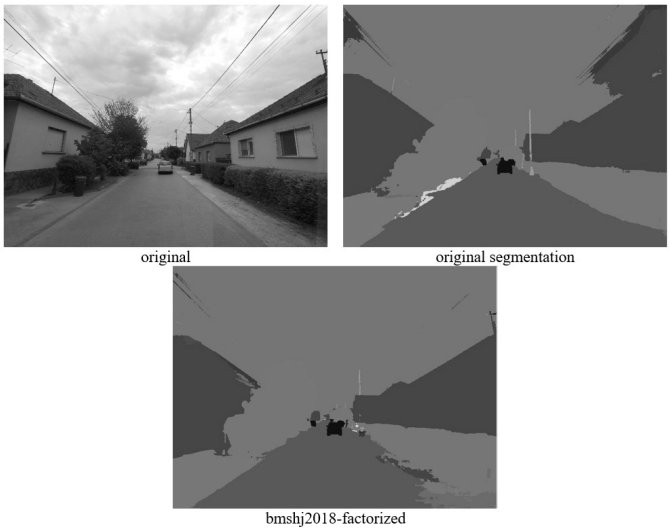


Figure 6. Large percent of the sky is classified as buildings on the original image (top row), no such problem on any of the compressed images

Figure 6 shows another aspect of segmentation. The segmentation of the original image is noisy, as the roof structure of the buildings on the right side of the streetscape is severely lacking. In contrast, the bmshj2018-factorized compression model, for example, achieved a very clean, meaningful delineation.

Thus, through the examples in *Figures 5* and *6*, it can be seen that segmentation alone cannot objectively characterize the degree of compression, since it can also give erroneous results for the reference image.

In order to objectively characterize the compressions performed by the models, metrics were derived. The first general characteristic is the compression efficiency. The ratio of the physical size of the storage file produced by the models to the original uncompressed file is a good measure of the degree of compression. The more efficient the compression, the higher the number of values close to one (*Figure 7*).

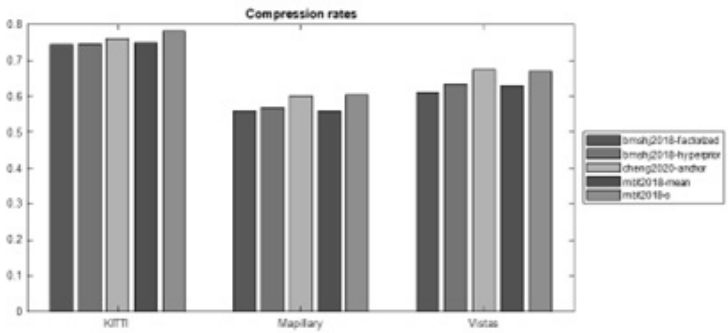


Figure 7. Evaluation of the compression ratio for the models for all three datasets

The next set of numerical features is the set of features that indicate the quality of still and moving images, which were presented in Section 1. The metrics were determined per dataset for each image of each model, and then boxplots were created as shown in *Figure 8* for statistical presentation.

The figure shows that the most homogeneous dataset is the one downloaded from KITTI, as it shows the smallest coverage for the three image quality metrics. In contrast, the Mapillary sample with the largest number of samples was the most heterogeneous.

The segmentation results in class identifiers, which are compared with the overall accuracy measure based on the literature [11]. For the overall accuracy, we considered the segmentation of the original image as the reference against which we compared the results of the models. The overall accuracy is high if the results of the two classifications are as similar as possible. The dimension of overall accuracy is %.

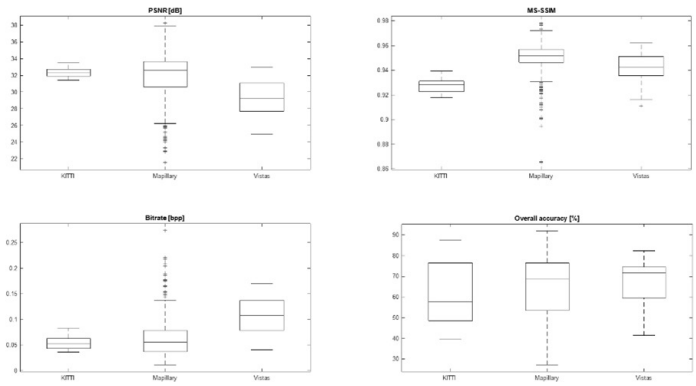


Figure 8. Statistical characteristics of the PNSR, MS-SSIM and bitrate metrics for all three datasets and the overall accuracy metric for segmentation

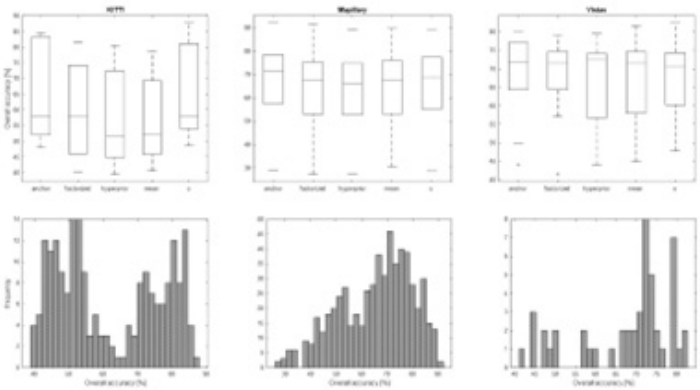


Figure 9. Overall accuracy statistics and frequencies derived from the segmentation results of the images of the data sets

It is interesting to note that the segmentation of the KITTI dataset with homogeneous image quality metrics yielded the most diverse overall accuracy results, i.e., in addition to the highly consistent model results, quite different outputs were produced.

A comparison of each compression model can also be made with segmentation statistics. In *Figure 9*, the compression models can be compared. The top row of boxplots for each image in the three datasets shows the variation in numbers per model. The surprising result is that Mapillary, which has been shown to be the most heterogeneous, shows the most uniform image (middle figure). The models in the small-element Vistas dataset provide nearly identical medians for all models (right figure). KITTI, on the other hand, has the largest variance of all the datasets (left figure). Bottom row are histograms of the entire set of overall accuracy measures per dataset. For KITTI, segmentation produces a two-peaked output: the two modes are shown around 50% and 80%. The first peak shows that roughly every second segmented pixel matches the original image (indicating low quality), while the second peak shows that the models produce usable segmentation similarity.

Conclusion

In our research we used the CompressAI image compression method based on transformer neural networks. For PyTorch resources, five state-of-the-art compression models were established by the developers to provide an efficient compression technique for general purposes. The authors of this paper are working on the development of map databases for transport purposes, including the crowdsourcing based Mapillary system. This environment requires the upload of a huge volume of images, from which the built-in analysis procedures extract objects related to the road infrastructure and its surroundings: road signs, pavement markings and others. Object recognition is performed after segmentation of the uploaded images and the object descriptors are then entered into the database.

The basic idea of this research is to investigate the effect of neural compression of crowd-sourced images in terms of segmentation as part of recognition. The work was carried out on a sample space of three images of different origin, number and quality. All images were compressed using the five compression models of the CompressAI package, and visual and numerical characterization of the results was provided. Overall, it can be concluded that artificial neural models are capable of achieving compression rates up to 55%. Visual comparisons show that fine details are generally lost in the process.

A particularly important qualification of numerical characterization is the influence of segmentation: the difference in segmentation between the compressed and the original image is due to the influence of the models. Segmentation results show a rather large variance, with quite striking matches and differences. To address this together, we therefore chose the median of the overall accuracy to characterize the

datasets with a single number. Its value for the KITTI, Mapillary and Vistas datasets was found to be 57.6, 68.5 and 71.6 % respectively. However, the visual evaluation of the results pointed out the fact that the segmentation of the uncompressed image, considered as the reference, is also subject to errors. On this basis, the tests should be compared to different ground truth samples.

It was also found that the input aspect ratio of the image set used to train the CompressAI models differed from the aspect ratios of the images in the present study. In the tests, the aim was to maintain the aspect ratio, i.e., to produce equal ratio crops of the images. However, the full practical analysis justifies the use of additional image pre-processing solutions, such as rescaling. Similarly, it is worthwhile to adapt the compression technique to a larger data set type by modifying the input layer of the models and resampling the model.

Finally, the segmentation used for the tests should be compared with alternative methods.

Literature

[1] Jean Bégaint et al. (2020) – CompressAI: a PyTorch library and evaluation platform for end-to- end compression research

[2] GitHub repository of CompressAI: https://github.com/InterDigitalInc/CompressAI

[3] GitHub repository of fastseg by Erik Zhang: https://github.com/ekzhang/fastseg

[4] Andrew Howard et al. (2019) – Searching for MobileNetV3

[5] Haojie Li et al. (2018) – Deep Image Compression via End-to-End Learning

[6] Peak signal-to-noise ratio: https://en.wikipedia.org/wiki/Peak_signal-to-noise_ratio

[7] Structural similarity: https://en.wikipedia.org/wiki/Structural_similarity

[8] Johannes Ballé et al. (2018) – Variational image compression with a scale hyperprior, https://arxiv.org/abs/1802.01436

[9] David Minnen et al. (2018) - Joint Autoregressive and Hierarchical Priors for Learned Image Compression, https://arxiv.org/abs/1809.02736

[10] Changyue Ma et al. (2020) – A Cross Channel Context Model for Latents in Deep Image Compression, https://arxiv.org/pdf/2103.02884.pdf

[11] Overall accuracy a metric of image comparison: http://gsp.humboldt.edu/olm_2019/courses/GSP_216_Online/lesson6-2/metrics.html#:~:text=various%20accuracy%20metrics.-,Overall%20Accuracy,-Overall%20Accuracy%20is

[12] KITTI dataset: http://www.cvlibs.net/datasets/kitti/

[13] Mapillary Vistas dataset: https://www.mapillary.com/dataset/vistas

Leveraging Google Earth Engine for climate change mapping: Kazakhstan's case study

Kalamkas Yessimkhanova[1,*] – Mátyás Gede[2]

[1] PhD candidate, ELTE Eötvös Loránd University, Institute of Cartography and Geoinformatics, kalamkasyessimkhanova@gmail.com
[2] PhD Associate Professor, ELTE Eötvös Loránd University, Institute of Cartography and Geoinformatics, saman@inf.elte.hu
[*] Corresponding author

Abstract: Climate change has been considered one of the most globally important problems impacting all spheres of life and agricultural aspect is one of the crucial areas of life. Despite a lot of studies and scientific works related to climate change and its visualization it remains to be examined at this point insufficiently for the case of Kazakhstan. Kazakhstan is an industrial hub and agriculture is not a major sector of the economy, however more than 70 percent of the territory is in crops and husbandry use. Considering the area of country, which is 2724900 km², agriculture scale is huge. Therefore, the aim of this study is to examine and visualize climate change for the area of Kazakhstan in the past decades. Using rich datasets of Google Earth Engine cloud-based platform as an analysis service this study is projected to monitor changes in Normalized Difference Vegetation Index, temperature and precipitation over time and determine whether there is a relationship between these variables.

POSZTEREK

Digitális terepbejárás a geológia ösvényein

Balogh Richárd[1] – Pirkhoffer Ervin[2] – Czigány Szabolcs[3]

[1] PhD hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, Földtudományok doktori iskola
[2] Egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet
[3] Egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet

A fotogrammetria számtalananalitikus, oktatási és vizualizációs lehetőséget biztosít a földrajz és földtudományok területén. A jelen munkánk során a Villányban található Ammonitesz tanösvény nagy felbontású és pontosságú 3D modelljét készítettük el. A felvételezéshez egy RTK GPS modullal rendelkező DJI Mavic 2 Enterprise típusú drónt használtunk. A modell további pontosítása végett kézi RTK GPS (Geomax Zenith 35 Pro GPS/GNSS) segítségével kontroll pontok koordinátáit határoztuk meg, amelyeket a drónrepülések során is felhasználtunk. Az elkészült nagy pontosságú koordinátákkal ellátott nyers fényképeket Agisoft Metashape szoftverrel dolgoztuk fel. A *Structure from Motion* fotogrammetriai módszer segítségével először pontfelhőt hoztunk létre a nyers felvételekből, majd a pontfelhőből először egy textúrázatlan 3D modellt generáltunk. A modellt ezután a drón által készített kb. 900 db fényképből származó textúrával látta el a szoftver. Az így kapott 3D modell rendkívül nagy felbontású textúrákkal, valamint nagy geometriai pontossággal rendelkezik.

A modell szinte végtelen számú felhasználási lehetőséget biztosít, mind kutatási, mind pedig oktatási területen. A modellhez az ingyenesen elérhető Agisoft Viewer szoftver segítségével hozzáadhatóak általunk rajzolt rétegek vagy talajszintek. A rétegek tetszés szerint szerkeszthetők, számozhatók, színezhetők, valamint információkkal tölthetjük fel őket (pl. kőzetek kora, formációk nevei, ásványi és kőzettani összetételük). A modellen ezenfelül végezhetőek utólagos, eddig csak terepen lehetséges mérések (pl. csapásirány, rétegdőlés). A modellt megnyithatjuk és tovább fejleszthetjük különböző 3D modellező programok (pl. Blender), illetve grafikus motorok segítségével is (Unreal Engine).

A 3D modellt megtekinthetjük virtuális valóság szemüveg segítségével is, ahol akár 1:1-es méretarányban végig sétálhatunk a modellezett területen. A séták során készíthetünk 360°-os videókat is, amelyeket könnyedén megoszthatunk másokkal és amelyek nem csak VR szemüvegek segítségével tekinthetőek meg, hanem bármilyen videó lejátszásra alkalmas eszközön. Lehetőségünk van akár internetes felületekre is (pl. Sketchfab) feltölteni az elkészült modelljeinket (alacsonyabb minőségben),

ahol egy link segítségével megoszthatóak, beágyazhatóak akár előadások vagy tudományos cikkek anyagába.

A 3D-s modellek elkészítésének olcsóbb és egyszerűbb módszerének alapját fényképezőgépekkel, vagy telefonokkal készített fényképsorozatok képezik. A terepbejárások során a vizsgált feltárásokról és ősmaradványokról készült fényképeket ugyanis felválthatják a *Structure from Motion* módszerrel készült modellek. Így terepi körülmények között akár egy fényképezőgéppel, sőt okostelefonnal készült fényképsorozat alapján is képesek vagyunk 3D modellt készíteni. Vizsgálataink során egy okostelefon és az Agisoft Metashape segítségével 50 fényképből 3D modellt készítettünk geológiai-talajtani feltárásokról. Ugyan az így kapott modell részletessége és pontossága nem éri el az RTK GPS és a DJI drón modell hasonló paramétereit, azonban még így is több információval szolgál, mint egy, a terepen készült hagyományos felvétel.

Műholdfelvételeken végzett referenciaadat-hordozhatósági vizsgálatok első eredményei

Pacskó Vivien[1,2] – Belényesi Márta[3] – Barcza Zoltán[4]

[1] távérzékelési szakértő, Lechner Tudásközpont, Térbeli Szolgáltatások Igazgatósága, Űrtávérzékelési Osztály, vivien.pacsko@lechnerkozpont.hu
[2] PhD hallgató, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Földtudományi Doktori Iskola
[3] távérzékelési szakértő, Lechner Tudásközpont, Térbeli Szolgáltatások Igazgatósága, Űrtávérzékelési Osztály, marta.belenyesi@lechnerkozpont.hu
[4] egyetemi docens, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, zoltan.barcza@ttk.elte.hu

A közepes felbontású űrfelvétel-idősorok alapján történő gyeptérképezés a hazai és nemzetközi szakirodalomban is élénken kutatott terület. A tapasztalatok szerint tematikus felszín-osztályozásban a különböző tanított térbeli osztályozási algoritmusok, gépi tanulási módszerek érik el a legnagyobb hatékonyságot. A szükséges bemenő adatok és referenciaadatok készletének összeállítása, valamint a megfelelő osztályozási paraméterek megtalálása azonban erősen célfüggő, kihívásokkal teli terület.

Az egy vegetációs időszakban adott területre készülő felvételek száma az ESA Sentinel-2 műholdjainak köszönhetően jelentősen megnőtt. A rajtuk elhelyezett multispektrális szenzorok méréseiből származtatható vegetációs indexek tovább bővítik a pixelenként rendelkezésünkre álló információk halmazát. Ahhoz azonban, hogy az idősor összes felvételét bevonhassuk az osztályozásba, meg kell várnunk a vegetációs időszak végét. A gyakorlatban ekkor már kevésbé hasznosul a tematikus eredménytérképünk.

Jelen kutatás célkitűzése kettős. Egyrészt vizsgáljuk, hogy a teljes idősor felhasználása nélkül, pusztán tavaszi, és kora nyári felvételek bevonásával milyen megbízhatóságú gyep- és vetésszerkezeti térkép állítható elő. Másrészt teszteljük olyan osztályozási modellek hatékonyságát, amelyek tanítása a tárgyévet megelőző évek űrfelvétel-idősorán és referenciaadataival történt. Az így kapott előzetes eredmények támogathatják a nyári terepi felmérések kivitelezését.

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium KDP-2021 kódszámú Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból Finanszírozott szakmai támogatásával készült. A konferencián való részvételt a Lechner Tudásközpont támogatta.

Komplex hidrológiai és felszínfejlődési modell földi mars-analóg területek vizsgálatához

Steinmann Vilmos[1,2]

[1] ELTE TTK Földtudományi Doktori Iskola
[2] Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet

A Földön kevés olyan hely van, ahol jól reprezentálhatóak a marsi viszonyok. Az arid (száraz) és hiperarid (szélsőségesen száraz) környezetek a legalkalmasabbak arra, hogy modellezük a marsi környezeti viszonyokat, ezeket mars-analóg területnek nevezzük.

Az ilyen területek hidrológiai és morfológiai vizsgálata nehéz, mivel a leggyakrabban használt hidrológiai modellek az adott területen lehulló csapadékra épülnek, ami a lehető legjobb módszer, de jelen esetben nem alkalmazható a csapadék hiánya miatt.

Az általam kidolgozott modell, egy domborzatmodell (DTM) és az adott területre jellemző bemeneti paraméterek alapján képes megbecsülni a vizsgált területre jellemző hidrológiai értékeket, mint például vízhozam, vízmagasság, vízsebesség, völgytalp szélessége és völgy szélesség. A modell ezen felül képes megbecsülni, hogy mennyi idő szükséges a becsült hidrológiai paraméterekkel az adott terület kialakulásához (Formation Timescale-FTS), valamint képes becslést adni a vertikális erózió mértékére.

A modell több különféle bemeneti paramétert használ, amelyek mérhetőek, vagy ismertek lehetnek a vizsgált területről, így a modell nem csak földi, hanem marsi környezetben is alkalmazható. A modell az alábbi változókat használja: D50-, D90 szemcseméret, kőzetalkotó sűrűsége, víz sűrűsége, ariditási index, porozitás, gravitáció, felbontás (a bemeneti DTM felbontása).

A modell elsősorban a marsi folyóvölgyek vizsgálatára lett kifejlesztve, de a tesztelés földi, mars-analóg területeken történik. A modell sikeresen lett alkalmazva az izraeli Zafit medence vízgyűjtő területein, ahol rendelkezésre álltak a részvízgyűjtő-medencékre vízhozam adatok, valamint a Száraz-Andokban található Ojos del Salado környezetében.

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-1 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

MELLÉKLETEK

Űrfelvételek forgalmazása: Planet, EU Space Imaging, Maxar, (korábbi nevén DigitalGlobe), Capella Space

Képfeldolgozó szoftverek: ENVI szoftvercsalád, SARscape

Fotogrammetria: Trimble INPHO, UASMaster termékek

Képszegmentálás: Trimble eCognition szoftverek

Digitális térképek: HERE Platform és térképek

www.geoiq.hu

+36 26 346 019
+36 30 931 0626
2098 Pilisszentkereszt, Kakashegy utca 56.

Szolíd árak, transzparencia, s az iparág vezető szoftverei

CONSTRUSOFT
Trimble Connect
DOWNLOAD TODAY
Trimble

GDi Magyarország KFt.

1134 Budapest, Váci út 33/9.

+361 428 80 40
www.gdihu.hu
sales@gdiesri.hu

HM Zrínyi Nkft.
Térképészeti Ágazat

A Térképészeti Ágazat egyedülállóan az országban a teljes védelmi térképészeti vertikumot felöleli, repülőgépes, drónos adatfelvételezéstől kezdve a geodéziai, topográfiai feladatokon át a térinformatikai, kartográfiai tevékenységekig. A létrehozott térinformatikai adatbázisok és azokból generált térképi állományok a Magyar Honvédség és a teljes védelmi szféra feladatait segítik.

Látogasson el megújult honlapunkra:
https://hmzrinyi.hu/terkepeszet/
Karrierlehetőségeink:
https://hmzrinyi.hu/karrier/

E-mail: terkepeszet@hmzrinyi.hu
Cím: 1024 Budapest, Szilágyi Erzsébet fasor 7–9.

#HMZ4EVER

UVATERV
ÚT-, VASÚTTERVEZŐ ZRT.
TELJESKÖRŰ KÖZLEKEDÉSI
INFRASTRUKTÚRA TERVEZÉS
1948 ÓTA
ÚT- ÉS AUTÓPÁLYA TERVEZÉS
VASÚTTERVEZÉS
REPÜLŐTÉR TERVEZÉS
EGYÉB INFRASTRUKTÚRA TERVEZÉS
www.facebook.com/uvaterv

SZPONZOROK ÉS KIÁLLÍTÓK