AZ ELMÉLET ÉS A GYAKORLAT TALÁLKOZÁSA A TÉRINFORMATIKÁBAN
X.

THEORY MEETS PRACTICE IN GIS





Szerkesztette:
Molnár Vanda Éva

Technikai szerkesztők:
Kovács Gergő, Nagy Bálint, Szabó Loránd,
Szalóki Annamária, Szopos Noémi Mária

Lektorálták:
Dr. Négyesi Gábor,
Dr. Tóth Csaba Albert,
Dr. Túri Zoltán Krisztián

ISBN 978-963-318-054-9

A kötet a 2019. május 23–24. között Debrecenben megrendezett
Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás előadásait tartalmazza.
A közlemények tartalmáért a szerzők a felelősek.

A konferenciát szervezte:

A Debreceni Egyetem Földtudományi Intézete, az MTA Természetföldrajzi
Tudományos Bizottság Geoinformatika Albizottsága, az MTA DAB
Földtudományi Bizottsága, a Magyar Földrajzi Társaság, a MAGISZ, a HUNAGI
és az eKÖZIG ZRT.



Debrecen Egyetemi Kiadó
Debrecen University Press

Készült
Kapitális Nyomdaipari Kft.
Felelős vezető: ifj. Kapusi József
Debrecen
2019

Tartalomjegyzék

Program 7
Előadások
Mohd Aaqib Lone – Zsolt Toth: Distance Estimation In IndoorGML Maps 9
Abriha Dávid – Banka Fruzsina – Szabó Szilárd: Random Forest osztályozó algoritmus pontosságának vizsgálata tetőfedő anyagok azonosításában multispektrális adatokkal 19
Malak Alasli: Concordance of Maghrebian place names in the Hungarian school atlases 25
Ashraf ALDabbas – Zoltán Gál: Getting Facts about Interplanetary Mission of Cassini-Huygens Spacecraft 27
Árvai László: Beltéri navigációs rendszer fejlesztése nyílt forrású alapokon 35
Árvai Mátyás – Deák Márton – Mészáros János: Eróziós térszínek drónos vizsgálata 41
Bagdi Zsolt: Repülőterek biztonságtechnikai felmérése geoinformatikai módszerekkel 43
Bakó Gábor – Répás Zoltán – Lehoczky Máté: A Légi Térképészeti és Távérzékelési Egyesület ajánlása a légi távérzékeléssel gyűjtött téradatok geometriai pontosságának elemzéséhez 49
Bertalan László – Nagy Bálint – Szopos Noémi Mária – Anette Eltner – Hannes Sardemann – David Mader: Medertopográfiai és hidrometriai vizsgálatok a Sajó mentén pilóta nélküli vízi- és légijárművekkel 55
Birinyi Edina – Friedl Zoltán – Hubik Irén – Kristóf Dániel – Nádor Gizella – Rotterné Kulcsár Anikó – Pacskó Vivien – Mikus Gábor: Felhőalapú adatfeldolgozás távérzékelési alkalmazásokban 61
Biró Csilla Karina – Kubány Csongor: Épület állomány aktualizálása speciális számításokat igénylő projekt nagy adatmennyiséget tartalmazó alaptérképéhez – Esettanulmány 67
Burai Péter – Gaál Márta – Molnár András – Tomor Tamás – Bekő László: Halastavak vizsgálata távérzékelési módszerekkel 71
Czimber Kornél – Burai Péter – Kovács Zoltán – Gerencsér Albert: Erdőleltározás légi lézeres letapogatással és közel fotogrammetriával – Első tesztek eredményei 77
Göttlinger István R. – Schüszler Péter: Síkvidéki vízrendezés tervezési alapjainak megújítása a térinformatika eszközeivel 83
Gudmann András – Mucsi László: Döntési fa és véletlen erdő osztályozási módszerekkel készített felszínborítási térképek pontosságának összehasonlító elemzése 91
Gyenizse Péter – Pap Norbert – Kitanics Máté – Morva Tamás: A mohácsi csata helyszínének pontosítását célzó beláthatósági vizsgálatok eredményei 101

Gyuris Péter – Sápi Dávid – Kovács Ferenc: Bioenergetikai szempontú felmérések marginális, művelés alól kivont területeken 109
Hegedűs László Dávid: Az átszállásmentes közlekedés vizsgálata Debrecenben 117
Karancsi Gergő – Baranyi Imre – Lázár Vilmos – Balla Dániel: Talajban tárolt szennyezőanyag mennyiségének becslése RockWorks program segítségével 123
Kern Anikó – Dobor Laura – Horváth Ferenc – Hollós Roland – Márta Gergely – Barcza Zoltán: FORESEE: egy publikus meteorológiai adatbázis a Kárpát-medence tágabb térségére 131
Kinárov Krisztián – Túri Zoltán Krisztián – Gönczy Sándor: Űrfelvétel-alapú változásvizsgálatok a Beregszászi-dombságon 139
Kiss Kinga – Czigány Szabolcs – Valkay Alexandra Ilona – Marcin Słowik – Remigiusz Tritt – Adam Marciniak – Balogh Richárd – Dezső József – Lóczy Dénes – Halmai Ákos – Pirkhoffer Ervin: A magyarországi kisvízfolyások paleomeder-vizsgálatának modellezése 147
László Kiss: Analysis and visualization of the Heating Degree Days in the Benelux states 153
Koós Sándor – Laborczi Annamária – Szatmári Gábor – Pirkó Béla – Csathó Péter – Szabó Anita – Fodor Nándor – Pásztor László: A nitrát érzékeny területek nitrogén forgalmának térbeli modellezése 159
Kovács Gergő – Szabó Gergely: A beépítettség kimutathatósága digitális felszínmodelleken, Debrecen példáján 161
Kovalcsik Tamás: Társadalmi és politikai términtázatok aggregációs lehetőségei mikroléptéken, Budapest példáján 167
Laborczi Annamária – Szabó Brigitta – Szatmári Gábor – András Makó – Zsófia Bakacsi – Pásztor László: Talaj-vízgazdálkodási kategóriák térképezése digitális hidrofizikai talajtulajdonság térképek és archív talajtérképek alapján, adatbányászati módszerekkel 175
Mészáros János – Nemerkényi Zsombor – Nagy Balázs: UAV felmérések magashegységi környezetben – Ojos del Salado, Chile 177
Mészáros Márk: A közúti járműgyártás és a kapcsolódó iparágak súlypont változásainak vizsgálata Magyarországon 179
Mihalik József: A HM Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság Légifényképtára 187
Dragan D. Milošević – Jan Geletič – Stevan M. Savić – Michal Lehnert: Intra-urban analysis of land surface temperatures in the City of Novi Sad (Serbia) 193
Molnár Vanda Éva – Simon Edina – Szabó Szilárd: Fafajok osztályozása multispektrális felvételek alapján debreceni mintaterületen 201
Nagy Bálint – Szopos Noémi Mária: Hidrológiai modellekben bekövetkező változások eltérő felbontású digitális domborzatmodellek alkalmazása esetén 205

Nagy Géza: A CUBE, mint átfogó térinformatikai megoldás a Stonex-től 211
Neuberger Hajnalka – Juhász Attila – Krausz Nikol – Potó Vivien – Barsi Árpád: Voxel alapú környezetmodell lézerszkennelés alapján 215
Daniel O. Nyangweso – Mátyás Gede: Integration of Toponyms Mobile data Collection in PostgreSQL Database 225
Orgoványi Péter – Salamon Endre: Térinformatika alkalmazása víziközműves szakmai tárgyak oktatása során 233
Papp István: A határ menti területek lehatárolása térinformatikai módszerekkel 239
Pásztor László – Laborczi Annamária – Szatmári Gábor: Standardizált vs. specifikus digitális talajtérképek: hajtóerők, kölcsönhatások, lehetőségek 247
Pődör Andrea – Bosföldi Dorina – Katonáné Gombás Katalin: Zajérzet mérése Székesfehérváron és Szombathelyen 249
Andrea Procházková – Tomáš Mikita: Utilization of the hand-held mobile laser scanning in forest inventory 257
Schlosser Aletta Dóra – Szabó Gergely – Varga Zsolt – Enyedi Péter: Épületobjektumok detektálása fotogrammetriai pontfelhő alkalmazásával debreceni mintaterületen 259
Schneck Tamás – Telbisz Tamás – Zsuffa István: Csapadék-interpoláció digitális terepmodell és többváltozós regressziószámítás felhasználásával magyarországi hegységi mintaterületekre 263
Stenzel Sándor: Korszerű 3D-technológiák az UVATERV Zrt.-nél 271
Sütő László – Balogh Szabolcs – Rózsa Péter: Antropogén bolygatottság a Borsodi-medencében 275
Szabó Gergely – Schlosser Aletta Dóra: Fotogrammetriai felszínmodell pontosságvizsgálata RTK-UAV alkalmazásával 281
Szabó Loránd – Szabó Szilárd: Hosszútávú vegetációterjedés-monitoring a Tisza-tó területén spektrális indexek alkalmazásával 287
Szabó Zsuzsanna – Szabó József – Tomor Tamás – Baranyai Edina – Prokisch József – Szabó Szilárd: Az ártér geomorfológiájának szerepe a nehézfémek mintázatában Sajó menti mintaterületen 293
Szabó Zsuzsanna – Szabó József – Tomor Tamás – Baranyai Edina – Prokisch József – Szabó Szilárd: Övzátonyok és sarlólaposok nehézfém mintázatának vizsgálata rakamazi mintaterületen 295
Szikszai Csaba: Kutatási területek a „Magyarország II. világháborús bombázottsági adatbázisa” projektben 301
Szutor Péter: Felületek a pontfelhőkben 309
Tar László – Csepinszky András – Krausz Nikol – Neuberger Hajnalka – Potó Vivien – Somogyi József Árpád – Barsi Árpád: Helymeghatározási jelölők kinyerése mobil térképezéssel nyert adatokból 317
Török Zsolt Győző: A „Virtuális Turista”: téri tájékozódási stratégiák és térképhasználat szemmozgáskövetéses kísérletek alapján 325

Utasi Zoltán – Lavaj Marcell – Nagy Ádám – Tóth László – Molják Sándor – Sütő László: Turistautak geoinformatikai feldolgozása az Egri Borrégió területén 333
Valkay Alexandra Ilona – Pirkhoffer Ervin – Czigány Szabolcs – Nagyváradi László – Halmai Ákos: A hajózás biztonságát fenyegető objektumok térképezése – kisköltségvetésű szonárrendszerekkel 341
Varga Ágnes: Borsod-Abaúj-Zemplén megye jövedelemszerzési célú belföldi ingázási mintázatainak feltárása térinformatikai eszközökkel 349
Varga Lola – Gede Mátyás: Telekocsi szolgáltatás adatainak elemzése 355
Varga Zsolt – Czédli Herta: Gondolatok a természettudományi tárgyak oktatásához 361
Vass Róbert – Takács Lívia – Czomba Péter: A hullámtéri érdesség változásának kapcsolata a feltöltődéssel a Felső-Tisza mentén 367
Vastag Viktória Katica – Enyedi Attila – Berke József: Hipertemporális drónfelvételek szerkezet és tartalom alapú elemzésének természetvédelmi célú eredményei 377
Vaszócsik Vilja – Schneller Krisztián – Csőszi Mónika – Csorba Péter – Göncz Annamária – Kiss Dániel – Teleki Mónika – Konkoly-Gyuró Éva: A tájkarakter alapú tájosztályozás természeti és komplex jellegindikátorainak kialakítása 387
Zékány Szabina: Közösségi közlekedés tervezése nyílt adatbázisok alapján 395
Marianna Zichar: Updating geovisualization in HDTR – Migrating from Google Earth API to CesiumJS 401
Poszterek
Bernadett Dobre – Titusz Bugya – István Péter Kovács: Detecting fluvial terraces in semi-arid environment using different DTMs 407
Juhász Dániel: A bányászat hatásainak vizsgálata Magyarországon CORINE felszínborítási adatbázisok felhasználásával 408
Kinárov Krisztián – Túri Zoltán Krisztián – Gönczy Sándor: A földhasználat-változás elemzése egy kárpátaljai mintaterületen (Beregszászi-dombság) 409
Pál Márton – Albert Gáspár: Térképészet és GIS a földtani örökségvédelem szolgálatában 410
Szatmári József – Tobak Zalán – Varga Ákos: Okos város – 3D GIS fejlesztés Szeged városi mintaterületekre 412
Szopkó Anikó – Lóki József: A Tiszafüred-Kunhegyesi-sík antropogén felszínváltozása 414
Vörös Fanni – Tompos Zoltán – Kovács Béla: A beépített autós navigációs rendszerek és a felhasználói felületek vizsgálata 415
Vörös Fanni – Pál Márton – Kovács Béla – Elek István: Nagypontosságú GNSS használata az autonóm vezetés során 417
Mellékletek 419
Szponzorok és kiállítók 432

Program

2019. május 23.

8:00-tól Regisztráció (Debreceni Egyetem Főépület)

10:15 – 10:30 Megnyitó – Aula (Főépület II. emelet)

Plenáris előadások

Hajzer Károly *(Belügyminisztérium, informatikai helyettes államtitkár)*:
E-közigazgatási megoldások és fejlesztések

Nagy János *(földügyekért felelős helyettes államtitkár, Agrárminisztérium)*:
A földügy AKTUÁLIS feladatai, birtokrendezés Magyarországon

Fekete Gábor *(vezérigazgató, Lechner Tudásközpont)* **– Sík András** *(igazgató, Lechner Tudásközpont)*:
Kibővült téradat-nyilvántartások a Lechner Tudásközpontban

Barkóczi Zsolt *(HUNAGI, elnök)* **– Szabó György** *(HUNAGI, főtitkár)*:
A digitalizált valóságtól a térbeli intelligenciáig – A 25 éves HUNAGI a helyzeti intelligencia szolgálatában

12:00 – 12:45 Szakkiállítás Megnyitója, Kiállítók Bemutatkozása
(Díszudvar – Főépület földszint)

12:45 – 13:30 Ebédszünet (Főépület III. emeleti kerengő)

13:45 – 16:00 SZEKCIÓÜLÉSEK

16:10 – 16:30 Büfé (Díszudvar – Főépület földszint)

16:30 – 17:10 Poszterszekció (Díszudvar – főépület földszint)

17:10 – 19:00 SZEKCIÓÜLÉSEK

19:00 – 21:30 Állófogadás (III. emeleti kerengő)

2019. május 24.

8:00 – 9:00 Büfé (Díszudvar – Főépület földszint)

9:00 – 11:00 SZEKCIÓÜLÉSEK

11:30 – 12:30 Szakmai tanácskozás a kiállítókkal
(Díszudvar – Főépület földszint)

12:30 – 13:30 Ebédszünet (főépület III. emeleti kerengő)

13:45 – 15:00 FÓRUM – A Térinformatikai Konferencia záróértékelése
(Főépület földszint III. terem)

Distance Estimation In IndoorGML Maps

Mohd Aaqib Lone[1] – Zsolt Toth[2]

[1] Ph.D. Student, Institute of Information Science, University of Miskolc, mohdaaqiblone@iit.uni-miskolc.hu
[2] Assistant Professor, Institute of Information Science, University of Miskolc, tothzs@iit.uni-miskolc.hu

Abstract: Indoor Navigation becomes an important topic nowadays because people spend a lot of time in the Indoor environment. From the past few years, the importance of Indoor navigation system is extremely expanded to its tracking and wayfinding. It becomes extremely important in various fields such as hospitals, transportation, marketing, and for military purpose. IndoorGML is a map based Indoor navigation solution implemented for the indoor environment. To the best of our knowledge, the IndoorGML has no built-in distance estimation method. Motion planning is a significant research area of robotics. Robot motion planning is used to navigate the path from one plane to another without hitting to any obstacle. In this paper, we define two basic distance estimation methods of motion planning such as combinatorial planning and sampling-based planning. Combinatorial planning used to find the path over the continuous configuration space without restoring to approximations. Sampling-based planning is a core concept in planning. Sampling-based planning is successfully implemented in various fields of robotics because the sampling-based planning techniques offer a successful solution in wayfinding of path planning. These sampling-based techniques have been further extended to diverse applications and ambitious scheme. Therefore, we apply motion planning algorithms for distance estimation in IndoorGML maps.

Introduction

Navigation and wayfinding is becoming crucial tasks these days because people spend most of their time in the Indoor environment where wayfinding could be challenging. For example, navigation in a hospital where each floor organized similarly and the environment is quite monotonous, the wayfinding and guidance are difficult tasks for novice employees. Widespread of smartphones would allow us to provide reliable indoor navigation and wayfinding services infrequently used indoor environments such as hospitals, airports, malls, etc. In addition, the unmanned vehicles and robotics are also relied on way finding services. Finding the shortest way to the destination and avoiding the obstacles are indispensable for the indoor application of these devices. Wayfinding in the static empty indoor environment requires a detailed description of the environment and a distance estimation function. Indoor environments are modeled in various formats. Architects use different models of the same building to model their structure, statics, and infrastructure. These models are usually called as Building Information Model. In addition, floor plans are preferred and widely accepted for indoor navigation purposes. IndoorGML is a novel standard from modeling indoor environments for navigation purses. Because IndoorGML only describes the structure of the building, a distance estimation function should be found in order to provide wayfinding services.

Distance approximation is vital for way-finding. Although IndoorGML defines the structure of the building it does not contain functions for distance estimation. The IndoorGML model may contain distance between the objects but it has to be set manually which is time-consuming. Hence there is a need for automatic distance estimation method for IndooGML. IndoorGML is a XML-based standard of Open Geospatial Consortium (OGC) (Lupp 2008) introduced for Indoor Environments. IndoorGML provides an important source of documentation of buildings, it also gives a context to users operating location-based applications and can be of value to computer systems where an understanding of the environment is required, the goal of IndoorGML is to represent and allow for the exchange of geoinformation that is needed to build an indoor navigation system. The OGC standard describes some facts about Indoor Spaces, these are Navigation constraints, Space subdivisions, Geometric and semantic properties of spaces, and Navigation networks (logical and metric). IndoorGML combines 3D standards as CityGML with additional features such as geometric graph for navigation and multi-layer space model of indoor spaces which are relevant for indoor navigation. For encoding geoinformation, IndoorGML uses Geography Markup language (GML) (Clemens 2007) and it delivers a framework for the indoor navigation system to suggest a description of the indoor space.

IndoorGML

Indoor spaces are those spaces within one or multiple buildings consist of architectural components i.e, rooms, doors, stairs, corridors, etc. IndoorGML can be defined in two parts, core data model and data navigation model. The core data model is defined the geometry, topological connectivity and different contexts of indoor space. The data navigation model provides semantics for the navigation process (Alattas et al. 2018) and to establish a methodology to classify spaces and their indoor characteristics. Indoor spatial information defined into two categories. The first category is Management of Building component and indoor facilities, these are used to construct building components such as roots and walls. The second category is usage of indoor space, it is defined usage and localization features in indoor space and represent space components such as rooms, corridors, and doors. Some basic concepts of IndoorGML are Cellular space model, Cell geometry, Topology between cells, and Cell semantics, multi-layered space model, and the last one is the Modular structure of IndoorGML.

The IndoorGML uses the concepts of Primal and Dual Space, and automatic derivation of Dual Space that are part of IndoorGML (Diakite et al. 2017). Space subdivision has two significant aspects. Firstly the Primal Space defines the control of the indoor space that influences the representation of indoor cells. Secondaly the Dual Space describes the information of norm to support the automation of the space subdivision process. The representation in 2D and 3D and the link between indoor and outdoor. (Kim – Lee 2015) have proposed an approach called semi-automatic, to create IndoorGML data from images, and within the same direction, Mirvahabi and

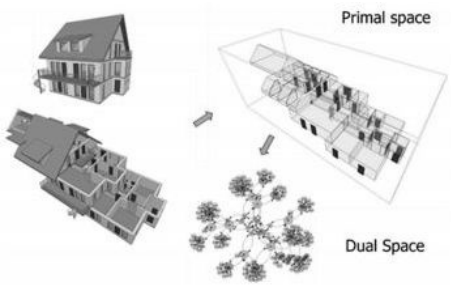


Fig. 1. IndoorGML (Zlatanova et al. 2016)

Abbaspour have introduced an automated method to extract IndoorGML data from OpenStreetMap (Mirvahabi – Abbaspour 2015). The purpose of IndoorGML is to follow the requirements for indoor navigation by supporting the common framework for determining the spatial models for indoor navigation, which is used to define the properties of the indoor spaces and deriving a network for the pathfinding (Alattas et al. 2017), as shown in *Fig. 1*.

Fig. 1 shows IndoorGML 3D model of a building (left); room (green) and door (brown) spaces used for navigation (upper right); navigation network (lower right) The extensible markup language design for IndoorGML core module consists of four basic types such as CellSpace, CellSpaceBoundary, State and Transition. The First two CellSpace and CellSpaceBoundary are the key units of the primal space of IndoorGML, while as the last two State and Transition belongs to the dual space of IndoorGML.

Primal Space

The main components of the primal space of IndoorGML are CellSpace and CellSpaceBoundary (Kang – Li 2017). The CellSpace are used to determine the main types of the cellular indoor spatial model, such as room, corridor, and hall, and it also includes a GML identifier (an identifier which is assigned to an object by the maintaining authority which is used in references to the object). The identifier is usually unique either globally or within an application domain with its attributes. The geometric type is defined either as 2D or 3D space objects. The cell geometry is defined by the International Organization for Standardization (ISO 19107), can be either surface or solid depending upon the dimensionality of space object defined above. CellSpace is also used to produce a cell in indoor space. The CellSpaceBoundary describes the geometric edges of a CellSpace object, and its geometry may be either surface or curve depending on the dimensionality. There are certain ways to describe the geometry, the first one is to include only topological relationships between cells. The second is to present the geometry within IndoorGML data by geometric types defined in ISO 19107. The last one includes the external references to the object in another dataset that has geometric data. The location class of Primal Space can be described on the basis of some different concepts such as construction, functional area, and security, for building and walking and driving for the user. Each specific location area can be formulated in a space layer, i.e, a multi-layered space model, in which spaces from different types of layers may overlap and no overlapping is allowed between the cells in same space layer.

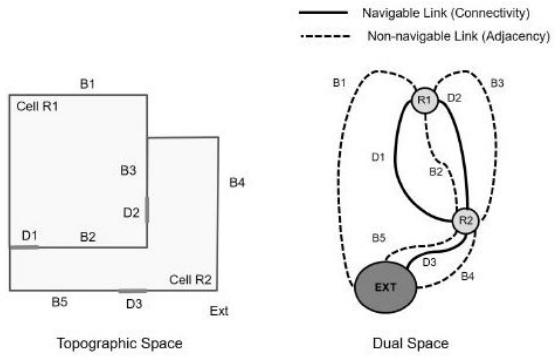


Fig.2. the topographic space and the Dual space (equivalent to NRG) (Kang – Li 2017)

Dual Space

The dual space is obtained from the primal space (Zlatanova et al. 2016) and it is used to describe the node relation graph (NRG). Node relation graph describes the topological relationship between indoor spatial environment such as adjacency and connection (Lee 2004). The basic keywords that are used in dual space is state and transition (Kang – Li 2017). These two basic keywords describe the feature types of dual space equivalent to cellspace and cellspace boundary that are already defined in primal space in terms of connectedness of topologies. In dual space nodes represent cellspaces and edges represent transitions. *Fig. 2*. shows the derivation of the adjacency graph from topographic indoor space.

In the Dual Space graph the dashed line represents the non-navigable links that is adjacency of graph e.g. walls, obstacles, etc and the bold line represents navigable links that is connectivity of graph e.g. doors, rooms, corridors, etc. In order to navigate from one room to other and find the distance between them, just go through the bold lines because these lines show the connectedness of rooms and Dijkstra algorithm is used to find the shortest distance if the distances or costs are known.

Motion Planning

Motion Planning Algorithm (LaValle 2006) are well studied part of robotics. It is used for navigating autonomous devices through space while avoiding obstacles. The motion planning Algorithm can be described as follows. A robot is given with its start state, goal state, and geometric description of robot and world. Then find a path or sequence of valid configurations that move the robot gradually from start to goal while never touching any obstacle. Motion planning is also known as piano mover's problem that is move a piano from one room to another without hitting any obstacle. In robot motion planning the main focus is on translation and rotation that is required to move. The key concept in motion planning is configuration space (C-space). It is the space of all possible (valid) configurations. C-space can also be described as a topological manifold (the topological space in which for any two distinct points there exists a neighborhood of each of them but which is disjoint from the neighborhood

of the other also called Euclidean Hausdorff space). There are two basic approaches to represent C-space (Burgard et al. 2011), which are combinatorial planning and Sampling-based planning.

Combinatorial Planning

Combinatorial Planning is used to find the path over the continuous configuration space without resorting to approximations. In Combinatorial planning there are some different basic methods such as Visibility graphs, Voronoi diagrams, Exact and Approximate cell decomposition.

Visibility graph (Asano et al. 1985): It is defined as the graph of intervisible locations, usually for a set of points and obstacles in the Euclidean plane. In this graph, each node represents a point location (stop area), and each edge shows a visible connection, Shown in *Fig. 3(a)*. The basic idea is to draw a straight line from start (q_I) and goal (q_G) to all visible vertices, and then again draw a straight line from one vertex to all visible vertices. After connecting these vertices the shortest path is shown as in *Fig. 3(b)*.

Voronoi diagram (Canny 1985; Takahashi – Schilling 1989): Division of a plane into regions based on distance to points in a specific subset of the plane. In this set of points that are closest to two or more obstacles boundaries are set to equal distance, the basic idea in this is to maximize the clearance between the points and obstacles as shown in *Fig. 4*. And then calculate the shortest path (by using algorithms) from start to goal. The path yielded will be equally from each obstacle.

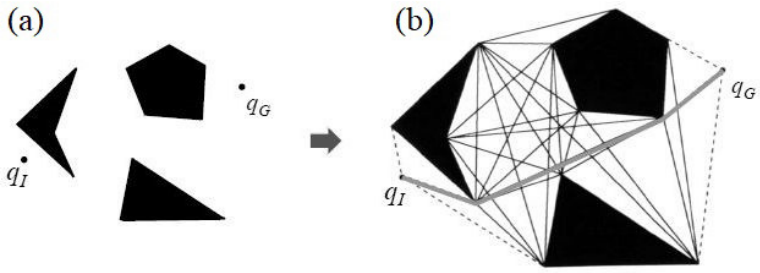


Fig.3. Visibility Graph (Burgard 2011)

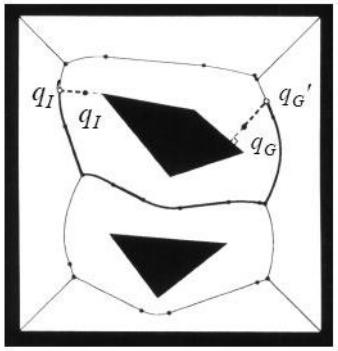


Fig 4. Voronoi diagram (Burgard 2011)

Exact cell decomposition (Burgard 2011): It is defined as the division of free space in C-space into cells, *Fig 5*. The basic method is decompose the free space with vertical lines from vertices without crossing a forbidden space (obstacle space). Mark the center to each of these vertical vertices and trapezoid a graph node and add centre point between the two vertical lines. Find shortest path in this graph with a graph searching algorithms such as Dijkstra's algorithm (Dijkstra 1959) etc.

Sampling-Based Planning (SBP)

Sample Based Planning is the fact that planning occurs by sampling the configuration space (C-space, Elbanhawi – Simic 2014). The sensitivity of sampling based planning method tries to catch the connectivity of the C-space by sampling it. Sampling based planning gives a feasible solution because it is treated as a black box that means it returns a collision free path once information about the start and goal configurations is provided, as shown in *Fig. 6*. The two basic algorithms that are used in sampling based planning is Probabilistic Roadmap Method (PRM) and Rapidly-exploring Random Trees (RRT).

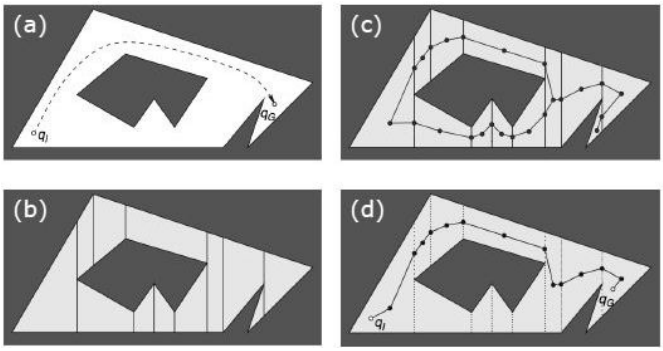


Fig. 5. Exact cell decomposition (Burgard 2011)

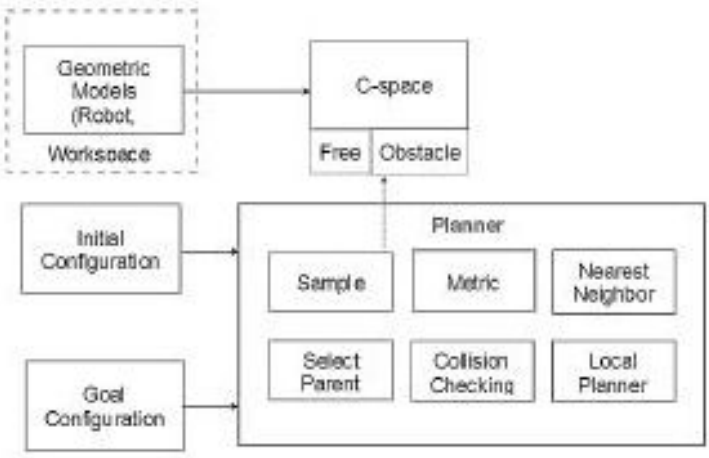


Fig. 6. General procedure for sampling based planner (Elbanhawi – Simic 2014)

Probabilistic Roadmap Method (PRM): PRM is used to solve the problem of deciding a path from a start to goal configuration of the robot while avoiding collisions. The basic idea of PRM is to take random samples from the configuration space of the robot (Amato – Wu 1996), testing them for whether they are in the free space if so declare them as vertices, and use a local planner try to connect them to other nearby vertices in configurations space. The two basic keywords that are used in PRM are Learning and query phase. In Learning phase first find the random sample of free configuration space and try to connect pair of nearby vertices of free C-space with local planner, if possible valid path is found then add the edges to the graph. In Query phase find the local connection of graph from start to goal positions, then use A* searching algorithms (Bart et al. 1968) to find the path. PRM is also called multi-query planner. In PRM firstly it is required to construct the roadmap (Kavraki et al. 1996) in the learning phase as shown in *Fig. 7*. Then after we can define the basic steps of this algorithms.

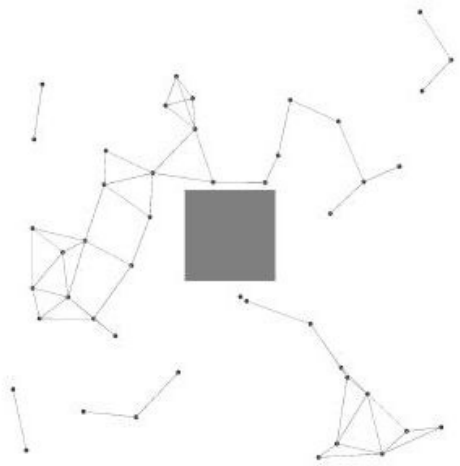


Fig. 7. Constructing a Roadmap in PRM learning phase (Elbanhawi – Simic 2014)

1. Select a random node qrand from the configuration space.

2. If qrand is found in C_{obs} (obstacles) then qrand is discarded

3. If qrand found in free configuration space then add qrand to the roadmap.

4. Find all the nearest nodes that are within the range of qrand.

5. Try to connect all these neighboring nodes to qrand using local planner.

6. Checking for collision (Sánchez – Latombe 2002), if collision if found then disconnect the colliding paths.

7. Repeat the process until the certain number of nodes are sampled.

Rapidly-exploring Random Trees (RRT):- RRT is also referred as single-query planner. In RRT first select the random configuration from configuration space (LaValle 1998), if the selected random configuration presents in free space then try to connect the nearest vertex in the tree. The tree is incrementally grown from start to goal configuration. For single queries RRT is used because it is faster than PRM in single query that is it does not need to construct the roadmap i.e, learning phase. The basic idea of this algorithms is described in the following steps.

1. Initialize it from qstart.

2. Select a random node, qrand from the C-space using the sample procedure, as shown in *Fig. 8(a)*.

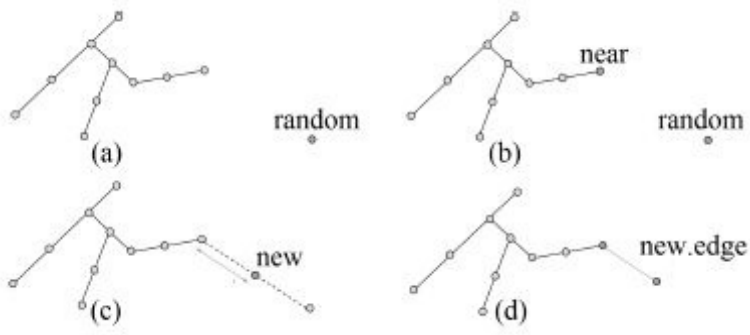


Fig 8. Basic procedure for RRT (Elbanhawi – Simic 2014)

3. Discard the random node (qrandis) if it is in obstacle space C_{obs}.

4. Use Nearest Neighbor search qnear which is returned to see nearby configuration according to the metric, as shown in *Fig. 8(b)*.

5. Connect the qrand (random) and qnear by using local planner. The local planner may recover qnew·qrand, that may not be accessible (reachable), as shown in *Fig. 8(c)*. If qrandis is not reachable then it is discarded.

6. Check for collision to ensure that the path from qnear and qnew is collision free or not. If the path is collision free then add qnewis to the tree as shown in *Fig. 8(d)*.

7. Terminates the search (qnear) when qnew= qgoal.

Discussion and Summary

IndoorGML is an XML-based standard of Open Geospatial Consortium introduced for Indoor Environments. It provides an important source of documentation of buildings, it also gives context to users operating location-based applications. IndoorGML describes the indoor environment and IndoorGML defines some basic concepts such as Cellular space model and Cell geometry, Topology between cells and Cell semantics, multi-layered space model and the core part Modular structure of IndoorGML. The core part of IndoorGML describes the basic components of IndoorGML data model. It includes the schema definitions of basic classes for cell geometry, topology between cells and multi-layered space model, and it also provides the semantic extension model for indoor navigation. The measurement of indoor distances is done by vertical and horizontal distances and multi-modal transportation. The two main components that are described in IndorGML is Primal and Dual Space. The primal spaces are used to define the main types of the cellular indoor spatial model, such as room, corridor, and hall, and it also describes the edges of the geometric object, and its geometry may be either surface or curve depending on the dimensionality. The dual spaces are derived from primal spaces, but in dual space nodes represent cellspaces and edges represent transitions.

Motion Planning is the fundamental problems in robotics. Initial achievement in planning is to develop deterministic planning techniques. In motion planning, a robot is given with its start state, goal state, and geometric description of robot and world, and then find a path or sequence of valid configurations that move the robot gradually from start to goal while never touching any obstacle. In robot motion planning the main focus is on translation and rotation that is required to move. In motion planning, we described some roadmap methods such as visibility graph, Voronoi diagram, and exact cell decomposition. After determining these methods it is required to try to connect the connectivity of start to goal state to find the valid optimal path using some graph searching algorithms such as Dijkstra. We already defined the two motion planning concepts such as Combinatorial Planning and simple based planning. Combinatorial planning is used to find the path over the continuous configuration space without resorting to approximations. Simple based planning produces essentially in the configuration space (C-space). C-space is a space of all possible transformations such as free space and obstacle space.

Combinatorial planning algorithms could be applied in static environment where the obstacles are stationary while Sample based planning methods are more complex and can be used dynamically changing environment. Because the layout of the building never changes, the usage of Combinatorial Planning algorithms are suggested. Visibility Graph yields a path which approaches the obstacles as close as possible. Hence Visibility Graph method would give a good approximation of natural movement. The result of the Voronoi Diagram based method is quite opposite of the previous one because it creates a route which is as far the obstacles as possible. This approach seems to be quite useful for autonomous devices.

In the next steps of our research, we are planning to implement both Visibility Graph and Voronoi Diagram based Combinatorial Motion Planning Algorithms for distance estimation in IndoorGML maps.

References

Alattas, A. – Zlatanova, S. – Oosterom, P. – Li, K. (2018). Improved and more complete conceptual model for the revision of indoorgml (short paper). In: LIPIcs-Leibniz International Proceedings in Informatics, 114. Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum fuer Informatik.

Alattas, A. – Zlatanova, S. – Van Oosterom, P. – Chatzinikolaou, E. – Lemmen, C. – Li, K.J. (2017): Supporting indoor navigation using access rights to spaces based on combined use of IndoorGML and LADM models. ISPRS international journal of geo-information, 6(12), 384 p.

Amato, N. M. – Wu, Y. (1996): A randomized roadmap method for path and manipulation planning." Proceedings of IEEE international conference on robotics and automation. Vol. 1. IEEE.

Asano, T. – Asano, T. – Guibas, L. – Hershberger, J. – Imai, H (1985): Visibility-polygon search and euclidean shortest paths. The 26th Annual Symposium is Foundations of Computer Science (SFCS 1985), IEEE, pp. 155–164.

Burgard, W. et al. (2011): Introduction to mobile robotics. University of Freiburg.

Canny, J. (1985): A Voronoi method for the piano-movers problem. Proceedings. 1985 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Vol. 2.

Clemens, P. (2007): Geography markup language (gml) encoding standard.

Diakite, A. – Zlatanov, S. – Li. K (2017): About the subdivision of indoor spaces in indoorgml. ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 4.

Dijkstra, E. W. (1959): A note on two problems in connexion with graphs. Numerische mathematik 1.1, pp. 269–271.

Elbanhawi, M. – Simic, M. (2014): Sampling-based robot motion planning: A review. Ieee access 2, pp. 56–77.

Hart, P. E. – Nilsson, N. J. – Raphael, B. (1968): A formal basis for the minimum cost paths. IEEE transactions are Systems Science and Cybernetics, 4.2, pp. 100–107.

Kang, H. K. – Li, K. J. (2017): A standard indoor spatial data model–OGC IndoorGML and implementation approaches. ISPRS International Journal of Geo-Information, 6(4), 116 p.

Kavraki, L. E. – Svestka, P. – Latombe, J. C. – Overmars, M. H. (1996): Probabilistic roadmaps for path planning in high-dimensional conguration spaces. IEEE Trans. Robot. Autom., 12(4), pp. 566–580.

Kim, M. – Lee, J. (2015): Developing a method to generate indoorgml data from the omni-directional image. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40(17).

LaValle, M. (1998): Rapidly-exploring random trees: A new tool for path planning. Dept. Comput. Sci., Iowa State Univ., Ames, IA, USA, Tech. Rep. TR 98–11.

LaValle, S. M. (2006): Planning algorithms. Cambridge university press.

Lee, J. (2004): A Spatial Access Oriented Implementation of a Topological Data Model for 3D Urban Entities, GeoInformatica 8(3), pp. 235–262.

Lupp, M. (2008): Open geospatial consortium. In Encyclopedia of GIS, Springer, pp. 815–815.

Mirvahabi, S. S. – Abbaspour, R. A. (2015): Automatic extraction of indoorgml core model from openstreetmap. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40(1), 459 p.

Sánchez, G. – Latombe, J. C. (2002): On delaying collision checking in PRM planning: Application to multi-robot coordination. The International Journal of Robotics Research21.1, pp. 5–26.

Takahashi, O. – Schilling, R. J. (1989): Motion planning in a plane using generalized Voronoi diagrams. IEEE Transactions is robotics and automation, 5(2), pp. 143–150.

TC ISO. 211. (2003): ISO 19107 geographic information–spatial schema.

Zlatanova, S. et al. (2016): LADM and IndoorGML for support of indoor space identification. ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences 4.

Random Forest osztályozó algoritmus pontosságának vizsgálata tetőfedő anyagok azonosításában multispektrális adatokkal

Abriha Dávid[1] – Banka Fruzsina[2] – Szabó Szilárd[3]

[1] egyetemi hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, abrihadavid@gmail.com
[2] egyetemi hallgató, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, bankafruzsi@gmail.com
[3] tanszékvezető egyetemi tanár, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szaboszilard.geo@gmail.com

Abstract: Remote sensing applications are becoming more and more popular in everday life. To conduct and interpret supervised image classification it is required to carefully select training and validation data. Our aim was to investigate how the spatial autocorrelation in the collected data affects the accuracy of a machine learning algorithm. We performed Random Forest classification on WorldView-2 imagery. We applied pan-sharpening and a mask containing only the buildings to the image. Our results showed that the effects of the spatial autocorrelation can be terminated using roof-based segmentation. Furthermore, this study emphasizes the need to consider conducting hyperparameter optimization for Random Forest. After tuning the chosen parameters the overall accuracy was 94 per cent.

Bevezetés

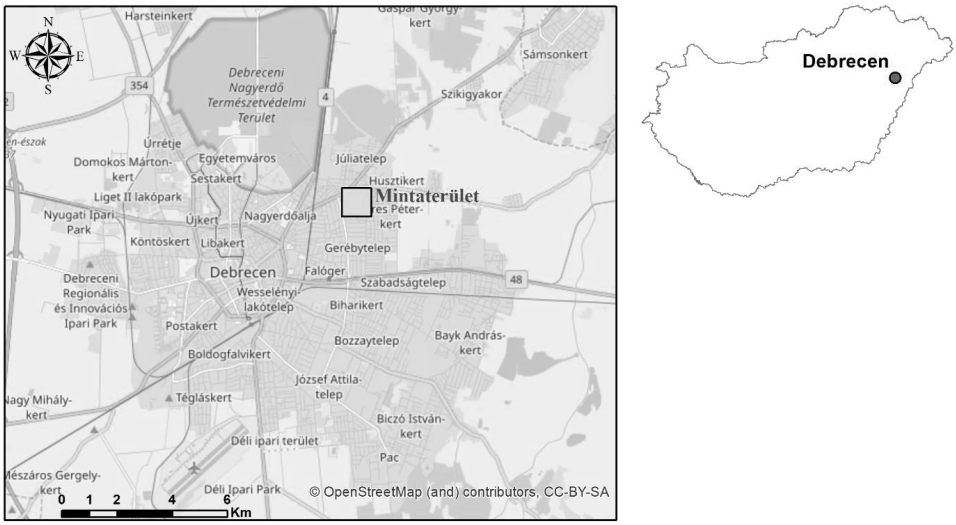
A műholdas távérzékelés a mindennapi élet során egyre több területen jelenik meg. A dinamikusan fejlődő technológia alkalmazásának egyik fő előnye, hogy nagy területekről biztosít gyors adatgyűjtést (Bertalan et al. 2016). Az egyik ilyen lehetőség a technológia városi területeken való alkalmazása, ami nem csupán a beépített és zöldfelületek azonosítására ad lehetőséget, hanem akár fafajok, vagy az épített környezet típusainak az elkülönítésére is.

Ellenőrzött képosztályozás esetén fontos körültekintően megválasztani és kijelölni az elemzéshez használt tanító- és ellenőrzőterületeket (megfelelő méret, átfedés-mentesség, reprezentativitás stb.), ugyanis ezek alapvetően meghatározzák a modell pontosságát.

A tanulmány célja kettős: (1) egyrészt megvizsgálni, hogy az osztályozáshoz használt adatokban potenciálisan fellépő autokorreláció miként hat a modellek pontosságára, valamint a tetősíkok alapján történő szegmentáció ezt hogyan befolyásolja, (2) másrészt pedig összehasonlítani az osztályozáshoz használt Random Forest algoritmust.

Agyag és módszer

A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszékén rendelkezésre álló, 2016.07.24-én készült WorldView-2 műholdfelvétel



1. ábra A mintaterület elhelyezkedése

alapján végeztük el. Mintaterületünk Debrecen egyik keleti városrésze, a Csapókert volt (*1. ábra*). A területen leginkább régebbi építésű kertes házak találhatók, és a cserép mellett még sok helyen fellelhető az azbesztcement-tartalmú tetőfedő anyag is. Az azbeszt komoly egészségügyi kockázatot jelent, mivel rákkeltő anyag.

Terepi bejárás során 300 házról gyűjtöttünk adatokat, az egyes tetőfedő anyagok azonosítása vizuálisan történt. Az osztályozáshoz 3 kategóriát alakítottunk ki: azbeszt, vörös cserép, sötét (barna, szürke, fekete) cserép.

A WorldView-2 műholdfelvétel multispektrális sávjait (2 m geometriai felbontás) a pankromatikus csatornával (50 cm) feljavítottuk, melyhez a Gram-Schmidt féle pansharpening módszert választottuk (Yuhendra et al. 2012; Maurer 2013).

A tanító- és teszterületek kijelölésekor gyakran alkalmazott eljárás, hogy ezeket egybe jelölik ki, majd valamilyen meghatározott arányban véletlenszerűen szétválasztják őket. A területi autokorrelációs vizsgálat érdekében az ellenőrzőterületeket úgy jelöltük ki, hogy azok ne származhassanak ugyanarról a házról, mint a tanítóadatok, ezzel biztosítva függetlenségüket. A kijelölést követően végeztük el mindkét adatbázisra a tetősíkok alapján történő szegmentációt.

Mivel mi csak a tetőket osztályoztuk, ezért szükség volt egy épületmaszkra, ami minden egyéb objektumot kitakart a felvételről. A maszk két réteg összeszorzásából állt elő: a területre számolt normalizált vegetációs index (NDVI; Szabó et al. 2016), valamint a normalizált digitális felszínmodell (nDFM; Ma 2005).

Az osztályozásokat R 3.5-ben (R Core Team 2018) végeztük el a caret (Kuhn et al. 2018) és randomForest (Liaw – Wiener 2002) csomagokkal. A referenciaterületek alapján ki kellett nyerni minden csatornára a pixelértékeket, ehhez a raster (Hijmans 2017) csomagot használtuk.

A vizsgálatokhoz a Random Forest (RF) osztályozót használtuk. A függvényparaméterekre (hiperparaméterek) nem kapunk közvetlen becslést az adatokból (Kuhn – Johnson 2013). A modellek pontosságát leginkább befolyásoló hiperparamétereket az úgynevezett trial and error módszerrel optimalizáltuk.

Az optimalizálás során készített számos modell kiértékelésére az ismételt k-szoros keresztvalidáció módszerét használtuk (Kassambara 2018). A végső modellek pontosságának vizsgálatára hibamátrixot hoztunk létre, amelyből kiszámításra került az általános pontosság (P), előállítói pontosság (EP) és felhasználói pontosság (FP) (Congalton 1991).

Az autokorreláció vizsgálata esetében két kifejezést használtunk a pontosságok összehasonlítására: becsült- és validált pontosság. Előbbi utal a modellépítés során használt keresztvalidáció adta értékre, míg utóbbi a tanításból kihagyott, elkülönített teszterületekkel végzett pontosságvizsgálat eredményeire utal.

Eredmények

Az autokorrelációval összefüggő eredmények 3 modellen (modell#1; modell#2; modell#3) keresztül kerülnek bemutatásra. Az RF algoritmussal kapott pontossági adatokat az *1. táblázat* mutatja. Először csak a tanításra szánt adatokkal dolgoztunk, ezt felosztottuk 70-30% (tanítás – ellenőrzés) arányban (modell#1). A magas becsült- és validált pontosságok (>99%) hátterében az áll, hogy a véletlenszerű szétosztásnál ugyanarról a háztetőről bekerülhettek pontok mind a tanító-, mind pedig az ellenőrzőterületek közé. A keresztvalidáció során képzett alminták esetében is ez a probléma áll fenn.

Ezt követően az előzőekben szétosztott tanító adatokat összevontuk, és a tesztelést az erre a célra elkülönített, független (más háztetőkről származó) ellenőrzőterületekkel végeztük el (modell#2). A becsült pontosság még mindig 99% feletti, ugyanis a keresztvalidáció során csak a tanítóadatok kerülnek felosztásra, így az első modellnél látott probléma nem szűnt meg, azonban a validált pontossági érték lecsökkent 91%-ra.

Az autokorreláció teljes megszüntetése érdekében az adatokat a tetősíkok alapján szegmentáltuk, ezáltal a korábban poligonként felvett referenciaterületeket innentől 1-1 pont (a poligon középpontja) reprezentálta (modell#3). Eredményül 90%-os értéket kaptunk mind a becsült-, mind pedig a validált pontosságra. A minimális különbség abból adódik, hogy a szegmentálás jelentősen lecsökkentette az adatszámot, ezzel megnövelve a modell bizonytalanságát (széles konfidenciaintervallum).

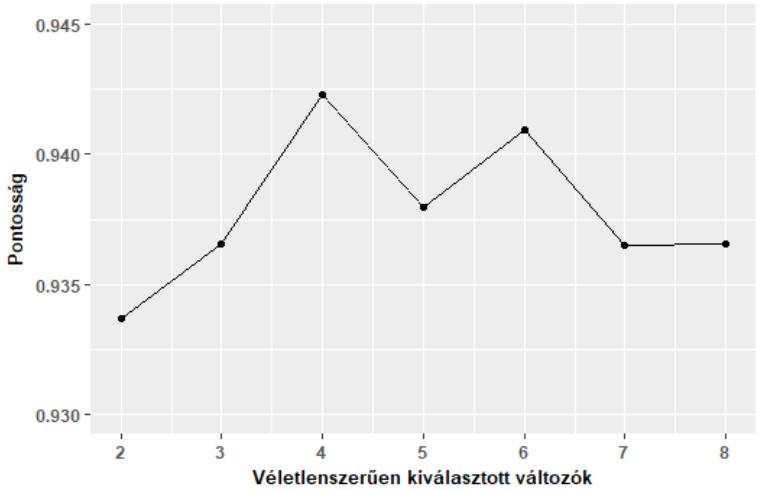
1. táblázat Random Forest algoritmussal kapott, optimalizálatlan modellek pontosságai

	Modell#1	**Modell#2**	**Modell#3**
Becsült pontosság	99.6	99.57	89.02
Validált pontosság	99.79	90.73	92.23
95%-os konfidenciaintervallum	99.46 – 99.94	89.88 – 91.53	85.27 – 96.6

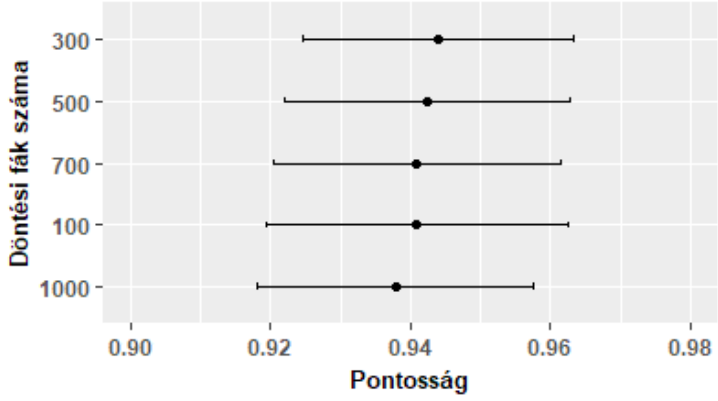
Az autokorreláció megszűnésével a keresztvalidáció már jó becslést ad a modell tényleges pontosságára, ezért a tanító- és teszterületeket összevontuk. A tanításra használt adatmennyiség növekedése a modell bizonytalanságát is csökkenti egyúttal (Nakagawa – Hauber 2011). A hiperparaméterek optimalizációját csak ezen végső, összevont adathalmazt alapul véve végeztük el mindkét algoritmus esetében.

Az RF tekintetében két paramétert vizsgáltunk: *ntree* (döntési fák száma) és *mtry* (a döntési fák csomópontjainál véletlenszerűen kiválasztott változók száma). Elsőnek az *ntree*-t konstans 500-on tartva teszteltünk le minden lehetséges *mtry* értéket (*2. ábra*), majd a legmegfelelőbbet kiválasztása (*mtry* = 4) után a döntési fák számát optimalizáltuk (*3. ábra*).

A kapott eredmények után a végső modell *mtry* = 4 és *ntree* = 300 paraméterekkel került betanításra. A hibamátrix alapján számított pontosságokat a *2. táblázat* szemlélteti.



2. ábra Az mtry értékeinek hatása a pontosságra



3.ábra A különálló döntési fák számának optimalizálása

2.táblázat A Random Forest osztályozás hibamátrixa alapján számított pontossági értékek. (FP = felhasználói pontosság; EP = előállítói pontosság)

Osztály	**FP**	**EP**
Azbeszt	92.7	94.2
Sötét cserép	89.6	89.1
Vörös cserép	99.6	98.4
Általános pontosság	**94.4**	
95 %-os konfidenciaintervallum	**92.7 – 96.2**	

A 94.4%-os általános pontossághoz jelentősen kisebb bizonytalanság tartozik, mint amit az *1. táblázat* szegmentált, de tanító-és teszterületre szétbontott modelljénél (modell#3) láthattunk. A legnagyobb pontosságot a vörös-, leggyengébbet pedig a sötét cserépre kaptunk. Utóbbi gyengébb, 89% körüli eredményei azzal magyarázhatók, hogy a területen ebből a kategóriából azonosítottunk a legkevesebbet, és bár törekedtünk a hasonló pixelszámú osztályok kialakítására, a szegmentáció hatására a sötét cserépből kevesebb tanítópont maradt.

Konklúzió

A szegmentálás kapcsán elmondható, hogy bár megszünteti az adatokban rejlő területi autokorrelációt, a tanításhoz használt adatok nagymértékben lecsökkennek hatására. Nincs szükség szegmentációra, ha csak a validált pontosság helyes kinyerése a célunk, és nem törődünk a modellépítés során kapott túlbecsléssel. Fontos azonban megemlíteni, hogy ilyen esetekben nem elég a gyűjtött adatokat a végén szétosztani tanító- és teszterületekre, ugyanis az autokorreláció miatt a tesztelésre használt minta nem lesz független, ezáltal a modell valódi pontossága túlbecslésre kerül.

Az RF algoritmus hiperparaméterei segítettek a jobb osztályozási eredmény elérésében, illetve abban, hogy lássuk, sem a túl kicsi, sem a túl nagy értékek nem vezetnek automatikusan jobb eredményre: az *mtry* alacsony dimenziószámnál elfogadható eredményeket ad az ajánlott (független változók száma négyzetgyök alatt) érték mellett, hasonlóan az *ntree*-hez, mely optimalizációja – ha csak nem szeretnénk csökkenteni a feldolgozási időt – nem szükséges. Ugyanakkor azt is meg kell jegyezni, hogy az modell finomhangolásával nyert pontosságnövekedés – 1–2% körüli. Ez az érték nem tűnik nagynak, ugyanakkor az algoritmus több alkalmazási területén ez jelentősnek számít (pl. spam jellegű üzenetek szűrésében, vagy a banki szférában), így mi sem tekintjük ezt elhanyagolhatónak (Tattar 2018).

Az osztályozások végső pontossága 94.4% volt, ami rosszabb, mint az autokorrelált modell esetében, viszont míg a 99% fölötti eredmények egy hamisan tökéletes eredményt tükröznek, a kisebb (de még mindig magas) érték a valósághoz közelebb áll.

Köszönetnyilvánítás

Abriha Dávidot az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-2 kódszámú új nemzeti kiválóság programja támogatta. Banka Fruzsinát az EFOP 3.6.1.- támogatta. A kutatás a TNN 123457 pályázat keretében készült.

Felhasznált irodalom

Bertalan L. – Túri Z. – Szabó G. (2016): UAS photogrammetry and object-based image analysis (GEOBIA): erosion monitoring at the Kazár badland, Hungary. Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment, 10, pp. 169–178.

Congalton, R. G. (1991): A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, 37, pp. 35–46.

Hijmans, R. J. (2017): raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.6-7. URL: https://CRAN.R-project.org/package=raster

Kassambara, A. (2018): Machine Learning Essentials: Practical Guide in R. First edition. CreateSpace Independent Publishing Platform.

Kuhn, M. – Johnson, K. (2013): Applied predictive modeling. Springer, New York.

Kuhn, M. – Wing J. – Weston, S. – Williams, A.– Keefer, C.– Engelhardt, A.– Cooper, T.– Mayer, Z.– Kenkel, B.– R Core Team– Benesty, M.– Lescarbeau, R.– Ziem, A.– Scrucca, L.– Tang, Y.– Canadan, C.– Hunt, T. (2018): caret: Classification and Regression Training. R package version 6.0-79. URL: https://CRAN.Rproject.org/package=caret

Liaw, A. – Wiener, M. (2002): Classification and Regression by randomForest. R News 2(3), pp. 18–22.

Ma, R. (2005): DEM Generation and Building Detection from Lidar Data. Photogrammetirc Engineering & Remote Sensing, 7, pp. 847–854.

Maurer, T. (2013): How to Pan-Sharpen Images Using the Gram-Schmidt Pan-Sharpen Method – a Recipe. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-1/W1, pp. 239–244.

Nakagawa, S. – Hauber, M. E. (2011): Great challenges with few subjects: statistical strategies for neuroscientists. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 35(3), pp. 462–473.

R Core Team (2018): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: https://www.Rproject.org/

Szabó Sz. – Gácsi Z. – Balázs B. (2016): Specific features of NDVI, NDWI and MNDWI as reflected in land cover categories. Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment, 10(3–4), pp. 194–202.

Tattar, P. N. (2018): Hands-On Ensemble Learning with R. Packt, Birmingham-Mumbai

Yuhendra, Y. – Alumuddin, L. – Sumantyo, J. T. S. – Kuze, H. (2012): Assessment of pan-sharpening methods applied to image fusion of remotely sensed multi-band data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 18, pp. 165–174.

Concordance of Maghrebian place names in the Hungarian school atlases

Malak Alasli

Department of Cartography and Geoinformatics, Doctoral School of Earth Sciences, ELTE,
alaslima.ma@gmail.com

Atlases usually emulate the former ones; however, variations still occur. Thus, name variants of toponyms of the Maghreb region (Morocco, Algeria, Tunisia) were collected from several 20th and 21st Hungarian school atlases. City names change more regularly than other geographical names. This can be explained by the end of colonialism, various political upheavals, or other reasons. In the particular case of the Maghreb, Arabization has led to a noticeable transformation of many toponyms.

Most people meet, for the first time and maybe the last, foreign place names in school where both the atlas and the teacher's pronunciation influence how individuals memorize the name/ the spelling. Hence, the choice of solely working on school atlases as they carry a profound impression on young people.

Concordance is where you find variants of a name. Therefore, a chart was put forward including all the name variants obtained from various references with their Arabic transcription indicating any changes that may have occurred, and the origin of the denomination (Roman, Berber, etc.). A case will also be added for comments and observations.

The purpose is to envisage a work that integrates, on the one hand, a summary of the changes that occurred on the settlement names of the Maghreb region, and on the other hand, the pronunciation of the entries by the Hungarian students. There is also an attempt to see how the alternatives of the place names relate to one another, and whether this development concerns both the form and the content.

The additional instrument used is a questionnaire for the purpose of ensuring the desired results of this work. Interviews will be led in the outdoors to elicit a more direct response. These students will be asked to pronounce the various place names collected from the atlases, which will allow the analysis of how understandable they are to the Arabic individuals. Questions about their knowledge of any of the countries of the Maghreb region is also necessary. Moreover, the interviewees will be asked for their consent to be recorded, and anonymity and confidentiality is the two ethical consideration that this study will take into account.

Getting Facts about Interplanetary Mission of Cassini-Huygens Spacecraft

Ashraf ALDabbas[1] – Zoltán Gál[2]

[1] Ph.D. student, University of Debrecen, Faculty of Informatics, Ashraf.Dabbas@inf.unideb.hu
[2] Ph.D., University of Debrecen, Faculty of Informatics, Gal.Zoltan@inf.unideb.hu

Abstract: The accessibility to a huge quantity of data gathered by remote sensing of planetary missions vindicate the utilization of Geographic Information Systems (GIS) to study and analyze outer space planets and trajectories to reach them. As data size raise, the exploitation of GIS methods provide the scientists with approach for rapid data retrieval, while detailed examination of heterogeneous data grant the possibility of making perceptible differentiation analysis along various batches of data which in a different state or situation could be complicated to be implemented. The work introduced here characterizes the mission of Cassini–Huygens Spacecraft with its phases and the related mission parameters besides providing analyze visualization and conception of a remotely sensed dataset with a GIS scope that conferring the possibility to carry out deep analysis for the mission path and the related planetary data.

1. Introduction

Early civilizations meditated the physical position and locomotion of celestial bodies then constructed monuments in addition to maps that are founded depending on their trajectory of movements, in the absence of scrutiny for the planets and celestial objects, there could be absolutely no terrestrial coordinate platform. Specialists rely on remote sensing approaches to augment our understanding of the solar system, much the same as given via GIS on the Earth, GIS space inspection has turned in to a pivotal aspect of by what means NASA acquires information that would increase our comprehension of geophysics and collects precious facts and information about planets.

Universe mapping has switched to a major domain for scientists with many new technologies that would provide the ability to produce an elaborated mapping, and initiating the prospect that GIS could be utilized to cover greater areas of the outer space (Zheng et al. 2013). Modern technologies denote that we are able to further generate accurate maps which also, introduce the ability to observing and tracking events in the outer space. The utilization of GIS is getting prevalent in the planetary field of study, as it provides distinctive features which do not exist in the traditional approaches that are utilized in the planetary systematic investigation.

2. Related work

The mission comprises of two parts, the first one is the Cassini Orbiter, and its aim is to examine Saturn and its surrounding rings also the electromagnetic spectrum of Saturn moons, and the second one is the Huygens probe, which was sent to the atmosphere of Titan. This Remote sensing (RS) method will show the characteristics of the planet Saturn and its satellites, the inspection process of the formation circumstances of Saturn satellites could be the paramount factor to comprehend the formation of the planet Saturn and the rings around it.

Paula S. Morgan introduced the challenges that the mission of Cassini Huygens has faced starting with preserving the domestic health and the operability of spacecraft instruments and devices, dealing with solar radiation and heating, cold of outer distance space, the presence of fault tolerance, power saving, in addition to the surrounding environment such as the delay that took place between Earth issued commands and the mission spacecraft especially when it was brought closer to Saturn planet (Morgan 2018). While Nass et al. (2017), investigate the Planetary Cartography as it offers a base for orbital planning and observation and expedites mission procedures, also it produces scientific results in accordance with prosperous mission finishing via converting data into maps and archives to offer a backbone for scientific research in the future.

Laura et al. (2018) proposed an implementation structure for the evolution of planetary spatial data infrastructures, which associate in getting ameliorated spatial data administration, detection, and access. The main aim of this study is to deduce a perspective for consolidated infrastructure for both the existing research operation and the future endeavors of data gathering.

As stated by NASA, around 4000 scientific papers have been so far published during and after the mission has ended, a short investigation can show that a lot of papers which are related to Cassini–Huygens mission, have been published in the American Geophysical Union (AGU) journals, and in Icarus which is Elsevier's platform of peer-reviewed papers, these published papers cover a wide range of topics such as: aeronomy, planetary atmospheres, materials engineering, solar and interplanetary physics, cosmic rays, and magnetospheric physics. The rest of this research is organized as follows: related work is introduced in part 2, general characteristics are discussed in section 3. The dataset features established are presented in section 4. Finally, conclusions of this paper are presented in part 5.

3. General Characteristics of the Cassini-Huygens Dataset

The dataset includes a huge number of images (453,048) that were taken by narrow and wide-angle camera obtained by an instrument known as Imaging Science Subsystem (ISS), this archive includes: Cassini ISS raw, label files, image files which are uncalibrated beside the calibrated version, index table comprising every image parameter in each volume, in addition to algorithms, software used for processing, calibration documentation of ISS.

A collective enterprise of the European Space Agency, NASA and Italian space agency, the mission began on October 15, 1997, NASA launched the Cassini–Huygens spacecraft. Upon reaching the destination, the Huygens probe shall be unchained from the Cassini spacecraft and shall move nosedive to Titan surface, which is Saturn's largest moon (which is the sole moon that exclusively has an atmosphere), which took place on November 27, 2004 (Meltzer 2015). Throughout the Huygens probe tasks which include: collecting data related to the atmosphere of Titan's, its surface status, winds shall be gathered and data dispatched back to earth via Cassini orbiter's antenna, this orbiter has orbit Saturn for the period of four years (Matson et al. 2003).

4. Dataset Features Established

Almost 13 years spent by Cassini mission in the orbit of Saturn were the headmost chance to study this anonymous planet charm, which seduces you for a closer look to it, throughout the spacecraft's passing near Saturn, by this stage within the approach gradation, the planet Saturn was huge quite, so that dual narrow-angle camera was needed to cover the whole size of Saturn with its rings and some of its icy moons. *Figure 1* shows the movement of the satellite, it was evaluated by mapping samples to the image edge to the spacecraft target. Moving at velocity with respect to Sun approaching 137,000 km/h, the spacecraft has traveled almost 362,000,000 km during its whole mission. During its mission Cassini has gathered samples and sending them back to Earth, returned samples confer experts to exploits up-to-date technologies to enlarge the scientific value.

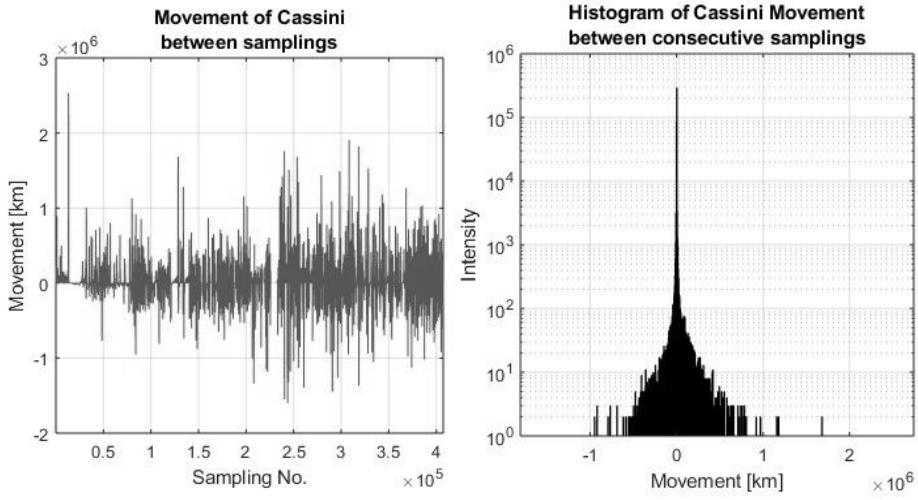


Figure 1. Movement of Cassini-Huygens spacecraft. a) The motion of the spacecraft, while the engine is turned off, was dominated by gravity along with the momentum; b) Histogram shows the relationship between intensity of Cassini movement among sampling, measuring the spacecraft movement give the opportunity for researchers to trace Saturn gravitational field

With the gravity assistance of the planets of the Earth, Jupiter and Venus it required Cassini 6.7 years to reach Saturn, the following *Figure 2* shows the mission phases magnitude correlated with samples, the IDs for the phases have been extracted from the metadata mission file, and it includes 14 phases.

Figure 3 depicts Cassini mission phases and the relative trajectory of Cassini to Sun, the mission is destined to explore the planet Saturn with its amazing rings and its various moons with distinctive and close attention on Titan.

Different shapes were allotted to show the correlation between the phases and their IDs. Subsequent to the launch which happened on 15 October 1997, a flyby period Cassini orbiter has spent near to three planets before arriving to Saturn system on 1 July 2004. When the nominal mission has accomplished by the date of July 2008, the orbiter had finished 75 orbits on its journey around Saturn. Primarily the mission was timetabled for a 4 years period that extends from 2004 till 2008, which is known as (primary mission), Since the mission was quite felicitous, so it was protracted twice, the first extension for the expedition took place in July 2008 and proceeded till October 2010, it is known as Equinox mission. The main purpose of this extension was to monitor the system of the planet Saturn during the time that the Sun passes the equatorial plane of Saturn. The next and final extension termed as Solstice mission and had lasted until 2017, with a crucial intent to observe the seasonal variations resulted from mutating solar illumination, up to the Sun amounts to its greatest vertical extent elevation on/at the top of Saturn's equatorial plane.

The generated graphic of the *Figure 4(a)* characterizes Cassini's flight mission path around the sun on its total mission length, which has started on 15 October 1997, and ended on September 15, 2017, while the insertion to Saturn orbit has happened on 1 Jul 2004.

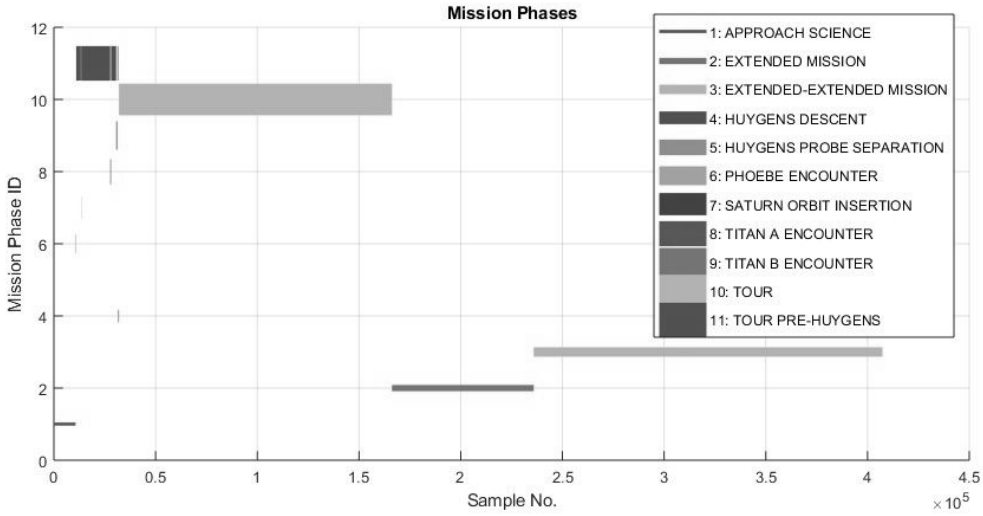


Figure 2. Phases of the interplanetary mission Cassini-Huygens. 10% of the mission time: 14 phases, 90% of the total time: just 3 phases. phase 5 contains just two samplings (31641…31644) making it invisible in the current scale of representation

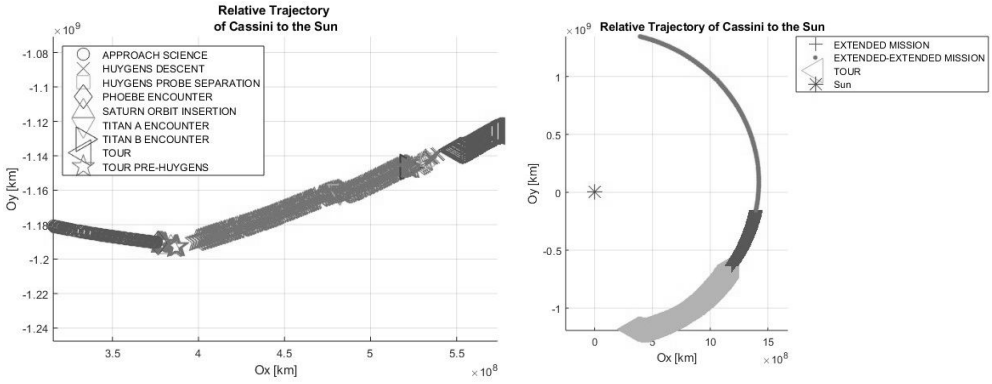


Figure 3. Trajectory of the mission phases. a) First 35,000 of samples, it is found that the samples can be classified into groups based on the phase names of the mission. b) Samples starting with 35,001 till 407,304

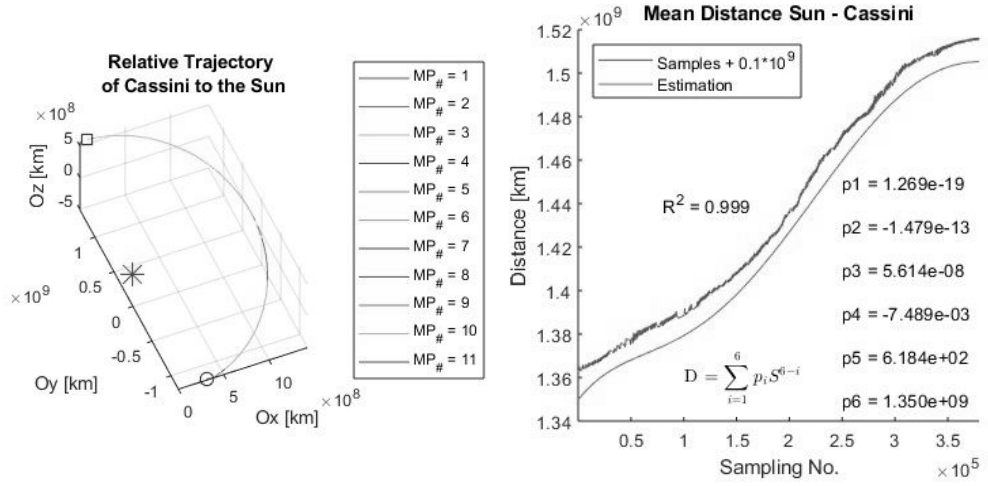


Figure 4. Trajectory parameters of the spacecraft Cassini-Huygens. a) The start of the path in the first graphic is pointed with the shape of a circle, while the end of the path is pointed with the shape of small square. b) The generated graphics represent the distance measured in KM between the sun and Cassini spacecraft during the whole mission when the mission finished, Cassini spacecraft had crossed a distance of (7.8 billion kilometers) with regard to the Sun. The relationship among the independent variable sampling number and the dependent variable distance(D) is modeled as the 5th degree polynomial in sampling number, fit function returns the coefficients for a polynomial p(sample#) with the degree 5 (to fit a polynomial to data of degree 5), which is considered the optimal fit (among the least square error R2 estimate). The polynomial coefficients have an inclined descendant of powers $p(D)=p_1D_n + p_2D_{n-1} + ... + p_nD_n+1$

During this journey, the spacecraft used the gravity-support flybys of various plants (Earth, Jupiter, Venus) with the purpose of boosting the velocity of the spacecraft proportionally to the sun in order to arrive at Saturn planet. Regarding the graphic in the *Figure 5* concerning the position and velocity, it is known now from a scientific point of view that scientists might measure a car speed corresponding to the street that it uses. On the other hand, measuring the speed of a spacecraft is more complicated as it requires dual measurements proportional to the land and air in which it flies over and through respectively.

The velocity can be defined as a vector, thus the variation could be in the magnitude in addition to direction if that change is characterized by the feature of positivity, then the space shuttle is accelerated, while if it is characterized as negative then there is a reduction in the speed, it relies on the route that the spacecraft is taking, if the spacecraft in the forepart of the luminary, the spacecraft will waste speed, while if its position is behind the luminary, then it earns speed. It is known that any spacecraft that travels in the deep space, can be in contact with the planet of the Earth by dispatching radio signals, these signals could provide us with the spacecraft velocity by two methods.

The first method is straightforward, as the signals move the same speed of the light, then we could specify how much is the distance between this object and the Earth by the time period it takes for the radio signal to reach to it, rebound and march back, if the signal requires a greater period today than it took yesterday.

Then we can specify how much the spacecraft has moved in a single day also we can conclude the velocity, a further precise method of informing spacecraft velocity is via utilizing the Doppler effect, which is exploiting information concerning frequency shift of electromagnetic signals generated by moving spacecraft, based on that we could deduce the velocity.

In view of the fact that Cassini exploits the moon (Titan) gravity as hub spot for its considerable trajectory changes. Only one adjacent flyby of Titan will supply Cassini with a velocity change nearly could almost reach the propellant power that Cassini had at the phase of launching, so if Cassini pass by Titan with an inaccurate speed, then Cassini may end up moving in an incorrect way, consequently the navigation team back on Earth is in charge of taking such decisions regarding relative speeds to make sure that such errors doesn't occur. Cassini would burn a little fuel to adjust the mistake. Normally, Cassini exploits propellant just to perform some slight rectifications to get back to the correct trajectory, the off-target is estimated by one kilometer. But if it fails to hit the target by tens of miles, current trajectory must have to be rescheduled or deleted; as resetting the trajectory may need another 6 months.

In *Figure 6*, we plotted the velocity of the Cassini spacecraft to Sun, as each object's velocity should be designated with respect to other objects, the velocity is specified in kilometers per second, Cassini's velocity changed from 18.85 kilometers per second at the beginning of the maneuver to 18.4 kilometers per second at the terminus of the engine firing. The velocity was approaching 450 meters per second

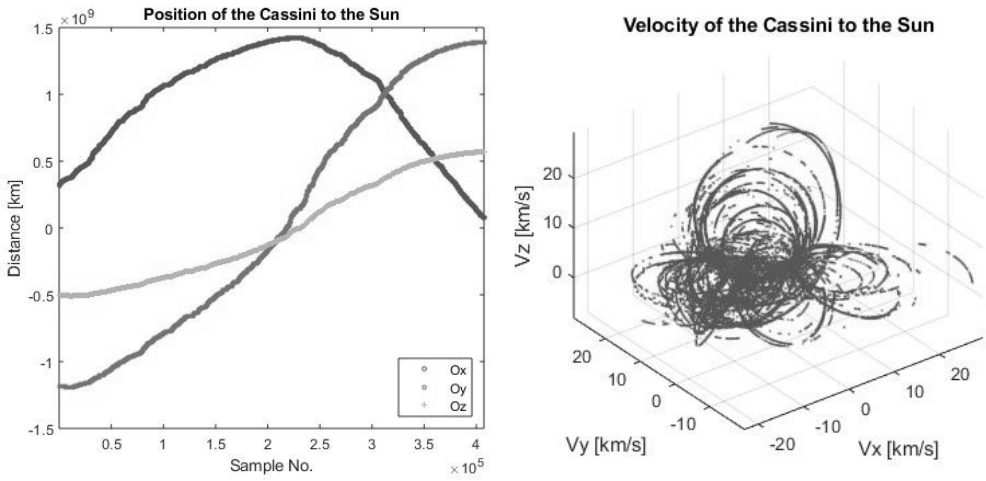


Figure 5. Position and velocity of Cassini with respect to the Sun. a) Time dependence of the spacecraft Ox, Oy, Oz coordinates; b) Superposition of the velocity components of the Cassini

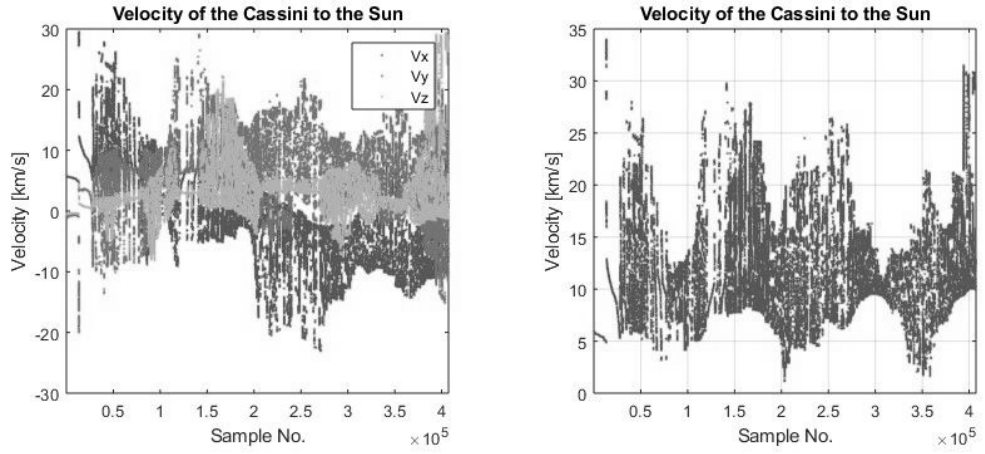


Figure 6. Velocity behavior of the Cassini spacecraft. a) Time dependence of the spacecraft Vx, Vy, Vz velocity components; b) Absolute value of the Cassini velocity vs. time

in December 1998, then it was almost stationary to 4.851 kilometers per second. The thought with showing up Cassini's movements toward targets was to form a cumulative voyage as it made its paths over the solar system. Also, to demonstrate the movement to the target with respect to different axes point of view (X, Y, Z).

5. Conclusions

GIS can expand remarkably the scope of analysis which could be accomplished by planetary specialists; as GIS put forward the appropriateness to integrate various patterns of data into distinct categories of information also to perform the required analyzation via several approaches, as well as analysis techniques can reduce the spatial ambiguity and associated challenges regarding the diverge of terrestrial references. The sampled values in scale of Big Data of the Cassini-Huygens planetary project has been analyzed to make more clear orientation on the mission phases. The current framework will be continued to identify special events of the whole project finished after more than thirteen years of collecting interspatial data.

References

Haoxuan, Z. – Tegmark, M. –Buza, V. – Dillon, J. – Gharibyan, H. – Hickish, J. – Kunz, E. et al. (2013): Mapping Our Universe in 3D with MITEoR. In, 784–91. IEEE. doi:10.1109/ARRAY.2013.6731928.

Morgan, P. S. (2018): Robotic Autonomous Spacecraft Missions: Cassini Mission-To-Saturn Example [Online First], IntechOpen, doi: 10.5772/intechopen.82161.

Nass, A. – Di, K. – Elgner, S. – van Gasselt, S. – Hare, T. – Hargitai H. – Karachevtseva, I. – Kersten, E. – Manaud, N. – Roatsch, T. – Rossi, A. P. – Skinner Jr., J. – Wählisch, M. (2017): Planetary Cartography and Mapping: Where we are today, and where we are heading for?, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. URL: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-W1-105.

Laura, J. R. – Bland, M. T. – Fergason, R. L. – Hare, T. M. – Archinal, B. A. (2018): Framework for the development ofplanetary spatial data infrastructures: A Europa case study. Earth and Space Science, 5, pp. 486–502. URL: https://doi.org/10.1029/2018EA000411.

Meltzer, M. (2015): Building an international partnership and preventing mission cancellation. In: The Cassini-Huygens Visit to Saturn. Springer Praxis Books. Springer, Cham.

Matson, D. L. – Spilker, L. J. – Lebreton, J. P. (2003): Thecassini/huygens mission to the saturnian system. In The Cassini-Huygens Mission, Springer, pp. 1–58.

Beltéri navigációs rendszer fejlesztése nyílt forrású alapokon

Árvai László

osztályvezető, Intelligens Rendszerek Divízió, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., laszlo.arvai@bayzoltan.hu

Absztrakt: A helyfüggő szolgáltatások nem csak kültéren, hanem beltérben is egyre jobban előtérbe kerülnek. Sok esetben ezek még csak marketing célokat szolgálnak, de készíthetők olyan rendszerek is amelyek vak vagy gyengénlátó embertársaink számára nyújtanak segítséget a beltéri mobilitásban. Ez egy rendkívül speciális felhasználási terület, mely a speciális szoftver mellett a szokásostól eltérő részletezettségű geoinformatikai adatbázis igényel. A geometriai és szokásos hely specifikus információkon túl, olyan adatokat is tartalmaznia kell, amely támogatja a biztonságos útvonal megtervezését, a megjelenítendő információk beszéddé alakítását és magát a beltéri helymeghatározást is. Egy ilyen térinformatikai adatbázis tervezési és kialakítási megfontolásait, illetve az erre épülő alkalmazás fontosabb tervezési kérdéseit ismerteti ez a cikk.

Beltéri navigációs rendszer

A vak vagy gyengénlátó felhasználók számára készített beltéri navigációs rendszernek több követelmények is meg kel felelnie (Árvai 2018). Elvárás, hogy egy olyan alkalmazás képében öltsön testet, amely egy átlagos okostelefonon is futtatható, mindenféle hardver kiegészítés nélkül működjön és képes legyen off-line üzemmódra is, vagyis az adatkapcsolat megszakadása ne befolyásolja a navigáció folyamatát. Természetesen elvárás az is, hogy a felhasználóval beszéd alapon is tartsa a kapcsolatot, illetve minden fontos funkciója a képernyő használata nélkül, pusztán hangvezérléssel elérhető legyen.

A rendszernek akkor is működőképesnek kell lennie, ha a telefon táskában, ruhában elrejtve kerül felhasználásra és ebben az esetben a felhasználóval történő kapcsolattartáshoz speciális (pl. csontrezgéses) fejhallgatót is tudnia kell használni.

Ezen kívül fontos, hogy az útvonaltervező algoritmus alkalmas legyen a speciális igényű felhasználók kiszolgálására is. Az elsődleges követelmény nem a legrövidebb vagy leggyorsabb útvonal megtervezése, hanem a legbiztonságosabb útvonal meghatározása. El kell kerülni minden olyan lehetséges akadályt, amely veszélyt jelenthet a felhasználónak (pl. forgóajtó vagy mozgólépcső amennyiben a felhasználó vakvezető kutyával közlekedik).

Mivel beltérben nincs olyan szabványos és elterjedt lokalizációs rendszer, mint kültéren a GPS, illetve mivel csak a telefon szenzorai használhatók, ezért speciális algoritmusra van szükség a szenzoradatok feloldozására, szűrésére és a pozíció

információvá alakításra. Mindezen funkciók megvalósításához szükség van egy elektronikus beltéri térképi adatbázisra mely miden szükséges adatot a megfelelő részletességgel és rendezettséggel tartalmaz.

Beltéri elektronikus térkép

A beltéri navigációhoz felhasznált térképnek többféle szintű és jellegű információt kell tárolnia. Vannak olyan rendszerek, mint pl. az AnyPlace melyek csak bitmap alapú térképet használnak (Laoudias – Zeinalipour-Yazti 2017). Ezen rendszerek előnye, hogy viszonylag gyorsan és kis munkaráfordítással elkészíthetők a szükséges térképek, akár a már meglévő parpír alapú térképek szkennelésével. Hátránya viszont ennek a megoldásnak, hogy az alaprajz megjeleníthetőségén kívül semmilyen más információt nem tartalmaznak, minden olyan egyéb adatot, ami a beszéd alapú kommunikációhoz, helymeghatározáshoz vagy az útvonaltervezéshez szükséges kézzel külön fel kell vinni.

A vektoros térképtárolás, kiegészítve a különböző geometriai objektumokhoz rendelt tulajdonságok tárolásával egy rendkívül rugalmas geoinformációs adatbázis tud nyújtani.

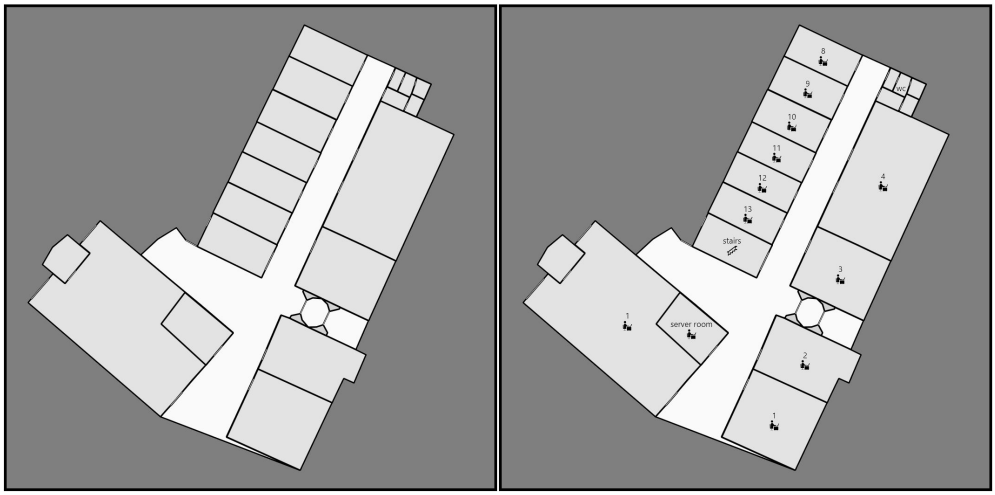
Erre alkalmas rendszer nyílt forrású alapon is létezik, ilyen például az Open Street Map (OSM) is (Internet1). Az OSM alapvetően kültéri térképészeti információk tárolására jött létre, de az utóbbi évek fejlesztéseinek köszönhetően egyre több és egy jobban használható beltéri térképeket támogató funkció jelent meg benne.

A formátuma nagyon egyszerű, alapvetően kétféle geometriai elemet támogat a csomópontot (node) és az ezekre építhető nyitott vagy zárt irányított poligont (way). Minkét elemhez rendelhető tulajdonság (tag). A tulajdonságok kulcs-érték párok segítségével adhatók, meg ahol a kulcsok és az értékek is tetszőleges szövegek lehetnek. Kompatibilitási okokból azonban érdemes az ajánlott formátumot követni.

Ha a térképi adatbázist rétegekre bontjuk, akkor a legalsó réteg a geometriát tároló réteg. Itt tárolódik az épület szintenkénti megjelenését és az épület elhelyezkedésest meghatározó koordináták és poligonok, amint az az *1. ábra* bal oldalán látható.

A geometriai rétegre épül rá a címkék rétege (Internet2), amely nagyon fontos, mert ennek segítségével adhatók az egyes geometriai objektumoknak tulajdonságok, illetve tárolhatók egyéb kiegészítő adatok melyek az adott objektumhoz kapcsolódnak. Az első és legfontosabb attribútuma bármely beltéri objektumnak a szint (emelet) neve, ahol az adott objektum található. Így az adott objektum szélesség és hosszúság koordinátái mellet az emelet jelenik meg egy épületbeli pozíció leírásához szükséges teljes 3D-s koordináta rendszert alkotva.

Az egyes geometriai objektumok további címkéket kaphatnak, ezzel jelölve például a funkciójukat ahogy ez az *1. táblázatban* látható.



1. ábra A geometriai réteg (bal oldali kép) és a címke réteg (jobb oldali kép)

1. táblázat Geometriai objektumok típusai

Kulcs	**Érték**	**Jelentés**
indoor	room	Falakkal határolt szoba
indoor	area	Terület melyet nem falak határolnak
indoor	wall	Fal vagy falrész
indoor	corridor	Folyosó

Ezen címkék mellett lehetőség van az adott helységek neveit is hozzárendelni az objektumokhoz (pl. name=Tárgyaló) vagy egy egyedi azonosítót, például szobaszámot (ref=104).

Bizonyos elemeknél további tulajdonságok megadása is szükséges lehet. Ilyen lehet például ajtók esetén azok típusa (nyíló, kétszárnyú, elcsúszó, forgó vagy automata/manuális) a hozzáférés lehetőségei (privát, ajtó szélessége, kerekesszékes áthaladás lehetősége), mert ezek az információk az útvonaltervező modul számára fontos jelentőséggel bírnak.

Az útvonaltervező algoritmus a térképi adatbázisba felvett lehetséges útvonalakon dolgozik. Erre azért van szükség, mert a térképek általában nem elég részletesek ahhoz, hogy az útvonaltervező kikerüljön olyan akadályokat, mint például egy bútor. Illetve a vak felhasználók számára fontos, hogy ne legrövidebb útvonalra tervezzen a rendszer, hanem a biztonságosabbra. Amely például vezethet a fal mellett, hogy a fehér bottal követni lehessen és távol essen esetleges oszlopoktól.

A lehetséges útvonalakat egy összefüggő gráfként kell megrajzolni, ahogy az a *2. ábra* bal oldali képén is látható. A gráfot alkotó élek irányítottak, ennek jelentősége van olyan esetekben, amikor az útvonal egyirányú (például mozgólépcső, mozgó járda). De olyan esetekben is jelentősége van, amikor bizonyos tulajdonságok irányfüggőek. Jellemzően ilyen tulajdonságokkal rendelkezik egy lépcső vagy egy mozgólépcső. Az, hogy emelkedik vagy lejt fontos információ egy vak felhasználó számára, viszont ez a haladás irányától függően értelmezendő. Mint ahogy például, ha kapaszkodó is csak a lépcső egyik oldalán van, akkor a haladási iránytól függően kell ezt a navigációs rendszernek a felhasználóval ismertetni.

Az útvonaltervező a szokásos Dijkstra algoritmuson alapul, figyelembe veszi a lehetséges haladási irányokat, tiltásokat (pl. mozgólépcső használata vakvezető kutya esetén) és az eredményül előállított útvonalterv már a haladási iránnyal kompenzált tulajdonságokat tartalmazza. Szintén fontos része még az itinereknek, hogy a távolságok méterben is és lépésszámban is meghatározásra kerülnek, illetve a szükséges fordulási szögek nem csak fokban kerülnek meghatározásra, hanem a sokkal intuitívabb óraszámlap irányok (pl. 90fok – 3 óra irány) is rendelkezésre állnak.

Az utolsó fontos rétege a térképnek a lokalizációhoz szükséges helyfüggő adatokat tartalmazó réteg. Ezeket az adatokat egy külön mobiltelefonos alkalmazással, az épületet bejárva kell felvenni. Az alkalmazás rögzíti az adott helyen mérhető föld mágneses tererősségét, Wi-Fi és Bluetooth jeladó térerejét. Ezeket az adatokat fogja később a beltéri lokalizációs algoritmus használni.

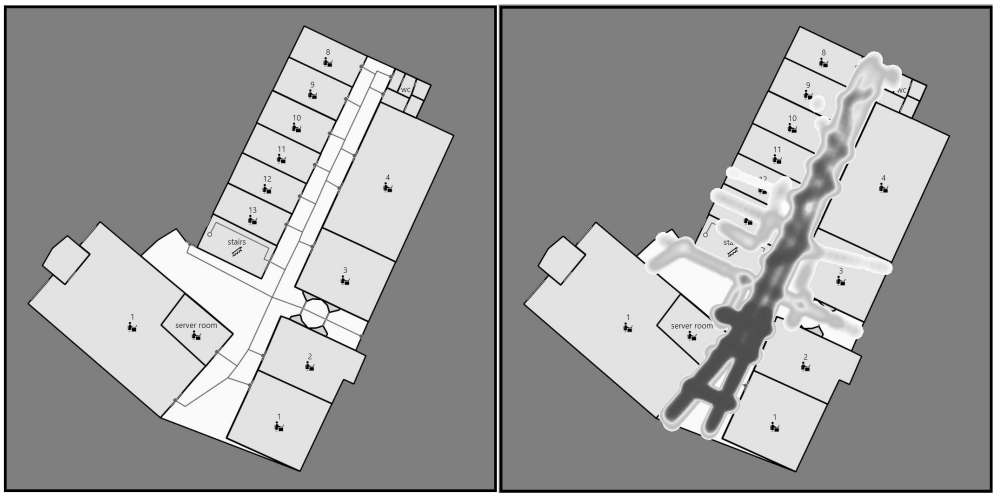
Lokalizációs algoritmus

A lokalizációs algoritmus az okostelefon szenzorainak jelét felhasználva állapítja meg a felhasználó helyét és orientációját. Mivel egy mai átlagos okostelefon nem rendelkezik kifejezetten beltéri helymeghatározásra alkalmas szenzorral, ezért a többi szenzor jelének fúziójával állítható elő a pozíció becslés. A felhasználható szenzorok körét szűkíti az az elvárás, hogy a telefon rejtve is használható legyen. Így a fény (kamera) és hang (mikrofon) szenzorok nem használhatók.

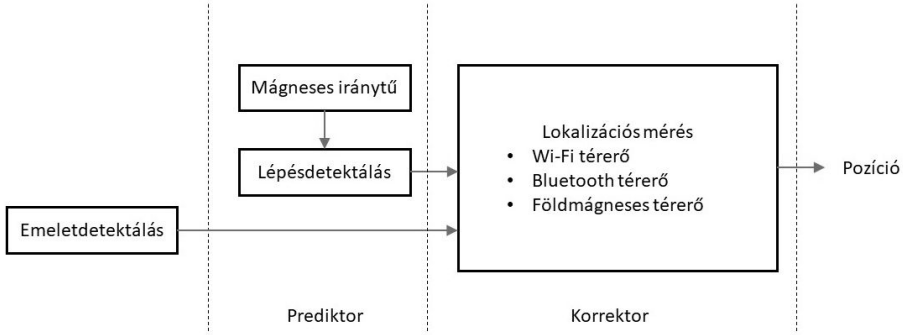
A használható szenzorok köre az iniciális szenzorok (gyorsulás, szögsebesség, mágneses térerő), Wi-Fi és Bluetooth kommunikációs interfész és a légnyomásszenzor. Ezen szenzorok mért adatainak fúziójával lehet megbecsülni a felhasználni pozícióját, ahogy az a *3. ábrán* látható.

A földmágnesesség felhasználható az irány megállapítására a telefon mágneses szenzorainak felhasználásával. Mivel a készülék orientációja tetszőleges lehet, ezért a gyorsulásvektor segítségével a mágneses szenzor jelei beforgathatók a földfelszínnel párhuzamos síkba és így a felhasználó orientációja megállapítható. Mivel a mágneses tér az épületek vasbeton vagy egyéb ferromágneses anyagai miatt erősen torzult lehet helyenként, ezért szükséges a mágneses iránytű jelét erősen szűrni.

Annak az emeletnek a meghatározása, ahol a felhasználó éppen tartózkodik elsősorban a Wi-Fi térerősség adatokon alapul. A rendszer az éppen aktuális



2. ábra Lehetséges útvonalak (bal oldali ábra), lokalizációs mérési adatok (jobb oldali ábra)



3. ábra Lokalizációs algoritmus

térerősség adatokat összehasonlítja a térképi adatbázisban tároltakkal és a három legjobban hasonlító (k-legközelebbi szomszéd keresés alapján) méréshez tartozó emeletek súlyozott átlagát tekinti a tartózkodási emeletnek. Amennyiben a telefon rendelkezik légnyomásszenzorral, akkor az emeletkeresési algoritmus csak akkor fut újra le, ha a légnyomásmérő szenzor legalább 2,5 m szintkülönbséget érzékel. Ha nincs légnyomásmérő beépítve, akkor az emeletdetektálás folyamatosan fut és az algoritmus által meghatározott emeletek egy medián szűrőn keresztül kerülnek felhasználásra, hogy a mérési hibákból adódó véletlenszerű emeletváltás elkerülhető legyen.

A lokalizációs algoritmus egy részecskeszűrő algoritmuson alapul. Ez az algoritmus alapvetően egy valószínűség alapú prediktor-korrektor módszert valósít meg. A részecskeszűrő háromszáz feltételezett pozíciót kezel és ezek közül a mérések alapján a legvalószínűbb 30% pozíciójának súlyozott átlagát tekinti legjobb feltételezésnek.

A predikciós fázis a felhasználó mozgásának elemzésén alapul. Mivel gyalogos közlekedésre tervezett a rendszer, ezért az emberi lépéseket érzékeli a telefon gyorsulás szenzorai segítségével. A lépésdetektáló algoritmus valós időben képes érzékelni a lépés megtételével járó szenzor adat változásokat. A lépés érzékelésével, a mágneses szenzorból származó irány adatok felhasználásával, illetve az átlagos emberi lépéshossz ismeretében az algoritmus megbecsüli a felhasználó lépés utáni koordinátáit.

A korrekciós fázisban a feltételezett pozíciókban az aktuális Wi-Fi térerősség mérés alapján, azt összehasonlítva a tárolt korábbi mérési adatokkal, minden feltételezett pozíció súlyozásra kerül. Súlyozás után a részecskék újramintavételezésre kerülnek, ahol annak az esélye, hogy a mintavétel után az új részecske populációnak tagjai lesznek azzal arányos, hogy milyen nagy az adott részecske súlytényezője.

Az így előállított pozíció információ különböző szűrőkön áthaladva kerül átadására az alkalmazás többi része felé.

A térképi adatbázis ugyan lehetővé tenné a geometria alapú szűrést is, de egyelőre még nem implementált. A geometriai szűrés segítségével lehetőség lenne figyelni, hogy a lokalizáció által megadott új koordináta az egy időlépéssel ez előttihez képest lehetséges-e (pl. nem megy át falon) és ezt figyelembe venni a súlytényezők számításakor.

Összefoglalás

A beltéri navigációs, lokalizációs rendszerek intenzíven kutatott területek. A kutatást és az esetleg létrejövő navigációs alkalmazások felépítését nagymértékben támogatni tudja egy nyílt forrású geoinformációs rendszer. Segítségükkel nem csak a megjelenítés szempontjából rugalmatlan és csúnya bitmap alapú térképek válthatók ki, hanem olyan információk hozhatók be a navigációs modulba, amelyek a felhasználók igényeit jobban szolgálják, vagy többletinformációt adhatnak nekik, illetve a lokalizáció szempontjából nagyobb pontosságot biztosíthatnak.

Felhasznált irodalom

Árvai L. (2018): Mobile phone based indoor navigation system for blind and visually impaired people: VUK – Visionless supporting frameworK, 19th International Carpathian Control Conference (ICCC), Szilvasvarad, pp. 383–388.

Laoudias, C. – Zeinalipour-Yazti, D. (2017): The anatomy of the anyplace indoor navigation service. SIGSPATIAL Special, 9, pp. 3–10.

Internetes források

Internet1 – https://hu.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap, Letöltés ideje: 2019 március.

Internet2 – https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Simple_Indoor_Tagging, Letöltés ideje: 2019 március.

Eróziós térszínek drónos vizsgálata

Árvai Mátyás[1] – Deák Márton[2] – Mészáros János[3]

[1] Tudományos segédmunkatárs, MTA ATK Talajtani és Agrokémia Intézet, arvai.matyas@rissac.hu
[2] ÁKÉK projektvezető, Lechner Tudásközpont, marton.deak@lechnerkozpont.hu
[3] Tudományos munkatárs, MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, meszaros.janos@rissac.hu

Napjainkban a drónok felhasználásával egyre könnyebben készíthető kis területről, nagy terepi felbontású adatok, amelyek lehetővé teszik az eróziónak kitett térszínek részletgazdag vizsgálatát. A drónok ma már könnyen hozzáférhetők, kisméretűek és a fotogrammetriai kiértékelés segítségével előállított pontfelhők felhasználása pedig számos területre kiterjed a napelem-vizsgálatoktól (Szabó et al. 2016) az örökségvédelmen át (Guameri et al. 2006) egészen a vegetációs vizsgálatokig (Fritz et al. 2013). Az eróziós térszínek vizsgálata azonban gyakorlati vetületét tekintve kiemelt témának számít. Egy jó példa erre egy kistési, mezőgazdasági területen kifejlődött vízmosás, ami a 2003-as az űrfelvételek tanúsága szerint még nem volt jelen, jelenlegi méretét pedig néhány év alatt érte el (Kohán et al. 2015).

Jelen tanulmányunkban Somogyország két eltérő felszíni jellemzőkkel bíró mintaterületén kívánjuk bemutatni a drónok kínálta nagy felbontásból származó előnyöket. A meridionális völgyek asszimetrikus lankás oldalainak mezőgazdaságilag aktív területein az alacsony intenzitású csapadékesemény is már barázdaként megjelenő vonalas eróziót okozhat. A mezőgazdaság szempontjából a talaj anyagforgalmának kedvezőtlen megváltozását vonhatja maga után a lefolyó víz általi talajdegradáció, amely a haszonnövények terméshozamaira van döntő befolyással. A nagy felbontású felszínmodellek segítségével a degradációs folyamat táblán belüli detektálása valósulhat meg.

Másik mintaterületünk déli határfolyónk, a Dráva egyik, Babócsához közeli, magaspartja. A laterális erózió általi folyamatos folyókanyarulat áthelyeződések akár hónapos időtávlatban is drámai változásokat hozhatnak. A nagyobb áradások méretes farönköket szállíthatnak és rakhatnak le a kanyarív külső részén. Kisvíz idején a partfalból kiálló ún. szubfosszilis faanyagok detektálása, magassági bemérése és irányultságának vizsgálatával, komplex és pontosabb képet kaphatunk a folyó egykori folyásáról, valamint az erózió mértékéről is.

Felhasznált irodalom

Kohán B. – Eisam-Eldeen F. – Iván V. – Horváth E. – Mészáros J. – Sik, A. – Jakab G. – Szalai Z. (2015): Vízmosások vizsgálata UAV eszközzel Kistés és Somogybabod példáján – In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában. Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 237–244.

Fritz, A. – Kattenborn., T. – Koch, B. (2013): UAV-based photogrammetric point clouds – tree stem mapping in open stands in comparison to terrestrial laser scanner point clouds. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol XL-1/W2, 4–6 September 2013, Rostock, Germany, pp. 141–146.

Guarneri, A. – Remondino, F. – Vettore, A. (2006): Digital photogrammetry and TLS data fusion applied to cultural heritage 3D modelling. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 36(6).

Szabó Sz. – Enyedi P. – Horváth M. – Kovács Z. – Burai P. – Csoknyai T. – Szabó G. (2016): Automated registration of potential locations for solar energy production with Light Detection And Ranging (LiDAR) and small format photogrammetry, Journal of Cleaner Production, 112, pp. 3820–3829.

Repülőterek biztonságtechnikai felmérése geoinformatikai módszerekkel

Bagdi Zsolt

hallgató, Debreceni Egyetem, Földtudományok Doktori Iskola, zbagdi92@gmail.com

Absztrakt: Minden ország repülőterein a repülésbiztonság maximálisan elvárt tényező, amit az idő előrehaladtával nem elég csupán szinten tartani, hanem fokozni kell annak mértékét és igazodni a repülési ágazat folyamatos fejlődéséhez. Ehhez nagymértékben hozzájárulnak olyan technológiák, amik a jelen korban állnak rendelkezésünkre. Ilyen például az elektronikus terep- és akadály adatgyűjtés, angol nyelven és rövidítve eTOD (electronic Terrain- and Obstacle Data Collection). A folyamat alapja egyfajta légi távérzékelés, merevszárnyú repülőgépről. A repülés során kapott pontfelhő és geoinformatikai szoftver segítségével a szigorúan definiált terep- és akadály adatok adatbázisokba rendezhetők, melyek formáját olyan nemzetközi szabványok és dokumentumok szabályozzák, amiknek megfelelve nemzetközi szinten felhasználható lesz az akadály adatbázis. Ezekre az adathalmazokra nemcsak amiatt van szükség, mert jogszabályok követelik azok meglétét, hanem azért, mert különféle repülőgépes eljárások tervezésének alapját képezik és nagymértékben hozzájárulnak a biztonságos légi közlekedéshez.

Bevezetés

Az ICAO (International Civil Aviation Organization) tagállamok valamennyi repülőterének nagyszámú előírásnak kell megfelelni. Például a fizikai berendezések megléte, a gurulóutak és futópályák minősége és felfestése, vagy a repülőtér és körzetében lévő akadályok kezelése. Akadály lehet fix vagy mobilis objektum is. Sok repülőtér mellett halad például főút vagy vasútvonal. Az éppen a futópálya meghosszabbított középvonalának körzetében közlekedő magas járművek ideiglenesen is, de akadályokat képeznek. A fix objektumok külön magyarázatot nem igényelnek. Ilyenek például: fák, épületek és a domborzat. Utóbbit hívjuk terepakadály adatnak. Légi távérzékelés nélkül a jelenlegi követelményeknek nehéz megfelelni, hiszen több száz négyzetkilométernyi területet kell „átvizsgálni" és minden akadályt begyűjteni.

Jelen kutatásban a Debreceni Nemzetközi Repülőtér felméréséből adódó adatbázisok szolgáltatnak vizsgálati témát. A munka során a repülőtér referencia pontjából (ARP=Airport Reference Point) kiinduló, 10 km-es körzetében gyűjtöttük a repülési akadályokat, nemzetközi jogszabályoknak megfelelve. A repülések által generált pontfelhő és a kidolgozott sajátos módszer alkalmazása eredményezte a térségben mintegy 5500 akadály adatbázisba gyűjtését, ami a korábbi adatbázisokhoz hasonlítva nagyságrendekkel pontosabb adatokat szolgáltatott a Légiforgalmi Irányító Szolgálatok irányába. Számos olyan terep- és akadály-adat gyűjtése történt meg, melyeket hagyományos terepi geodéziával – helyszíni tapasztalatainkra

hagyatkozva – nem lehetett volna felmérni. Ily módon a közel 320 km^2 –es terület felmérése számos komplikációt eredményezne. Ilyen például az objektumok takarása, a földfelszínről nem látható akadály csúcspontok és akadály együttesek bemérése. Az optimális megoldás a légi távérzékelés és utólagos terepi geodéziai mérések együttes alkalmazása.

Anyag és módszer

A kutatás területe a már említett Debreceni Nemzetközi Repülőtér volt, mely a város déli területén fekszik (ARP WGS 84 koordináta: 472920N 0213655E). Az akadályok gyűjtése a referencia ponttól kiinduló 10 km sugarú körzetben történt. Erről a területről készült a pontfelhő.

A nemzetközi ICAO szabványok által leírt és követelt numerikus kritériumoknak eleget kellett tennünk (pontosság, felbontóképesség, integritási követelmények). A terület több kisebb részegységre bontandó. Ez nagyban függ a repülőtér futópályájához viszonyított helyzetétől a területnek. A megközelítés irányába eső, tehát a futópálya középvonalának hosszabbításában a területek jóval szigorúbb előírásokat követelnek meg. A futópálya középvonalra merőleges, tehát oldalirányban elhelyezkedő „areák" jóval engedékenyebb gyűjtést tesznek lehetővé. A megközelítés irányában a kritériumok nagyságrendekkel szigorúbbak, ugyanis a légijárművek ezen területek fölött repülnek rendszeresen. Debrecen esetében az északkeleti futópálya küszöb felőli megközelítési területek domborzati viszonyai hátrányosan alakították az akadály adatgyűjtés folyamatát. Ennek az oka a domborzat emelkedése. Az egyes területek fölötti akadály felületek kezdő magassága fix és maguk a felületek nem domborzatkövetőek. Ezért a domborzat tengerszint feletti magasságának növekedésével az objektumok száma nagyszámban megnőtt. Így eredményezte ez a több mint 5500 akadály adatbázisokba foglalását. Az egyes felületek – repülőtér specifikusan – akár több 10 kilométerre is kiérhetnek és legtöbbjük folyamatosan emelkedik is a távolság növelésével. A délnyugati pályavégnél a felület kezdő magasságát követően csak néhány akadályt sikerült

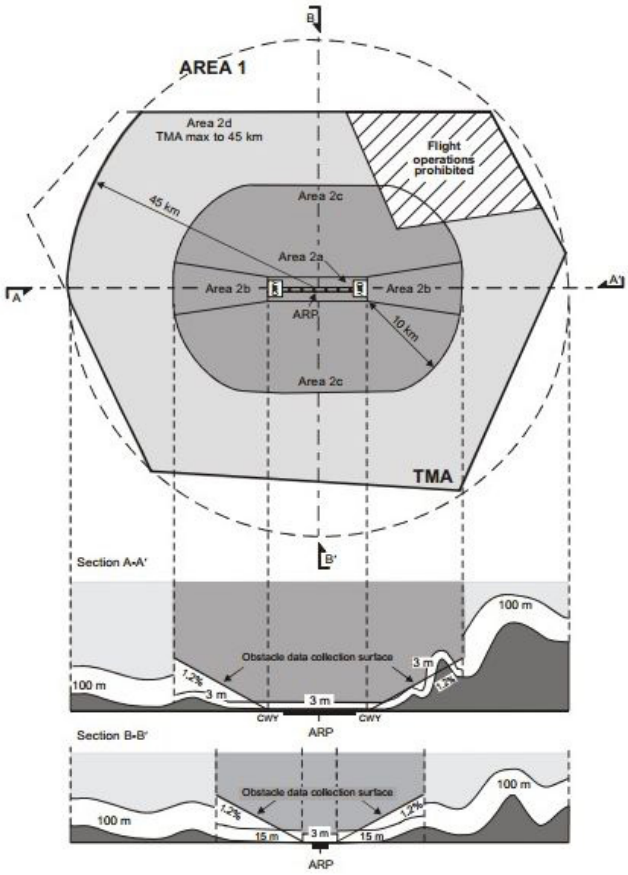
1. táblázat Terep akadály adatok numerikus követelményei valamennyi területen

	Area 1	Area 2	Area 3	Area 4
Post spacing	3 arc seconds (approx. 90 m)	1 arc second (approx. 30 m)	0.6 arc seconds (approx. 20 m)	0.3 arc seconds (approx. 9 m)
Vertical accuracy	30 m	3 m	0.5 m	1 m
Vertical resolution	1 m	0.1 m	0.01 m	0.1 m
Horizontal accuracy	50 m	5 m	0.5 m	2.5 m
Confidence level	90%	90%	90%	90%
Integrity classification	routine	essential	essential	essential
Maintenance period	as required	as required	as required	as required

begyűjtenünk. Ennek magyarázata a domborzat tengerszint feletti magasságának csökkenése. Így az objektumok magassága nem haladta meg a felületek magasságát, azaz nem metszették azokat.

A légi adatgyűjtéshez merevszárnyú repülőgépet használtunk, amire csatlakoztattuk a speciális kamerát. A felvételek és a pontfelhő 2018. februárjában készültek, amikor a besugárzás mértéke elegendő volt a légi fotogrammetria alkalmazásához. A több mint 300 négyzetkilométeres terület szakszerű lerepülését két nap alatt sikerült véghezvinnünk folyamatosan egyeztetve az AFIS (Aerodrome Flight Information Service) szolgálatokkal. A légi fotózás a nyújtott kör alakú terület fölött speciális légijármű irányítást követelt meg, amit szakavatott pilóta hajtott végre. A felvételek fotogrammetriai feldolgozását Global Mapper szoftver segítségével végeztük. A szoftver felhasználta a geodéziai GNSS tájékozási pontokat, valamint GPS adatokat is.

A repülőtér és bizonyos nagyságú körzetében több mint 20 terület, több mint 20 felületét szerkesztettük térinformatikai szoftverben. Eredményül kaptunk több mint



1. ábra Repülőtér specifikus, néhány gyűjtési terület felülnézeti rajza a 10 és 45 km-es körzetben



2. ábra Pontfelhő, szoftverben történő vágása utáni állapot, amely tükrözi az akadályok meglétét

30 adatbázist, amiben helyet kaptak a gyűjtött terep- és akadály adatok, valamint azok az adatbázisok is feltöltésre kerültek, amik tartalmai meghatározzák a repülőtér körzetében lévő, potenciálisan veszélyes objektumokat. A fentiek mellett a felmérési területhez tartozott hazánk második legnagyobb városa is. Debrecen majdnem teljes egészében része a felmérendő területnek. A pontfelhő-szűrés eredményezi a felületek fölötti, tisztított pontokat, ezáltal ki tudjuk értékelni a terep- és akadály objektumokat, valamint azok metaadatait (*2. ábra*).

Eredmények

Előzetes felmérésekből, nem légi adatgyűjtési módszereket alkalmazva láthattuk, hogy csupán a terepi geodézia alkalmazása nem garantálja az akadályok biztonságos gyűjtését. A több mint 5 hónapig tartó munka eredményezte azt, hogy az adatbázisba pluszban került be több ezer terep- és akadály objektum. Ezek kezelése nagyon felelősségteljes munka, hiszen ezen adatbázisok képezik a tervezett eljárások alapjait. A pontosságnak, felbontóképességnek és egyéb numerikus követelményeknek való megfelelést is ezzel a technológiával tudtuk elérni. 40% sávok közötti és 70–90% felvételek közötti átfedést és 3, 5, 7.5, 10 cm-es térbeli felbontást alkalmazva, 0.5 km^2 és 0.4 km^2 méretű mintaterületen került tesztelésre az alkalmazott technológia. A merevszárnyú repülőgép 220–340 km/h sebességtartományban és 640-860 méteres magasságtartományban gyűjtött adatokat. Ennek következtében megállapítható, hogy a nagy felbontású fotogrammetriás kiértékelés és különösen a kombinált módszer (légi fotogrammetria és terepi geodézia) a legmegbízhatóbb módszernek tekinthető amellett, hogy jelen pillanatban ezen technológia használata ekkora területeken gazdaságos.

Következtetések

Megfelelő időjárási és besugárzási körülmények mellett az itt bemutatott eszközökkel 10 cm GSD-vel (Ground Sampling Distance) képesek vagyunk megközelítőleg mintegy 350 négyzetkilométernyi területet felmérni. Szubszonikus repülőgéppel (tipikusan 500–1000 km/h) ez a terület 1000 km^2 –re is növekedhet. Modern digitális CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) kamerák segítségével éles képek érhetők el, relatíve magas repülési sebesség mellett.

A munkánk során bebizonyosodott, hogy az alkalmazott légi távérzékelés alkalmazása nagyságrendekkel pontosabb és nagyobb repülési akadály adatbázisokat szolgáltat. A differencia a hagyományos terepi geodéziai adatbázis és a kombinált (terepi geodézia és légi távérzékelés) gyűjtési módszer adatbázisában szereplő akadályok mennyisége között, csaknem 1000-szeres. A magassági rálátás eredményezte, hogy adott esetben olyan potenciálisan veszélyes akadályokat is sikerült begyűjtenünk, amiket a terepi és kulturális adottságokból fakadóan nagyon nehéz lett volna begyűjteni vagy adott esetben a mérést végző személyzet figyelmét is elkerüli. Ez a repülési ágazatban elképzelhetetlen, hiszen a cél a mindenkori repülésbiztonság fenntartása és annak folyamatos fokozása a gazdasági és időtényezőt is figyelembe véve.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 „Debrecen Venture Catapult Program” pályázata támogatta.

Felhasznált irodalom

International Civil Aviation Organization: Coverage areas and requirements for data provision. Annex 15, Chapter 10.1, ICAO, Montreal, Canada (2018a).

International Civil Aviation Organization: Obstacle data numerical requirements. Annex 15, Appendix 8, Table A8-2, ICAO, Montreal, Canada (2018b).

International Civil Aviation Organization: Terrain data numerical requirements. Annex 15, Appendix 8, Table A8-1, ICAO, Montreal, Canada (2018c).

EUROCONTROL Terrain and Obstacle Data Manual, Edition: 2.1.

ICAO Doc 9881 Guidelines for Electronic Terrain, Obstacle and Aerodrome Mapping Information.

ICAO Doc 9674 AN/946 World Geodetic System – 1984 (WGS-84) Manual, Second Edition 2002.

ICAO Doc 8126 AN/872 Aeronautical Information Services Manual, Sixth Edition, 2003.

A Légi Térképészeti és Távérzékelési Egyesület ajánlása a légi távérzékeléssel gyűjtött téradatok geometriai pontosságának elemzéséhez

Bakó Gábor[1] – Répás Zoltán[1] – Lehoczky Máté[1]

[1] Társelnök, Légi Térképészeti és Távérzékelési Egyesület, acrsa@acrsa.org

Bevezetés

Egyesületünk megalapításakor, 2015-ben egyik első célkitűzésünk volt, hogy magyar nyelven megfogalmazzunk egy ajánlást a különböző eszközökkel és feldolgozási módszerekkel gyűjtött téradatok minőségének ellenőrzésére vonatkozóan. Legyen ez az ajánlás naprakész, azaz a jelenleg forgalomban és használatban lévő eszközökhöz igazodjon, legyen alkalmazható a legtöbb esetben és végül, de nem utolsó sorban legyen egységes és – amennyire csak lehet – egyszerű a térképek és háromdimenziós térmodellek geometriai ellenőrzése. Olyan vizsgálandó értékeket keresünk, ami alapján mind az adatot gyűjtő-feldolgozó, mind a megrendelő meg tudja ítélni, hogy az igényeink megfelelő minőségű végeredmény született-e. Olyan minimálisan közlendő adatokra szeretnénk javaslatot tenni a geometriai pontosság közléséhez, amelyek révén a szakcikkekben, dokumentációkban és tanulmányokban közölt eredmények könnyen összehasonlíthatóak és a laikusok számára is értelmezhetőek lesznek.

Az alábbiakban a jelenlegi, de még formálódó elképzelésünk kerül bemutatásra, azt remélve, hogy ez kiinduló pont lehet egy szélesebb körű szakmai eszmecsere, egyeztetés megindításához.

Jelenlegi álláspontunk kialakításának kiinduló pontját a *Federal Geographic Data Committee FGDC-STD-007.3-1998 Geospatial Positioning Accuracy Standards* szabványa képezi, mivel ez egy egyszerűen alkalmazható szabvány, ami a téradatok megbízhatóságának egységes jellemzését teszi lehetővé. Alapelgondolása, hogy a vizsgált téradat várható pontosságát egy ettől pontosabb módon meghatározott ellenőrző mérések alapján számítja ki. Tehát az adatgyűjtés különböző munkafolyamatai során összeadódó hibáktól terhelt végeredményt tudjuk így értékelni anélkül, hogy elvesznénk a különféle berendezések és műveletek hatásainak kutatásában, mint a képalkotás, érzékelők, mérőberendezések, és feldolgozás hibáinak részértékelése.

Térképek, ortofotók és háromdimenziós modellek geometriai vizsgálatának alapvető lépései

Független ellenőrzőpontok bemérése

A téradatok geometriai pontosságának ellenőrzése kizárólag a termék készítésétől független ellenőrzőpont beméréssel mehet végbe (FGDC-STD-007.3-1998/GPA), oly módon, hogy az ellenőrző pontok a fotogrammetriai (vagy egyéb a termék előállításához szükséges) munkafolyamatban semmilyen szinten nem vehetnek részt (Bakó et al. 2014). Ez azt jelenti, hogy a fotogrammetriai szoftverekbe még kikapcsolt (inaktív) pontként sem hívhatóak be.

Hol vegyük fel az ellenőrző pontokat és milyen eloszlásban?

Az ellenőrzőpontok kijelöléséhez szabályos raszter hálózatot kell generálni a munkaterületre, amelynek sarokpontjai képezik az ellenőrzőpontok ideális elhelyezkedését. Ezeken a helyszíneken azonban nem minden esetben lehet geodéziai mérést végezni (például egy tóra vagy elzárt területre esik a pont ideális eloszlás szerinti helye), ráadásul a térképen – aminek geometriai pontosságát ellenőrizni szeretnénk – nem biztos, hogy ezeken a helyeken találunk a terepen könnyen beazonosítható és a térképen is jól látható, határozott sarokponttal, vagy jól bemérhető középponttal rendelkező földfelszíni objektumot. Ezért a raszter hálózatból adódó ideális pontfelvételi helyekhez legközelebb eső, pontosan bemérhető földfelszíni objektumokat alkalmazzuk.

1 km^2-nél nagyobb munkaterület esetében legalább 15 ellenőrző pont felvétele javasolt. 25 km^2 nagyságú egybefüggő munkaterület esetében legalább 40 ellenőrző pont felvételét javasoljuk, szintén arányos eloszlásban. Amennyiben az alkalmazott légi felmérési technológia a munkaterület szélein nem biztosít a belső részekkel azonos minőségű terméket, ott a szélső, csökkent geometriai minőségű terület pontatlanságát is jelezni kell.

Az ellenőrző mérés pontosságát minden esetben meg kell adni

Az ellenőrző pontok pontossága a legegyszerűbben ismételt beméréssel ellenőrizhető, a meghatározás várható pontossága alapvetően meghatározza az eredményt és annak ellenőrizhetőségét is. Például RTK GNSS meghatározás esetén nem beszélhetünk milliméterekről.

A térképi állományok pontosságának kifejezése

A geometriai pontosság ellenőrzésére olyan ellenőrző pontokat kell jól elosztott raszter hálózat mintázatban gyűjteni, amelyeket a fotogrammetriai szoftverrel nem szabad megnyitni. A fotogrammetriai feldolgozást és az ortofotó-mozaik, illetve térmodell exportálást követően egy térinformatikai, vagy statisztikai szoftverben

kell egybevetni a termék egyes azonosítható pontjait az ellenőrző pontokkal, és a legnagyobb gondosság mellett ki kell számítani a síkrajzi, illetve magassági eltérések abszolút értékeit. (A negatív és pozitív hibák előjel nélkül kell szerepeljenek a következő statisztikai számításokban.)

A termék minőségére vonatkozó legfontosabb paraméterek

A termékek elemzésekor minimálisan közölni kell a síkrajzi eltérések átlagát, a legnagyobb előforduló észlelt eltérést, a síkrajzi pontosságot az átlagos négyzetes hiba gyökeként megadva, a síkrajzi megbízhatóságot 95%-os konfidencia szinten, illetve a háromdimenziós modellek esetében a magassági értelemben vett átlagos hibát és a legnagyobb ismert magassági eltérést, a magassági pontosságot az átlagos négyzetes hiba gyökeként megadva, és a magassági megbízhatóságot 95%-os konfidencia szinten. Amennyiben ezeket a tulajdonságokat megadjuk, a termék geometriai megbízhatósága jól összevethető más termékekével.

A síkrajzi eltérések átlaga

Az átlag számításának képlete:

$$A = \frac{|a| + \cdots + |a^n|}{n}$$

A síkrajzi átlaghiba jele: **HCEa** (Average Horizontal Circular Error)

A síkrajzi eltérések maximuma

A maximum az ellenőrzőpontok és a vizsgált állomány között tapasztalható legnagyobb eltérés abszolút értéke.

A maximális síkrajzi eltérés jele: **HCEmax**

Síkrajzi pontosság az átlagos négyzetes hiba gyökeként megadva (**RMSE**, Root Mean Square Error). Lehetőség van koordináta tengelyek szerint és eredőként megadva, ez utóbbit fogjuk előnyben részesíteni, jelölése a következő lehet: $RMSE_h = RMSE_r$

Képlete:

$$RMSE_h = sqrt[\sum(|l|, i)^2 /n]$$

ahol $|l|$, i a térképen jól azonosítható pont és az ellenőrző mérésből származó pont távolsága az i-edik ellenőrzési helyen.

Megbízhatóság$_r$ a 95%-os konfidencia szinten = 1.7308 * $RMSE_h$

A **magassági értelemben vett átlagos hiba** jele: **VE_a**

A **maximális magassági eltérés** jele: **VE_{max}**

Magassági pontosság az átlagos négyzetes hiba gyökeként megadva (RMSE, Root Mean Square Error). Jelölése a következő lehet: $\mathbf{RMSE_v}$

Képlete:

$$RMSE_v = sqrt[\sum(\left|\, Dh \,\right|, i)^2 /n]$$

ahol $\left|\, Dh \,\right|$, i a térképen jól azonosítható pont magassága és az ellenőrző mérésből származó pont magasságának a különbsége az i-edik ellenőrzési helyen.

Megbízhatóság$_h$ a 95%-os konfidencia szinten = 1.9600 * $RMSE_v$

A fent felsorolt értékeknek minden esetben szerepelnie kell a termékre, térképre, modellre vonatkozó pontossági közlésben, legyen az jegyzőkönyv, jelentés, tanulmány, szakmai cikk, tudományos cikk, vagy értekezés. Éppen ezért ezeknek a geometriai pontosságot kifejező értékeknek a kiszámításához készítettünk egy **excel táblázatot**, ami szabadon letölthető és felhasználható a www.acrsa.org oldalra történő hivatkozás mellett.

A felsorolt paraméterek közlése mellett meg kell adni az ellenőrző pontok számát, azok megbízhatóságát, a munkaterület nagyságát és a térkép készítésének módszerét is ismertetni kell.

A felsorolt értékeken kívül természetesen hasznos részletekbe menően közölni a vizsgálati eredményeket és azok számításának módját, de ezeket a paramétereket minden esetben közölni kellene annak érdekében, hogy a fotogrammetriai és lézer szkenneléssel készített termékek minősége gyorsan értékelhető és összehasonlítható legyen.

A releváns megbízhatósági adatok összegezve:

- Az eltérések abszolút értékeinek átlaga
- A legnagyobb előforduló eltérés
- Az eltérések szórása
- Az ellenőrzőpontok száma
- Az ellenőrzőpontok sűrűsége és szabályos eloszlása ábrával is bemutatva
- A munkaterület mérete
- Az ellenőrzőpontok bemérésének módja és azok becsülhető megbízhatósága
- Maga az adatsor, amely tartalmazza az eltérések mértékeit

A síkrajzi pontosság az átlagos négyzetes hiba gyökeként megadva x és y koordináták szerint (RMSE, Root Mean Square Error):

$$RMSE_x = sqrt[\sum(x_{térképi,\ i} - x_{ellenőrző,\ i})^2 /n]$$

$$RMSE_y = sqrt[\sum(y_{térképi,\ i} - y_{ellenőrző,\ i})^2 /n]$$

ahol

$\mathbf{x_{térképi,\ i}}$ és $\mathbf{y_{térképi,\ i}}$ az adatsor i-edik, térképről származtatott koordinátái

$\mathbf{x_{ellenőrző,\ i}}$ és $\mathbf{y_{ellenőrző,\ i}}$ az adatsor i-edik, független mérésből származó nagy megbízhatóságú koordinátái

n az ellenőrzőpontok száma

i egy egész szám 1 és n között

A horizontális hiba i pontra vonatkozóan:

$$sqrt[(x_{térképi,\ i} - x_{ellenőrző,\ i})^2 + (y_{térképi,\ i} - y_{ellenőrző,\ i})^2]$$

A horizontális RMSE:

$$RMSE_r = sqrt[\sum ((x_{térképi,\ i} - x_{ellenőrző,\ i})^2 - x) + (y_{térképi,\ i} - y_{ellenőrző,\ i})^2)/n] = sqrt[RMSE_x^2 + RMSE_y^2]$$

Az FGDC szabványa szerint 95%-os konfidencia szinten a várható pontosság számítása következőképpen alakul:

$$Megbízhatóság_h = 1.7308 * RMSE_h$$

Az FGDC szabványa szerint 95%-os konfidencia szinten a várható magassági pontosság számítása következőképpen alakul:

$$Megbízhatóság_v = 1.9600 * RMSE_v$$

Köszönetnyilvánítás

Az ajánlást összeállította: A Légi Térképészeti és Távérzékelési Egyesület Szakmai Bizottsága, Bakó Gábor és Répás Zoltán irányításával. Köszönetünket fejezzük ki Arday András, Balázsik Valéria, Busics György, Engler Péter, Földváry Lóránt, Lehoczky Máté, Licskó Béla, Molnár András, Molnár Zsolt, Parragh Dénes, Simona Alauria, Szabó József, Szatmári József, Tóth István, Zentai László részére.

Felhasznált irodalom

Bakó Gábor – Molnár Zsolt – Góber Eszter (2014): Városi térinformatikai és döntéstámogató rendszerek raszter fedvényei – A legutóbbi időszak települési ortofotó felméréseinek tapasztalatai Magyarországon. Tájökológiai lapok, 12(2), pp. 285–305.

Federal Geographic Data Committee FGDC-STD-007.3-1998 Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy Appendix 3-A. Accuracy Statistics (normative), pp. 13–14.

https://www.fgdc.gov/standards/projects/FGDC-standards-projects/accuracy/part3/chapter3 Elérés 2015.10.23.

Medertopográfiai és hidrometriai vizsgálatok a Sajó mentén pilóta nélküli vízi- és légijárművekkel

Bertalan László[1] – Nagy Bálint[2] – Szopos Noémi Mária[3] – Anette Eltner[4] – Hannes Sardemann[5] – David Mader[6]

[1] Egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, bertalan@science.unideb.hu
[2] PhD-hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, nagy.balint@science.unideb.hu
[3] PhD-hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szopos.noemi@science.unideb.hu
[4] Research Assistant, TU Dresden, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, anette.eltner@tu-dresden.de
[5] PhD-student, TU Dresden, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, hannes.sardemann@tu-dresden.de
[6] Research Assistant, TU Dresden, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, david.mader@tu-dresden.de

Abstract: Lateral bank erosion is a serious damage along unregulated meandering rivers. In order to understand the process itself and establish appropriate protection and river management high resolution bathymetric and flow velocity distribution data is needed. Unmanned Aerial and Water Vehicles provide an affordable solution for such rivers where the shallow channel morphology does not allow the implication of large survey boats. In this paper we present the main concepts and instrumentation of the joint project to be carried out along selected meandering sub-reaches of Sajó River. The high resolution data we are about gain along the river will be serve as an input data for the future hydrological modeling of the area. Accuracy of the different sensor will be evaluated by Acoustic Doppler Current Profiler, Terrestrial Laser Scanner and RTK GPS.

Bevezetés

A folyóvízi környezet (meder és ártér) nagyon érzékeny az egyes természetes és antropogén eredetű tényezőkre, többek között a klímaváltozás által előidézett hatásokra gyors változásokkal képes reagálni (Kiss 2015; Kiss – Lóczy 2018). Ezek a változások azonban gyakran jelentős ökológiai valamint társadalmi-gazdasági károkkal is társulnak. A folyóvízi mederdinamikához köthető részfolyamatok megértése és modellezése kizárólag nagy idő- és térbeli felbontású monitoring vizsgálatok segítségével lehetséges (Czigány et al. 2016). Az ilyen típusú természeti jelenségek alaposabb megértése elősegítheti azok hatékony kezelését is, csökkentheti az árvízi kockázat mértékét, továbbá a későbbiekben fokozhatja a folyóvízi környezet ökológiai sokszínűségét. Ennek ellenére a folyómedrek és árterek változás-vizsgálatához szükséges nagyfelbontású topográfiai adat előállítása és modellezése jelenleg nehéz és költségigényes feladat (Kasvi et al. 2015).

Az egyes légi (repülőgépes vagy helikopteres) felmérő és/vagy műholdak segítségével gyűjtött adatokat széles körben alkalmazzák a hidromorfológiai

paraméterek monitoringja során, azonban ezek költségvonzata gyakran túlságosan magas (Kasvi et al. 2017). Az egyes ingyenesen elérhető műholdas távérzékelés által szolgáltatott adatok idő-és térbeli felbontása gyakran nem teszi lehetővé a kisebb folyók részletes geomorfológiai vizsgálatát. A pilóta nélküli légi járművek (UAV) egy potenciális alternatívaként szolgálnak a nagypontosságú topográfiai adatok előállításához (Barkóczi – Szabó 2017; Restás 2018; Szabó et al. 2018), ugyanis az RGB ortofotó-sorozatok elemzése, valamint a fotogrammetriai úton előállítható digitális felszínmodellek (Bertalan et al. 2016; Kohán et al. 2016) mellett, extrém hidrológiai események esetén távolról meghatározhatók a vízállás-szintek (Eltner et al. 2018), sőt bizonyos esetekben a felszíni vízsebesség is (Lewis – Rhoads 2018). Az optikai UAV-technológia korlátai azonban a sűrű növényzettel borított vagy jelentős meredekségű partfalak mentén jelentkeznek, ugyanis a megbízható pontosságú légi adatnyeréshez nem biztosított a megfelelő látószög, ill. jelentős az árnyékhatás, továbbá az RGB kamerák nem képesek fényképet készíteni az áramló víztest alatti mélyebb mederfenékről. Az antropogén hatások által előidézett mederbevágódás vagy feltöltődés keresztszelvények általi meghatározása ilyen keretek között nem lehetséges (Amissah et al. 2018). A lézerszkennerrel felszerelt pilóta nélküli vízi járművek (UWV) alkalmasak lehetnek a probléma megoldására; miközben a jármű aljára rögzített ultrahangos szenzor lehetővé teszi a medertopográfia részletes felmérését is, a parterózióért felelős másodlagos áramlások vizsgálata érdekében.

Habár napjainkban is léteznek már többféle műszert szállító professzionális mérőhajók a vízügyi gyakorlatban (Albert – Kondor 2015), azonban ezek méretbeli sajátosságaiból következik, hogy a Sajóhoz hasonló kisebb folyókon nem alkalmazhatóak a mederfenék sekélysége és a meder csekély átlagszélessége miatt. Az említett mérési adatok hiányában viszont a Sajóhoz hasonló kis és közepes folyók dinamikájának jövőbeli modellezése (a klímaváltozás lehetséges hatásainak figyelembe vételével) a későbbi hatékony kezelés és ökológiai fenntartás céljából nem lehetséges. Az UAV és UWV eszközök nagy gyakorisággal lebonyolítható méréseket tesznek lehetővé oly módon, hogy a víz feletti és víz alatti geomorfológiai és hidrológiai sajátosságok rendszeres meghatározásával naprakész adatbázist alkotnak a folyókról (Halmai et al. 2018). Átfogó mederrendezési munkálatok tervezése nem lehetséges alapos hidrológiai és hidrodinamikai modellezés nélkül, ehhez a fent említett eljárásokkal megfelelő alapadatok állíthatók elő (Nagy 2017a; Nagy 2017b; Szopos – Czellecz 2017).

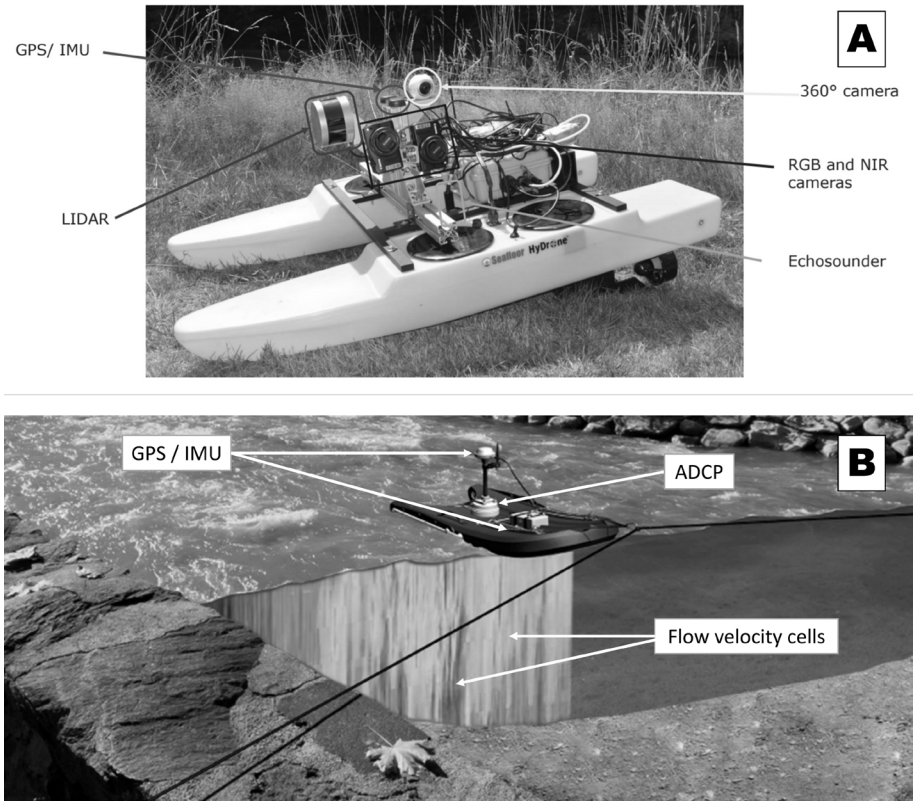
Jelen tanulmány célja bemutatni a Sajó menti, pilóta nélküli vízi- és légijárművekkel történő hidromorfológiai vizsgálataink célkitűzéseit és főbb eszközeit.

A projekt célkitűzései

A projekt vizsgálati területe a Sajó folyó hazai szakasza, amely mentén, több szakaszon is intenzív parterózió zajlik, jelentős gazdasági károkat okozva (Bertalan et al. 2018). A folyamat okainak feltárása érdekében kiválasztott szegmensek

mentén rendszeres terepi méréssorozatot tervezünk megvalósítani, melyek során új, modern és nagypontosságú mérőműszereket kívánunk tesztelni. Ezek az eljárások olyan adatgyűjtést tesznek lehetővé, amelyek jelentősen elősegíthetik a Sajó folyó részletes medertopográfiai és partfal-geometriai adatbázisának kialakítását.

A projekt során kerül terepi tesztelésre egy olyan (a Drezdai Műszaki Egyetem által fejlesztett) felmérő-csónak (*1/a. ábra*), amely fedélzetén egyszerre működik lézerszkenner, ultrahangos medertopográfiai szenzor, 360°-os fotogrammetriai kamera-rendszer valamint egy közeli-infravörös spektrumban mérő szenzorral kombinált fényképezőgép (Sardemann et al. 2018). A projekt során alkalmazott eszközök közé tartoznak továbbá pilóta nélküli légi jármű rendszerek (UAV), amelyek az alábbi szenzorokat szállítják: RGB kamera, multispektrális szenzor valamint termális infravörös kamera. Céljaink között szerepel az is, hogy megvizsgáljuk, ezek az eszközök mennyire alkalmasak a felszíni vízsebesség mértékének és térbeli eloszlásának meghatározására. Az alkalmazandó csónakos, ill. légi felmérő eszközök tökéletesen kiegészítik egymást, ezáltal egyszerre lehetséges egy széleskörű mederfelmérés megvalósítása teljes folyószakaszokra vonatkozóan a vízszint alatt és felett egyaránt.



1. ábra A projekt során alkalmazott mérőcsónakok: a) Drezdai Műszaki Egyetem által fejlesztett katamarán a különböző szenzorokkal; b) SonTek RiverSurveyor S5 ADCP (Forrás: a – Sardemann et al. 2018; b – https://www.fondriest.com)

A projekt fontos eleme, hogy a többféle platform és szenzor által gyűjtött adatok pontossági viszonyait és megbízhatóságát kellő mértékben ellenőrizzük. Ennek érdekében további geodéziai eszközök bevonását tervezzük: földi lézerszkenner (TLS), akusztikus Doppler-elvű áramlás-szelvényező (ADCP) (*1/b. ábra*), geodéziai mérőállomás, RTK-GPS. Ezen felül az ADCP alkalmazása a hanghullámok terjedési sebességét mérve lehetővé teszi a mederben mozgó víz sebességének térbeli eloszlását a teljes meder-keresztmetszetben, ezáltal egy egyedülálló vízhozam-érték helyett sokkal részletesebben megismerhetjük a meder áramlástani viszonyait.

A projekt másik fontos célkitűzése, hogy az újonnan felmért nagy mennyiségű és részletes topográfiai adatot felhasználjuk a Sajó folyó kiválasztott meanderező szakaszainak hidrológiai modelljének megalkotásához. A hidrológiai modellezés egyik fontos eleme a meder érdességi viszonyaira vonatkozó Manning-koefficiens értékének meghatározása. Ez a felmérés napjainkban terepi képelemzési eljárásokkal is lehetséges (Delai et al. 2018), azonban a csónakra szerelt lézerszkenner adatai vélhetően hatékonyabb adatgyűjtést tesznek majd lehetővé az érdességre vonatkozóan. A modellezés segítségével átfogóbb képet kaphatunk a mederdinamikát érintő változások évszakos és évi sajátosságairól. A projekt keretein belül tehát megtörténik a saját adatgyűjtés, azok értékelése, valamint modellezési célra történő alkalmazhatóságuk is megvizsgálásra kerül.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a 307670 azonosítószámú Német-Magyar (DAAD, Tempus Közalapítvány) Projektalapú Kutatócsere-Program támogatta. A kutatás megvalósítását az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. A SonTek RiverSurveyor S5 ADCP szenzort és a csónakot a DE Hidrobiológiai Tanszék jóvoltából használhattuk fel.

Felhasznált irodalom

Albert K. – Kondor G. (2015): Mederfelmérés korszerű mérőrendszerekkel. Előadásanyag, XXXIII. Országos Hidrológiai Vándorgyűlés, Konferencia helye, ideje: Szombathely, Magyarország, 2015.07.1–3.

Amissah, G. J. – Kiss, T. – Fiala, K. (2018): Morphological Evolution of the Lower Tisza River (Hungary) in the 20th Century in Response to Human Interventions. Water, 10(7), paper 884.

Barkóczi N. – Szabó G. (2017): Accuracy assessment of digital surface models based on a small format action camera in a North-East Hungarian sample area. Geographica Pannonica, 21(4), pp. 224–234.

Bertalan, L. – Túri, Z. – Szabó, G. (2016): UAS photogrammetry and object-based image analysis (GEOBIA): erosion monitoring at the Kazár badland, Hungary. Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment, 10(3–4), pp. 169–178.

Bertalan, L. – Novák, T. J. – Németh, Z. – Rodrigo-Comino, J. – Kertész, Á. – Szabó, S. (2018): Issues of Meander Development: Land Degradation or Ecological Value? The Example of the Sajó River, Hungary. Water, 10(11), paper 1613.

Czigány, Sz. – Pirkhoffer, E. –Halmai, Á. – Lóczy, D. (2016): Application of MIKE 21 in a multi-purpose floodway zoning along the lower Hungarian Drava section. Revista de Geomorfologie, 18, pp. 5–18.

Delai, F. – Kiss, T. – Nagy, J. (2018): Field-based estimates of floodplain roughness along the Tisza River (Hungary): The role of invasive Amorpha fruticosa. Applied Geography, 90, pp. 96–105.

Eltner, A. – Elias, M. – Sardemann, H. – Spieler, D. (2018): Automatic Image-Based Water Stage Measurement for Long-Term Observations in Ungauged Catchments. Water Resources Research, 54(12), pp. 10362–10371.

Halmai, Á. – Balatonyi, L. – Valkay, A. I. – Czigány, Sz. – Liptay, Z. Á. – Pirkhoffer, E. (2018): Új megközelítésű mederfelmérési technikák alkalmazása kisvízfolyásokon. Védelem Tudomány, 3(4), pp. 159–181.

Kasvi, E. – Vaaja, M. – Kaartinen, H. – Kukko, A. – Jaakkola, A. – Flener, C. – Hyyppä, H. – Alho, P. (2015): Sub-bend scale flow-sediment interaction of meander bends – A combined approach of field observations, close-range remote sensing and computational modelling. Geomorphology, 238, pp. 119–134.

Kasvi, E. – Laamanen, L. – Lotsari, E. – Alho, P. (2017): Flow patterns and morphological changes in a sandy meander bend during a flood–spatially and temporally intensive ADCP measurement approach. Water, 9(2), paper 106.

Kis É. – Lóczy D. (2018): Természeti és antropogén tényezők szerepe az Alsó-Tisza menti partfal-instabilitások kialakulásában. Földrajzi Közlemények, 142(4), pp. 328–343.

Kiss, T. (2015): Fluviális folyamatok antropogén hatásra megváltozó dinamikája: egyensúly és érzékenység vizsgálata folyóvízi környezetben. MTA Doktori értekezés.

Kohán, B. – Deák, M. – Mészáros, J. – Nagy, B. – Szabó, J. – Szalai, Z. (2016): Ártéri domborzatfelmérés és elöntésszimuláció: gyorsan, hatékonyan és pontosan – a helyi árvízi védekezés érdekében. In: Balázs B. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás VII. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 229–235.

Lewis, Q. – Rhoads, B. (2018): LSPIV Measurements of Two-Dimensional Flow Structure in Streams Using Small Unmanned Aerial Systems: 1. Accuracy Assessment Based on Comparison With Stationary Camera Platforms and In-Stream Velocity Measurements. Water Resources Research, 54(10), pp. 7981–7999.

Nagy B. (2017a): A creek's hydrological model's generates in HEC-RAS. In: Tesla J. (szerk.) Student V4 Geoscience Conference and Scientific Meeting GISÁČEK. Technical University of Ostrava, Ostrava – Czech Republic, pp. 81–87.

Nagy B. (2017b): Az árvízi védekezés támogatása hidrológiai modellezéssel egy kisvízfolyás példáján. In: Balázs B. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás VIII. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 245–252.

Szabó, G. – Bertalan, L. – Barkóczi, N. – Kovács, Z. – Burai, P. – Lénárt, C. (2018): Zooming on Aerial Survey. In: Casagrande, G. – Sik, A. – Szabó, G. (szerk.): Small

Flying Drones: Applications for Geographic Observation; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2018, pp. 91–126.

Restás, Á. (2018): Water Related Disaster Management Supported by Drone Applications. World Journal of Engineering and Technology, 6(2b), pp. 116–126.

Sardemann, H. – Eltner, A. – Maas, H. G. (2018): Acquisition of geometrical data of small rivers with an unmanned water vehicle. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42(2), pp. 1023–1027.

Szopos, N. – Czellecz, B. (2017): High water level observations along the upper course of the Olt River (Romania) from a hydrological modelling aspect. Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment, 11(2), pp. 10–19.

Felhőalapú adatfeldolgozás távérzékelési alkalmazásokban

Birinyi Edina[1,*] – Friedl Zoltán[1] – Hubik Irén[1] – Kristóf Dániel[1] – Nádor Gizella[2] – Rotterné Kulcsár Anikó[1] – Pacskó Vivien[1] – Mikus Gábor[1]

[1] Távérzékelési szakértő, Lechner Tudásközpont
[2] Távérzékelési szakügyintéző, BFKH-FTFF
[*] e-mail: edina.birinyi@lechnerkozpont.hu

Abstract: Nowadays, a number of cloud-based platforms are available for remote sensing research and applications. With our objective being to assess their suitability for our purposes. We started our tests with Google Earth Engine that is supposedly the most advanced cloud-based geospatial processing platform in the world. In this communication, some of the first results obtained in the topic of agricultural spring drought detection, a current problem in Hungary, are shown.

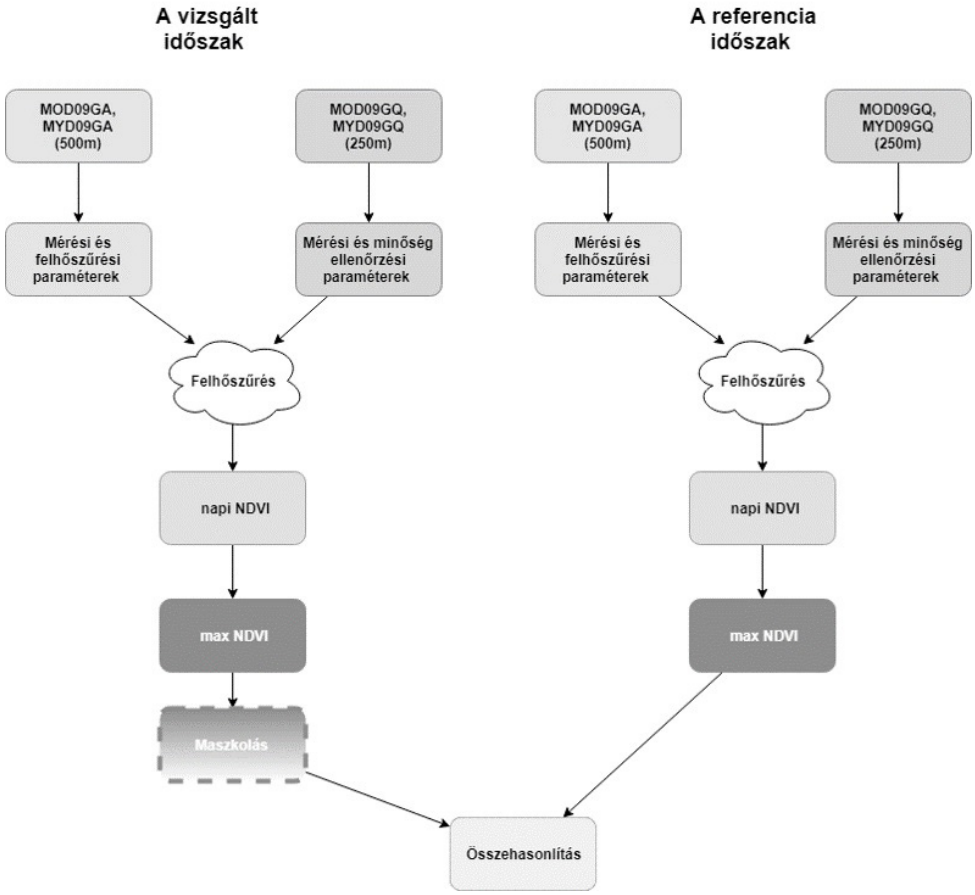
Bevezetés

A nagy mennyiségben, ingyenesen elérhető és egyre nagyobb információ-tartalmú műholdfelvételeknek köszönhetően megnőtt az igény az általuk robbanásszerűen növekvő adatmennyiség felhőalapú elérésére, illetve a képek gyors és hatékony feldolgozására és vizsgálatára. Például az elmúlt időszakban az ESA (European Space Agency – Európai Űrügynökség) is számos felhő-alapú adatelérési és -elemző platformot, azaz DIAS-t (Data and Information Access Services) fejlesztett ki (Copernicus 2018) a Copernicus program keretében előállt műholdképek megtekintéséhez, tudományos és operatív célú feldolgozásához. A felhő-alapú platformok fejlesztésében e téren élen járt a Google, így jelenleg az általuk fejlesztett Google Earth Engine (GEE) a világ legelőrehaladottabb planetáris skálájú, felhőalapú, geoinformatikai feldolgozó platformja (Gorelick et al. 2017; Internet1). Osztályunk az elmúlt év második felétől használja operatív feladatok megsegítésére.

Anyag és módszer

A nagy és gyors ütemben növekvő mennyiségű nyilvánosan elérhető távérzékeléses adat feldolgozása, és elemzése számos informatikai alapkérdést vet fel, mint például az adatgyűjtés és -tárolás, a változó adatformátumok problémája, illetve a hatékonysággal kapcsolatos elvárások, mint a memória és CPU-kihasználtság, valamint a hálózatkezelés. Ezen problémák egyfajta megoldására hozták létre a Google Earth Engine-t (GEE). A GEE egy olyan felhőalapú platform, melynek célja a nagy mennyiségű geoinformatikai adat feldolgozása nagy teljesítményű számítástechnikai erőforrások elérésével, illetve az IT problémák kiküszöbölésével (Gorelick et al. 2017). További kiemelt cél a kapott eredmények széles körben való megosztása,

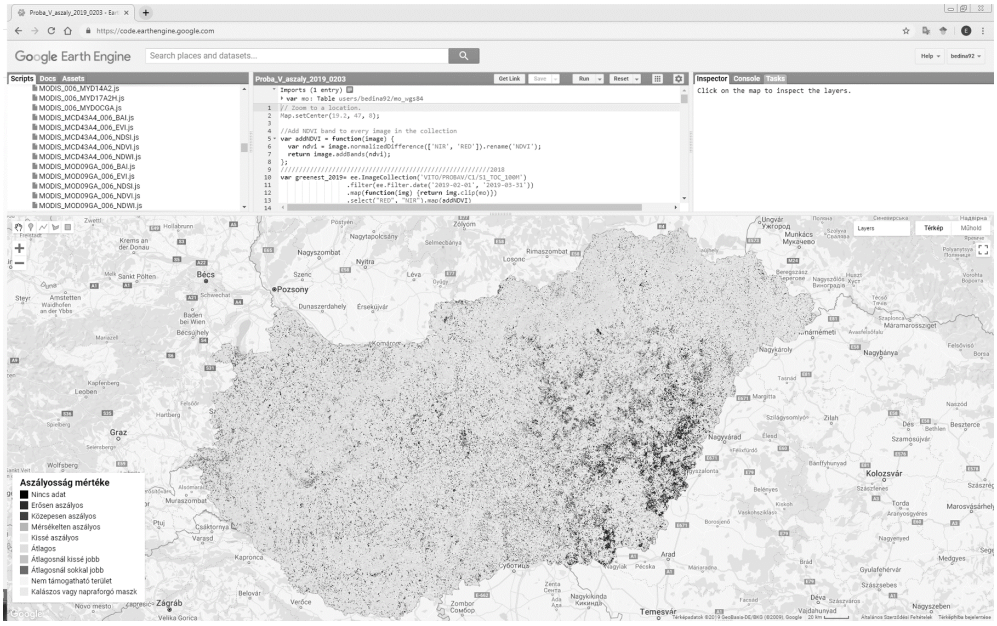
a kutatók együttműködésének támogatása, a kifejlesztett algoritmusokon alapuló termékek rendszeres előállítása, valamint a vizualizáció megkönnyítése. A platform mögött egy több petabájt nagyságrendű vizsgálatra alkalmas adattár áll, amelyet nagy teljesítményű, belsőleg párhuzamosított számítási kapacitás támogat. A katalógus internet-hozzáférést igénylő alkalmazásprogramozási felületen (API-n) és egy web alapú integrált fejlesztői környezeten (IDE-n) keresztül érhető el, utóbbi lehetővé teszi a kapott eredmények gyors megjelenítését is. A platform viszonylag könnyen kezelhető, és jelentős hangsúlyt fektettek a felhasználási útmutatók és példaprogramok kidolgozására is. Az adatbázisban különböző felbontású aktív és passzív szenzorokkal készült műholdfelvételek (például: Landsat 1-8, Sentinel-1-2-3-5, MODIS termékek) felszínborításra, domborzatra, illetve időjárásra és klímára vonatkozó adatsorok is elérhetők. Ezen túlmenően a vizsgálatokhoz szükséges saját adatok feltölthetők, illetve a kapott eredmények offline használatra letölthetők. A GEE jelenleg JavaScript és Python script nyelvek segítségével szólítható meg. A beépített algoritmusok között közel ezer funkció található, az egyszerű matematikai operátoroktól kezdve egészen a gépi tanulási (machine learning) módszerekig.



1.ábra A nyári aszály detektálás során használt módszertanunk

Az egykori FÖMI, jelenlegi Lechner Tudásközpont távérzékelési osztály a mezőgazdasági kockázat-kezelési rendszer (MKR) keretében évek óta készít operatív mezőgazdasági aszálytérképeket. A térképezés alapmódszertana a MODIS szenzorok nyújtotta 250 méteres térbeli felbontású napi reflektancia felvételeken alapul. A vizsgálni kívánt időszakot vetjük össze a referenciául választott évek ugyanezen időszakára vonatkozó NDVI értékekkel (*1. ábra*). A kapott eltéréseket statisztikai alapon hét kategóriába soroljuk az erősen aszályostól kezdve az átlagosnál sokkal jobb állapotú növényzetig. A tavalyi évben a módszertanunkat sikerült Google Earth Engine-ben is implementálni (*2. ábra*), aminek következtében lehetőségünk nyílt a felhasznált felvételek számának növelésére, az aszálytérképezés végrehajtásához szükséges idő jelentős csökkentésére, illetve az adatkatalógus további műholdadatainak bevonásával az aszálytérkép térbeli felbontásának javítására is kísérletet tettünk.

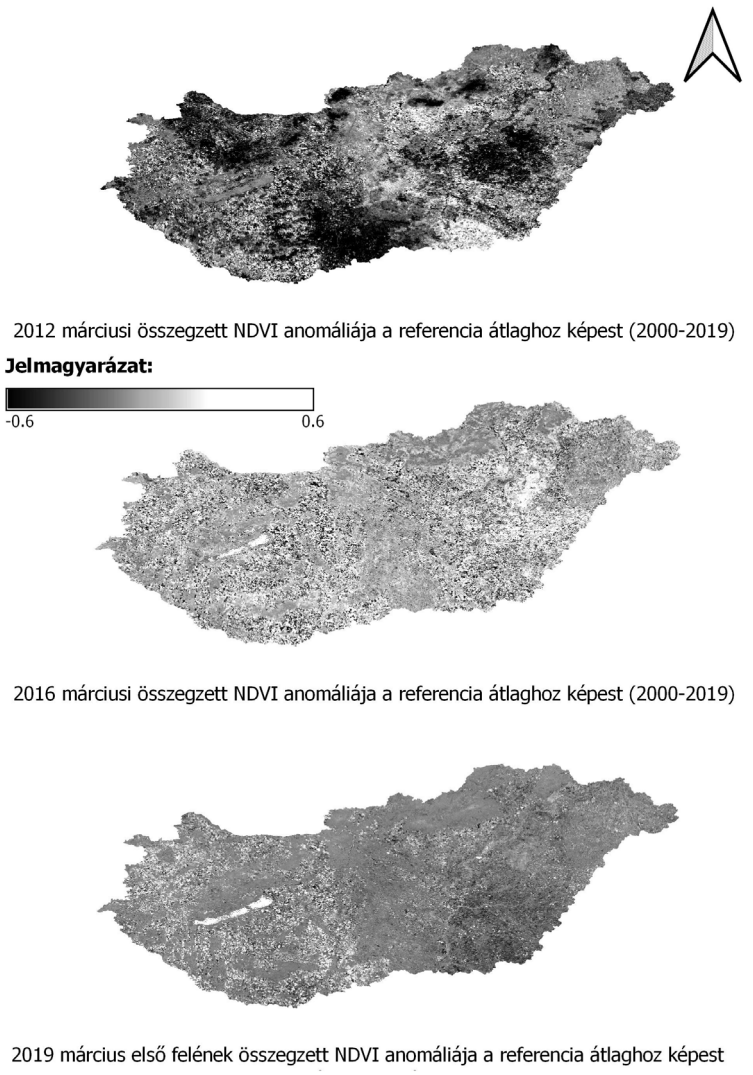
Az aszálytérképezés jellemzően eddig a július-októberi időszakra korlátozódott. Azonban a tavaly őszi aszály (Földművelésügyi Értesítő 2018) után az idei évben már február végétől tapasztalható aszályosság (OMSZ 2019a; OMSZ 2019b; OMSZ 2019c), amely a mezőgazdasági kultúrákat jelentős mértékben károsítja (Magyar Mezőgazdaság 2019; Világgazdaság 2019). A nyár végi aszály esetén a növényzet a vegetációs időszak elejéhez tapasztalthoz képest jelentősebben fedi a talajfelszínt, ezért vizsgálatot folytattunk arra vonatkozóan, hogy a nyári aszályra kifejlesztett módszertanunk kellően jól jellemzi-e a tavaszi aszályosságot. Illetve milyen más adatrendszert, műholdas mérést, módszertant lenne érdemes alkalmazni a precízebb, szemléletesebb aszály-detektáláshoz.



2. ábra A Google Earth Engine-ben elkészült aszálytérkép

Eredmények

Mivel a tavaszi aszály még tart, ezért végleges aszálytérkép bemutatására jelenleg még nincs lehetőségünk. Ugyanakkor az eddig elérhető 2019 márciusára vonatkozó MODIS felvételekből származtatott 16 napos 250 méteres globális NDVI termékek (MOD13Q1 v006, MYD13Q1 v006) alapján elmondható, hogy Kelet-Magyarország jelentős részét számottevő aszály sújtja, különös tekintettel az Alföldre. A kezdeti vizsgálati eredményeinket a jelenlegi helyzet, a 2012-es extrém aszályos év és a 2016-os, tavaszi aszálytól mentes összevetésével a *3. ábrán* szemléltetjük.

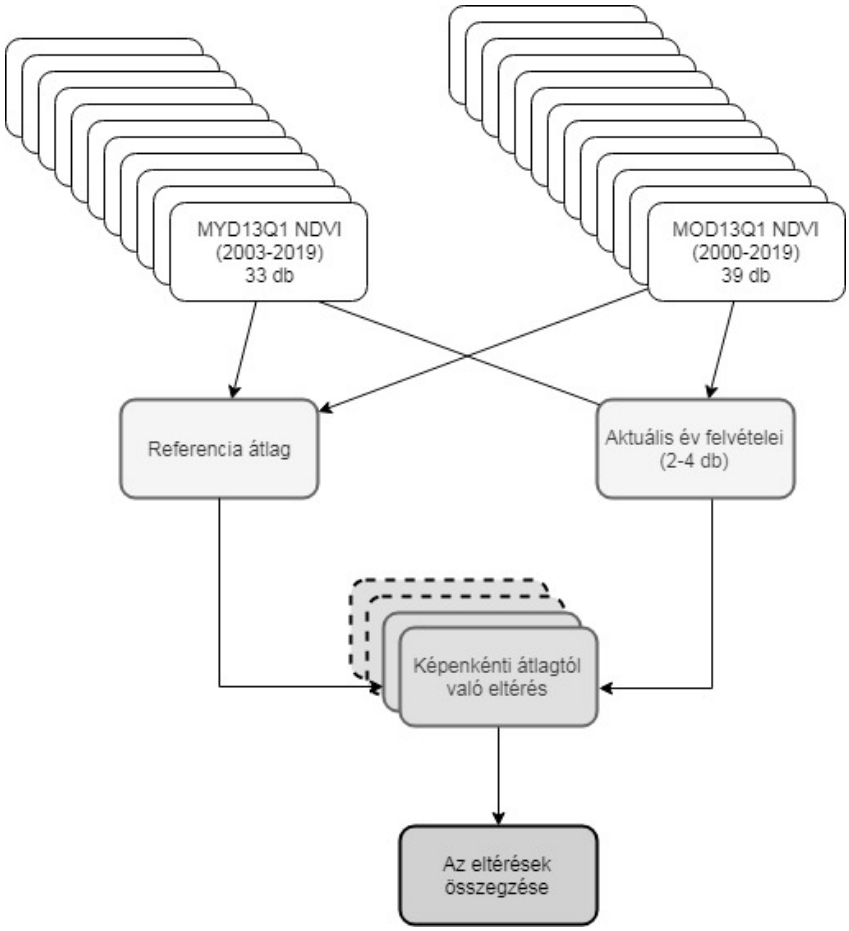


3.ábra A tavaszi aszály bemutatása három különböző év esetén

A térképezés a 2000 és 2019 között elérhető összes MOD13Q1 és MYD13Q1 felvétel együttes felhasználásával készült (összesen 72 réteg), a *4. ábrán* látható módszertan szerint. Ezen eredmények alapján elmondható, hogy például a 2016-os átlagos csapadékmennyiségű tavaszhoz (OMSZ 2016) képest szignifikáns aszály tapasztalható. Azonban mivel 2019 március végére két származtatott NDVI réteg még nem érhető el, annak egyértelmű mértéke még nem szemléltethető.

Konklúzió

A felhőalapú távérzékeléses adatfeldolgozásnak a Big Data korszakban egyértelműen helye van. Az ilyen típusú rendszerek használata kutatásainkat és akár operatív alkalmazásainkat, jelentős mennyiségű adattal, illetve számottevő gépi kapacitással támogatja, jelentősen csökkenti az elemzések átfutási idejét. A jövőbeli céljaink között szerepel az ESA által fejlesztett DIAS-ok tesztelése és hasonlóan pozitív tapasztalatok esetén ezen platformok operatív feladatainkba történő beépítése.



4.ábra A tavaszi aszály detektálására kipróbált módszertan

Felhasznált irodalom

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, vol. 202, pp. 18–27.

Földművelésügyi értesítő (2018): Az agrárminiszter közleménye a mezőgazdasági termelést érintő időjárási és más természeti kockázatok kezeléséről szóló 2011. évi CLXVIII. törvény 12. § (5) bekezdése szerinti aszályhelyzet kihirdetéséről. LXVIII. évf.9.sz., 336 p.

Internetes források

Internet1 – https://code.earthengine.google.com/

Copernicus (2018): User-friendly Access to Copernicus Data and Information. https://www.copernicus.eu/sites/default/files/Copernicus_DIAS_Factsheet_June2018.pdf Letöltés ideje: 2019.03.01.

Magyar Mezőgazdaság (2019): Akár százezer hektár repce is az aszály áldozata lehet. http://magyarmezogazdasag.hu/2019/04/03/akar-szazezer-hektar-repce-az-aszaly-aldozata-lehet Letöltés ideje: 2019.04.03.

Országos Meteorológiai Szolgálat (2016): Elmúlt hónapok időjárása, 2016. március https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_honapok_idojarasa/ Letöltés ideje: 2019.04.03.

Országos Meteorológiai Szolgálat (2019a): Csapadékhiánnyal kezdődik a vegetációs időszak. https://www.met.hu/idojaras/agrometeorologia/elemzes/index.php?id=3140&m=2 Letöltés ideje: 2019.03.10.

Országos Meteorológiai Szolgálat (2019b): Szárazság ősszel, szárazság tavasszal fagyokkal tetézve. https://www.met.hu/idojaras/agrometeorologia/elemzes/index.php?id=3166&m=2 Letöltés: 2019.03.26.

Országos Meteorológiai Szolgálat (2019c): Aszály információk. https://www.met.hu/idojaras/agrometeorologia/aszalyinfo/ Letöltés ideje: 2019.03.

Világgazdaság (2019): Sok gabona veszett oda az aszály miatt. https://www.vg.hu/vallalatok/mezogazdasag/sok-gabona-veszett-oda-az-aszaly-miatt-1431670/ Letöltés ideje: 2019.04.01.

Épület állomány aktualizálása speciális számításokat igénylő projekt nagy adatmennyiséget tartalmazó alaptérképéhez – Esettanulmány

Biró Csilla Karina[1] – Kubány Csongor[2]

[1] csoportvezető, Geodézia Zrt., biro.csilla@geodezia.hu
[2] címzetes egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Földtudományi Intézet, Földmérési és Térinformatikai Kihelyezett Tanszék

Absztrakt: A projekt során az egyik fő feladat a meglévő épület geometria állomány aktualizálása – javítása, kiegészítése – volt. A megvalósítás során szűk keretet szabott a projekt kiírás által rögzített használható eszközök és adatok köre, a feldolgozásra kerülő nagy adatmennyiség (kb. 1,5 millió objektum) és a rövid határidő. A hangsúly az előzetes munkatervezés során a rendelkezésre álló geometriák meglétének vizsgálatán volt, ám a vártnál több manuális digitalizálásra lett szükség. A rövid határidő miatt kísérleti munkafolyamat rendszer szerint történt az aktualizálás, amely a feladatok elvégzése során folyamatosan finomításra került. A kivitelezés módszertana az egymásra épülő munkafolyamatok alaplépései és az ezekhez szervesen kapcsolódó, technológiai fegyelem betartását megkövetelő (ön)ellenőrzési lépések bevezetésével a jövőben tovább javítható. A továbbiakban a „hiányzó" épületek digitalizálásával nyert adatok értelmezésével foglalkozunk.

Bevezetés

Nagy adatmennyiség kezelése és ellenőrzése komoly kihívást jelent, különösen abban az esetben, ha rövid határidő adott a feladatok elvégzésére. A projekt során a feladat egy 5 évente ismétlésre kerülő, speciális számításokat igénylő projekt alaptérképi állomány adattartalmának frissítése volt. Esettanulmányunkban az épület állomány geometria tartalmának aktualizálásával foglalkozunk.

Az aktualizálás során 8 munkaterülethez – Budapest és vonzáskörzete területéhez két különböző évre (X és X–5) vonatkozóan, illetve 6 vidéki nagyvárosra, – kb. 1,5 millió épület objektum került vizsgálatra. Az aktualizálás megvalósítása szűk keretek közé volt szorítva mind a felhasználható adatok szempontjából (például projektkiírásban meghatározott adatkor, egységesség, pontosság), mind időben: az egyéb kapcsolódó munkarészek végrehajtásával együtt nagyjából 2,5 hónap állt rendelkezésre.

Anyag és módszer

Az aktualizálás során AutoCAD MAP3D munkakörnyezetben a meglévő épület geometriákat (kiinduló alaptérképi épület állomány) és a segéd állományként szolgáló, ingatlan nyilvántartásból származó geometriákat kellett vizsgálni 40*40 cm-es felbontású, projekt kiírásban szabályozott adatkorú ortofotók alapján. A feladat

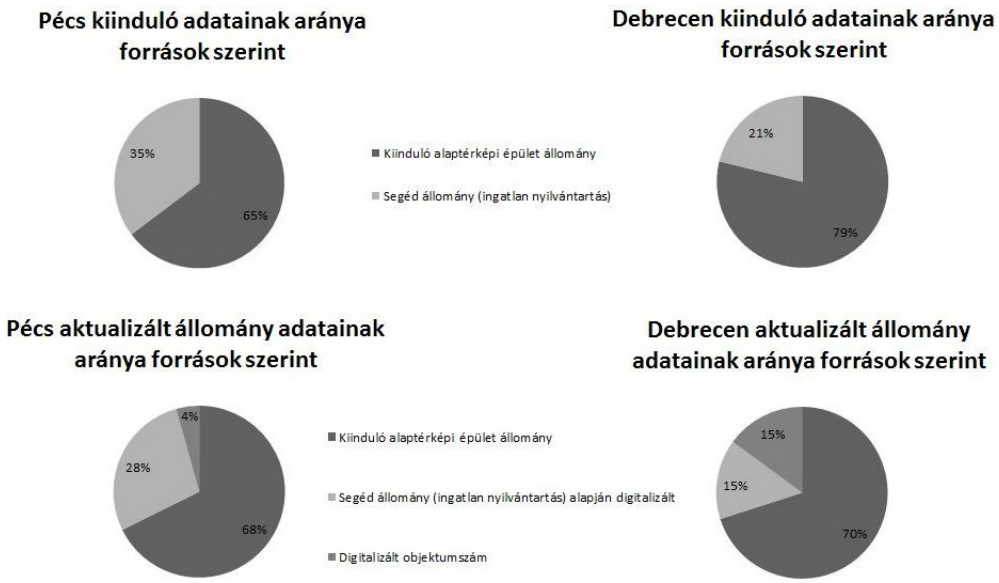
végrehajtása 1:10 000 méretarányú szelvényeknek megfelelően darabolt épület állományonként és a hozzájuk tartozó ortofotónként történt, részletes áttekintéssel. Az ortofotón látható épületeket meglévőnek kellett jelölni, ha megtalálhatóak voltak a kiinduló alaptérképi épület állományban, vagy a segéd állományként szolgáló, ingatlan nyilvántartásból származó geometriák között. Amennyiben az épület a légifelvételen nem volt látható, törölni kellett a felesleges objektumot az alaptérképi állományból. Abban az esetben, ha az ortofotón látható épülethez az állományban nem tartozott geometria, poligonnal digitalizálni kellett.

Új vagy módosított alaptérképi épület objektum háromféle módon jött létre. Egyrészt a segéd állományként szolgáló, ingatlan nyilvántartásból származó geometriák vizsgálata során meglévőnek nyilvánított épület átvételével, másrészt a kiinduló vagy segéd állományban meglévő geometria módosításával, illetve teljesen új geometria létrehozásával. Ez utóbbi kettő objektumait tartalmazza a „Digitalizált objektum" kategória, az első módon létrejött objektumok azonban külön kerültek kezelésre „Segéd állomány alapján digitalizált" kategóriában.

A kiinduló objektumok állományai minőségüket tekintve sokszínűek voltak, ezért fordulhat elő olyan, hogy Debrecen és Szeged esetében magas törölt objektum darabszámot találunk (*1. táblázat*), melynek oka a duplikált épület körvonalak megszüntetése, ezáltal az állomány minőségének javítása. Az összes kiinduló objektumszám tartalmazza az ingatlan nyilvántartás segédállomány objektumait is, melyek az adatkérés pillanatában aktuálisan nyilvántartott épületeket foglalták magukba, ám az aktualizálásra és az adatkérésre vonatkozó év eltérő – az aktualizálást egy évekkel korábbi állapot megjelenítéséhez kellett végezni, ezért az aktualizált objektum szám többnyire alatta marad a kiinduló objektumszámnak.

1. táblázat Vidéki nagyvárosok fő objektumszámai

Település	**Összes kiinduló objektumszám (db)**	**Törölt objektumszám**	**Digitalizált objektumszám (db)**	**Aktualizált objektumszám (db)**
Debrecen	90271	16452	12938	86757
Győr	43512	3926	3880	43466
Miskolc	54672	4470	2394	52596
Nyíregyháza	50229	4218	5548	51559
Pécs	57166	6555	2295	52906
Szeged	79549	21655	9914	67808



1. ábra Pécs és Debrecen állományainak objektum arányai azok forrása szerinti megoszlásban

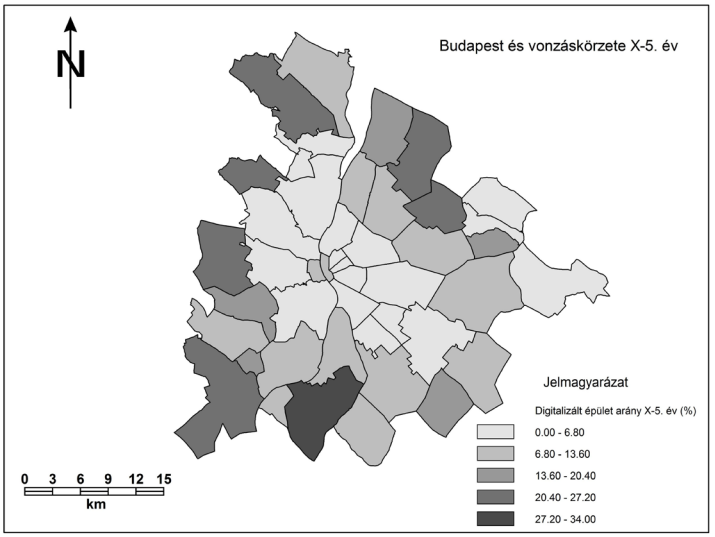
Eredmények

A munkafolyamat során előállt a munkaterületek aktualizált épület geometriáinak állománya. Általánosságban elmondható, hogy az aktualizált állományokban a kiinduló- és segéd állományok nélkül (ortofotó alapján) digitalizált objektumok aránya kb. 10%-ot tesz ki, azaz több mint 100 000 épület geometriája hiányzott. Az összességében kezelt 1,5 millió objektum esetén a 10%-os digitalizált objektum átlag magasnak tekinthető. Ehhez képest előfordul egy-egy kiugró érték: Pécs esetében 4% (2295 db), Debrecen esetében viszont 15% (12938 db), ami az átlaghoz képest ±50%-os eltérést jelent (*1. ábra*).

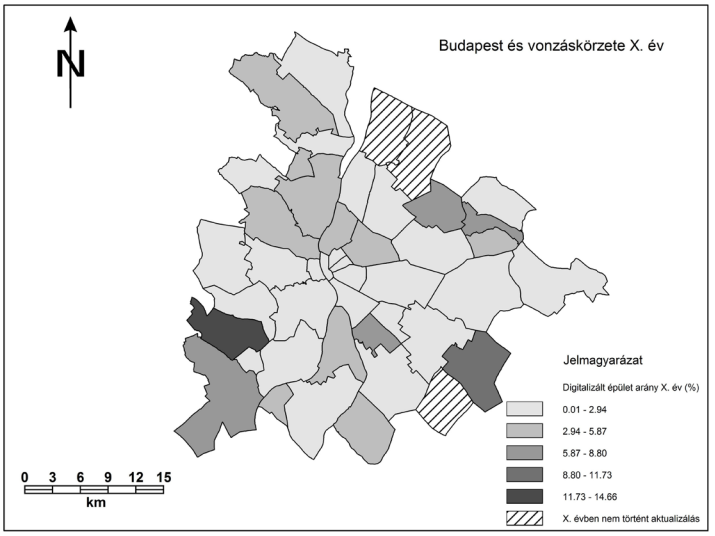
Budapest és vonzáskörzete esetében két különböző évre vonatkozó aktualizálást kellett végrehajtani – természetesen más-más alapanyagokból –, ezeket X. év és X–5. év néven kezeljük, hogy a névből is látható legyen az 5 év különbséggel végzett épület állomány vizsgálat. Az X–5. évi frissítés arányaiban sokkal több digitalizálást igényelt, ez első sorban a külső kerületeket és a vonzáskörzet településeit érintette, ami jól mutathatja az agglomeráció fejlődését az X–5. évet megelőző állapothoz képest (*2. ábra*).

Az X–5. évi frissítés során 56084, X. évi frissítés során 20182 geometria digitalizálására volt szükség.

Az X. évre vonatkozóan történt aktualizálás során digitalizált objektumok számának aránya egészen más területi képet mutat, jól azonosíthatóak a városfejlesztés, -fejlődés aktuálisan népszerű és beruházásokkal jobban érintett területei (*3. ábra*).



2. ábra Budapest és vonzáskörzete X-5. év digitalizált objektumok aránya az aktualizált állomány teljes objektum számához képest



3. ábra Budapest és vonzáskörzete X. év digitalizált objektumok aránya az aktualizált állomány teljes objektum számához képest

Összefoglalás

A speciális számításokat igénylő projekt alaptérképéhez szükséges épületállomány aktualizálása során kb. 1,5 millió objektum vizsgálata történt meg. A digitalizált objektumok aránya a teljes-objektum számhoz képest átlagosan 10% körül mozgott. A kiugró értékek területi elhelyezkedése Budapest és vonzáskörzete esetében összefüggést mutat az aktuálisan népszerű, fejlődő, építkezésekhez kapcsolódó beruházásokkal jobban érintett területek változásaival.

Halastavak vizsgálata távérzékelési módszerekkel

Burai Péter[1] – Gaál Márta[2] – Molnár András[3] – Tomor Tamás[4] – Bekő László[5]

[1] főiskolai docens, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ, burai.peter@unideb.hu
[2] tudományos főmunkatárs, Agrárgazdasági Kutató Intézet, gaal.marta@aki.gov.hu
[3] osztályvezető, Agrárgazdasági Kutató Intézet, molnar.andras@aki.gov.hu
[4] főiskolai docens, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ, tomor.tamas@unideb.hu
[5] tudományos segédmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ, beko.laszlo@unideb.hu

Abstract: Remote sensing techniques offer a viable solution for mapping extended, complex and hardly accessible areas. Innovative remote sensing technologies can be effective tools to investigate fishponds and their environment. During the research the applicability of aerial remote sensing data (LiDAR, UAV, orthophoto) and satellite data were analysed. Various image analysis methods were compared, and the reliability of thematic maps were examined. In addition to accuracy the practical applicability and costs of the remote sensing methods were analysed, as well.

Bevezetés

Az Országos Statisztikai Adatgyűjtési Program keretében gyűjtött adatok alapján 2017-ben 29.604 hektár volt a halastavak teljes tóterülete hazánkban, ebből 26.065 hektár volt az üzemelt tóterület (Kiss 2018). Évről-évre változik az a terület, ahol a tényleges gazdálkodás folyik, ennek a nyomon követése a gazdálkodó szervezetek bevallási adatai alapján történik. A halastavak környezetében jelentős a vízi növényzet előfordulása, ezen belül a nádnak van kiemelt természeti és gazdasági jelentősége. A nád területének meghatározását nehezíti, hogy keveredhet különböző vízinövényekkel és a változó minőségi állapotban fordul elő. A nád többnyire vízparon, terepen nehezen megközelíthető helyen fordul elő ezért a terepi bejárással nagyon nehéz a pontos meghatározása.

A korszerű távérzékelési módszerekkel lehetőség nyílik nagyobb területek pontos térképezésére. Ahhoz, hogy távérzékeléssel meg tudjuk határozni a gyakran csak néhány méter területi kiterjedésben és kevert fajösszetételben előforduló társulásokat nagy terepi- és spektrális felbontású felvételekre van szükség. A műholdakon elhelyezett szenzorokkal készített felvételek terepi felbontása ma már meghaladja az 1 métert, azonban ezeknél az adatoknál a faj szintű elemzésekhez szükséges spektrális információ csak korlátozottan áll rendelkezésre. A légi távérzékelés esetében az alacsonyabb repülési magasságnak és az érzékeny szenzoroknak köszönhetően nagy terepi és radiometriai felbontású felvételek készíthetők. A passzív távérzékelési módszerek közül a légi hiperspektrális szenzorokkal készített felvételek rendelkeznek olyan információval, amellyel a felszíni objektumok minőségi és mennyiségi tulajdonságai is pontosan meghatározhatók.

Hazai területen alkalmaztak már légi távérzékelési módszereket és képosztályozást a Balaton partmenti nádasainak minőségi állapotának vizsgálatában (Stratoulias et al. 2014) és a vízi vegetáció térképezésében (Burai et al. 2014). A passzív távérzékelési módszerek mellett eredményesen alkalmazzák a légi lézerszkennelt adatokat a különböző vegetációk térképezésében (Zlinszky et al. 2014).

Alkalmazott eszközök és módszerek ismertetése

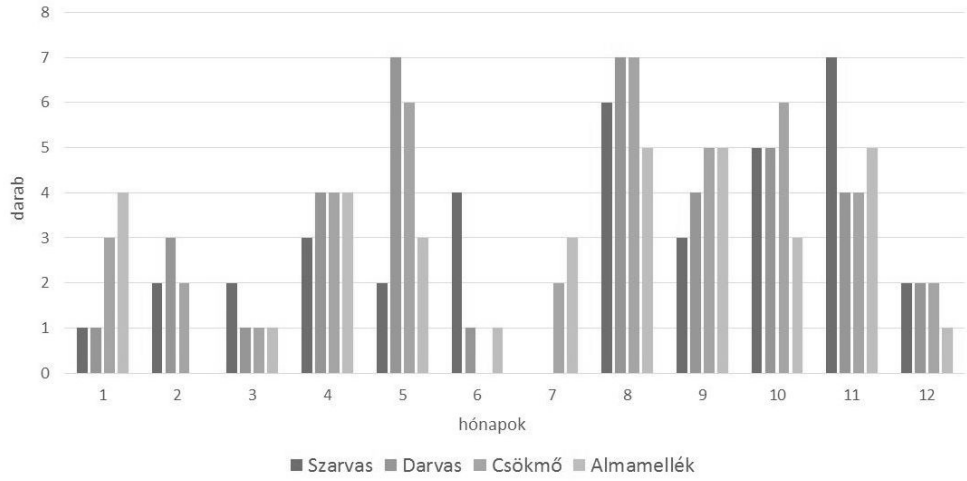
A vizsgálat során különböző méretű és eltérő természetföldrajzi adottságú tavak kerültek mintaként kiválasztásra. A tótípusok között voltak völgyzárógátas (Almamellék) és alföldi körtöltéses (Szarvas, Csökmő, Darvas) halastavak (*1. táblázat*).

Az elsődlegesen vizsgált entitás a vízfelszín és a nád volt. A képosztályozásnál az „egyéb" kategóriába tartozott az egyéb vízi növény, fa és a töltésen található gyep. Az összehasonlított távérzékelési módszerek: (1) pilóta nélküli légi járműről (UAV) multispektrális kamerával készített felvételek, (2) légi lézerszkenneléssel kombinált RGB ortofotó, illetve (3) Sentinel–2A műhold adatok. A légi felvételezés ideje a 2018-as téli lombmentes időszak volt. A légi felvételeknél a képek előfeldolgozását az alkalmazott szenzornál általánosan használt módszereket alkalmaztuk. Az UAV felvételek esetében PiX4D, a mérőkamerás felvételeknél Inpho, míg a LiDAR adatoknál a Terrasolid szoftvert alkalmaztuk. A légi felvételekből ortofotó mozaikot, míg a lézerszkennelt adatokból osztályozott LAS adatokat állítottunk elő. A nagy felbontású felvételeknél a képfeldolgozáshoz objektum alapú képosztályozás (OBIA) módszerét alkalmaztuk Trimble eCognition szoftver környezetben. A mintaterületekre letöltöttük a Sentinel-2 L1C és L2A adatfeldolgozottsági szintű felvételeket a 2018-as évre, és elvégeztük ezek feldolgozását. A képek előfeldolgozására SNAP/Sen2Cor és saját fejlesztésű szoftvereket, míg a képfeldolgozásra ENVI szoftvert alkalmaztunk Az atmoszférikus korrekció után csak a felhőmentes felvételeket hagytuk meg a további vizsgálathoz (*1. ábra*).

A kutatásunkban a műholdfelvételeknél három pixel alapú osztályozási módszer hatékonyságát vizsgáltuk: egy hagyományos képosztályozót: Maximum Likelihood Classifier (MLC), és gépi algoritmusokon alapuló osztályozókat: Support Vector Machine (SVM), valamint Random Forest (RF).

1. táblázat A vizsgálatba vont halastavak méret szerinti csoportosítása

Halastavak	Méretkategóriák			Összesen	
	<1ha	1–5ha	>5ha	db	ha
Almamelléki halastavak	4	10	4	18	100,79
Iskolaföldi (Szarvas) halastavak	77	14	6	97	205,55
Csökmői halastavak	0	3	2	5	78,53
Darvasi halastavak	0	3	6	9	277,10



1. ábra A 2018-as évben a felhőmentes felvételek száma havi bontásban

Pilóta nélküli légi járműről (UAV) készített légi felvételek alkalmazása

Az UAV felvételezést 2018. december és 2019. február közötti időszakban hajtottuk végre. A geometriai korrekció pontosítására a terepen geodéziai GNSS mérőeszközzel mért GCP pontokat alkalmaztunk. A kis méretű kamerával készített felvételek dinamikája alacsony, és a 3–4 spektrális csatorna miatt sem számíthatunk megbízható eredményre csupán a pixel alapú képosztályozás használatával. A közeli infravörös tartományban is működő kamerával (Parrot Sequoia) készített felvétel dinamikája jobb volt, azzal az egyes objektumok pixel alapú elkülönítése is pontosabb volt. Az RGB+NIR felvételek képszegmentálása után a közeli infravörös csatornák nagyban segítették a vízi növények beazonosítását és az árnyékos területek elkülönítését. A képosztályozás során a pontosság (OA) 89–93% között változott, azonban minden tónál egyedi paraméterezést kellett alkalmazni.

Légi lézerszkennelt technológia alkalmazása

A légi lézerszkennelés (LiDAR) leggyakoribb alkalmazási területe a nagy pontosságú felszínmodellek előállítása, illetve a beépített területek térképezése (Lovas et al. 2012; Szabó et al. 2014). A légi lézerszkennelésből nyert nagy pontosságú domborzati modell (DTM) és a borított felszínmodell (DSM) alkalmas a növények határvonalainak kinyerésére és a szegmentált objektumok magasságának megadására. Azok a LiDAR rendszerek, amelyek a teljes jelalakot (FWF) is rögzítik, olyan információkat tartalmaznak, amelyek a felszínborítás osztályozására is alkalmasak lehetnek A magassági értékek mellett több olyan tulajdonság is kinyerhető a LAS adatból, mint az intenzitás textúra, hullámforma stb., amelyek közvetlenül alkalmazhatók a képosztályozási folyamatban. A LiDAR felvételezéssel készített digitális légi felvételek tovább növelhetik a képosztályozás megbízhatóságát. A

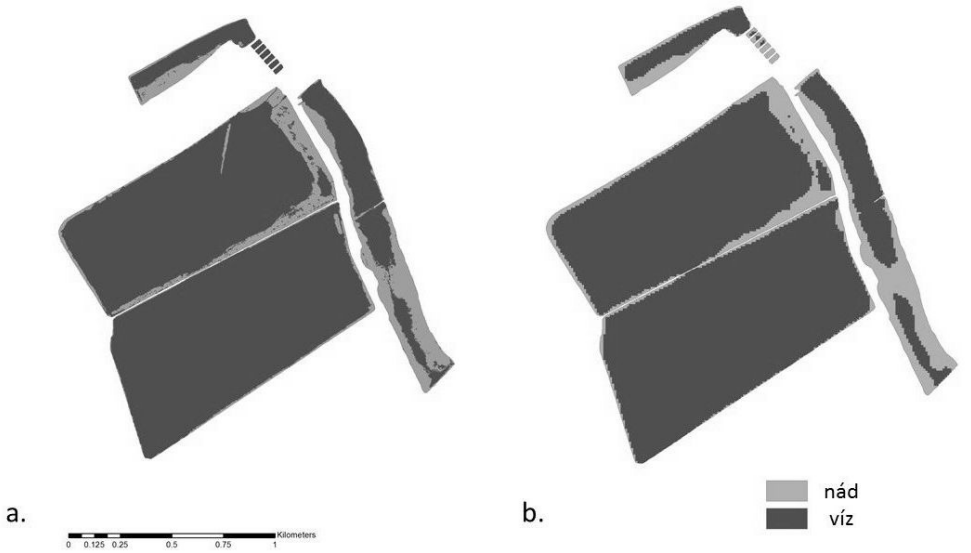
különböző dimenziójú adatok együttes kezelésére az OBIA módszer jól alkalmazható, és a képfeldolgozás jelentős része automatizálható.

Amennyiben csak ortofotón vizsgáltuk az eredményeket, a nádat nehéz volt elkülöníteni az egyéb vízi növényzettől. Mivel vegetációs időszakon kívül készültek a felvételek, valószínűleg ennél pontosabban is meg lehetne határozni az eltérő növénytípusokat. A feldolgozást segítette, ha közeli infravörös csatornákat tartalmazó kamerát is alkalmaztunk. A legpontosabb eredményeket a LiDAR adatokkal kombinált ortofotó feldolgozásával kaptuk (OA: 97,2–99,1%).

Műholdas technológia alkalmazása

A Sentinel–2 műhold adatok egész évben rendelkezésre állnak és akár idősorok vizsgálatára is lehetőség nyílik a 2–5 naponta készülő felvételek elemzésével. A feldolgozásuk gyors, kis erőforrásigényű, azonban itt is szükséges a megfelelő referencia adat alkalmazása. A hátránya, hogy a 10m-es felbontás sokszor nem elég, mivel a tavakat övező nádas sávok és a tavakban található elszórt foltok szélessége gyakran ennél kisebb.

A képelemzéshez három pixel alapú képosztályozó módszert alkalmaztunk. A képosztályozási módszereke közül az SVM alkalmazásával értük el a legjobb pontosságot (OA: 79,9–85,96%). Több felvétel együttes alkalmazása nem növelte a pontosságot az egyetlen „optimális" időpontban (július–augusztus) kiválasztott felvételhez képest.



2. ábra A darvasi halastavak képosztályozási eredménye (a. Lidar-ortofotó alapján, b. Sentinel–2 felvétel alapján)

Összefoglalás

A hazai haltermelés kapcsán részletes és naprakész információra van szükség a termelőtevékenység aktuális kiterjedésére vonatkozóan. Ugyanakkor szintén fontos cél, hogy az adatszolgáltatási teher a termelők számára a lehető legkisebb legyen. A korszerű távérzékelési módszerekkel lehetőség nyílik nagyobb területek pontos térképezésére. A halastavak környezetének vizsgálatára a legpontosabb eredményt a LiDAR és ortofotó alkalmazásával kaptuk. A korszerű szenzoroknak köszönhetően akár napi 1000 km^2 terület is felmérhető. A feldolgozásra alkalmazott OBIA módszer könnyen paraméterezhető és automatizálható. További előnye a LiDAR adatfelvételezésnek, hogy geodéziai pontosságú geometriai adatokat kapunk, amellyel pontosan meghatározható a halastavat határoló töltés, ezáltal a tavak területe. Az UAV felvételek a nagy geometriai felbontás mellett alacsony radiometriai felbontásúak, ennek köszönhetően a nád és egyéb vízi növény szétválogatás csak alacsony megbízhatósággal volt lehetséges. A műholdfelvételeken végzett képosztályozás elsősorban a nagy terület/kerület arányú, nagyobb összefüggő vízfelszínnel rendelkező halastavaknál adott jobb eredményt. A műhold adatok pontossága ugyan elmaradt az UAV és LiDAR+ortofotó alkalmazásával készített felvételektől, azonban ez az alapadatok előfeldolgozásának és képosztályozásnak fejlesztésével javítható. A képfeldolgozási lánc itt automatizálható, így akár folyamatos monitoringra alkalmazható rendszer is kiépíthető.

Köszönetnyilvánítás

A cikkben közölt kutatások elkészítését a MAHOP-3-1.2.1-2017-2017-00001 azonosítószámú „A 2016-2023 időszak MAHOP DCF feladatainak megvalósítása” című projekt támogatta.

Felhasznált irodalom

Burai, P. – Lövei, G. – Lénárt, Cs. – Nagy, I. – Enyedi, P. (2010): Mapping aquatic vegetation of the Rakamaz-Tiszanagyfalui Nagy-Morotva using hyperspectral imagery. Acta Geographica Debrecina, Landscape & Environment Series, 4, pp. 1–10.

http://landscape.geo.klte.hu/pdf/agd/2010/2010v4is1_1.pdf

Kiss G. (2018): Statisztikai jelentések, Lehalászás jelentés 2006-2017. XXIII. évfolyam, Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest.

Lovas T. – Berényi A. – Barsi Á. (2012): Lézerszkennelés. TERC Kft., Budapest, 166 p.

Stratoulias, D. – Balzter, H. – Zlinszky A. – Toth, V.R. (2015): Assessment of ecophysiology of lake shore reed vegetation based on chlorophyll fluorescence, field spectroscopy and hyperspectral airborne imagery. Remote Sensing of Environment, 157, pp. 72–84.

Szabó, Sz. – Burai, P. – Kovács, Z. – Szabó, Gy. – Kerényi, A. – Fazekas, I. – Paládi, M. – Buday, T. – Szabó, G. (2014): Testing of algorithms for the identification of asbestos roofing based on hyperspectral data. Environmental Engineering and Management.

Zlinszky, A. – Schroiff, A. – Kania, A. – Deák, B. – Mücke, W. – Vári, Á. – Székely, B. – Pfeifer, N. (2014): Categorizing grassland vegetation with full-waveform airborne laser scanning: A feasibility study for detecting Natura 2000 habitat types. Remote Sensing, 6(9), pp. 8056–8087.

Erdőleltározás légi lézeres letapogatással és közel fotogrammetriával – Első tesztek eredményei

Czimber Kornél[1] – Burai Péter[2] – Kovács Zoltán[3] – Gerencsér Albert[4]

[1] Soproni Egyetem (EMK, GEVI), TopoLynx Kft, czimber.kornel@topolynx.hu
[2] Debreceni Egyetem (Távérzékelési Szolgáltató Központ), burai.peter@unideb.hu
[3] EnviroSense Kft, kovacszoli88.geo@gmail.coom
[4] Gerencsér Albert, Pannónia Kft, gerencseralbert@gmail.coom

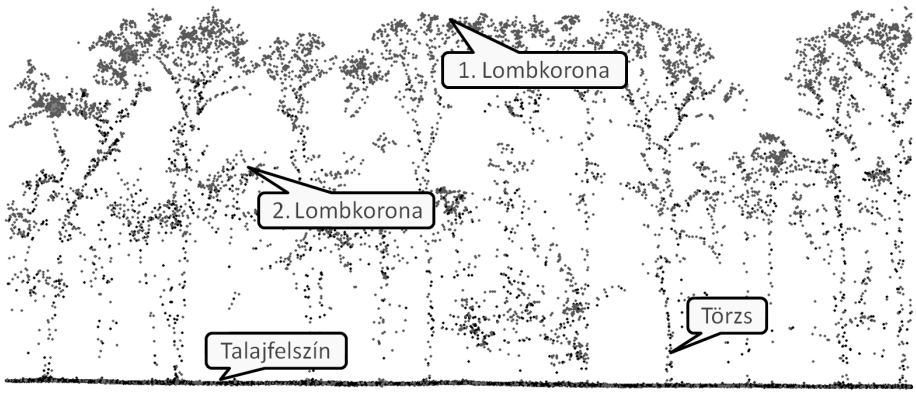
Absztrakt: A cikk erdőterületekről készült légi lézeres adatok új feldolgozási módszerét mutatja be, amelyet földi fotogrammetriával végzett referencia-mérések egészítenek ki. A teljes jelalakos légi lézeres letapogatás pontfelhőjének voxel alapú feldolgozása képes törzspozíciók, törzsátmérő, famagasság, lomb-koronaméret meghatározására, ezáltal az erdőleltározáshoz szükséges adatokat szolgáltatni. A földi referenciamérésekhez közel fotogrammetriai eljárásokat fejlesztettünk, amelyek a körlapösszeg, fafaj, elegyarány és átmérő eloszlás becslésében segítenek. A lézeres adatok feldolgozását szerver környezetben, szuperszámítógépekre, a földi fotogrammetriát pedig mobil eszközökre fejlesztettük. A légi és a földi módszer kombinálása után megszülettek az első teszteredményeket.

Bevezetés

Az erdővagyon, az élőfakészlet minél pontosabb ismerete alapvető igény gazdálkodói, tulajdonosi, fakereskedői, tervezési, felügyeleti szempontból egyaránt. A folyamatosan fejlődő adatgyűjtési technológiák és új feldolgozási eljárások mindezt lehetővé teszik. A távérzékelt adatokat (űrfelvételek, légifelvételek, lézeres letapogatások) egyre gyakrabban használják erdőleltározásra (Andersen et al. 2011; Barrett et al. 2009) a dendrológiai (fafaj, elegyarány), valamint dendrometriai (átmérő, magasság, fatömeg, záródás) jellemzők kinyerésére. Hazánkban is számos kutatás folyik ezzel kapcsolatban (Király et al. 2012, Kovács et al. 2018). Az űr és légi távérzékeléshez elengedhetetlen a megfelelő számú földi referenciamérés (Köhl et al. 2011). A földi távérzékelési eljárások is folyamatosan fejlődnek, például a közel fotogrammetria (Czimber 2015) vagy a földi lézerszkennelés (Brolly et al. 2013). Az előbbi olcsó és nagymértékben tudja gyorsítani a terepi munkát, ezen túl nem csak mennyiségi adatokat (átmérő, körlap), hanem minőségi információkat (fafaj) is nyújthat.

Anyag és módszer

A kutatáshoz felhasznált légi lézeres adatok kisrepülőgépről készültek 8 pont/m^2 sűrűséggel, de az átfedések és a többszörös visszaverődés miatt a végleges pontsűrűség ennek 2–4-szerese. Ez a pontsűrűség már elegendő információt nyújt a talajfelszín, törzsek, vastagabb ágakat, első és a második lombkorona szint

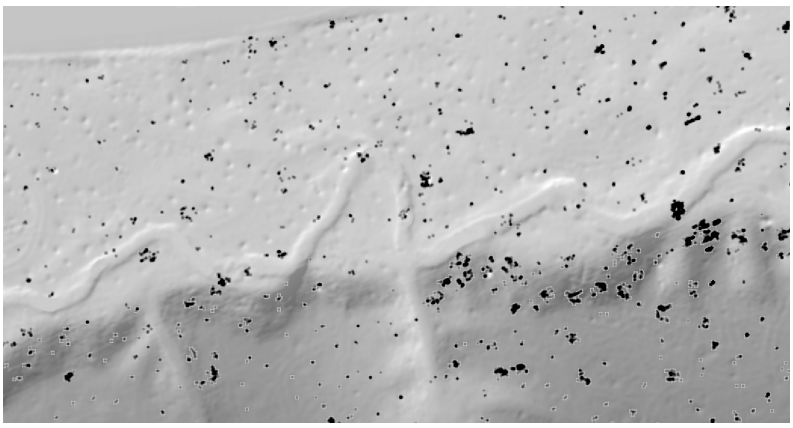


1. ábra Pontfelhő részletének oldalnézeti képe

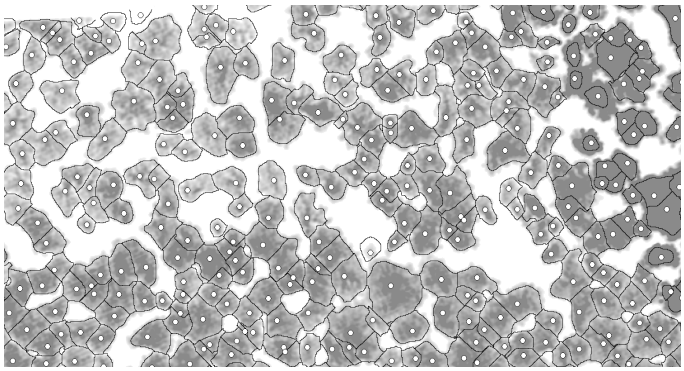
azonosításához (*1. ábra*). A földi fotogrammetriai mérések az ellenőrzésként szolgáló törzsenkénti felvételezés közben készültek.

A légi lézeres adatok feldolgozása több lépésben valósul meg. Elsőként a pontokat egy rács adatszerkezetbe töltjük be, majd rendezzük a pontokat magasság szerint, hogy gyorsan lehessen belőlük térbeli elemeket, voxeleket képezni. Betöltés után kiszűrjük a környező pontokhoz képest alacsonyan vagy magasan fekvő zajos pontokat. Ezután két kúp alakú filterrel (Vosselmann 2000) kiválogatjuk a talajpontokat és a felső lombkorona pontjait. A szűrés után mozgó regressziós síkokkal történik a talajfelszín (*2. ábra*) és a lombkoronafelszín interpolációja.

A faállomány a két detektált felület között helyezkedik el. Az algoritmus ezután átvált voxel alapú feldolgozásra. A voxel eljárásnak számos előnye van, képes kezelni az átfedéseket, a térbeli kapcsolatok, a feldolgozó szűrők könnyen definiálhatók. A voxelek mérete 10 vagy 20 cm-es. Az eljárás 1–6 méteres tartományban 1–2 méteres sávokban keres voxel csoportosulásokat, lokális maximumokat. A voxeleket térbeli kernellel súlyozzuk, amely segít a törzsek felismerésében és a törzsvastagságra is ad mérőszámot (*2. ábra*).



2. ábra Domborzatmodell és a felismert fák, facsoportok

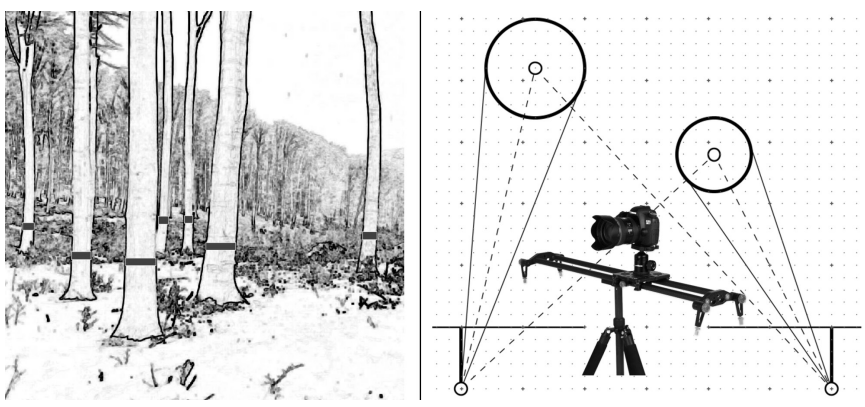


3. ábra Lombkorona voxelek és detektált koronák

Az algoritmus következő lépése a korona voxeltömeg előállítása. Itt is egy kernellel súlyozzuk a korona voxeleket és függőlegesen összesítjük. Az összegfelület kirajzolja az egyes fák koronáit, maximumpontja a fakorona csúcsa. A csúcspontot a közeli törzshöz kapcsoljuk, ezáltal pontos ferde famagasságot lehet számítani. A voxeleket ezután egy iteratív algoritmussal soroljuk a maximumpontokhoz, így megkapjuk a koronát felépítő voxeleket.

A besorolás egyedileg azonosít minden fakoronát, és faegyedenként a voxeltömegből koronatérfogat, koronaterület (*3. ábra*) és átlagos korona átmérő számítható. A koronaátmérő és a törzsátmérő között szoros összefüggés van. Az egyes fák fatömege a magasság, átmérőbecslés, koronaterület és a fafaj függvénye. A függvény paramétereit a földi referenciamérések szolgáltatják.

A földi referenciaméréseknél a terepen fényképeket készítünk és kétféle feldolgozó eljárást futtatunk (*4. ábra*). Mindkét esetben a felvételeket először kalibráljuk, mely a radiális irányú torzulásokat csökkenti. Az egyképes megoldásnál a kalibrált fényképeken élfelismeréssel határozzuk meg a törzseket, majd tanítás után átlagszín és textúra alapján a fafajt. Az alapján, hogy a detektált törzsek milyen vízszintes szög alatt látszanak, számítható a hektáronkénti körlapösszeg. Minden *arctan*(1/50) foknál vastagabb törzs 1 m^2/ha körlapot képvisel.



4. ábra Közel fotogrammetria körlap és átmérő meghatározáshoz

A másik módszer ismert bázistávolságú és tájékozású felvételpárból az átmérőket tudja meghatározni az előbbi eljárás törzsdetektálási algoritmusának kiegészítésével. A kiegészítés a törzsek egyeztetését, és a bázis irányú eltérés alapján számított vízszintes koordináták meghatározását jelenti. Az átmérő eloszlás nem mindig követ normális eloszlást, sokkal inkább béta eloszlás különböző típusait vagy log-normális eloszlást. A két algoritmust terepi számítógépes környezetben (Android és Windows platform) fejlesztettük. Fafaj elegyarányt a földi referenciamérések vagy külön kivitelezett hiperspektrális felvételezés is tud szolgáltatni.

Eredmények

Légi lézeres letapogatáshoz kidolgoztunk egy teljes feldolgozási sort, amely a domborzat, lombkoronafelszín, törzsek, átmérő és a koronattömeg meghatározására is alkalmas. Az algoritmus voxel alapokon dolgozik, törzsfelismerési pontossága 80–90% közötti, attól függően, hogy milyen vastagok a törzsek és van-e törzseket árnyaló cserjeszint, oldalágak vagy második lombkoronaszint.

Elkészült két közel fotogrammetriai módszer. Az egyképes automatizált eljárás felismeri a fatörzseket, tanítás után képes a fafajokra is becslést adni. A kétképes módszer az átmérőeloszlás becslését adja meg. Földi felméréssel pontosítható a légi eljárás, a fel nem ismert vagy vékony törzsek, valamint a fafaj és elegyarány.

A két módszer kombinációjával a törzsenkénti földi felvételi módszerrel összehasonlítható pontosságú eljárást kaptunk. A módszert eddig két területen teszteltük, amelynek eredményeit az *1. táblázat* foglalja össze.

Mindkét területen látható, hogy az Erdőállomány Adattár csaknem 50%-kal alábecsli a tényleges fatömeget. Az első területnél a csak légi lézeres adatokból történő becslés is nagyon jó, 10–15%-kal alábecsül. Ennek oka, hogy az eljárás nem lát minden faegyedet, a vékony és az alsó lombkoronával, cserjeszinttel árnyalt egyedeket. A földi referenciamérés viszont mindkét esetben felfelé korrigálta a becslést, és így 5% illetve 7%-os hibát kaptunk a referenciaként szolgáló törzsenkénti becsléshez képest.

A légi felvételezés és a kapcsolódó földi felvételt további 8 területen is elvégeztük. Ezek kiértékelése folyamatban van.

1. táblázat A két mintaterület élőfakészlete

Mintaterület	Erdőállomány Adattár	Törzsenkénti felvétel	Légi eljárás	Földivel korrigált	Mérték-egység
Szenyér	849	1 302	1 143	1 235	m^3
Erdősmecske	288	408	361	378	m^3/ha

Konklúzió

A faállományról készült pontfelhőből számos jellemzőt lehet kinyerni. A cikkben erre mutattunk be egy hatékony eljárást. Az ismertetett paramétereken túl a törzs elágazási magassága, a kidőlt fák helye, átmérője, hossza, a cserje szint, valamint a záródás is meghatározható. Újabb és nagyobb felbontású szenzorok érhetők már el a piacon, amellyel egyrészt a területlefedés, másrészt a pontsűrűség is növelhető. Vannak ferdén elhelyezett szkennerek, ezek különösen alkalmasak épületek és fatörzsek függőleges felületeinek letapogatására. Megjelentek a multispektrális lézerszkennerek is, amelyek a fafaj meghatározását segíthetik. Új lehetőségeket nyit a drónokra szerelt lézerszkenner, vagy lombkorona alatt repülő drónok fényképeinek egyeztetéséből előállított pontfelhők feldolgozása.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk Széchenyi 2020 alap GINOP 2.1.1-15 projektjének a kutatás és fejlesztések támogatásáért.

Felhasznált irodalom

Andersen, H.-E. – Strunk, J. – Temesgen, H. (2011): Using Airborne Light Detection and Ranging as a Sampling Tool for Estimating Forest Biomass Resources in the Upper Tanana Valley of Interior Alaska. West. J. Appl. For., 26(4), pp. 157–164.

Barrett, T. M. – Andersen, H.-E. – Winterberger, K. C. (2009): Integrating field and lidar data to monitor Alaska's boreal forests. Extending Forest Inventory in Space and Time, May 19–22, 2009, Quebec City, Canada.

Brolly G. – Király G. – Czimber K. (2013): Mapping Forest Regeneration from Terrestrial Laser Scans, Acta Silvatica et Lignaria Hungarica, 9, pp. 135–146.

Czimber K. (2018): Távérzékeléssel és mobil térinformatikával segített erdészeti adatgyűjtés. In: Molnár, V. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IX: Theory meets practice in GIS, Debrecen, Magyarország, Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 63–68.

Kovács Z. – Bekő L. – Burai P. (2018): Voxel alapú fapozíció-meghatározás pontfelhőből. In: Molnár, V. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IX: Theory meets practice in GIS, Debrecen, Magyarország, Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 171–178.

Király G. – Brolly G. – Burai P. (2012): Tree Height and Species Estimation Methods for Airborne Laser Scanning in a Forest Reserve. In: Nicholas Coops, Mike 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., pp. 260–270.

Köhl, M. – Lister, A. – Scott, C. T. – Baldauf, T. – Plugge, D. (2011): Implications of sampling design and sample size for national carbon accounting systems. Carbon Balance and Management, 6(10).

Vosselman, G. (2000): Slope based filtering of laser altimetry data. IAPRS. XXXIII.

Síkvidéki vízrendezés tervezési alapjainak megújítása a térinformatika eszközeivel

Göttlinger István R.[1] – Schüszler Péter[2]

[1] Műszaki tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víztudományi Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Intézet, gottlinger.istvan@uni-nke.hu
[2] Mesteroktató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víztudományi Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Intézet, schuszler.peter@uni-nke.hu

Absztrakt: A síkvidéki vízrendezés, mint tantárgy átfogóan és részletekbe menően megismerteti a síkvidéki vízrendezés alapjait, annak műszaki létesítményeit valamint tervezésükkel, építésükkel, üzemeltetésükkel és fenntartásukkal kapcsolatos feladatokat. A vízrendezések célja optimális vízháztartási helyzet kialakítása, hogy térben és időben a megfelelő mennyiségű és minőségű víz álljon rendelkezésre. A síkvidéki vízrendezéshez szorosan kapcsolt fogalom a belvíz. A belvízjelenség kialakulásában alapvető szerepet játszanak a természeti: meteorológia, domborzat, talaj, hidrogeológia, földtani adottságok, valamint emberi tevékenységhez szorosan kapcsolódó: művelési ág, beépítettség és az adott terület vízrendezettsége. A síkvidéki vízrendezés, mint komplex folyamat leírásához elengedhetetlen az egyes ható tényezők külön-külön történő vizsgálata térinformatikai eszközökkel. Segítségükkel a belvíz kialakulását befolyásoló elemek és azok egymásra hatása számszerűsíthető, a mérnöki gyakorlatban alkalmazott tézisek és számítások alátámasztása lehetségessé válik.
Az oktatási gyakorlatban alkalmazott térinformatikai eszközökkel nagyfelbontású távérzékelt adatok feldolgozása válik lehetségessé. Raszter elemzés segítségével elemezhető a mikro domborzat és ezzel szoros összefüggésben az összegyülekezés első fázisa, továbbá nagyfelbontású digitális terepmodellek segítségével megállapítható egy vizsgált terület összegyülekezési viszonya, lefolyási irányai, valamint a belvíz jelenség szempontjából fontos konvexitás.

Bevezetés

A síkvidéki vízrendezés alapvető feladata a témához kapcsolódó elméleti tudásbázis felépítése mellett a gyakorlatban is alkalmazható térinformatikai lehetőségek bemutatása.

Napjainkban a belvíz kutatásának stratégiai területei között tartják számon: belvizek felmérése, belvízveszélyeztetettség térképezése, vízrendszerek hidrológiai-hidraulikai újraértelmezése, tározási kapacitások felderítése, belvízmonitoring, előrejelzési rendszerek fejlesztése, valamint az éghajlatváltozás hatásainak számszerűsítése (Bíró 2017).

A gyakorlati oktatásban alkalmazott térinformatikai megoldások szorosan kapcsolódnak a belvíz kialakulásában szerepet játszó tényezőkhöz.

A különböző genetikai típusú belvizek meghatározásával számos szakirodalom foglalkozik, amelyek alapján három alaptípusba sorolhatók. Vertikális típusú, amelyet

feláramló talajvíz okoz, horizontális típus, amelyet elégtelen lefolyás-párolgás és/vagy beszivárgás következtében helyi mélyedésekben összegyűlő csapadékból, vagy hóolvadás következtében jön létre, valamint a harmadik, egy adott területről a befogadó irányába érkező vizek okozta belvíz, amelyet az átemelő állomások elégtelen kapacitása okoz (Vágás 1989; Pálfai 2001; Kozák 2006; Pásztor et al. 2006; Rakonczai et al. 2011; Van Leeuven 2012).

A belvízi jelenség kialakulásánál az egyik alapvető természeti tényező a domborzat. A domborzat vizsgálatakor az alacsony terepesések és a mikrodomborzati adottságokból adódó konvex-lefolyástalan területek elemzése a cél.

A kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú állapotok kialakulása és a konvexitás kapcsolata r=0,73 korrelációs tényezővel jellemezhető, ami a kapcsolat szoros jellegére utal (Thyll – Bíró 1999)

A domborzati tényező szerepe a belvízképződésben tehát meghatározó, éppen emiatt is fontos a vizsgált terület lehető legpontosabb geodéziai felmérése (Balázs 2015).

Anyag és módszer

A távérzékelés gyors fejlődésével a belvíztérképezés területén is új lehetőségek nyíltak. Lényege a különböző felszíntulajdonságok eltérő spektrális tulajdonságain alapszik. A vízfelületekről visszaverődő sugárzás eltérő a túlnedvesedett vagy száraz talajokéhoz képest. Ez alapján a belvízfoltok és a túlnedvesedett talajok – az infravörös tartományban − jól térképezhetők (Bíró 2017).

Ezek a technológiák nagy pontsűrűséggel nagy területen tesznek lehetővé felmérést viszonylag rövid idő alatt. Távérzékelési technológiák alkalmazása széles körben elterjedt nem csak domborzati viszonyok feltérképezésére. Síkvidéki vízrendezéssel kapcsolatos adatfeldolgozásra felhasználható a multispektrális műholdfelvételek osztályozása is (LandSat, Sentinel).

Különböző távérzékelt adatok gyakorlati alkalmazására számtalan külföldi és hazai példát is találni. A műholdfelvételek infravörös sávjainak osztályozásával korábban már sikeresen kimutattak nehézfém szennyezéseket (Ferrier 1999; Kemper – Sommer 2002), sikerrel alkalmazták továbbá nitrátszennyezések kockázatelemzésére (Bíró et al. 1998).

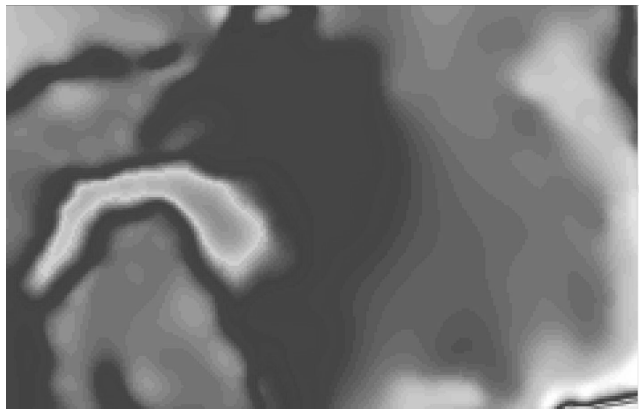
A távérzékelés segítséget nyújthat gyors beavatkozást igénylő terepi műveletek előkészítésére, valamint döntéstámogatói szakmai ajánlások készítésére. Műholdfelvételek és LIDAR geodéziai mérések segítségével előzetes elemzés és kiértékelés készült a 2010-ben bekövetkezett ajkai vörösiszap katasztrófa után kialakult helyzetről. A távérzékelt adatok térinformatikai feldolgozásából többek között lehetőség nyílt a kiömlött vörösiszap vastagságának becslésére és térképezésére (Burai et al. 2011).

Eredmények

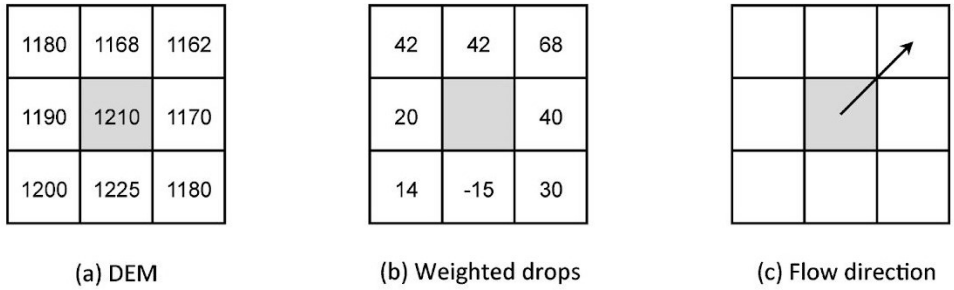
Síkvidéki vízrendezés gyakorlati oktatásában a mért adatok raszterizálása az első feladat. Geodéziai felmérés során a meg nem mért térrészekre megfelelően jó mértékű közelítést kell adni. Raszterizált adatállományra példa az *1. ábra*.

Raszter elemzés során az egyes cellákhoz tartozó magassági adatok alapján kiszámítható a cellákból induló lefolyási irány. Lefolyási irány elemzésénél a program egy adott cella és a környezetének magassági viszonyait vizsgálja, olyan módon, hogy az eredményül kapott lefolyási irány vektor az adott cellából abba a szomszédos cellába mutat, amelynél a magasság különbsége a legnagyobb (*2. ábra*)

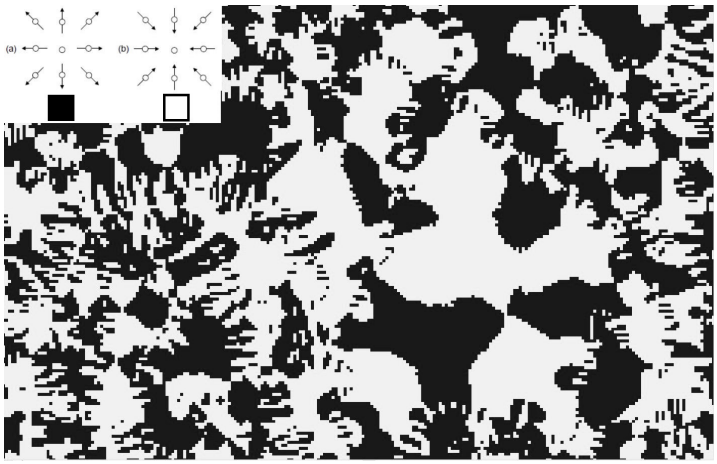
Lefolyási irány megadja, hogy adott cellából melyik szomszédos elembe mozogna a víz, aminek segítségével lefolyási vonalak szerkeszthetők. A belvizek keletkezési helyeire jellemző az alacsony terepesés és a lefolyás valamilyen mértékű akadályozottsága természetes vagy mesterséges terepalakulatokkal. Lefolyástalan terület alatt olyan helyi mélyvonulatokat és terepi formákat értünk, amelyben a lefolyási irányvektorok összetartók. Amennyiben a vizsgált cella környezetében lévő cellák lefolyási irányvektorai az adott cellára mutatnak, összetartó, ha attól kifelé mutatnak széttartó területről beszélünk.



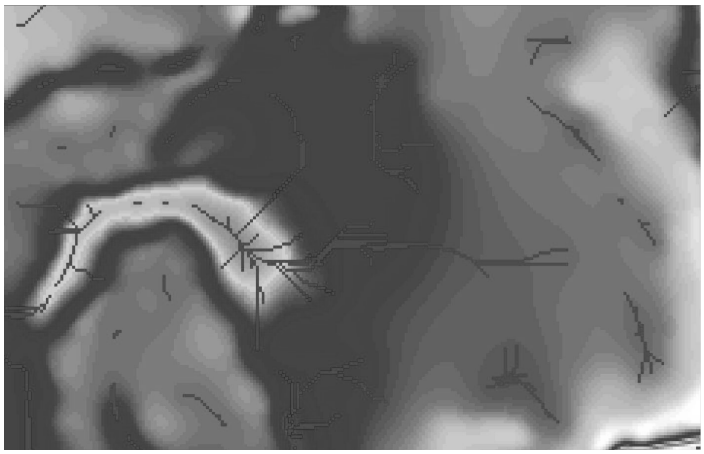
1. ábra Mintaterület Raszterizált domborzatmodellje



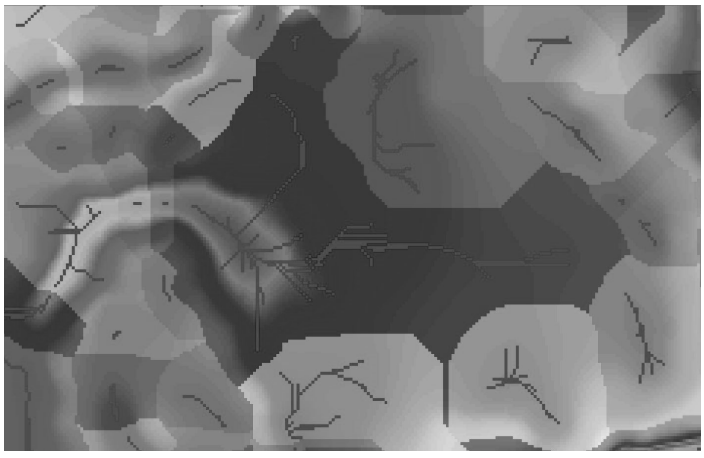
2. ábra Lefolyási irány meghatározása (a, Digitális terepmodell; b, cella értékek különbsége; c, lefolyási irány) (Xuan 2016)



3. ábra Mintaterület domborzati viszonyai: Összetartás-széttartás



4. ábra Mintaterület domborzati viszonyai: Lefolyási vonalak



5. ábra Mintaterület domborzati viszonyai: Lefolyástalan területek vízgyűjtői

Ezen az elemzésen alapul a digitális domborzatmodell görbület elemzése. Görbületelemzéskor meghatározhatunk legnagyobb esés irányára merőleges görbületet – planform, és legnagyobb esés irányával párhuzamos görbületet – profile. Síkvidéki vízrendezés szempontjából, a cella magasságokból származtatott görbület elemzésénél a síkvetületre vonatkoztatott – legnagyobb esés irányára merőleges görbület fogja meghatározni a lefolyástalan területeket. A mintaterület síkvetületi görbület mutatói láthatóak a *3. ábrán*.

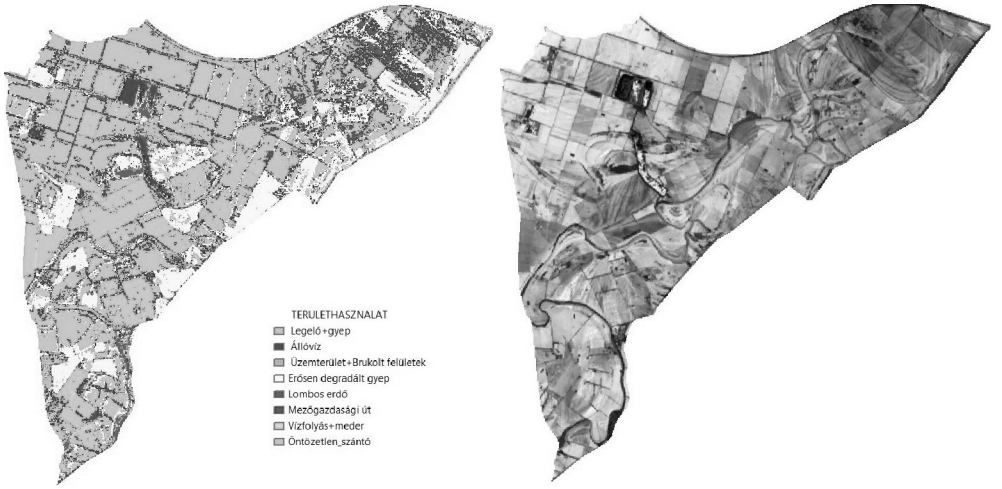
Az így kapott raszterkép kétváltozós értéket ad: negatív értékkel az összetartó és pozitív értékkel a széttartó területeket kapjuk meg. Gyakorlati szempontból e területek alakja és kiterjedése nagyban függ a bemeneti adatként szolgáló raszteres állomány felbontásától, ezért tényleges lefolyástalan területek lehatárolására közvetlenül még nem alkalmas.

Lefolyási irány elemzés felhasználásával a már említett lefolyási vonalak szerkesztése világosabb képet ad. A *4. ábrán* látható a mintaterület domborzata, valamint a lefolyási irányokból szerkesztett lefolyási vonalak. Az ábrán jól látható, hogy a vonalak egy helyre tartanak össze, továbbá, hogy a *3. ábrán* látható „fehér" tehát összetartó területeken jelentkezik.

Az ábrán több lefolyási vonal is látható, amelyek nem alkotnak összefüggő vonalat. Ebből arra lehet következtetni, hogy a vizsgált területen több lefolyástalan terület is található. További raszter elemzésként az egyes összetartó lefolyási vonalakra meghatározhatunk vízgyűjtő területeket. A számítási metódus szintén lefolyási irányon alapul, amely szerint meghatározza azokat a cellákat, amelyekről a lefolyási vonal egy bizonyos pontba mutat. Így az összegyülekezési ponthoz megkapjuk annak vízgyűjtő területét. A vizsgált terület lefolyástalan vízgyűjtőit ábrázolja az *5. ábra*.

A mintaterületen található lefolyástalan területek vízgyűjtői különböző méretűek. Ezen vízgyűjtők méret szerinti besorolása által felállítható egy műszaki beavatkozási sorrend, amely így tervezési fázisban hozzájárulhat az optimális vízrendezés kialakításához.

A digitális terepmodellek lefolyás alapján történő modellezése mellett a belvízhozamok meghatározása is fontos feladat. A belvízhozam meghatározásának egyik alapfeltétele a terület lefolyási hányadosának megállapítása. A lefolyási tényező egyik meghatározója a területhasználatok módja. Területhasználat elemzésénél LANDSAT műholdfelvételeket veszünk alapul, amelyek infravörös tartományban, több spektrumban rögzítik a földfelszínről visszaverődő jeleket. Ezek segítségével az egyes területhasználatok jól elkülöníthetők. A térinformatikában széles körben alkalmazott - image classification-kép osztályozás számos hazai kutatásban jelen van. Alkalmazható belvizes területek lehatárolására (Rakonczai et al. 2001; Van Leeuven 2012), belvíz-veszélyeztetettség talajtani összefüggéseinek vizsgálatára (Bozán et al. 2008), belvíz-elöntési térképek szerkesztésére (Mucsi – Hentis 2011), belvízveszélyeztetettség térképezésére (Thyll – Bíró 1999), belvízi jelenségek modellezése (Kozma 2013).



6. ábra Képosztályozás LANDSAT műholdfelvétel alapján

Képosztályozás során a különböző infravörös tartományban felfogott jelek egymásra vetítéséből a területhasználatok elkülönülő színekkel jelenek meg. Képosztályozáskor adott színtípushoz hozzárendelünk egy adott területhasználati módot: (burkolt felületek, legelő, szántó stb.), majd terepi méréssel azt igazoljuk. Az elemzés futtatásakor a mintaterületre kapott területhasználatokat a *6. ábra* mutatja.

Konklúzió

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem – Víztudományi Kar célja olyan tudományos oktatási tevékenység folytatása, amely a kornak megfelelő színvonalú, és amely a Hallgatók számára releváns, használható elméleti és gyakorlati tudást ad.

Síkvidéki vízrendezés területén a folyamatos tudományos fejlődés és technológiai újítás egyre közelebb visz minket a belvíz jelenségének pontos leírásához. Ezzel lépést tartva, valamint kutatói munkát végezve azt előre vinni igyekszik a bajai Víztudományi Kar.

Felhasznált irodalom

Balázs B. (2015): Belvíz-veszélyeztetettség vizsgálata alföldi mintaterületeken. Egyetemi doktori értekezés. Debrecen. Debreceni Egyetem.

Bíró T. – Tamás J. – Thyll Sz. (1998): Risk assessment of nitrate pollution in lower watershed of the Berettyó river.

Bíró T. – Thyll Sz. – Tamás J. – Lénárt Cs. (2000): Térinformatikai módszerek alkalmazása a belvíz-veszélyeztetettség térképezésében. Magyar Hidrológiai Társaság XVIII. Vándorgyűlése, Veszprém, pp. 754–759.

Bíró T. (2017): Amikor sok víz van a területen – belvíz. Magyar Tudomány, 178(10), pp. 1216–1227.

Bozán Cs. − Bakacsi Zs. − Szabó J. − Pásztor L. − Pálfai I. − Körösparti J. − Tamás J. (2008): A belvíz-veszélyeztetettség talajtani összefüggései a Békés-Csanádi löszháton. Talajtani Vándorgyűlés, 2008. május 28−29., Nyíregyháza, pp. 43–52.

Burai P. − Smailbegovic A. − Lénárt Cs. − Berke J. − Milics G. − Tomor T. − Bíró T. (2011): Preliminary analysis of red mud spill based on aerial imagery. AGD Landscape & Environment, 5(1), pp. 47−57.

Ferrier, G. (1999): Application of imaging spectrometer data in identifying environmental pollution caused by mining at Rodaquilar. Spain. Remote Sensing of Environment, 68, pp. 125−137.

Kemper, T. − Sommer, S. (2002): Estimate of heavy metal contamination in soils after a mining accident using reflectance spectroscopy. Environmental Science and Technology, 36, pp. 2742−2747.

Kozák P. (2006): A belvízjárás összefüggéseinek vizsgálata az Alföld délkeleti részén, a vízgazdálkodás európai elvárásainak tükrében. Doktori értekezés. Szeged: Szegedi Tudományegyetem.

Kozma Zs. − Muzelák B. − Koncsos L. (2013): A Belvízi Jelenségek Integrált Hidrológiai Modellezése – Tapasztalatok a Szamos−Kraszna közi mintaterületen. Magyar Hidrológiai Társaság XXXI. Országos Vándorgyűlése, Gödöllő.

Mucsi L. − Henits L. (2011): Belvízelöntési térképek készítése közepes felbontású űrfelvételek szubpixel alapú osztályozásával. Földrajzi Közlemények 135(4), pp. 365–378.

Pálfai I. (2001): A belvíz definíciói, Vízügyi Közlemények, 83(3), pp. 376–392.

Pásztor L. − Pálfai I. − Bozán Cs. − Kirösparti J. − Szabó J. − Bakacsi Zs. − Kuti L. (2006): Spatial stochastic modelling of inland inundation hazard. 9th AGILE Conference on Geographic Information Science. Visegrád, Hungary.

Rakonczai J. − Mucsi L. − Szatmári J. (2001): A belvizes területek lehatárolásának módszertani lehetőségei. Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa (CD).

Rakonczai J. − Farsang A. − Mezősi G. − Gál N. (2011): A belvízképződés elméleti háttere (Theoretical background of inland excess water formation). Földrajzi Közlemények 135(4), pp. 339−350.

Thyll Sz. − Bíró T. (1999): A belvíz-veszélyeztetettség térképezése. Vízügyi Közlemények. 81, 4, 709–718.

Van Leeuwen, B. (2012): Artificial Neural Networks and Geographic Information Systems for Inland Excess Water Classification. PhD-disszertáció. Szeged: Szegedi Tudományegyetem.

Vágás I. (1989): A belvíz elvezetése. Hidrológiai Közlöny, 2, pp. 77–82.

Xuan Z. (2016): GIS for Environmental Applications: A practical approach 1st Edition. Routledge. London.

Döntési fa és véletlen erdő osztályozási módszerekkel készített felszínborítási térképek pontosságának összehasonlító elemzése

Gudmann András[1] – Mucsi László[2]

[1] Doktorandusz, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 6722, Szeged, Egyetem u. 2-6., gudmannandras@gmail.com
[2] Egyetemi docens, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 6722, Szeged, Egyetem u. 2-6., mucsi@geo.u-szeged.hu

Absztrakt: Az osztályozó módszerek közül egyre népszerűbbek az adatbányászati, illetve gépi tanuláson alapuló eljárások. Ebben a tanulmányban két ilyen módszert, a döntési fa és a véletlen erdő osztályozó eljárást hasonlítjuk össze úgy, hogy a két módszerrel elkészített felszínborítási térképek pontosságát vizsgáljuk meg. A vizsgálathoz két 5x5 km nagyságú mintaterületet választottunk ki Csongrád megyén belül. Az osztályozás számára bemenő adatként Landsat 7 műholdfelvételeket, a belőlük számított mutatókat, illetve SRTM magassági adatokat használtunk fel a 2000-es évre vonatkozóan. Referencia adatként a CLC00-ás adatbázist használtuk föl. Az osztályozás eredményeként sikeresen állítottunk elő felszínborítási térképeket mindkét mintaterületre, amely térképek összpontossága 81 és 97% között volt. A tematikus rétegek összevetése alapján a véletlen erdő eljárás hatékonyabban képes ezt a feladatot megoldani.

Bevezetés

A felszínborítás térképezése a műholdas távérzékelés egyik állandó kutatási iránya, mivel ismerete szükséges a környezeti változások tanulmányozásához, a földi erőforrás kutatáshoz és kezeléshez, várostervezéshez, illetve a fenntartható fejlődéshez szükséges környezeti politika kialakításához. Az ingyenesen elérhető közepes felbontású műholdfelvételek növekedésével, új lehetőségek nyíltak a felszínborítás térképezésére. Ezen műholdfelvételek, egyre több új információt szolgáltatnak a Föld felszínéről, köszönhetően egyre javuló tulajdonságainak (térbeli felbontás, spektrális felbontás, időbeli felbontás, radiometrikus felbontás). Mindazonáltal, ahhoz, hogy a nagy mennyiségű adatot elemezni tudjuk és információt tudjunk kinyerni belőlük, gyors és hatékony módszerekre van szükségünk (Abriha et al. 2018). A hagyományos képosztályozási módszerek legtöbbje nagyfokú felhasználói beavatkozást igényel, illetve alkalmazásuk ekkora adathalmazon már nehézkes és nem hoz kielégítő eredményeket. Nagy mennyiségű adat osztályozására megfelelőek lehetnek, a gépi tanulás és az adatbányászat által is egyaránt használt algoritmusok (Döntési fák, véletlen erdők, szupport vektor gépek, neurális hálók). Ebben a tanulmányban két ilyen osztályozó eljárást, a döntési fát és a véletlen erdőt hasonlítjuk össze, az ezen osztályozókkal elkészített térképek alapján. A vizsgálatban két mintaterületre vonatkozóan az osztályozó algoritmusok változó parametrizálásával felszínborítási térképeket állítottunk elő Landsat 7-es műholdfelvételek spektrális sávjai, ezen sávokból számított mutatók, illetve SRTM magassági adatok alapján.

Felhasznált adatok

A kutatáshoz Landsat-7 műholdfelvételeket, az egyes felvételekből számított indexeket, transzformációkat, valamint SRTM magassági adatokat használtunk fel. Az SRTM adatot az Amerikai Egyesült Államok Geológiai Szolgálatának (USGS) adatbázisából, ingyenesen töltöttük le (https://earthexplorer.usgs.gov). A vizsgálatba vont műholdképek a 2000-es évben hat időpontban készültek áprilistól októberig terjedően, így egymástól spetrálisan jelentősen eltérő térbeli adatok álltak rendelkezésre az osztályozáshoz, így növelve az osztályozás pontosságát (Liska et al. 2017) (*1. táblázat*). A felszíni reflektancia értékeket tartalmazó műholdképeket és az ezekből számított NDVI, EVI, SAVI, MSAVI, NDMI értékeket az Earth Resource Observation and Science (EROS) Center Processing Architecture (ESPA) (https://espa.cr.usgs.gov) rendszerén keresztül rendeltük meg és töltöttük le. A műholdképek a WRS katalógus 187-es sorának 028-as oszlopának csempéi, melyeket Universal Transverse Mercator (UTM WGS84 N34) vetületben töltöttünk le.

Az Shuttle Radar Topograhy Mission (SRTM) a Nemzeti Térinformatikai Hírszerző Ügynökség (National Geospatial-Intelligence Agency) és a NASA közös projektje, amelynek célja magassági adatok gyűjtése a Föld legnagyobb részéről egy űrsiklóra telepített radarberendezés segítségével. A küldetést az Endeavour űrsikló hajtotta végre 2000. február 11. és 22. között. A küldetés során felmérték az északi szélesség 60° és déli szélesség 56° közötti területeket, ezzel lefedve a Föld szárazföldi területeinek 80%-át. Az adatok a feldolgozás után 3 fokmásodperces felbontással (körülbelül 90 méter) állnak rendelkezésre a felvételezett területekre. Az osztályozáshoz referencia adatként a Coordination of Information on the Environment (CORINE) Land Cover (CLC) felszínborítási térkép 2000-es évre vonatkozó adatát használtuk fel (CLC00). A CLC programot 1985-ben indította el az Európai Közösség azzal a céllal, hogy adatokat állítson elő a Közösség tagországainak felszínborításáról,

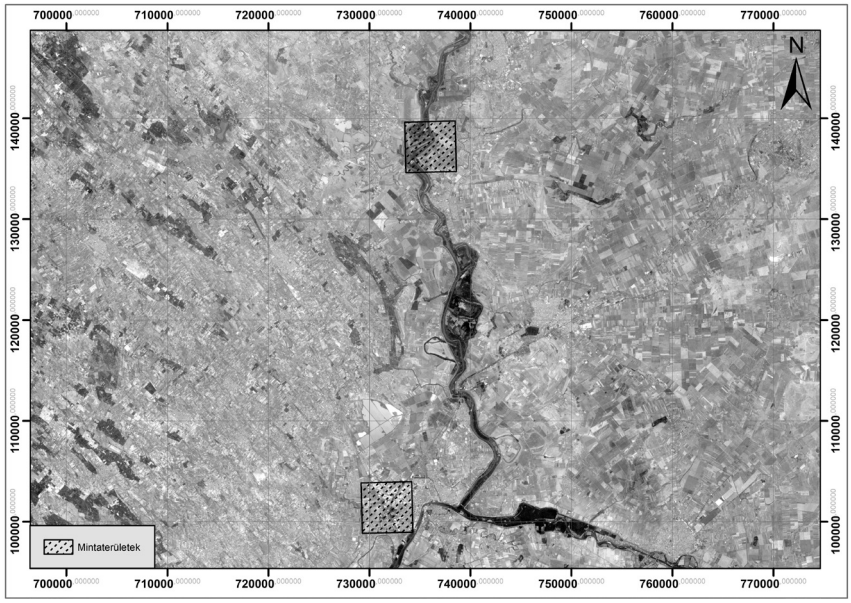
1. táblázat A Landsat 7-es műholdképek és a belőlük származtatott mutatók

Felvételezés időpontja	Felhasznált adatok
2000.04.30	Felszíni reflektancia(6) + termális sáv(1) + NDVI(1) + EVI(1) + SAVI(1) + MSAVI(1) + NDMI(1) + NDBI(1) + URBANI(1) + Tasseled Cap(6)
2000.05.16	Felszíni reflektancia(6) + termális sáv(1) + NDVI(1) + EVI(1) + SAVI(1) + MSAVI(1) + NDMI(1) + NDBI(1) + URBANI(1) + Tasseled Cap(6)
2000.07.03	Felszíni reflektancia(6) + termális sáv(1) + NDVI(1) + EVI(1) + SAVI(1) + MSAVI(1) + NDMI(1) + NDBI(1) + URBANI(1) + Tasseled Cap(6)
2000.08.04	Felszíni reflektancia(6) + termális sáv(1) + NDVI(1) + EVI(1) + SAVI(1) + MSAVI(1) + NDMI(1) + NDBI(1) + URBANI(1) + Tasseled Cap(6)
2000.08.20	Felszíni reflektancia(6) + termális sáv(1) + NDVI(1) + EVI(1) + SAVI(1) + MSAVI(1) + NDMI(1) + NDBI(1) + URBANI(1) + Tasseled Cap(6)
2000.10.23	Felszíni reflektancia(6) + termális sáv(1) + NDVI(1) + EVI(1) + SAVI(1) + MSAVI(1) + NDMI(1) + NDBI(1) + URBANI(1) + Tasseled Cap(6)

ezzel segítve az egységes környezeti politika kialakítását (Heymann 1993). A CLC adatbázis ehhez a célhoz mérten, 1:100 000-es méretarányban készült el 25 hektáros minimális térképezési egységgel (MMU), vonalas elemeknél legalább 100 méteres vastagsággal. A CLC 5 fő csoportban (mesterséges felszínek, mezőgazdasági területek, erdők és természetközeli területek, vizenyős területek és vízfelületek) 44 osztályt tartalmaz. (Mari – Mattányi 2002). A részletes nomenklatúra, a nagy időbeli felbontás, a nagy lefedettség és a közepes térbeli felbontás miatt ez az adatbázis megfelelő alapot biztosít a különböző környezeti folyamatok vizsgálatához.

Mintaterületek

A vizsgálathoz két 5x5 kilométeres területet választottunk ki Csongrád megyén belül: (a) egy mesterséges felszínekkel fedettet, Szeged nyugati városrészén, és (b) egy agrárterületet, ahol erdő is található, Szentestől délnyugatra a Tisza keleti oldalán (*1. ábra*). Az osztályozó eljárások bemutatásához és megfelelő összehasonlításához további kritérium volt, hogy a mintaterületeken minél több felszínborítási osztály legyen, de egyik aránya se haladja meg az 50%-ot. A szegedi mintaterületen 11 kategória van jelen, ezek közül legnagyobb arányban a 211-es, „Nem öntözött szántóföldek" (~27%), a 121-es, „Ipari vagy kereskedelmi területek" (~26%), illetve a 112-es osztály, „Nem összefüggő településszerkezet" (~24%). Az agrárterületen 7 osztály van jelen, a legnagyobb kiterjedésű kategória itt is a 211-es, „Nem öntözött szántóföldek" (~43%), a második és a harmadik legnagyobb a 311-es, „Lomblevelű erdők" (~28%), illetve a 231-es osztály, „Rét, legelő" (~19%).



1.ábra A mintaterületek elhelyezkedése Csongrád megyében

Módszerek

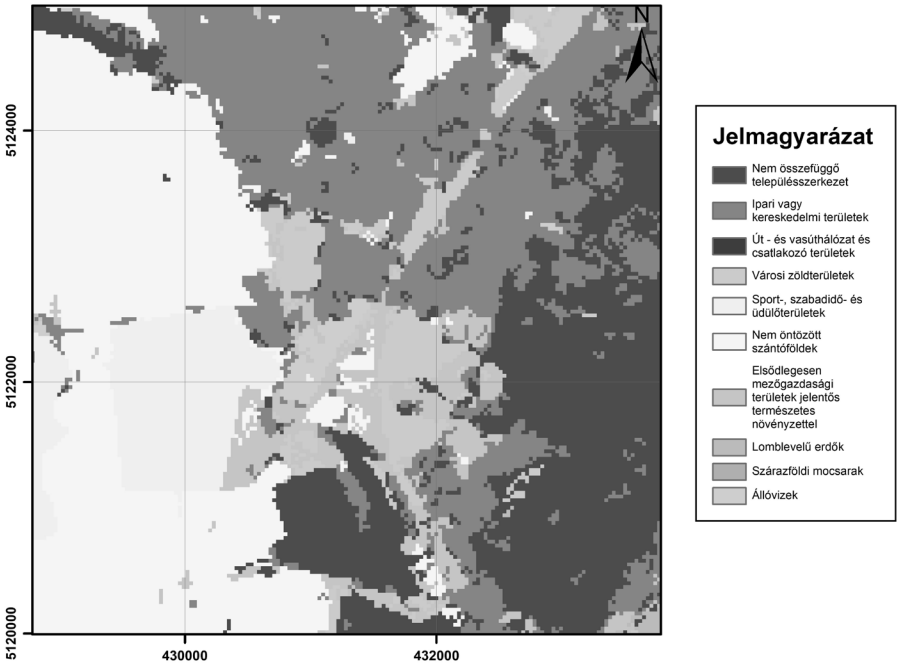
A tanulmányban a két mintaterületre állítottunk elő felszínborítási térképet a 2000-es évre vonatkozóan két osztályozó eljárást felhasználva. Az osztályozáshoz az adott évben hat különböző időpontban készült Landsat 7-es műholdfelvétel spektrális sávjait (7 sáv), a belőlük kiszámított vegetációs, nedvesség és beépítettségi indexeket (NDVI, EVI, SAVI, MSAVI, NDMI, NDBI, Urban index) (Szabó et al. 2016), Tasseled Cap transzformáció értékeit (6 sáv), és az SRTM magassági adatait használtuk föl. A műholdképekből eltávolítottunk minden hibás adatot (a maximális felszíni reflektanciaértéknél nagyobb, 10000 feletti pixelértékeket). A tisztított adatokat, a mutatókat és az SRTM adatokat a CLC00-ás referencia adatokkal együtt összefűztük egy többsávos képpé. Az így létrejött adathalmazt használtuk fel bemenő adatként az osztályozáshoz (122 attribútum, 28561 pixel/rekord). Két osztályozó eljárást alkalmaztunk, a döntési fát és a véletlen erdőt. A döntési fa egy hierarchikus osztályozási módszer, amely egy fára hasonlít (gyökér, ágak, csomópontok, levelek). Az algoritmus az adatokat úgy osztályozza, hogy azokat rekurzív módon egyre kisebb és homogénebb részekre bontja szét. A részekre bontás folyamata addig történik, amíg az összes pixel egy olyan osztályba nem kerül, amely teljesen elkülönül a többi osztálytól vagy az előre meghatározott feltételek nem teljesülnek (Jiang et al. 2010). Az általunk használt döntési fa a J48-as, ami az ID3-mas algoritmus kiterjesztése, és a lehető legkisebb modellt hozza létre (Bhargava et. al. 2013). A felépítéséhez utómetszést alkalmaztunk, ami a modell felépítése után eltávolít minden olyan végződést (összevonja magasabb szintre), ami nem növeli a fa összpontosságát. A modellalkotó algoritmus eljáráshoz két paramétert kell megadni, a (1.) konfidencia faktort (C): ami az utómetszésnél, mint határérték jelenik meg (a megadott konfidencia értéknél kisebb végződések lesznek „lemetszve”), illetve (2.) minimális objektum nagyságot (M): ennél az értéknél kisebb végződést nem alakíthat ki az algoritmus. A véletlen erdő módszer valójában döntési fák halmaza. Több döntési fa által leadott előrejelzéseket kombinálnak egy többségi szavazási séma segítségével. Mindegyik fa rögzített valószínűségi eloszlásból számított véletlen vektorok egy független halmazának értékei alapján jön létre. A véletlenszerűséget tovább fokozhatjuk ’zsákolás’ alkalmazásával. A zsákolás során az eredeti tanulóhalmazból véletlenszerűen választott mintákat viszünk a modellépítő eljárásba (Breiman 1996). Az erdő általánosított hibája függ az erdőben lévő egyes fák erejétől és a köztük lévő korrelációtól (Breiman 2001). A modellépítő eljárás során a véletlenszerűség növelésével csökkenthetjük a fák közötti korrelációt, ezáltal az általánosított hibát is (Tan et al. 2011). A véletlen erdő előnye a döntési fához képest, hogy robusztusabb a zajra és a túltanításra, képes kiegyensúlyozatlan és hiányos adathalmazokat is kezelni, miközben osztályozási pontossága nem romlik (Pal 2005). A modellépítő eljárás számára több paramétert kell megadni: a „zsák” nagyságát (P), azaz, hogy a teljes adathalmazhoz képest mekkora területű adathalmazt válasszon ki véletlenszerűen egy fa létrehozásához; az erdő nagyságát (N), hogy mennyi fát hozzon létre az algoritmus, illetve, hogy mennyi attribútumot (M) használjon fel az eljárás az egyes

fák létrehozásakor. A P nagyságú véletlenszerűen kiválasztott adatokon, M számú attribútum segítségével N db létrehozott döntési fa mindegyike lead egy szavazatot, és végeredménynek a leggyakoribbat fogjuk kapni (Breiman 2001). Ezen tanulmányban a zsákolásnak 33-at (a teljes adathalmaz 33%-a), 301 fát és az attribútumok számának (log2(összes_attribútum_száma) + 1) egyenlet alapján 7-et adtunk meg.

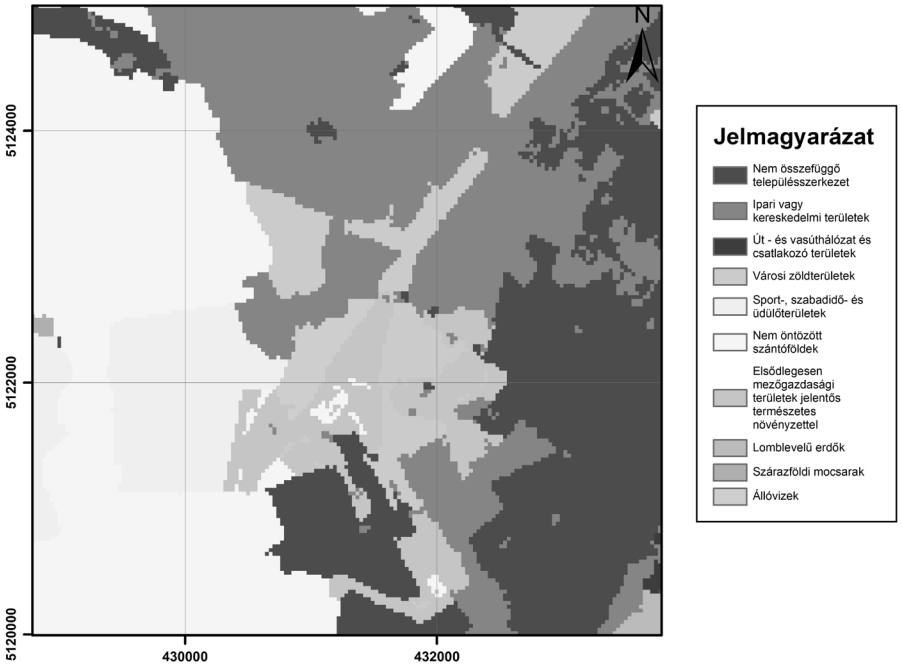
Eredmények

Az osztályozás eredményeként 2–2 tematikus réteg jött létre mindkét mintaterületre. Illetve létrehoztunk mindegyik osztályozott képhez egy térképet, amely az adott pixelre adott érték valószínűségét/megbízhatóságát adja meg. Utófeldolgozási műveletekkel eltávolítottuk a 3 pixelnél kisebb foltokat.

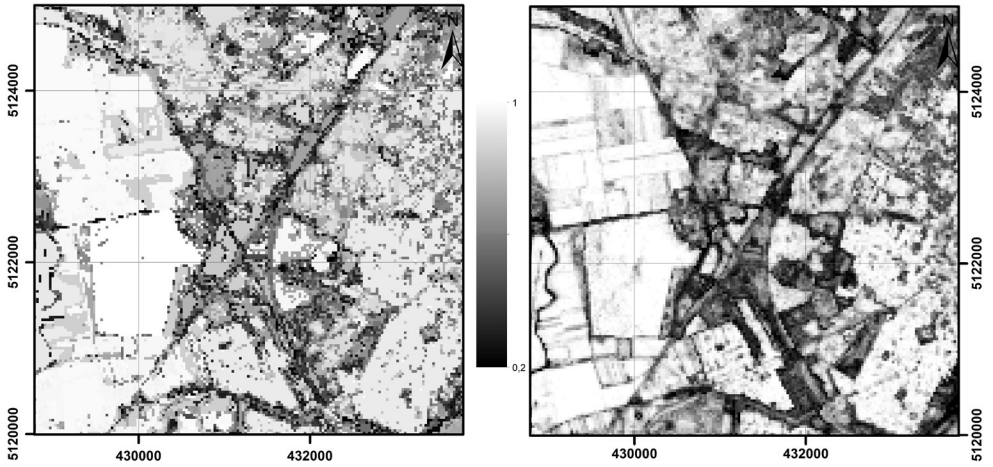
Az osztályozott képek pontosságbecslését a CLC00-ás adatbázis alapján végeztük el, meghatározva az egyes képek összpontosságát, felhasználói és előállítói pontosságát. A városi mintaterületre készített tematikus rétegek összpontossága mindkét osztályozó esetében kisebb, mint az agrár mintaterületre készítetteké. A döntési fa esetében a szegedi minterületre készített térkép (*2. ábra*) összpontossága 81,47%, míg az agrár területre készített képé 89,75% (*5. ábra*). A véletlen erdő osztályozó esetében az összpontosságok között kisebb az eltérés, 95,13% (Szeged – *3. ábra*) és 97,05% (Szentes – *6. ábra*). A mintaterületek közötti pontosság különbséget a városi területen található több osztály, illetve a mesterséges felszín osztályok komplexitása okozhatja. A szegedi területen található 11 osztály közül a döntési fa osztályozó eljárás esetében 3 nem osztályozódott (122 – Út- és vasúthálózat, csatlakozó területek, 231– Rét, legelők, 411 – Szárazföldi mocsarak), azaz nem jelent meg az eredmény térképen. Továbbá a mesterséges felszínekbe tartozó kategóriák mint a 112-es, 121-es, 141-es, 142-es előállítói és felhasználói pontossága megfelelő, 80% körül mozognak. Ez alól kivétel a 141-es kategória (Városi zöldterületek), amely nagymértékű átosztályozást mutat a 112-es, 121-es, 243-as osztályokkal. Ezen osztály előállítói pontossága 71,6%, míg felhasználói 58,3% csupán. Az említett osztályok között (112, 121, 141, 243) általános az átosztályozás, tehát ezek a legnehezebben elkülöníthető (egymáshoz spektrálisan leginkább hasonlító) osztályok. A legmagasabb pontossági értékeket a 142 – Sport-, szabadidő-és üdülő területek (előállítói: 94,7%, felhasználói: 91,6%) illetve a 211 – Nem-öntözött szántóföldek (előállítói: 90%, felhasználói: 94%). A véltlen erdő eljárással készített tematikus rétegen mind a 11 osztály jelen van, mindegyik osztály előállítói pontossága 90% fölötti. A felhasználói pontosságot megvizsgálva, csupán 4 osztály nem éri el a 90% fölötti pontosságot. Ezek a kategóriák a 122 – Út- és vasúthálózat és csatlakozó területek (33%), 231 – Rét / legelő (40%), 243 – Elsődlegesen mezőgazdasági területek jelentős természetes növényzettel (84%), 411 – Szárazföldi mocsarak (87,8%), ebből három olyan, amelyik nem lett osztályozva a döntési fa esetén. Ha az osztályozók által készített tematikus rétegek valószínűségi térképére tekintünk (*4. ábra*), láthatjuk, hogy a valószínűség alapján kisebb-nagyobb foltok azonosíthatók, nem osztály szinten értelmezhetőek az adatok. Ez az osztályozó eljárás működéséből adódik.



2.ábra A döntési fa osztályozás eredményeként létrejött tematikus réteg Szeged mintaterületre



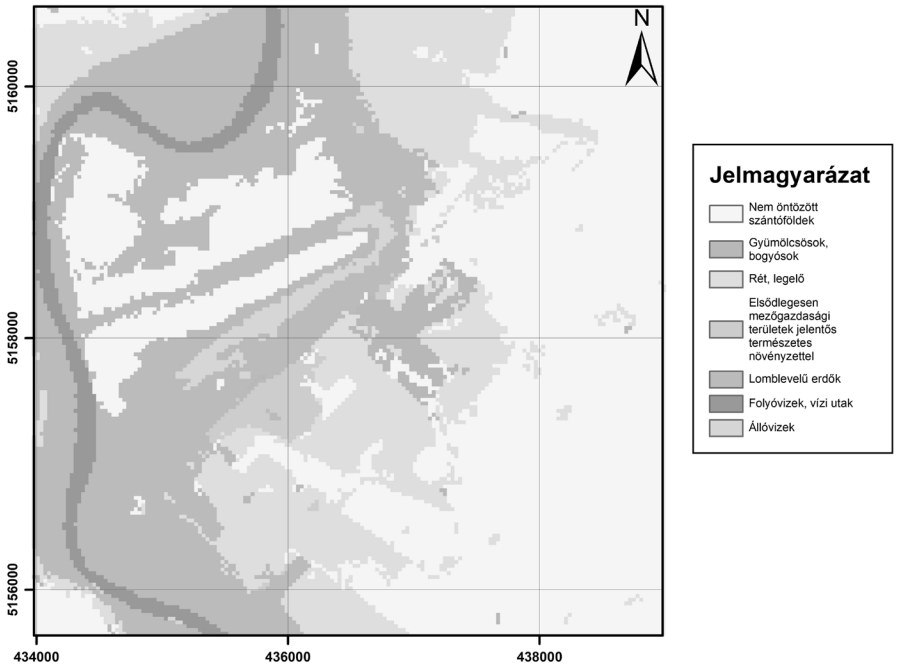
3.ábra A véletlen erdő osztályozás eredményeként létrejött tematikus réteg Szeged mintaterületre



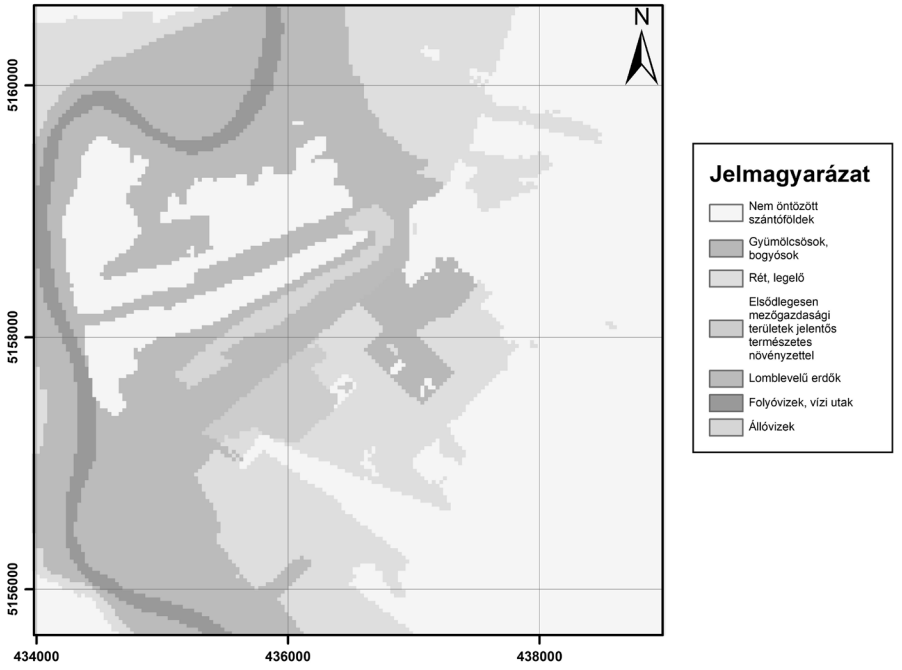
4.ábra A döntési fa (bal) és véletlen erdő (jobb) osztályozók által készített tematikus képek valószínűségi térképe Szeged mintaterületre

Általánosan elmondható, hogy a véletlen erdő osztályozás által adott becslések sokkal megbízhatóbbnak mondhatók, nagyobb a valószínűsége, hogy helyesen sorolta be a pixeleket az adott kategóriába. Továbbá jól kivehető, hogy a legkisebb valószínűségi értékek a foltok határain vannak, ahol spektrálisan vegyes pixelek találhatók. A döntési fa esetén kiugró értéket kapott a városi repülőtér egybefüggő nagy foltja (a kép nyugati oldalán), illetve a kép Észak-keleti sarkában, a Lencsés-horgásztó. Ezen kívül magas értéket kaptak a terület nyugati részén fekvő szántók, illetve a Vadaspark erdős részei, amelyek a kép közepén találhatók. A legkisebb valószínűségi értékek a több osztály foltjai közötti részeken láthatók. A véletlen erdő valószínűségi képén az általános valószínűség magasabb, illetve élesebbek a foltok közötti határok is, még egyes parcellák is kivehetők a kép Észak-nyugati részén. Ez a foltok szélein látható alacsony értékek és a foltok belsejében lévő nagy értékek közötti kontrasztnak köszönhető.

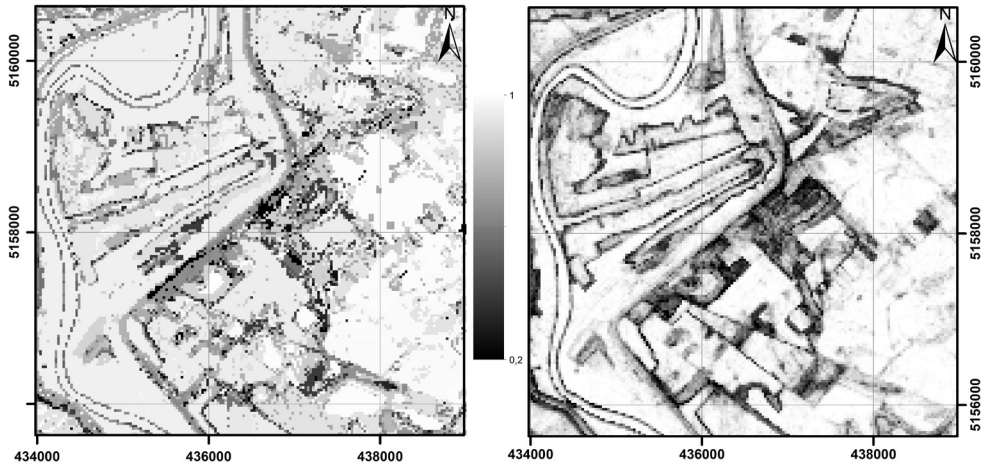
A szentesi mintaterületen 7 osztály volt található, többségük mezőgazdasági kategória. A döntési fa osztályozó esetében mind a 7 kategóriát sikerült lehatárolni. Ezen 7 kategória közül 3 kiválóan osztályozódott, a 211-es, 311-es, 511-es, mindegyik osztály előállítói és felhasználói pontossága 90% fölötti. A mezőgazdasági kategóriák (211, 222, 231, 243) és a lomblevelű erdők (311) között nagymértékű átosztályozás jelentkezett, illetve a lomblevelű erdők (311) és a vizek között. Emiatt az átosztályozás miatt a többi kategória pontosság változóan alakul, de egyik kategória pontossága sem kisebb mint 50%. A véletlen erdő osztályozás eredménytérképén minden osztály jól osztályozódott, előállítói pontosságuk 95% fölötti. A felhasználói pontosság csupán 3 esetben nem 95% fölötti, a 222 – Gyümölcsösök, bogyósok (90,7%), 243 – Elsődlegesen mezőgazdasági területek jelentős természetes növényzettel (82,4%), 512 – Állóvizek (83,3%). Ennek oka lehet, hogy a 243-mas nem jól definiált, nem egyértelmű felszínborítási osztály és ezért az osztályozó algoritmus nem tud megfelelő



5.ábra A döntési fa osztályozás eredményeként létrejött tematikus réteg Szentes mintaterületre



6.ábra A véletlen erdő osztályozás eredményeként létrejött tematikus réteg Szentes mintaterületre



7.ábra A döntési fa (bal) és véletlen erdő (jobb) osztályozók által készített tematikus képek valószínűségi térképe Szentes mintaterültre

szabályrendszert kialakítani rá, így más osztályokkal keveredik. A *7. ábrán* láthatjuk a két tematikus réteg valószínűség képét. Ugyanazon szabályszerűségek mondhatók el róluk, mint a szegedi mintaterület esetében, azaz a jó osztályozás valószínűsége a foltok szélein kisebb, mint a foltok belsejében, a vegyes pixelek miatt. Továbbá a több osztály találkozásánál lévő pixelekre adott kategória helyességének esélye a legalacsonyabb. Azonban ezen a mintaterületen a két osztályozó által adott becsléseknek a valószínűsége hasonló mértékű, kisebb a különbség a döntési fa és a véletlen erdő között. Mindazonáltal a véletlen erdő által adott becslések egy adott folton belül egységesek, így a kép kompaktabbnak nézz ki, nincsenek elszórt pixelek benne.

Összefoglalás

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a döntési fa és a véletlen erdő osztályozó eljárások alkalmazásával sikeresen lehet felszínborítási térképet előállítani mind agrár, mind városi környezetre vonatkozóan. A két mintaterületre 2-2 tematikus kép készült el ezzel a két osztályozó eljárással, amely mintaterületeken 11, illetve 7 felszínborítási osztály található. Az osztályozás eredményeképp létrejött tematikus rétegek összevetésével megvizsgáltuk a két osztályozó eljárás hatékonyságát. Mind a döntési fa, mind a véletlen erdő eljárás sikerrel képes volt a területeken található kategóriák többségét osztályozni. A döntési fa osztályozó által adott osztályozott képekben azonban nagyobb a bizonytalanság, mint a véletlen erdő eljárással készített képek esetében. További előnyt jelent, hogy a véletlen erdő eljárás robusztusabb a túltanítással szemben, azonban a modell készítési ideje jóval több, mint egy döntési fáé. Ez alapján a véletlen erdő, amely több döntési fa felhasználásával készül, hatékonyabban képes ezt a feladatot megoldani, illetve az eljárás által adott becslések valószínűségének helyessége nagyobb.

Irodalomjegyzék

Abriha, D. – Kovács, Z. – Ninsawat, S. – Bertalan, L. – Balázs, B. – Szabó, Sz. (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, pp. 375–392.

Bhargava, N. – Sharma, G. – Bhargava, R. – Mathuria, M. (2013): Decision Tree Analysis on J48 Algorithm for Data Mining, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 3(6), pp. 1114–1119.

Breiman, L. (1996): Bagging predictors. Machine Learning, 26, pp. 123–140.

Breiman, L. (2001): Random forests. Machine Learning, 45, pp. 5–32.

Heymann, Y. (1993): CORINE land cover Technical guide – EUR 12585, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, pp. 14–15.

Liska, Cs. M. – Mucsi, L. – Henits, L. (2017): Hosszú-távú felszínborítás-változások vizsgálata Csongrád megyében idősoros adatok felhasználásával, Random Forest módszerrel, Földrajzi Közlemények CXLI. (L.), pp. 71–83.

Mari, L. – Mattányi, Zs. (2002): Egységes európai felszínborítási adatbázis a CORINE Land Cover program. – Földrajzi Közlemények CXXVI. (L.), pp. 31–38.

Pal, M. (2005): Random forest classifier for remote sensing classification, International Journal of Remote Sensing, 26(1), pp. 217–222.

Jiang, L. – Wang, W. – Yang, X. – Xie, N. – Cheng, Y. (2010): Classification Methods of Remote Sensing Image Based on Decision Tree Technologies, Computer and Computing Technologies in Agriculture IV. Li, D., Liu Y., Chen, Y. (Ed.), pp. 353–358.

Szabó, Sz. – Gácsi, Z. – Balázs, B. (2016): Specific features of NDVI, NDWI and MNDWI as reflected in land cover categories, Landscape & Environment, 10(3–4), pp.194–202.

Tan, P. N. – Steinbach, M. – Kumar, V. (2011): Bevezetés az adatbányászatba.

A mohácsi csata helyszínének pontosítását célzó beláthatósági vizsgálatok eredményei

Gyenizse Péter[1] – Pap Norbert[2] – Kitanics Máté[3] – Morva Tamás[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 főmunkatárs, PTE TTK, Földrajzi és Földtudományi Intézet, kitanics1@gmail.com
[4] doktorandusz, PTE TTK, Földtudományok Doktori Iskola, morvatamas@gmail.com

Absztrakt: 1526. augusztus 29-én a Magyar Királyság seregei döntő vereséget szenvedtek az oszmán haderővel vívott csatában a Mohácsi-síkon. Az említett síkság azonban meglehetősen nagy kiterjedésű és a csata pontos helyszíne máig nincs meghatározva. Az elmúlt évtizedekben a történészek és katonai szakértők elsősorban írott források, beszámolók alapján interpretálták a csata lefolyását és próbálták azt bele helyezni a földrajzi tájba, változó eredménnyel. Napjainkban ezt megkönnyítik a domborzat elemzését szolgáló geoinformatikai szoftverek. Elemzésünk során egyrészt megállapítottuk, hogy a Brodarics István szemtanú által leírt domborzati formák inkább a mai Sátorhely környezetében mutathatók ki, másrészt a Hans Dernschwam által látott templomrom lehetett mind Sátorhely, mind Majs közelében, de az előbbi helyen azt könnyebb lehetett észrevenni, harmadrészt pedig a Gerlach István által említett Pécs melletti hegycsúcsok Sátorhely mellől látszanak, Majs közeléből pedig nem.

Bevezetés, célkitűzés

A magyar történelem híres, de középkori királyságunk számára nagyon negatív hatásokkal járó csatáját Mohácstól D-re vívták 1526-ban. A mindenki által ismert kimenetelű harcban az I. Szulejmán által vezetett oszmán sereg szétverte a Magyar Királyság II. Lajos király és Tomori Pál kalocsai érsek által vezetett hadseregét. A király és vele együtt a főnemesség jelentős része meghalt, majd az oszmán hadak feldúltak Budát és Pestet.

A leírásokból a szembenálló seregek szerkezete és mozgása többé-kevésbé ismert, azonban a csata pontos helyszíne nem. Míg a 18–19. században még a mai Sátorhely közelébe (a síkság közepére) tették a csatát, addig a 20. században egy új helyszín, Majs falu, illetve a Mohácsi-síkot nyugatról határoló dombság előtere merült fel (Pap et al. 2019).

Több 16. századi dokumentum is leírja a csatatér földrajzi és azon belül domborzati adottságait, amelyeket eddig a történészek és a régészek nem vizsgáltak meg összefüggéseikben.

Dolgozatunk célja, hogy földrajzi és geoinformatikai eszközökkel vizsgáljuk meg a Mohácsi-síkot és a két feltételezett helyszínt, különös tekintettel a digitális domborzatmodellekből számítható beláthatósági viszonyokra. Ezen elemzési módszerek újszerű szemléletet hoznak a történeti, régészeti vizsgálatokba.

Anyag és módszer

A mohácsi csata kutatását másfél éve folytatja nagy intenzitással csapatunk. Ennek során rengeteg magyar és idegen nyelvű dokumentumot és térképet néztünk át és értelmeztünk geográfus és történész szemmel. Ezek széleskörű és részletes bemutatására most nincsen módunk, de az ezen munkánk során talált három 16. századi beszámoló képezi a most ismertetett beláthatósági vizsgálataink alapját.

A beláthatósági vizsgálatokat a QGIS szoftver Visibility Analysis moduljával számoltuk ki, melyet Zoran Čučković írt (Internet1).

A vizsgálatokhoz a síksági területen is megbízható, a mikrodomborzati formákat is hitelesen tartalmazó DEM-re is szükség volt. Sajnos a FÖMI-től vásárolt modell ezen kritériumnak nem felelt meg, szemben a DDVIZIG Hydrodem modelljével (Gyenizse et al. 2018).

Természetföldrajzi áttekintés

A mohácsi csata helyszínét minden kutató a Mohácsi-sík (Mohácsi-terasz, Mohácsi teraszos sík, vagy párkánysík) területére teszi. Ezen belül is az ármentes teraszra, bár a pontos helyéről ma is viták folynak.

A Mohácsi-sík 16. századi képét jól jellemzi az alábbi leírás:

„…ezen a helyen óriási, széles síkság terül el, sem erdő, sem cserjék, sem víz, sem domb nem bontotta meg, csak bal felől, közötte és a Duna között volt egy iszapos, mocsaras víz, sűrű sással és nádassal, ahol utóbb sok halandó pusztult el. Velünk szemben hosszan elnyúló domb feküdt, mint valami színpad, e mögött volt a török császár tábora; a domb legalján egy kis falu templommal, neve Földvár." (Brodarics István, Internet1)

Természetföldrajzi vizsgálataink során főleg erre a kistájra koncentrálunk, de mivel ez a terület az elmúlt évezredek és milliók során folyamatosan kapcsolatban állt a Baranyai-dombsággal, ezért azok földrajzi jellemzőit is megvizsgáljuk.

A Duna alacsony és magas árterétől karakteres peremmel válik el a 90–100 m magasságban fekvő, **ármentes terasz felszín**, ami a Dunától, illetve a magas ártértől több kilométer szélesen húzódik nyugat felé a Bár–Lánycsók–Nagynyárád–Majs félköríves dombvonulatig. A pleisztocén végén, mintegy 10–15 ezer éve a Mohácsi-sík a már említett félköríves vonal mentén megsüllyedt. Erre a felszínre rakta le az ősi Duna 30–35 méter vastag kavicsos-löszös üledékét. Ezután, a pleisztocén végén, vagy az óholocénban a sziget területe kezdett el süllyedni, ezért a Duna bevágta medrét az így már relatíve magasabban fekvő hajdani üledékébe és a korábbi Duna-ágak oldalazó pusztító munkájával létrehozva a mohácsi terasz 6–7 m magas, karakteres peremét, mely előterében ma is megfigyelhetők az egykori morotvák mélyebb, vízállásos területei (Erdősi 1974). Gábris Gyula (1980) hasonló jelenséget említett a Baranyai-dombság és a Mohácsi-terasz találkozásánál is és ezzel magyarázza a

dombsági térszín előterében, a patakok hordalékkúpjai közötti mocsaras foltok keletkezését.

Az ármentes, jó termőképességű talajjal ellátott Mohácsi-teraszt az elmúlt évszázadokban főleg szántóföldi művelésre használták, de a patakok vízállásos, nedves völgyeiben legelők is voltak. A patakok szabályozása révén a mocsaras helyek kiterjedése mára jelentősen lecsökkent. Az ármentes teraszon futottak a környék fontosabb útvonalai is, mint a Duna menti évezredes hadiút is, melyeken a közlekedést csak a vizenyős patakmedrek zavarták meg (T. Mérey 2004).

Napjainkban a teraszon három kisebb vízfolyás folyik keresztül. A Cselepatak É-on, csak rövid szakaszon vágja át magát a Dunáig. Medre többnyire mélyen bevágódott a löszös teraszfelszínbe. A teraszon Lánycsók felől átfutó Bég-patak vizét a falutól nem nagy távolságra ÉK-i irányba futó mesterséges mederrel a Jenyei-árokba vezették. A terasz legnagyobb vízfolyása a Majs, Nagynyárád és Sátorhely közötti területen több ágból eredő Borza-patak, amely ma már erősen kanalizált. Ebbe vezették bele a Nagynyárádtól induló Lajmér-patak vizét is, ezért annak korábbi, Kölked felé vezető medrét beszánthatták (Erdősi 1974).

A vizek és kisebb részben a szél felszínformáló hatására néhány méter magasságkülönbségű mikrodomborzati formák alakultak ki a Mohácsi-teraszon. Ezek lehetnek negatív formák, amelyekre majd a vízállásos, belvizes területek kapcsán térünk vissza, és lehetnek pozitív formák is. Ilyen például a Mohácsról DNy-ra, a Mohács-Nagynyárádi út (ma földes út) mellett fekvő Látóhegy, vagy Látó-högy nevű kiemelkedés, amely csak 4–4,5 méterrel emelkedik a környező térszínek fölé. Tehát, a helyben lakó emberek jól ismerték a terület mikrodomborzatát és a minimális bemélyedések és kiemelkedések megjelentek a térszemléletükben, közlekedési és gazdálkodási szokásaikban. A síkságokon letelepedésre általában víz közeli, de ármentes térszíneket részesítették előnyben, mint amilyen a Látóhegy, vagy a Sátorhelyi kiemelkedés volt (Gyenizse 2018).

A teraszt szegélyező dombvidék. Az előzőektől teljesen eltérő arculatú, felépítésű és genetikájú területtel találkozunk a teraszszintet ÉNy-ról, Ny-ról és DNy-ról félkörívesen lezáró, mintegy 100 m-rel magasabb dombvidéki területen.

Kialakulásának menete eltér Mohácsi-síktól, ugyanis a Pannon-beltenger vízének levonulása után már nem süllyedt, hanem különböző mértékben megemelkedett. A pleisztocén és holocén időszakban nem a folyóvíz, hanem a többi külső erő (szél, fagy, csapadékvíz stb.) formálta, alakította felszínét. A hátságról lefutó patakok völgyei élénkebb domborzatú területet hoztak létre (Erdősi 1974).

A Mohácsi-teraszra az azt körülvevő dombsági felszín relatíve meredek domboldalakkal szakad le, hasonlóan a klasszikusan löszből felépülő Duna menti magaspartokhoz. Gábris Gyula (1980) szerint a Duna ősi eróziós, partpusztító munkája lezárultával egy a mainál jelentősebb mértékben meredekebb magaspart alakult ki. Gábris Gyula kísérletet tett a magaspart mohácsi csata óta történő pusztulása mértékének megállapítására, ezért talajfúrásokat végeztek a hajdani Merse falu közelében. A szelvény megrajzolásából és a lejtőszög számításokból

kikövetkeztethetően a meredekségben lényeges változás nem történt 1526 óta. Tehát a dombság geomorfológiai viszonyai, megjelenése nem változtak jelentősen az elmúlt évszázadokban.

Eredmények

A sereget övező dombok megjelenése Brodarics István leírásában (1526)

Brodarics István püspök II. Lajos magyar király kancellárjaként vett részt a csatában. Az egyik legrészletesebb leírást tőle olvashatjuk az *Igaz leírás a magyaroknak a törökökkel Mohácsnál vívott csatájáról* című művében (Internet2), amiben a táj látványa is megjelenik:

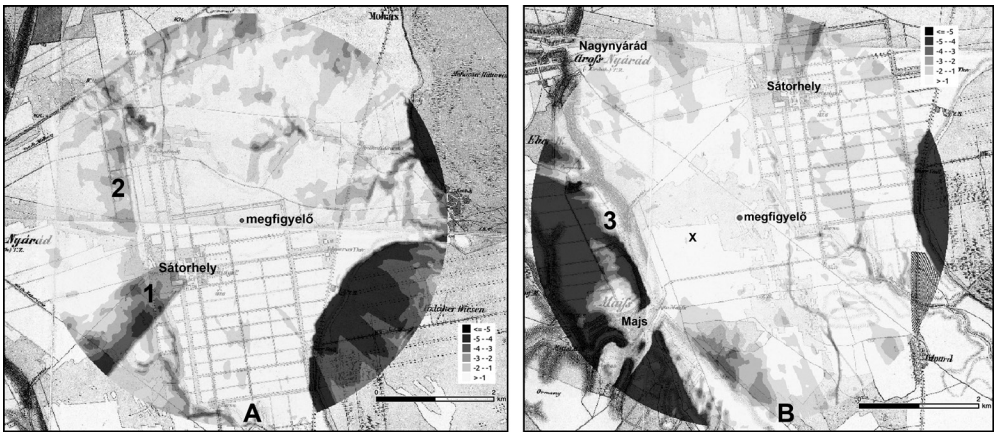
„Velünk szemben hosszan elnyúló domb feküdt, mint valami színpad, e mögött volt a török császár tábora; a domb legalján egy kis falu templommal, neve Földvár. Itt állította fel az ellenség az ágyúkat. Később, a küzdelem vége felé saját szemünkkel láttuk, hogy ez a hely tele volt ellenséges katonasággal, jobbára azokkal, akiket janicsároknak neveznek. Ami hely csak volt a falu kunyhói mögött, mind hosszú sorokban tartották elfoglalva.” …

„Így álltunk és vártunk, és a nap már délutánba hajolt, amikor az ellenség hadai abban a völgyben, mely tőlünk jobbra, a dombok alatt terült el, csöndesen megindultak, csak a lándzsák hegyei árulták el, és a Barát kitalálta, mit jelentsen ez: vagy táborunk szétzúzására, vagy bekerítésére törekszenek.”

A leírás szerint egyrészt a magyar sereggel szemben volt egy kiemelkedés, ami valamennyire alkalmas volt a török tábor eltakarására. Másrészt a magyar seregnek jobb kéz felé húzódott egy dombsor, ami a török lovasságot részben kitakarta, de nem teljesen, azaz egy alacsony kiemelkedésről van szó.

A modellezés során a QGIS Depth Below Horizon moduljával kiszámíttattuk a két feltételezett csata helyszínen álló magyar megfigyelő (Brodarics) által belátott területet, illetve a tereptárgyak által kitakart, nem látható területek látóhatár alatti mélységét. A számítás során a megfigyelő lovas katona szemmagasságát 2,5 méter magasra állítottuk be. Az *1. ábrán* a II. Katonai felmérés térképére vetítve látjuk a számítás eredményét a Sátorhely közelében, illetve Majs közelében feltételezett csatatéren. Az *1. ábra A* részén látszik, hogy amennyiben a megfigyelő Sátorhelytől ÉK-re helyezkedett el (a klasszikus csatatér elmélet szerint), akkor a sátorhelyi kiemelkedés el tudta takarni az oszmán sereg és tábor egy részét, mivel mögötte 2–5 m magas tárgyak sem látszottak (*1/A ábra* 1-es). Amennyiben ugyanerről a megfigyelőhelyről jobb kéz felé nézett a megfigyelő (azaz Ny felé), akkor ott egy alacsony, É–D irányú kiemelkedés takarta el a Borza-patak völgyét (*1/A ábra* 2-es). Amennyiben ott vonult É felé egy lovas csapat, akkor azok alsó 1–3 m magas részét eltakarta a domb, tehát igaz lehet Brodarics leírása, hogy *„csak a lándzsák hegyei árulták el”* őket.

A régészek és hadtörténészek az elmúlt évtizedben Földvár falut (és ezzel együtt a csata központi területét) egy olyan középkori településmaradvánnyal



1. ábra Lovas megfigyelő által belátott területek a mai Sátorhely és Majs előterében (szerk. Gyenizse P.) Magyarázata a szövegben olvasható

azonosítják, amely Majstól és a dombság peremétől K–ÉK-i irányba fekszik (*1/B ábra* X jel). Amennyiben lovas megfigyelőnket ezen elpusztult falutól K–ÉK-re tesszük, akkor óriási magasságkülönbségeket találunk a dombsági területen. A majsi völgyek és a dombság pereme olyan mértékben (akár 10–15m) takarja el a mögötte fekvő területeket, hogy onnan nem látszik ki a vonuló lovasok lándzsája (*1/B ábra* 3-as szám melletti sötét területek).

Földvár templomának látványa az útról (1555)

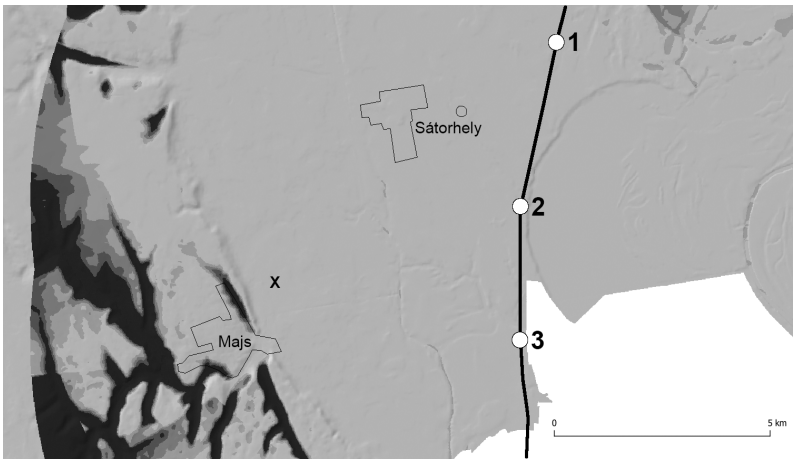
Hans Dernschwam 1553 és 1555 között részt vett I. Ferdinánd követségében, amit I. Szulejmán szultánhoz küldött. Pap László 1961-es művében idézi Dernschwam 1555-ös H. Dernschvam's Tagebuch einer Reize nach Konstantinopel und Kleinasien című művének részleteit:

„Mindenütt szép, sík, termékeny a táj, amelyhez hasonló más országban nem látható…"

„Mindenütt sok, leégett, puszta falú, soknak a helyét is alig lehet felismerni."

„Dernschwam áthaladt Földváron is, amelyet mint 'azelőtt megerősített helységet'(?) említ. Csak puszta templomát látják."

Megvizsgáltuk, hogy a Mohácsi-sík ármentes teraszának K-i felén futó mohács-eszéki hadiútról hogyan láthatták a lovon ülő (a modellben 2,5 m magas) utazók a templom maradványait (a modellben 3 m magas). A három pontból (*2. ábra* 1–3-as pontok) végzett számítások eredményét összevontuk. Az átlagos szürke színek jelzik, hogy mely területek látszottak a domborzatárnyékolt felszínen, míg az egyre sötétedő területek, hogy melyek nem látszottak az említett pontokból. Megállapíthatjuk, hogy elvileg mind a mai Sátorhely környékén, mind a Majs előterében fekvő elpusztult falunál (X-el jelölve) észrevehető lehetett a templomrom. Megjegyzendő azonban, hogy a mai Sátorhely területe közelebb van az úthoz, ezért ott valószínűleg könnyebben látszhatott a rom.



2. ábra A földvári templomrom láthatóságának lehetősége a mohács-eszéki hadiút három pontjáról (szerk.: Gyenizse P.) Magyarázata a szövegben olvasható.

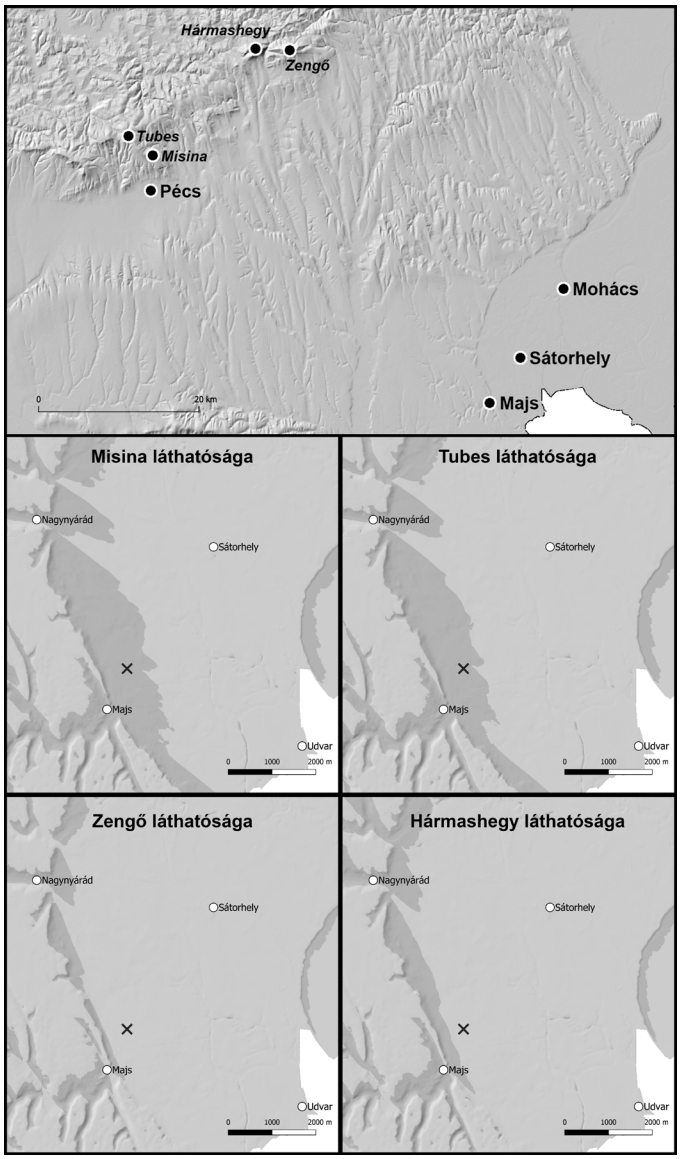
A Pécs melletti hegyek látványa a csatatérről (1573)

Az utolsó 16. századi szemtanú Gerlach István (Stephan), aki Ungnad Dávid báró követ lelkészeként utazott Konstantinápolyba 1573-ban. A tájra vonatkozó leírását Szalay László *Adalékok a magyar nemzet történetéhez a XVI-dik században* című 1859-es könyvében olvashatjuk az Utazás Pozsonyból Nándorfehérvárra a Dunán 1573-ban fejezetben (Internet3):

„Nemsokára Mohács nevű mezővároshoz jöttünk; s lévén még időnk, nagyságos uram és én jó fél mérföldre, hintón mentünk azon helyre, hol a Magyarországban lakott utolsó király, Lajos, s vele harminczötezer embere, háromszáz- ezer törökkel megütközött, megveretett, és elveszett. Ezen mező most részben puszta, részben szántóföld. Ottlétünkkor hullámoztak a kalászok. Még láthatni az árkokat, hol az ágyuk állottak, s hová a halottakat temették. Láttunk innen négy mérföldnyi távolságra egy magas hegyet, merre Pécs fekszik, s azon túl Mohácshoz hét mérföldre Sziget."

Gerlach István szerint tehát a csatatérről egyértelműen látszottak a Pécs irányában fekvő hegyek. Kérdés, persze, hogy melyik mecseki hegycsúcsokra gondolt. Ha szó szerint értelmezzük írását, akkor a Pécs melletti Tubes és Misina csúcsok jöhetnek szóba, ha viszont tágabban, akkor akár a Zengő és a Hármashegy is, bár azok kissé más irányban, Pécsvárad mellett fekszenek (*3. ábra*).

A *3. ábrán* sötétebb árnyalattal jelöltük azokat a területeket, ahonnan egy 1,7 m magas megfigyelő a dombság takarása miatt nem láthatja a Mecsek egy-egy hegycsúcsát. Megállapítható, hogy ha szorosan értelmezzük Gerlach István leírását és csak a Tubest és a Misinát vizsgáljuk, akkor azok csak a mai Sátorhely környékéről látszódhattak, azaz a Majs melletti elpusztult településtől nem. Ha azonban tágabban értelmezzük utazónk mondatait és bevonjuk vizsgálatunkba a Zengőt és a Hármashegyet, akkor viszont mind a két feltételezett csatahelyről láthatóak voltak a hegyek.



3. ábra A Pécs felé látszó hegycsúcsok láthatósága a Mohácsi-sík vizsgált részén (szerk.: Gyenizse P.). Magyarázat a szövegben olvasható.

Összegzés

Megállapíthatjuk, hogy a geoinformatikai módszerek közül a pontos domborzati modellre alapozott beláthatósági vizsgálat nagyon hasznos lehet a történelmi események, így a mohácsi csata helyszínének rekonstruálása szempontjából. A három vizsgált 16. századi leírásra alapozott geoinformatikai vizsgálatunk alapján elmondható, hogy az egykori Földvár település és egyben a csata központja nagyobb valószínűséggel helyezkedett el a mai Sátorhely környékén, mint Majs K-i előterében.

Köszönetnyilvánítás

MTA Kiválósági Együttműködési Program – Mohács 1526–2026 – Rekonstrukció és emlékezet.

Köszönjük a DDVIZIG-nek, hogy a vizsgálatainkhoz a Hydrodem10 domborzati modell használatát engedélyezték.

Felhasznált irodalom

Erdősi F. (szerk.) (1974): Mohács földrajza. Mohács Városi Tanács, Mohács, pp. 15–92.

Gábris Gy. (1980): A mohácsi csatamező. Föld és Ég XV. évf. 8. szám, pp. 249–252.

Gyenizse P. (2018): A Mohácsi-terasz középkori településhálózatának vizsgálata. In: Fazekas I. – Kiss E. – Lázár I. (szerk.): Földrajzi tanulmányok 2018, MTA DTB Földtudományi Szakbizottság, Debrecen, pp. 305–308.

Gyenizse P. – Bognár Z. – Halmai Á. – Morva T. – Simon B. (2018): Digitális domborzatmodellek használata tájrekonstrukciós célra szigetvári és mohácsi területeken. – In: Molnár V. É. (szerk.): Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában IX., Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 121–128.

Lovász Gy. (1977): Mohácsi-sík és a Nyárád-Harkányi löszvidék. In: Lovász Gy. (szerk.): Baranya megye természeti földrajza, Baranya Megyei Levéltár, Pécs, pp. 89–91.

Pap N. – Kitanics M. – Gyenizse P. – Szalai G. – Polgár B. (2019): Sátorhely vagy Majs? Földvár környezeti jellemzői – a mohácsi csata centrumtérségének lokalizálása. Megjelenés alatt a Történelmi Szemlében.

Papp L. (1961): A mohácsi csatahely kutatása. In: Dombay J. (szerk.): Janus Pannonius Múzeum Évkönyve 1960, Szikra Nyomda Pécs, 1961, pp. 231–232.

T. Mérey K. (2004): Baranya megye települései az első katonai felmérés idején. Baranya Megyei Levéltár, Mecsek-Color Kft., Pécs, pp. 108–126.

Internetes források

Internet1 – Čučković, Z. (2018): Depth below horizon: new (old) functionality for QGIS viewshed analysis. https://landscapearchaeology.org/2018/depth-below-horizon/

Internet2 – Brodarics István: Igaz leírás a magyaroknak a törökökkel Mohácsnál vívott csatájáról. http://mek.oszk.hu/05800/05872/html/gmbrodarics0002.html

Internet3 – Utazás Pozsonyból Nándorfehérvárra a Dunán 1573-ban. In: Szalay L. (1859): Adalékok a magyar nemzet történetéhez a XVI-dik században, Kiadja Ráth Mór, Pest, pp. 222-223. https://adtplus.arcanum.hu/hu/view/Books_04_TorokkorErdelyiFejedelemseg_0230_Adalekok_a_Magyar_nemzet_tortenetehez_a_XVI_173/?query=SZO%3D(Adal%C3%A9kok%20a%20magyar%20nemzet%20t%C3%B6rt%C3%A9net%C3%A9hez%20a%20%20XVI.%20%20sz%C3%A1zadban)&pg=229&layout=s

Bioenergetikai szempontú felmérések marginális, művelés alól kivont területeken

Gyuris Péter[1] – Sápi Dávid[2] – Kovács Ferenc[2]

[1] Geonardo Kft.
[2] Szegedi Tudományegyetem, Temészeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

Absztrakt: Európában a földhasználat sémák a Közös Agrárpolitika (KAP) és agrárgazdaság tükrében, az elmúlt évek bioenergetika és konverziós-technológiákban lezajlott fejlődése, valamint a biomassza alapú gazdaság, mint ismét felfedezett és támogatott vidékfejlesztési eszköz új kutatási irányokat jelöltek ki. Jelen munkánk egy olyan, nemzetközi kutatások alapján kijelölt irányvonalat követ, amely GIS technikák eszközeit használja az agrárgazdasági és társadalomgazdasági szempontból kevéssé kihasznált földterületek feltérképezésére. Az elmúlt években zajló kutatási tevékenység során felmerült az igény egy térinformatikai módszerekkel támogatott regionális szintű felmérésre, amelynek egyik célterülete a Kárpát-medence és azon belül Magyarország. Döntéselőkészítő, térképező tevékenységünk egy térinformatikára és távérzékeléses technikákra alapuló eszköztárat kíván fejleszteni, amely nagy területekről (pl. országrészekről) földhasználat-felszínborítás alapú analízis segítségével nyújt reális képet a biomassza potenciállal kapcsolatban.

Bevezetés

Fenntartható, biomassza alapú projektekhez és bioenergetikai hasznosításhoz elengedhetetlen, hogy felmérjük az alapanyagforrások területi eloszlását és a lehatárolt területek által produkálható ipari biomassza mennyiségét. Korábban a biomassza potenciált főleg mezőgazdasági statisztikákból eredeztették (Szarka 2006; Izsáki 2008; ACCESS projekt (IEE)), ám Európában és benne Magyarországon is szűkösen állnak rendelkezésre megfelelő mezőgazdasági területek, illetve mezőgazdasági melléktermékek (pl.: szalmabála).

A biomassza alapú gazdaság (BBI Joint Undertaking) fejlesztése és a vidéki munkahelyek és gazdaság felélénkítése (Rural Renaissance: Special Report 2017) azonban kiemelt szerepet kapott az Európai Unióban az elmúlt években. Ehhez kapcsolódnak az energiabiztonság megteremtése és az energiaforrások diverzifikálására, a megújuló és tiszta energia technológiák fejlesztésére szánt programok és célkitűzések (RED II). A másodgenerációs bioüzemanyagok előállításának és a lehetséges nyersanyagforrások bővülésének köszönhetően Európa gyengébb termékenységű talajainak és mezőgazdaságilag kevéssé kiaknázott területeinek felmérése szükségessé vált.

A marginális területek fogalmának bevezetése és definícióinak – ami a lehatárolásukhoz szükséges – meghatározása az elmúlt évtizedekben dinamikus tudományterület, a KAP fejlesztésében hangsúlyos feladat volt. A 19-es és 20-as cikkely tartalmazza (Podmaniczky 2005; Skutai 2014) a mezőgazdasági területekre

vonatkozó lehatárolási előírásokat, amelyeket fejlett talajtani adatokból, a MEPAR adatbázis megfelelő rétegeiből elég pontosan meg lehet határozni.

Igény merülhet fel azonban egy területileg kiterjedtebb, több tematikus fedvénnyel dolgozó felszínborítási adatbázis alapján történő azonosításhoz. A FORBIO projektben (Pulighe et al. 2016) „underutilized" területeket kutatva a következő felszínborítási osztályok jelentek meg, mint ipari növénytermesztésre szánt területek: szennyezett földek, felhagyott bányák, termelésből kiesett (fallow land) és kedvezőtlen fizikai paraméterekkel rendelkező mezőgazdasági területek. A BIOPLAT-EU projekt jelenleg marginal, underutiluzed és contaminated területek pán-európai léptékben történő meghatározását tűzte ki célul.

Ezen tanulmány célja, hogy az egységes európai földhasználati és felszínborítási információkat igen fejlett adatbázis (Corine Land Cover) alapján, nagyobb térségekre, országrészekre vezessen le számszerűsíthető információkat ipari biomassza termelésére vonatkoztatva. Ezen egységes felszínborítási adatbázis számos tematikus osztályával dolgoztunk, hogy az elérhető legnagyobb méretű területeket tudjuk lehatárolni. Így munkánk túlmutat a jelenleg mezőgazdasági területként használt földek meghatározásán, és az egykoron művelt területeken (felhagyott szőlő, gyümölcsös, szántó), továbbá a rét és legelő felhasználásának újragondolását is megengedi.

Elemzésünk részét képezi a nagyobb, egymás mellett közvetlenül elhelyezkedő területek meghatározása, amelyek gyengébb minőségű talajokon helyezkednek el és kiesnek az infrastrukturálisan jól ellátott, fejlettebb régiók területeiből. Eredmény területeinken a megtermelhető biomassza mennyisége bioenergetikai projektek megvalósítását tenné lehetővé, amelyek vidékfejlesztő és munkahelyteremtő hatással bírnak, így egy fenntartható termelési értékláncnak a kiinduló elemei lehetnek.

Adat és mintaterület

A vizsgálathoz használt adatok főként az Corine Land Cover (CLC) adatbázisból származnak, melyek térítésmentesen elérhetők az Európai Űrügynökség által támogatott Copernicus Land Monitoring Services honlapján, valamint a Földmérési, Távérzékelési és Földhivatali Főosztály (BKH FTFF) honlapján is. Az elemzésekhez a 2012-es és 2018-as felszínfedettségi adatbázisokat használtunk fel. A CLC adatbázis 1:100 000-es méretarányban biztosít felszínfedettségi adatokat az Európai Unió területére. 2000 óta 6 évente történik felvételezés Landsat, Spot, RapidEye és Sentinel műholdas rendszerek alapján. Az egyes vonalas infrastruktúrák és a felszíni vizek az Open Street Map (OSM) honlapjáról szintén ingyenesen beszerezhetők. Az út- és vasúthálózat, valamint a felszíni vízfolyások esetében célszerűbb az OSM által szolgáltatott vonal típusú vektoros adatokat használni, ugyanis a CLC adatbázisban csak a 100 méteres vastagságot meghaladó lineáris elemeket ábrázolják, ezáltal adathiányba ütközünk. Geofabrik adatbázisában található OSM állományokat naponta frissítik. Valamint figyelembe kellett venni a mintaterületen található védett

területeket is. A védett foltokat az Európai Környezetvédelmi Ügynökség által készített Natura2000 SPA és SCI rétegek segítségével azonosítottuk és vontuk ki. A kutatás szempontjából a Rét/legelő, Természetes gyepek, Természetközeli rétek és Átmeneti erdős-cserjés területek kerültek leválogatásra a CLC adatbázisból, ezek voltak a fő vizsgált területek. A projekt szempontjából olyan területeket próbáltunk lehatárolni, melyeken több mint 6 éve nem folytatnak aktív mezőgazdasági tevékenységet, valamint nem tartoznak szántóföldi művelés alá.

A kutatás mintaterületének a dél-alföldi Csongrád és Bács-Kiskun megyéket jelöltük ki. A megye tájszerkezete igen változatos, a több mint 4000 km^2 területet alapvetően három középtáj határozza meg, a Duna-Tisza közi síkvidék, az Alsó-Tiszavidék, és a Körös-Maros köze. A három középtájból adódóan igen változatos és komplex a két megye mezőgazdaságának, vízgazdálkodásának és természetvédelmének feltételrendszere. Talajviszonyok tekintetében 3 nagy részre osztható a terület. Homoki talajok találhatók a nyugati részen melyek főként gyümölcs- és zöldségtermesztésre alkalmasak, deflációval enyhén veszélyeztettettek. Savanyú réti és öntéstalajok borítják a Tisza mentén az ártereket és a középső területeket, míg a keleti részeket többnyire kiváló termőképességű talajok fedik. A talaj fizikai állapotát illetően elmondható, hogy a megye egész területén érvényesülnek az éghajlati anomáliák hatásai, ide sorolható az aszályok előfordulásának fokozódása, illetve a talajvíz szintjének drasztikus süllyedése. A 2018-as CLC adatbázis alapján 80,4% a mezőgazdasági terület, 12,2% az erdő és a természetközeli terület, 5,1% a mesterséges felszín, 0,6% a vizenyős területek és 1,7 % a vízfelszínek megoszlása.

Módszer

A vetületi transzformációkat követően a CLC2018-as adatbázisból szelektáltuk a korábban említett kategóriákat, melyeknek a CLC kódja a Mesterséges felszínek esetében 1.1.1.-től 1.4.2.-ig terjed, Rét/legelő esetében 2.3.1., Természetes gyepek esetében 3.2.1. és az Átmeneti cserjések esetében 3.2.4.-es kóddal azonosítható.

1. táblázat

	Adatbázis	**Felbontás**	**Forrás**
Felszínborítás	Corine Land Cover (CLC18) Corine Land Cover (CLC12)	1:100.000	BKH FTFF, Copernicus program
Infrastruktúra	Út és vasút hálózat	-	OSM-Geofabrik
Védett területek	Natura2000 SCI/SPA	Minimum Mapping Unit: 0.5 ha Minimum Mapping Width: 10 m	European Environment Agency/European Commission
Felszíni vizek	Folyók, tavak	-	OSM-Geofabrik
Talaj	AGROTOPO	1:100 000	MTA TAKI

Mind a különböző vonalas infrastruktúrák esetében (közút- és vasúthálózat), mind a mesterséges felszínek, valamint a felszíni vizek kapcsán egy 100 méteres buffer zónát definiáltunk. Szükségünk volt a folyamatosan a meghatározott osztályba tartozó területekre, amelyek a CLC alapján 2012-ben és 2018-ban is a 2.3.1, 3.2.1 és 3.2.4-es kategóriába tartoztak; ezeket térképi metszéssel kaptuk meg. Végül az előző lépésben kapott területekből kimetszettük a buffer, valamint a Natura2000-es területeket. Így azokat a területeket kaptunk, amik 2012-ben és 2018-ban is Rét/legelő, Természetes gyepek, Természetközeli rétek és Átmeneti erdős-cserjés területek kategóriába tartoztak a CLC adatbázis szerint.

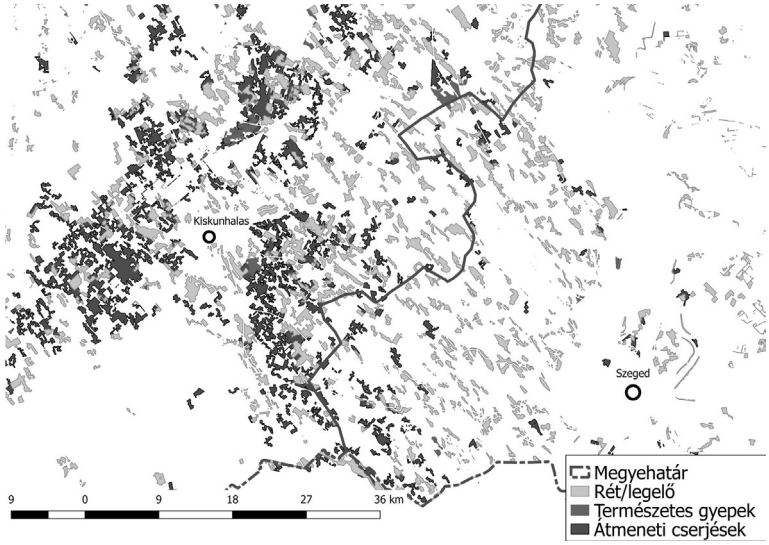
A következő lépésben, a célterületek pontosabb vizsgálatában, azon poligonokat (területeket) is külön leválogattuk, amelyek „intenzív" mezőgazdasági kategóriákból (2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.2.1, 2.2.2) a vizsgálat tárgyát képező kategóriákba kerültek. Így többek között azokat a szántóföldeket (öntözött és nem öntözött) is meg tudtuk találni, amelyek gyep ill., rét/legelő kategóriákba kerültek. Az említett vizsgálatokat elvégeztük a 2000–2006, 2006–2012 és a 2012–2018-as adatsorokon és megkaptuk eredményül azokat a potenciális területeket, amelyek értelmezésünkben „kiestek" az intenzív agrárgazdasági termelésből és hozam nélküli (felhagyott szőlő-gyümölcs), illetve alacsonyabb hozzáadott értékkel rendelkező mezőgazdasági produktumot állít elő, mint például a kaszálók.

Ezek után a területi-tematikus statisztikában ki tudtuk válogatni az 1 hektárnál kisebb (a metszések miatt visszamaradt apró poligonok), az 1–25 hektár, 25–50, 50–75, 75–100 hektár nagyságú foltokat, és az 1 km^2 -től nagyobb kiterjedésű célterületeket.

Az utolsó lépésben a felhasznált talajadatbázis attribútumait használva, azokat hozzárendelve az előző lépésekben leválogatott poligonokhoz, egy „terület-értékelési" módszert lehetne kifejleszteni, jövőbeli biomassza hozam és potenciál vizsgálatokhoz, marginális és művelés alól kivont területeken. A módszer alapja, hogy a lehatárolt poligonoknak az attribútumtáblájába felvettük az Agrotopo adatbázisból származó, adott területre jellemző „szervesanyagtartalom" és „termőréteg vastagsága" szerinti értékeket, amelyek így a leválogatott felszínborításokat vizsgálhatóvá tette agrárgazdasági szempontból is.

Eredmények

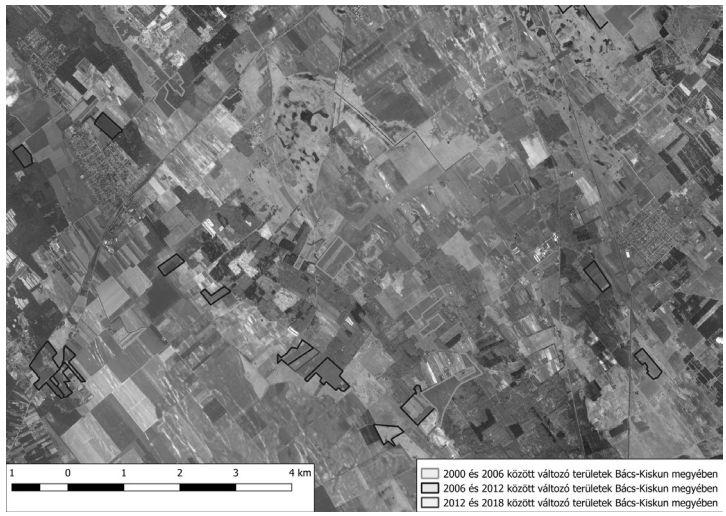
A fent leírt módszerekkel és technikákkal sikerült meghatároznunk a jelenleg számításba vehető felszínborítások területének nagyságát és azok térbeli elhelyezkedését. A vizsgát CLC felszínborítási kategóriák azokat a területeket reprezentálják, amelyeken napjainkban (2011–2018) nem folyik szántóföldi növénytermelés, évelő vagy egynyári növények, mint például kalászosok továbbá szőlő, gyümölcs – és nem esnek védett övezetekbe vagy azokkal közvetlenül határos területekre (lásd buffer zóna definiálása). Az eredményünk így megmutatja azokat a területeket (*1. ábra*), amelyek elméletileg elérhetőek lennének növényi alapanyagforrás termeléséhez a biomassza alapú gazdaság fejlesztése és biomassza



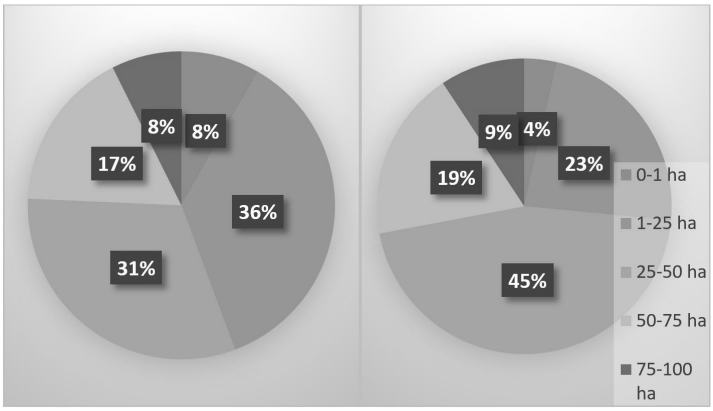
1. ábra A tárgyalt CLC felszínborítás kategóriák (nem „aktív” szántók és szőlők, gyümölcsösök) a Dél-Alföldön, a 2012 és 2018-as adatbázisokat használva

alapú értékláncok kialakítására (bioüzemanyag, bio-olajok, kemikáliák stb.) anélkül, hogy a jelenlegi mezőgazdasági és erdészeti struktúrákat (élelmiszertermelés, erdőgazdálkodás) meg kellene változtatni.

Az eredményeink azt is megmutatják, hogy ha kvázi „idősoros” viszgálatot végeznénk (műholdfelvételek alapján), mely területek lehetnének tanuló területek abból a célból, hogy megállapítsuk a szántóföldi és egyéb mezőgazdasági tevékenységből kivont területek („underutilized” vagy „fallow” land). A CLC változásfájlok (2000–2006, 2006–2012 és 2012–2018, lásd *2. ábra*) bemutatják



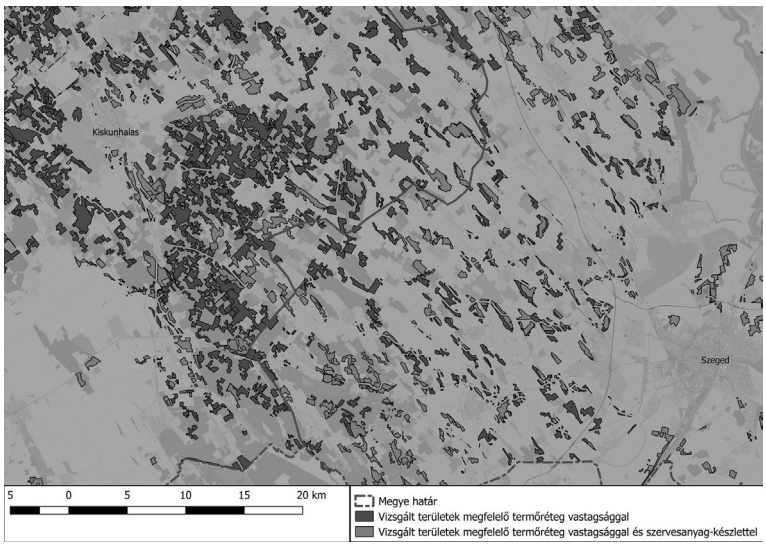
2. ábra CLC változásfájlok alapján szelektált területek felhagyott mezőgazdasági földek azonosítására



3. ábra Földterületek a leválogatott CLC kategóriákban, amelyeket marginális vagy művelés alól kivont területként azonosíthatunk (Csongárd és Bacs Kiskun megyékben)

azon felszínborításokat, amik az elmúlt szűk 20 évben váltottak kategóriát (CLC 100 nómenklatúra szerint) és így kijelölik azokat a területeket, amik szóba jöhetnek újbóli gazdasági tevékenység alapjául szolgáló földekként.

Többféle statisztikát is készítettünk a leválogatott poligonok (felszínkategóriák) alapján, amelyekkel tovább elemezhető a biomassza alapó értékláncok gazdasági, logisztikai megvalósíthatósága. Részletes térképi metrikák mellőzésével, az irodalomban fellelhető számításokkal éltünk, azaz egy meghatározott területen belül eső (30 km-es rádiuszon belül), elégségesen nagy felszínborítási/használati foltokat vettünk figyelembe (>1 hektár) a célterületek összterületének kiszámításánál. Így arra jutottunk hogy Bács-Kiskun és Csongrád megyékben több mint 50 ezer hektár, művelésbe be nem vont, föld található.



4. ábra A talajadatbázis használata lehetséges biomassza potenciál becslésére marginális és termelésből kiesett területeken

A talajadatbázis és a leválogatott felszínhasználati kategóriákban meghatározott területek együttes vizsgálata azt eredményezte, hogy térképen tudtuk reprezentálni azokat a potenciális földterületeket, amelyek elégségesen jó talajvastagsággal és szervesanyag tartalommal rendelkeznek. Definiálni tudtunk három kategóriát, amelyek azt mutatják meg, mely területek lehetnek alkalmasak újbóli művelésbe vonáshoz és szükséges biomassza mennyiség – a meghatározott biomassza alapú értékláncok függvényében – megtermeléséhez, továbbá kiindulási információként fenntarthatósági vizsgálatok lefolytatásához.

Konklúzió

Kutatásunkkal azt próbáltuk szemléltetni, hogy különböző adatbázisok és elérhető téradatok segitségével a modern biomassza alapú gazdaság szükségleteit kielégítő alapanyagforrások termőhelyéül szolgáló földterületeket – viszonylag hatékonyan – le lehet határolni. Ezen lehatárolások alapja, hogy meglévő földhasználatokat (élelmezési, takarmányozási stb. célra) lehetőleg ne érintsen, így alternatívát tudjon szolgáltatni vidékfejlesztési eszközökhöz és módszerekhez. Reményeink szerint megfelelő talajadatbázissal és növénytermesztési statisztikákkal a biomassza potenciál meghatározható a „területösszeg" x „talajminőség" x „növényhozam" összefüggésben ezeken a típusú területeken. Továbbá területalapú fenntarthatósági vizsgálatok alapjául szolgálhatnak a hasonló módszerekkel meghatározott területek, amely vizsgálatokra néhány nemzetközi projektben már láthattunk hasznos példát.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány az EFOP-3.6.2-16-2017-000010 program támogatásával készült.

Felhasznált irodalom

ACCESS projekt (IEE): A biomassza potenciáljára vonatkozó térképek és adatok – Magyarország.

Izsáki Z.: A dél-alföldi régió növényi eredető energiaforrás potenciálja (Agro Napló, 2008/03).

Liu, T. T. – McConkey, B. G. – Ma, Z. Y. – Liu, Z. G. – Li, X. – Cheng, L. L. (2011): Strengths, Weaknessness, Opportunities and Threats Analysis of Bioenergy Production on Marginal Land. Energy Procedia, 5, pp. 2378–2386.

Podmaniczky L. (2005): Az „Agrár-Környezetgazdálkodási információs rendszer" kialakításához szükséges megalapozó kutatások.

Pulighe, G. – Bonati, G. – Fabiani, S. – Barsali, T. – Lupia, F. – Vanino, S. – Nino, P. – Arca, p. – Roggero, P. P. (2016): Assessment of the Agronomic Feasibility of Bioenergy Crop Cultivation on Marginal and Polluted Land: A GIS-Based Suitability Study from the Sulcis Area, Italy. MDPI Energies.

Rural Renaissance: SPECIAL REPORT | 8–19 MAY 2017 (Euractiv, with the support of Ethanol Europe Renewables Ltd.).

Skutai J. : A Kedvezőtlen Adottságú Területek (KAT) jövője (Székesfehérvár, 2014. 05. 22.).

Szarka N. (2006): Erdészeti és mezőgazdasági eredetű biomassza potenciál Borsod megyében (IX. Biomassza Konferencia – Sopron).

Internetes források

KAT: http://www.mosz.agrar.hu/eu-copa-cogeca/433-a-kap-reform-koevetkezteben-a-kedveztlen-adottsagu-terueletek-lehatarolasaban-varhato-valtozasokrol?showall=1

http://www.terport.hu/megyek/magyarorszag-megyei/csongrad-megye

https://www.bbi-europe.eu/

https://bioplat.eu/

https://muc.geonardo.com/

Az átszállásmentes közlekedés vizsgálata Debrecenben

Hegedűs László Dávid

PhD-hallgató, DE TTK Társadalomföldrajzi és Területfejlesztési Tanszék, laccyrac16@gmail.com

Abstract: One of the most important aspects of using public transport is how many times you need to interrupt your journey between your starting-, and target points or whether you have the option of uninterrupted service. In the following article, I will show the connection between twelve institutions or services and local public transport in Debrecen from the point of view of uninterrupted service's possibility. I also examined the proportion of the population of the city who can be reached without interruption from that twelve point, and which areas remain unprovided for from these 12 points. The population is given by the Vorono cells generated by the number of inhabitants in each districts, so I have specified more accurate population density values for the districts.

Bevezetés

A mobilitás napjaink szerves részét képezi, a helyváltoztatás során használt eszközök és az infrastruktúra kiépítettsége, kapcsolatai gátat szabnak bizonyos lehetőségeknek. Az 1980-as években a helyváltoztatások háromnegyede a városokon belül valósult meg (Kecskésné Völgyi 2012), és manapság is az egyik legnagyobb kihívás a városokon belüli hatékony közlekedés kialakítása, illetve fenntartása.

Közforgalmú szolgáltatással történő utazásainkat megelőző döntéshozatalban olyan komponenseket veszünk figyelembe, mint hogy mennyi idő alatt, mekkora költséggel, mekkora rágyalogolással és mennyi átszállással tudunk eljutni egyik helyről a másikra (Kecskésné Völgyi 2012; Bói 2014; Kiss 2016). A módválasztásban kifejezetten fontosnak számít az átszállás és az utazási idő kérdése (Grász 2017), ezért lényeges, hogy honnan hova juthatunk el átszállástól mentesen.

Jelen kutatásban arra kerestem a választ, hogy tizenkettő választott intézménytől és szolgáltatástól milyen átszállásmentes eljutási lehetőségek vannak Debrecen helyi közforgalmú közlekedésében. Továbbá azt is megfigyeltem, hogy ezen intézményekhez kapcsolódóan az átszállásmentes közlekedés mekkora népességet ér el, és mely területek maradnak ellátás nélkül.

Módszertani háttér

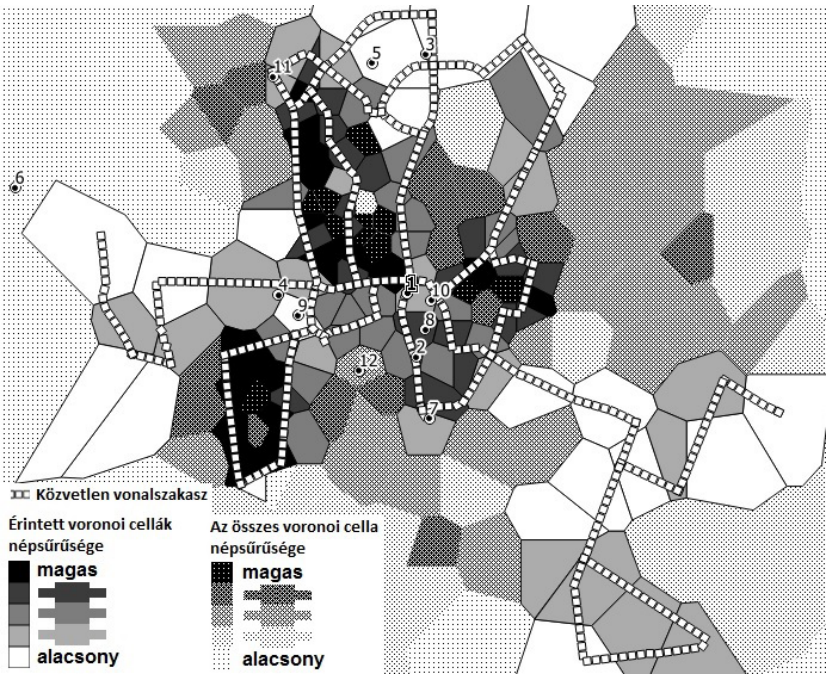
Népességi adatok előállítása

A vizsgálatban alkalmazott adatok többféleképpen kerültek előállításra, hogy minél komplexebb értékelés váljon lehetővé, melyhez elsősorban a QuantumGIS programot vettem igénybe.

Városrészekre vonatkozóan szerettem volna minél pontosabb, de viszonylag könnyebben kezelhető népességi adatokat értékelni. Népességi adatok szempontjából a Geox Kft.-től származó, Debrecen közigazgatási területére érvényes, 100x100 méteres felbontású cellákhoz tartozó 2018-as értékek jelentették a kiindulási pontot. Az egyes városrészeket felosztottam aszerint, hogy a 100 fő feletti, de 1000 fő alatti népességű részek egy pontot kaptak, míg a többi városrész ezer lakosonként kapott plusz egy-egy pontot. Ezeket a 100x100 méteres cellák közepére helyezett pontokat leszűkítettem a kapott népességi adatok szerint véletlenszerű kiválasztással, így kaptam összesen 237 darab pontot. A kapott 237 pont alapján generáltam voronoi cellákat, melyek azon adott pont körüli területet jelölik, mely közelebb esik az adott ponthoz, mint bármely másikhoz. Azon 100x100-as cellák esetében, melyek nem teljes terjedelmükkel helyezkedtek el adott voronoi poligon területén, a területével arányos népességet vettem figyelembe, és számoltam ki az egyes voronoi poligonokhoz tartozó népességet (*1. ábra*).

Közlekedési adatok és helyek

Jelen vizsgálatban tizenkettő intézményt és szolgáltatást vizsgáltam meg abból a tekintetből, hogy helyi közforgalmú közlekedéssel mekkora hálózat által érhetőek el átszállásmentesen. Az intézmények és szolgáltatások között hivatal, egészségügyi intézmény, oktatási intézmény, bevásárlóközpont, pláza, távolsági közlekedési



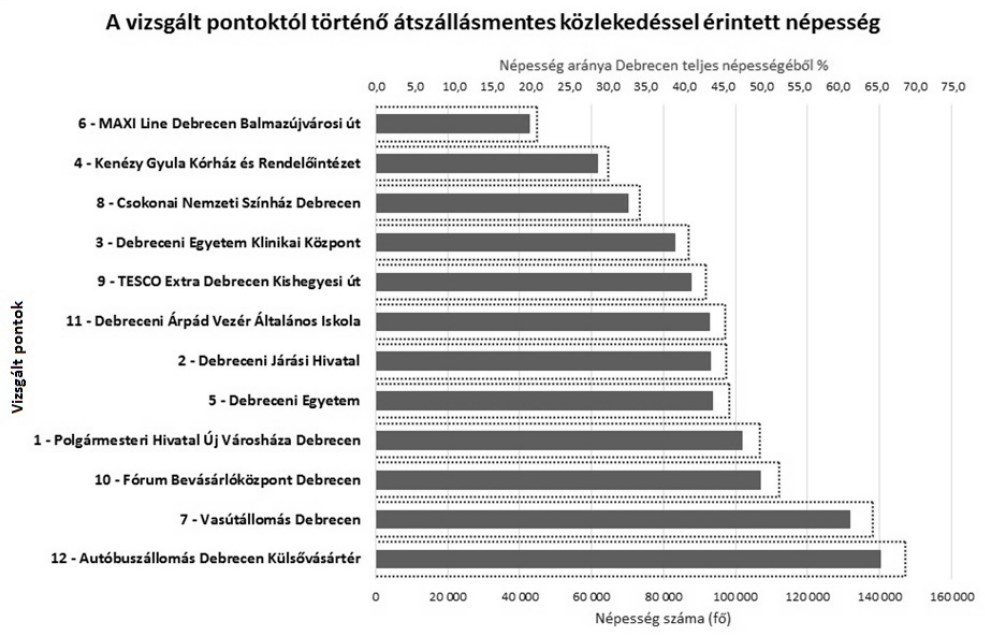
1. ábra Átszállásmentes elérhetőség az Új Városházától (1. pont), valamint Debrecen népsűrűsége 1000 lakosonként vett voronoi cellákkal. Forrás: Geox Kft. adatai alapján saját szerkesztés

csomópont és ipari területen lévő egység is megtalálható, így a kis mennyiséghez képest diverzifikált szolgáltató helyek szerepelnek a vizsgálatban. A hálózathoz azokat a viszonylatokat kapcsoltam, melyek útvonalai érintik a szolgáltatások közvetlen közelében lévő megállókat. Megvizsgáltam, hogy Debrecen mintegy 190 km hosszú helyi vonalhálózatából e vonalak mekkora arányban veszik ki részüket, valamint azt is, hogy a város népességéből mennyien érik el e közvetlen járatokat (*1. ábra*). A releváns népességi adatokat a fent említett módon megalkotott területek figyelembevételével összegeztem így alkotva adatot a népesség és a közlekedés kapcsolatában.

Népességi eredmények

A népességi adatokat a QuantumGIS voronoi celláiból kinyerve összevetettem egymással, az egyes intézményeket az átszállásmentesen elérhető népesség számával és arányával. A teljes népességre 203.491 főt kaptam (ami többé-kevésbé megfelel a valósnak), az érintett voronoi cellák értékét minden esetben ezt az értéket figyelembe véve számoltam ki.

A leggyengébb eredménnyel a MAXI Line rendelkezik, a népesség alig több, mint 20%-a éri el átszállásmentesen (*2. ábra*). Negatívum, hogy a MAXI Line adja a Nyugati Ipari Parkra vonatkozó adatot, amely számos ipari munkahelyet is jelent, nem kimondottan csak ezt az egy vállalatot. A második leggyengébb



2. ábra A vizsgált pontoktól történő átszállásmentes közlekedéssel érintett népesség. A tömör sávok a népesség számát, a szaggatott sávok a népesség arányát jelölik százalékban kifejezve. Forrás: saját szerkesztés.

eredménnyel a Kenézy Gyula Kórház bír, hiszen viszonylag kevés járat érinti, jobb eredményeket csak nagyobb rágyalogolással érne el, azonban jelen kutatásban azokat figyelmen kívül hagytam a releváns viszonylatok meghatározásánál. Pozitívum ugyanakkor, hogy a megállót legfőképpen érintő 42-es, 42A-s és 43-as autóbuszok a Nagyállomásról hétköznap negyedóránkénti összetett követési idővel rendelkeznek, azaz a viszonylatok száma relatíve kevés, a gyakoriságuk viszont kedvezőbb. A sorban a harmadik a Csokonai Nemzeti Színház alig 70.000 fő közvetlen elérésével, amely azonban érdekes ezzel az eredménnyel. Az eredmény csalódás annyiból, hogy a Színház – és a nevét viselő megállók is – Debrecen fontos kelet-nyugat irányú (Széchenyi utca – Kossuth utca) tengelyén találhatóak, a helyi közforgalmú közlekedésnek pedig szintén fontos eleme. Azonban azt szemlélve már kevésbé meglepő az alacsony arány, hogy a Csokonai Színház megállókat érintő vonalak nagy része a tócóskerti Vincellér utca decentrumból indul, így az érintett viszonylatok az egyik irányban lényegében ugyanazt a területet tárják fel, a Derék utca vagy az István út felől, a Vámospércsi út irányába pedig ugyanezen viszonylatok közlekednek, ugyanazon (vagy hasonló) nyomvonalon viszonylag hosszan (pl. 25–125Y, 41–41Y, 45).

A lista másik oldalán a két távolsági közlekedéssel érintett csomópont van a legjobb helyzetben (*2. ábra*). A Külsővásártéren található helyközi autóbusz-állomást 140.327 fő éri el átszállásmentesen, ami Debrecen lakosságának több, mint kétharmada. E mögött lemaradva, de szintén kimagasló értékekkel bír a Nagyállomás, melyet 131.736 fő ér el utazásának átszállás szüksége miatti megszakítástól mentesen. A Nagyállomás úgy marad el a helyközi autóbusz-állomás eredményétől, hogy decentrum lévén az egyik legfontosabb helyi közlekedési csomópont, napi többezer járatindítással (Hegedűs 2018), a helyközi autóbusz-állomás pedig „csak" helyközi állomás, a helyi vonalak mindössze áthaladnak rajta.

Az adatok mögötti átlag a lakosságszámot tekintve 92.079 fő, ami 45,2%-nak felel meg. Mivel mindössze ezzel a tizenkettő intézménnyel, és csak Debrecenre vonatkozóan készítettem el ezt a vizsgálatot, így értelemszerűen ezek az értékek érdemben nem összevethetők más adatokkal, így önmagában értelmezhető.

Hálózati eredmények

A hálózati eredmények kapcsán elsősorban annak kiterjedése, valamint a népességi adatokhoz kapcsolódó elemzése jelenik meg. A következő fejezetben megvizsgálom az egyes szakaszok hosszát, és azt, hogy az előző fejezetben történő népességi összehasonlítással összevetve milyen a kapcsolat az adott hálózati elemek hossza és az érintett népesség között.

A két adatsor – releváns hálózati elem hossza és az érintett népesség – között 0,877 a korreláció, mely relatíve erős, párhuzamos korreláció. Ez azt jelenti, hogy elég releváns kijelenteni, hogy minél hosszabb nyomvonalon terülnek el az érintett viszonylatok, annál több lakoshoz jut el az átszállásmentes utazási lehetőség. A 0,877-es érték azonban arra is alkalmas, hogy elég gyenge legyen ez a kapcsolat további

vizsgálatok elvégzésére. Az érték kapcsán elsősorban az lehet előzetes feltevés, hogy nagy kis népesség mellett a hálózat hossza magas, hogy számos kertvárosi és külterületi vonal tartozik az adott ponthoz. Magas népesség és kis hálózati hossz mellett pedig lakótelepi, belvárosi szakaszokra történhet asszociáció.

Debrecen helyi közforgalmú hálózata közel 190 km-es hálózattal rendelkezik (DMJV Mobilitási Terv 2016), a vizsgált hálózati egységek közül a leghosszabb a mintegy 114 km-t lefedő Nagyállomásé, szemben a lakosságot legnagyobb arányban érintő helyközi autóbusz-állomással, amelyhez tartozó vonalak hosszértéke a Nagyállomás értékének mindössze 76%-a. A Nagyállomás kimagasló értékéhez tartozik, hogy számos, alacsony lakósűrűségű terület mellett hosszú nyomvonalon közlekednek járatok – azonos mennyiségű népesség eléréséhez nagyobb útvonalat kell bejárni –, mint a 37-es Halápra, a 39-es Szepesre, vagy a 30-as járatcsalád Bánk irányába.

Amennyiben a voronoi cellák és az érintett vonalhálózat viszonyát tekintjük, szintén több észrevétel leszűrhető. A 237-ből 26 olyan voronoi cella van, amely nem kapcsolható valamely viszonylathoz, tehát nem érhető el valamely vizsgált pontból átszállás nélkül. A népességet tekintve ez mindössze 17.757 főt jelent, amely Debrecen lakosságának 8,7%-a. A *3. ábrát* megfigyelve látható, hogy területileg leginkább a külső, kertségekben vagy külterületen található helyek tartoznak ide, melyek relatíve gyér lakossággal bírnak. Esetükben azok a területek vagy nem rendelkeznek a tizenkettő vizsgált pontra vonatkozóan átszállásmentes helyi közlekedéssel, vagy semmilyen közforgalmú közlekedéssel sem bírnak. A másik részt azok a területek alkotják, melyek beékelődnek az érintett vonalak közé többek között Gerébytelep,



3. ábra Átszállásmentes elérhetőségű közforgalmú vonalak, valamint a valamely viszonylat által érintett és egyik viszonylat által sem érintett voronoi cellák. Forrás: Geox Kft. adatai alapján saját szerkesztés

Akadémiakert, Kincseshegy, és Tócóskert városrészekben, és talán más – például egész városrészre vonatkozó, vagy területi – lehatárolás szerint beleesnének az érintett területek (és népesség) körébe.

Konklúzió

Az átszállásmentes közlekedés kapcsán – természetesen a vizsgált intézményeket, szolgáltatásokat figyelembe véve – megállapítható, hogy Debrecen helyi közforgalmú közlekedésében a lehetőség intenzíven jelen van, hiszen adott helyre akár a város lakosságának kétharmada is eljuthat az utazása megszakítása nélkül.

A lehetőség kiaknázása természetesen függ a kiindulási és célállomástól, de a belváros megközelíthetőségét nagyban segíti a számos átmérős jellegű viszonylat, melyek a belvárost – valamilyen forgalmas ponton vagy szakaszon – keresztezik, illetve áthaladnak rajta a város egyik feléből a másikba közlekedve. Megállapítható továbbá, hogy van kapcsolat az érintett vonalhálózati részek hossza és az általuk érintett népesség között, ugyanakkor a statisztikai adatok mögött lévő összefüggések is segíthetik, a lehatárolási metódusok pedig differenciálhatják az értelmezést.

Felhasznált irodalom

Bói L. (2014): Két középvárosi vonzáskörzet (Karlsruhe és Debrecen) közlekedési modelljeinek értékelése. Doktori disszertáció, Debrecen, 149 p.

Debrecen Fenntartható Mobilitási Terve (2016). TRENECON Tanácsadó és Tervező Kft. p. 170. Forrás: http://portal.debrecen.hu/upload/File/Hirek/Mobilitasi_terv_%20tarsadalmi_egyeztetes.pdf . Elérés: 2019.03.25.

Glász A. (2017): Városon belüli közlekedési és kerékpározási szokások kérdőíves felmérése. Közlekedéstudományi Konferencia 2017. pp. 537–543.

Hegedűs L. (2018): Debrecen helyi közforgalmú közlekedésének 25 éve (1992–2017). Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában. pp. 137–143.

Kecskésné Völgyi. Á. (2012): A városi közforgalmú közlekedés kialakulása és jelenlegi helyzete a debreceni közösségi közlekedés példáján. Doktori disszertáció, Debrecen, 192 p.

Kiss B. (2016): A közösségi közlekedési elérhetőség összehasonlító vizsgálata Miskolc példáján. OTDK dolgozat, Debrecen, 51 p.

Talajban tárolt szennyezőanyag mennyiségének becslése RockWorks program segítségével

Karancsi Gergő[1] – Baranyi Imre[2] – Lázár Vilmos[3] – Balla Dániel[4]

[1] Egyetemi hallgató, Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Komputergrafika és Képfeldolgozás Tanszék, karancsigeri@gmail.com
[2] Egyetemi hallgató, Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Komputergrafika és Képfeldolgozás Tanszék, baranyi0501@gmail.com
[3] Egyetemi hallgató, Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Komputergrafika és Képfeldolgozás Tanszék, vili.lazar@gmail.com
[4] Egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem, Informatikai Kar, Komputergrafika és Képfeldolgozás Tanszék, balla.daniel@inf.unideb.hu

Abstract: The aim of this study is to demonstrate the preparation tasks of planning a damage control program related to a harmful environmental event, that is the decision preparation, support and planning and assessment phases required in case of a complex environmental issue. The goal was to establish a plan to improve the condition of the environment in a way that is effective resource preserving.

Bevezetés

A környezetföldtan legfontosabb feladatai közzé tartozik a felszín alatti környezetben található, különböző halmazállapotban előforduló szennyezőanyag felderítése, vizsgálata, valamint a szennyezőanyag mennyiségének meghatározása (Szabó et al. 2016). Ehhez azonban nem elég az elemző és alkalmazott földtan eszköztára, hanem szükség van a társtudományok módszereire és eredményeire is. Ezért a feltárt ismeretanyag térbeli vonatkozásainak vizuális reprezentációjára a tematikus kartográfia tudományát kell segítségül hívni (Albert 2004, 2005). Azonban a földtani térképek számítógépen való megjelenítése már új dimenziók lehetőségét is magában hordozza (Turczi et al. 2004).

Jelen tanulmány célja, bemutatni egy valós környezeti káreseményhez kapcsolódó mentesítés tervezésének előkészítő munkálatait, azaz egy komplex környezeti probléma megoldásához szükséges döntés-előkészítő, döntés-támogató, tervező, értékelő munkafázisát. A tervezés során a végső feladat az volt, hogy a környezet állapotának javulása erőforrás kímélő módon, mégis hatékonyan legyen megoldható.

Anyag és módszer

Mintaterület bemutatása

A környezetvédelmi kármentesítés konkrét vizsgálati területe közel 20 000 m^2 kiterjedésű. Hosszabb, észak-déli oldala 200 m kiterjedésű, míg rövidebb oldala

100 m hosszúságú, keleti-nyugati tájolású. Funkcióját tekintve a vizsgálati területet iparterületként hasznosították. Szomszédságában É-on lakóövezet található, míg K-i, D-i és Ny-i kiterjedésében az iparterület többi részével határos. Mivel a területen már a bontási- és földmunkálatok a tanulmány kezdete előtt megkezdődtek, így az eredeti terep csak részben maradt fenn. De ebből is következtethető volt, hogy az eredeti felszín erősen bolygatott, mesterséges kiképzésű, jelentős részen feltöltéssel vastagon borított. Eredeti talajtakarója az É-i részén egy nagyon kis területen maradt meg nyomokban. A terep az épületek irányából az alacsonyabb fekvésű területek felé lejt. A sok épületnek és egyéb műtárgynak köszönhetően rengeteg a burkolt felszín (aszfalt, beton). A helyszínen korábban működő iparterület volt, így kiépített közműhálózattal is rendelkezett (pl.: csatorna és egyéb vezetékhálózat, valamint ezek gyűjtőaknái). A talajra és talajvízre a savas és fekáliás csatornahálózat és gyűjtőaknák gyakorolták a legnagyobb szennyező hatást. Ezek esetleges sérüléséből, nem megfelelő vagy épp korrodált szigeteléséből eredően közvetlenül is tudták szennyezni a körülötte lévő, felszín alatti környezetet.

A kutatómunka a talaj részecskéihez tapadt szennyezőanyagok vizsgálatára irányul, de élesen nem választható el a felszín alatti vízben található és „tárolt" különböző szennyezőanyagoktól (oldott, valamint oldhatatlan fázis).

Az ipartelepen – a vizsgált terület kivételével – mai napig folyik a termelés, valamint ezzel párhuzamban a környezetvédelmi kármentesítés. Ezt figyelembe véve szenzitív adatokkal dolgoztunk, ennek szenzitivitását megtartva csak részletinformációkat tüntethetünk fel jelen munkában. Mivel a vizsgált vegyületek száma igen nagy (összes ásványi szénhidrogén, BTEX vegyületek, halogénezett alifás, és aromás szénhidrogének) és nagyobb részük szerves, kisebb csoportjuk szervetlen eredetű, ezért a szerves szennyezőket vettük fontosabbnak. Ezen vegyületekre mindre külön-külön van „B" szennyezettségi határérték, illetve „D" kármentesítési határérték (Internet2). Azonban a kezelhetőség végett a szennyezőanyagok összegét vettük alapul a modellezés során. A kutatómunkában a szennyezett terület lehatárolásánál fontos szempont volt a „D" határértéket meghaladó vegyületek horizontális kiterjedése. A különböző vegyületek kármentesítési határérték feletti, ábrázolt területi grid-jeit egymásra vetítve, egy egységes, szennyezett területet tudtunk lehatárolni.

Terepi mintavételezés

A vizsgálati terület litológiai, hidrogeológiai viszonyainak megismerésére, valamint a felszín alatti közeg(ek) környezeti állapotának feltárása érdekében nagyszámú sekélyföldtani fúrás létesült (115 darab). A terepi mintavételezés során, a fúrószárról 1000–1500 gramm talajminta lett megvéve. A megvett talajminták egy része a Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének szedimentológiai laboratóriumában lett feldolgozva.

1. táblázat A vizsgálati terület térfogattömegei különböző litológiai képződményekben (Internet1)

Litológia	**Térfogattömeg (t/m³)**	**Térfogattömeg (kg/m³)**
Agyag	2,0	2000
Agyagos kőzetliszt	1,9	1900
Ágyazati kavics	1,6	1600
Feltöltés	1,6	1600
Homok	1,9	1850
Homokos kőzetliszt	1,9	1900
Kőzetliszt	1,9	1900
Kőzetlisztes agyag	2,0	2000
Kőzetlisztes homok	1,9	1850
Szilárd burkolat (aszfalt, beton)	2,4	2400
Talaj	1,6	1600

Hidrogeológiai paraméterek számítása (térfogattömeg)

A térfogattömeg a talajszemcsékhez kötött szennyezőanyag mennyiségének meghatározásához elengedhetetlen. Ez az a mérőszám, amelyet a talaj tömörödöttségi, illetve lazultsági állapotának kifejezésére leggyakrabban alkalmaznak, és az egységnyi térfogatú eredeti állapotú abszolút száraz talaj tömegét jelenti (Internet1).

A talajban tárolt szennyezőanyag mennyiségének becslése

RockWorks programmal a talajban tárolt szennyezőanyag mennyisége (M) az alábbi empirikus képlettel számolható ki:

$$M_{sz.a.\ddot{o}sszes} = V_v \sum_{i=1}^{n} \rho_i c_i$$

ahol a V_v a voxel térfogata, a ρ_i az adott litológiai egységre számolt térfogattömeg, míg c_i az adott pontban mért koncentráció értéke. Kibontva a képletet, az a következőképp néz ki:

$$M_{sz.a.\ddot{o}sszes} = V_{\rho 1}\rho_1 c_1 + V_{\rho 2}\rho_2 c_2 + \ldots\ldots + V_{\rho n}\rho_n c_n$$

azaz, mivel

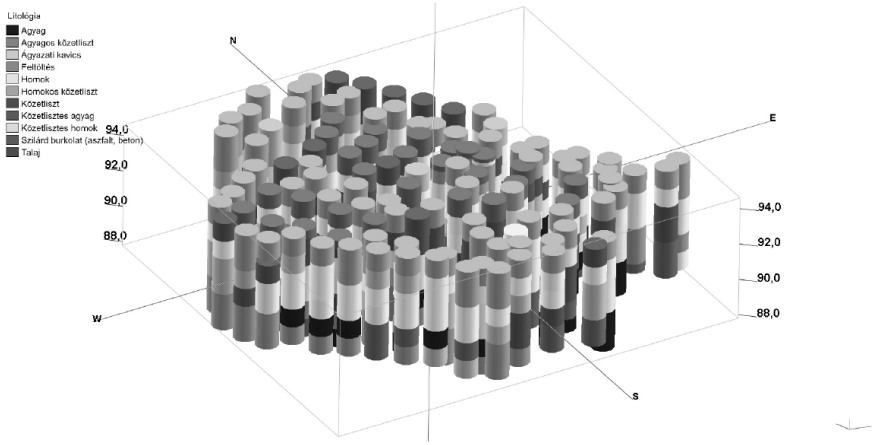
$$V_{\rho 1} = V_{\rho 2} = \ldots\ldots = V_{\rho n}$$
$$M_{sz.a.\ddot{o}sszes} = V_{p1}(\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2 + \ldots\ldots + \rho_n c_n)$$

Eredmények

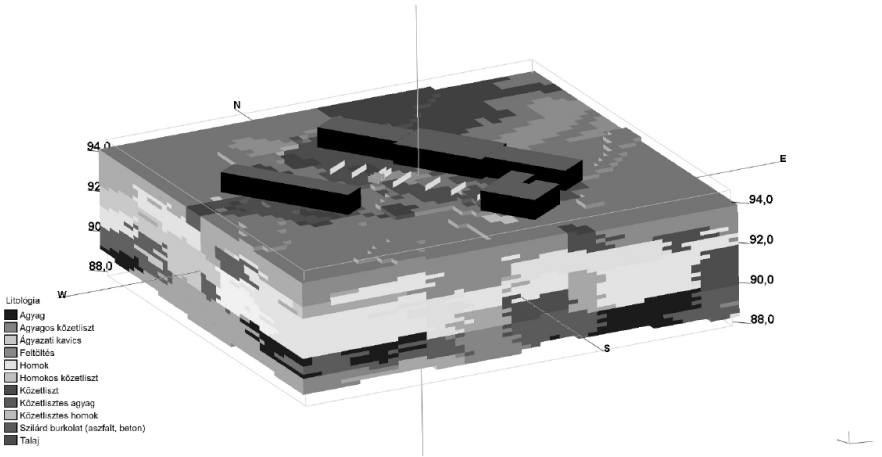
Litológiai modell készítése RockWorks alkalmazásával

Ahhoz, hogy a kutatómunkában kitűzött feladatokat el tudjuk végezni, különböző modelleket kellett létrehozni a rendelkezésre álló adatokból. Ilyen alapvető információt tartalmazó modell a vizsgálati területről készített ún. litológiai modell. Ennek építéséhez a fúrási rétegsorok litológiai adatait kellett a RockWorks bemeneti adatbázisába tárolni.

A vizsgálati területen 115 darab sekélyföldtani fúrás rétegsora lett betáplálva a RockWorks bemeneti adatállományába. A területen található fúrások elhelyezkedését és fúrólyuk szerinti rétegsorát az *1. ábra* mutatja be. A mintavételi pontokból készített interpolált modellt a *2. ábra* szemlélteti.



1. ábra A mintaterületen létesített pontok 3D fúrási rétegsora (10x túlmagasítással)



2. ábra A mintaterület fúrási adataiból elkészült 3D litológiai modellje épülettel, műtárggyal (10x túlmagasítással)

A litológiai modellekből jól látszódik a vizsgált terület felépítése. A kapott modellen kivehető, hogy a felső, kb. 2 méter (94,0 – 92,0 méter között) antropogén, bolygatott térrész. Ez jól reprezentálja, hogy antropogén hatás érte ezt a mélységközt, például a tartályparkok, valamint kisebb épületek alapozása, továbbá a közműhálózat és különböző ipari víz- és nyomóvezetékek kiépítése.

A 92,0 és 90,0 méter közötti mélység homokos, homokos kőzetlisztes, kőzetlisztes → porózus jellege miatt a felső víztartó réteget képezi a vizsgált területen.

A következő, jól lehatárolható réteg 90,0–88,0 méter között helyezkedik el. Ez kevésbé porózus, kompaktabb, tömörebb agyag, agyagos kőzetliszt alkotja, amit az első vízzáró réteg a területen, ami a vertikális vízmozgást jelentősen befolyásolja.

A vizsgált terület litológiai modellből számított talajtípusok eloszlását a *2. táblázat* szemlélteti részletesen.

A talajban tárolt szennyezőanyag becsléséhez egyetlen egy koncentráció modellt, valamint egy térfogattömeg *solid model*-t kellett megalkotni, majd ezek szorzatát összeszorozni a voxel térfogatával.

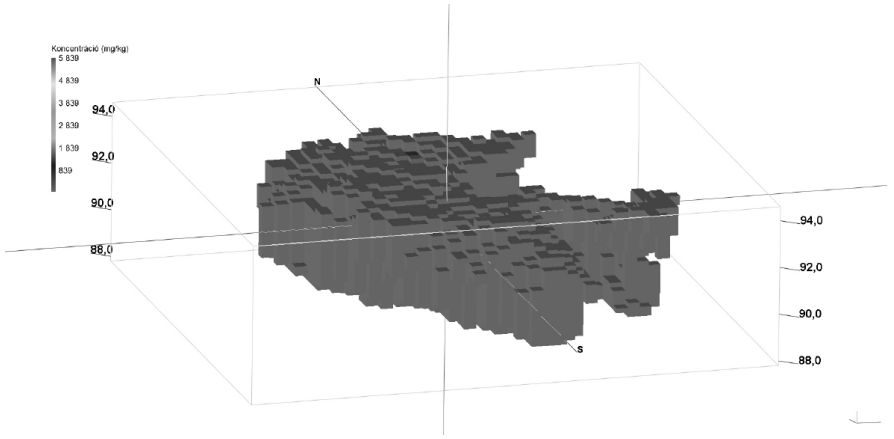
A két modell a *Borehole Manager → I-Data → Model* programrészében készült el. A készítés során a felső szűrő a vizsgált terület felszínéről alkotott grid, míg alsó szűrőt a talajvíztartó réteg alsó, összefüggő agyagrétege/*grid*je, azaz a sekélyfúrások talpmélységeit összekötő felület fogja alkotni. Algoritmusában *anozitrópitás* lett felhasználva. Ezt követően lett elkészítve a szennyezőanyag koncentráció *solid model*-je, majd a vizsgálati terület térfogattömegének 3D-s eloszlását ábrázoló modell.

2. táblázat: A vizsgálati terület litológiai típusainak mennyisége és százalékos eloszlása

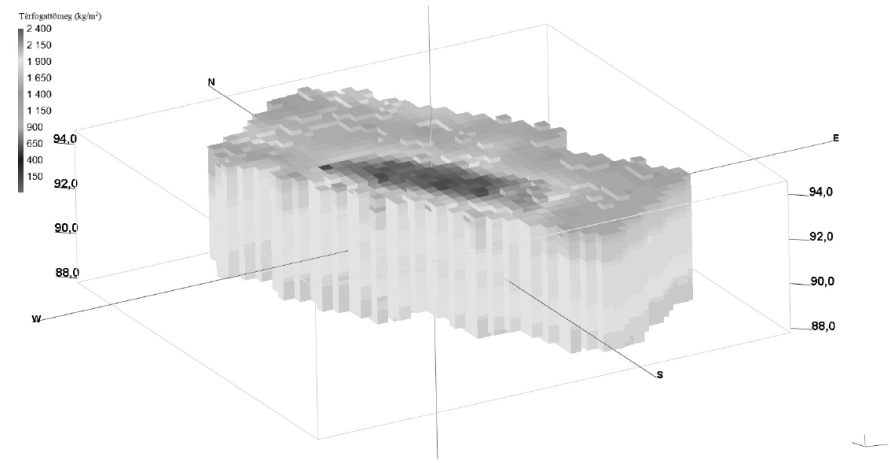
Litológia	**Térfogat (m^3)**	**Térfogat (%)**
Agyag	28 210	11
Agyagos kőzetliszt	15 360	6
Ágyazati kavics	30	0,01
Feltöltés	37 895	15
Homok	50 785	20
Homokos kőzetliszt	21 620	8,5
Kőzetliszt	44 425	17,5
Kőzetlisztes agyag	16 550	6,5
Kőzetlisztes homok	32 080	12,5
Szilárd burkolat (aszfalt, beton)	6 085	2,5
Talaj	1 405	0,5
∑	254 445	100

A talajmintákból megvett, majd kémiai vizsgálatok során kimutatott szennyezőanyagok koncentrációjából készített 3D-s modellen jól látható (*3. ábra*), hogy a mintaterület középső részén ábrázolható a talajban kötött szennyeződés. Ezek fő forrása a gyárépületek, illetve a tartályparkok, valamint ezek összeköttetését szolgáló ipari- és közművezetékek. Továbbá a modellen megfigyelhető a litológiai tényezők hatása, ugyanis a porózusabb kőzetekben kevésbé, míg a kötöttebb talajfajtákban (agyag, agyagos kőzetliszt) jobban felhalmozódnak a szennyezőanyagok. Kivételek, ahol folyamatos szennyezés áll fenn, például épületek műszaki állapotának romlása, csővezetékek hibája, korrodálása.

A térfogattömeg vizsgálatokból készült 3D-s modellen kivehető a mintaterület litológiai vertikális változatossága (fentről lefelé nő) (*4. ábra*), valamint jól szembetűnik a modell közepén található tartálypark beton és vasbeton alapzatának elhelyezkedése. A litológiai modellhez képest ez a modell is homogénebb megjelenésű.



3. ábra A vizsgált terület talajának szennyezőanyag (mg/kg) eloszlás modellje (10x túlmagasítással)



4. ábra A vizsgált terület talajának térfogattömeg (kg/m³) ábrázolása (10x túlmagasítással)

A modellek elkészítése után a szorzás következett. Ahol a fentiekben kapott két darab *solid model*-en kell matematikai szorzást eszközölni. Az így kapott szorzateredményből kiolvasható, hogy a 2 mg/kg határérték feletti összes szennyezőanyag értéke, ami 2.139.300.173,22 mg/m^3, ahhoz, hogy megkapjuk a vizsgálati terület talajában tárolt szennyezőanyag mennyiségét meg kell szorozni a voxel térfogatával, azaz 5 m^3. Az így kapott eredmény 10,7 tonna.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az „Integrált kutatói utánpótlás-képzési program az informatika és számítástudomány diszciplináris területein" (EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00002) című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

Albert G. (2004): Földtudományok eredménye „kézzelfoghatóan": földtani túratérkép. Geodézia és kartográfia, LVI. évf., 2004/7, pp. 27–30.

Albert G. (2005): Töréses szerkezetek modellezési módszerei. A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 2004, pp. 97–107.

Szabó G. – Bessenyei É. – Hajnal A. – Csige I. – Szabó G. – Tóth C. – 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 Pollution, 227(2), pp. 1–13.

Turczi G. – Albert G. – Havas G. – Tisza A. (2004): Construction and application of a geological 3D model at the Bátaapáti (Üveghuta) Site. Földtani térmodell építése és alkalmazása a Bátaapáti (Üveghutai) telephelyen. A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 2003, pp. 285–298.

Internetes forrás

Internet1 – http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0010_1A_Book_02_Alkalmazott_talajtan/ch02.html Letöltés ideje: 2018. március.

Internet2 – https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A0900006.KVV Letöltés ideje: 2018. január.

FORESEE: egy publikus meteorológiai adatbázis a Kárpát-medence tágabb térségére

Kern Anikó[1] – Dobor Laura[2] – Horváth Ferenc[3] – Hollós Roland[4] – Márta Gergely[5] – Barcza Zoltán[6,7]

[1] tudományos munkatárs, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Űrkutató Csoport, anikoc@nimbus.elte.hu
[2] tudományos munkatárs, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, dobor.laura@gmail.com
[3] biológus-mérnök, MTA Ökológiai Kutatóközpont, Tudásbázis és e-Infrastruktúra Csoport, horvath.ferenc@okologia.mta.hu
[4] PhD hallgató, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, hollorol@gmail.com
[5] vezető fejlesztő, ViaMap Kft., marta.gergely@viamap.hu
[6] egyetemi docens, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Meteorológiai Tanszék, zoltan.barcza@ttk.elte.hu
[7] tudományos munkatárs, Faculty of Forestry and Wood Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, zoltan.barcza@ttk.elte.hu

Abstract: The FORESEE (Open Database for Climate Change Related Impact Studies in Central Europe) database is a freely available meteorological database containing observed and projected daily maximum/minimum temperature and precipitation fields for Central Europe on a regular grid with a spatial resolution of 1/6° × 1/6°, covering the 1951–2100 time period. For the past 1951–2018 period, FORESEE v3.1 provides observation-based interpolated meteorological fields for the wider region of the Carpathian Basin, while the future climate is represented by the results of 10 bias corrected regional climate models, driven by the A1B emission scenario. Daylight average temperature, vapour pressure deficit shortwave radiant flux was calculated on the same grid using the widely validated MTClim model and supplements the basis dataset.

Bevezetés

A meteorológiai adatok iránti igény drasztikus növekedésének lehetünk szemtanúi az utóbbi évtizedekben. A szűkebb szakmai körökön kívül a gazdasági élet szereplői és a döntéshozók is alapvetően függenek a megfelelő minőségű és dokumentáltságú, lehetőleg ingyenesen elérhető meteorológiai adatoktól.

Az éghajlatváltozás lehetséges hatásainak feltérképezése a természetes környezetünk és a gazdaság számos területe szempontjából alapvető fontosságú. Az időjárás lehetséges jövőbeli alakulása regionális klímamodellek (RCM-ek) segítségével számszerűsíthető, azonban ezen modelleredmények minden esetben hibával terheltek. Az eredmények gyakorlati hasznosítása miatt ezen adatokat korrigálni kell. A korrigált klímamodell eredmények használhatók a várható változások becslésére pl. a hidrológia, ökológia, üvegházhatású gázok kibocsátása, erdő-, mező- és gyepgazdálkodás területén, azonban ezen tudományterületek mindegyikére igaz, hogy a múltra vonatkozó adatok megfigyelésen kell alapuljanak, míg a jövőre vonatkozóak modelleken, és mindez konzisztens módon kell megtörténjen. Jelenleg

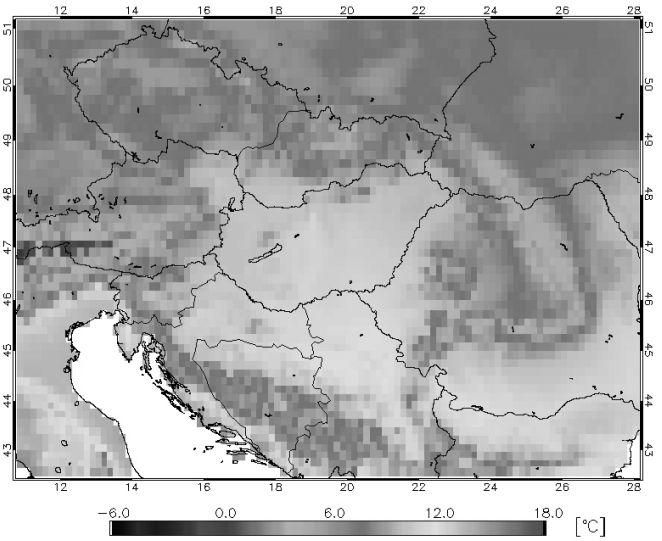
ilyen, a végfelhasználók igényeit szem előtt tartó adatsorok csak igen korlátozott mennyiségben léteznek.

A fent vázolt problémák és hiányosságok áthidalására jött létre a FORESEE (Open Database for Climate Change-Related Impact Sudies in Central Europe) adatbázis első verziója 2015-ben (Dobor et al. 2015). Jelen munka a FORESEE továbbfejlesztését és kibővítését mutatja be.

Az adatbázis leírása

A FORESEE egy publikus meteorológiai adatbázis, mely interpolált napi minimum- és maximum-hőmérsékletet, illetve napi csapadékösszeg adatokat tartalmaz 1/6° × 1/6°-os rácsfelbontással a Kárpát-medence tág térségére az 1951–2100-as időszakra vonatkozóan (Dobor et al. 2015). Az adatbázist további származtatott mennyiségek teszik teljessé: nappali átlaghőmérséklet, nappali átlagos globálsugárzás és nappali átlagos vízgőz telítési hiány. Fontos megemlíteni, hogy a származtatott mennyiségek becslése az alapadatokkal konzisztens módon történik. Az adatbázis két részből tevődik össze: egyrészt interpolált megfigyelési adatokból 1951-től az utolsó frissítés évéig (jelenleg 2018-ig), másrészt a jövőre vonatkozó hibakorrigált projekciókból 2100-ig az utolsó megfigyelési évtől kezdődően, folytatólagosan. Az adatbázis által lefedett földrajzi területet szemlélteti az *1. ábra*.

A FORESEE megfigyelési adatai alapjául az E-OBS adatok szolgálnak, melyek első verziói 0,25° × 0,25°-os szabályos rácsra interpolált napi mérési adatok voltak (Haylock et al. 2008). Ennek az adatsornak a napi értékeit egy másik, az 1/6° × 1/6°-os felbontású CRU TS 1.2 (Climate Research Unit, Mitchell et al. 2004) havi szintű adataival korrigáltuk rácspontonként a FORESEE 2.3-as verziójáig oly módon,



1. ábra A FORESEE adatbázis által lefedett terület. Az 1971-2000-es időszakra vonatkozó napi átlaghőmérsékleti mező

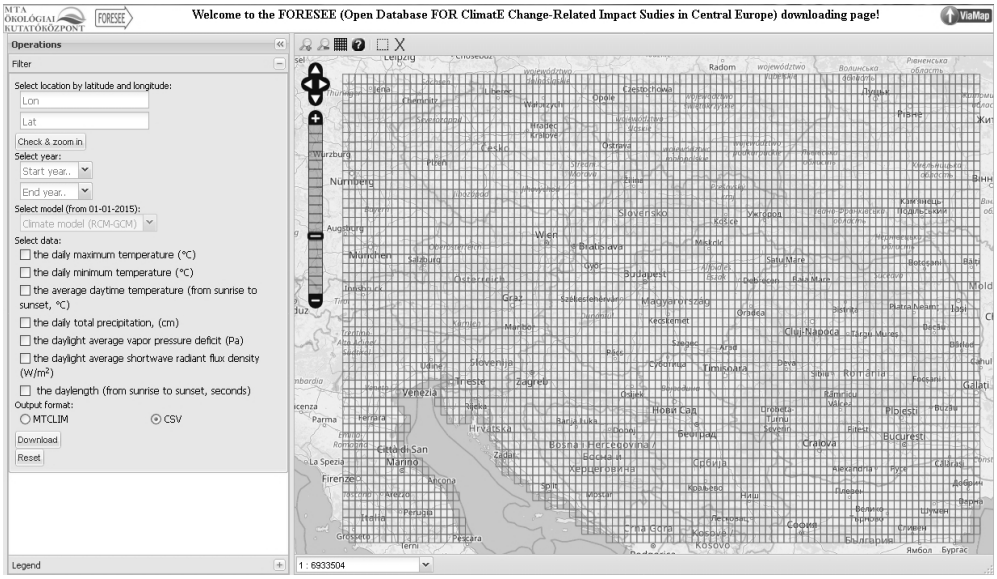
hogy a származtatott havi hőmérsékleti átlagok és csapadékösszegek megegyezzenek a CRU értékeivel. Ez az eljárás tehát egy, az E-OBS és a CRU adatbázis kapcsolatát leíró havi szintű korrekciós faktor alkalmazását jelentette. Tekintve azonban, hogy a CRU adatbázis az 1901–2000-es időszakot fedi csak le, ezért az a 2000 utáni időszak aktuális korrekciójára már nem alkalmas. Ezt kiküszöbölendő a korrekciót 2000 után az első 50 év korrekciója során meghatározott átlagos, havi szintű korrekciós faktorok segítségével végeztük el, mely így pontosan az átlagos hatásoknak, elsősorban a domborzatnak megfelelően korrigálta az adatokat.

Az adatbázis jövőre vonatkozó része 10 különböző hibakorrigált (más szóval bias-korrigált) regionális klímamodell eredményeit tartalmazza 2100-ig, melyek az ENSEMBLES FP6 projekt (Van der Linden – Mitchell 2009) eredményeiként álltak elő A1B emissziós szcenáriókat használva. A felhasznált regionális modellekről és azok globális meghajtó-modelljeikről bővebb információt a FORESEE honlapja alatt, vagy Dobor et al. (2015) munkájában találhatunk. A bias-korrekció egyedülálló módon korrigálja a csapadék időbeli frekvenciáját is, ami a hatásvizsgálatok szempontjából kiemelt jelentőségű (gondoljunk itt a növénymodellek vagy a hidrológiai modellek input-igényére).

Az adatbázist alkotó három alap meteorológiai változót tartalmazó 33 fájl (3 megfigyelési + 3×10 szcenárió) együttes mérete ~22GB. A létrehozott adatbázis 6 országot fed le teljes egészében: Bosznia és Hercegovinát, Csehországot, Horvátországot, Magyarországot, Szlovákiát, és Szlovéniát.

Az alap meteorológiai adatokon túl a FORESEE adatbázis tartalmaz nappali átlagos vízgőz telítési hiányt (VPD (*vapour pressure deficit*), [Pa]), nappali átlagos hőmérsékletet [°C], és nappali átlagos rövidhullámú sugárzást, más néven globálsugárzást [W/m^2] is, melyeket az MTClim model segítségével származtatunk a napi szintű adatokból (Thornton et al. 2000).

A FORESEE adatbázis az ELTE Meteorológiai Tanszék honlapja alatt létrehozott saját FORESEE honlapon keresztül érhető el (Internet1). A FORESEE honlap minden szükséges információ tartalmaz az adatbázissal kapcsolatban, továbbá a *„Latest news”* menüpont alatt az adatbázis frissítése is nyomon követhető. Az adatok kétféleképpen férhetők hozzá. (1) A teljes területet és időszakot lefedő eredeti NetCDF fájlok jelszóigénylés útján tölthetők le a három alap meteorológiai paraméterre (minimum- és maximum-hőmérséklet, illetve csapadék) külön a megfigyelési, és külön szcenáriónként a 2100-ig terjedő maradék időszakra. Ennek előnye, hogy az összes alap meteorológiai adat paraméterenként és szcenáriónként egy-egy fájlban található. (2) Ezzel szemben, ha valakinek csak kisebb területről (esetleg csak egy-egy pontra) van szüksége adatra, akkor érdemes a rácsponti lekérő felületet használni (*2. ábra*, Internet2), ahol az adatokhoz a felhasználó ASCII fájlok formájában jut hozzá. Ennek előnye, hogy a megfigyelési időszak és az adott szcenárióra vonatkozó adatok egyben vannak, a meteorológiai változók tetszés szerint kiválaszthatók, ráadásul az alap változókon túl itt választani lehet a származtatott nappali átlagos VPD és globálsugárzás, illetve nappali átlaghőmérséklet paraméterek közül is.



2. ábra A webes lekérő-felület (Internet2)

A FORESEE adatbázis 2012-ben jött létre 1.0-ás verziószámmal, mely még az E-OBS 7-es verziójú adataira épült. Azóta a folyamatos frissítések során újabb és újabb hibák kerültek javításra, melyek elsősorban az E-OBS adatokkal kapcsolatos problémák miatt léptek fel. A jelenlegi 3.1-es FORESEE verzió előtt az utolsó publikusan elérhető verzió a 2.3-as volt, melyben a megfigyelési adatok még csak 2016-ig terjedtek.

FORESEE 3.1 – a frissített adatbázis

A FORESEE legfrissebb, 3.1-es verziója több változtatás után jött létre. Egyrészt az adatbázis már egy újabb és javított E-OBS verzión (E-OBS-17.0e, Cornes et al. 2018) alapszik, mely 2018 áprilisában jelent meg. Ez az adatbázis ún. *ensemble*-átlag értékként adja meg a rácsponti adatokat, melynek köszönhetősen számos, a korábbi verzióban jelenlevő hiba és adathiány megszűnt az adatbázisban. Ez az új E-OBS 17.0e adatbázis kétféle térbeli felbontásban érhető el: egyrészt az előző verziók 0,25° × 0,25°-os felbontásával, másrészt egy immár finomabb, 0,1° × 0,1°-os felbontású rácson. A FORESEE 3.1-es adatbázis ez utóbbi, 0,1° × 0,1°-os felbontású verziójú E-OBS-17.0e adatokat használ, és 2019 januárja óta a 2018-as év is teljes egészében szerepel a létrehozott adatbázisban.

Tekintve, hogy az idő múlásával egyre távolabb kerülünk a CRU TS 1.2 adatbázis végétől, így egyre több év korrekciója pusztán az átlagos korrekciós faktorok segítségével tehető meg, ezért további változtatásként az új 3.1-es adatbázisban a teljes megfigyelési időszakra ezt a módszert alkalmaztuk annak érdekében, hogy növeljük az adatsor konzisztenciáját.

A létrehozott új 3.1-es, és az utolsó publikusan elérhető 2.3-as FORESEE verzió hőmérsékletadatait és csapadékösszegeit összevetettük mind a CarpatClim (Szalai et al. 2013), mind az eredeti CRU és E OBS adatokkal. Az összehasonlítás eredményei elérhetők a FORESEE honlapon. A több szempontú kiértékelés eredményeinek összefoglalásaként elmondhatjuk, hogy a 3.1-es FORESEE verzió határozottan jobb kapcsolatban áll a CarpatClim adatbázissal, mint a korábbi, 2.3-as verzió.

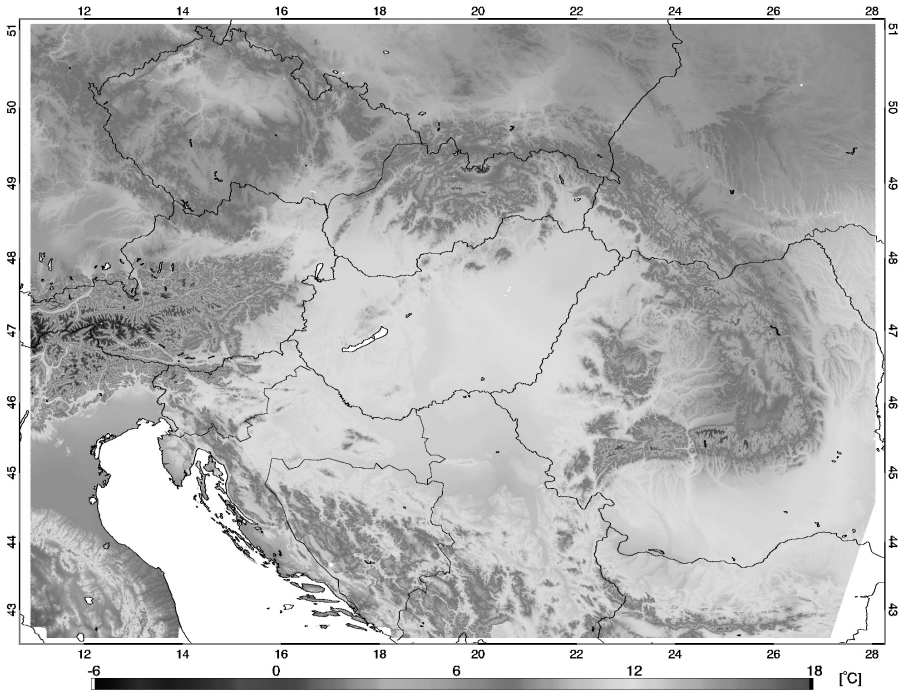
Alkalmazási területek

A létrehozott adatbázis számos projekt számára szolgált az elmúlt években is, és szolgál jelenleg is meteorológiai adattal.

Ide tartoznak a távérzékeléssel kapcsolatos munkák, ahol a műholdas adatok megkívánják a nagyobb térséget lefedő, szabályos rácson tárolt megbízható meteorológiai adatokat. Ilyen értelemben az adatok jól használhatók a vegetáció és az időjárás közötti kapcsolatok feltárására, ahol a vegetáció állapotának leírására távérzékelésből nyert indexeket alkalmazhatunk (pl. Kern et al. 2017). De ugyanígy egyértelműen hasznosnak bizonyulnak akár a terméshozam meghatározására felállított összetett modellekben is (Kern et al. 2018), melyek egyaránt használhatnak távérzékelésből származó és meteorológiai adatokat is.

A finomabb térbeli felbontású meteorológiai adatok kapcsán felmerülő igényeknek köszönhetően Kern et al. (2016) kidolgozott egy módszert, mellyel a FORESEE adatbázison úgy végezhető el térbeli interpolálás, illetve térbeli finomítás, hogy az algoritmus egyben figyelembe veszi a domborzat hatását is. Ennek megfelelően hőmérséklet esetén feltételezhetünk egy átlagos hőmérsékletcsökkenést a magassággal a sokéves átlagos vertikális hőmérsékleti gradiens figyelembevételével, míg csapadék esetén hosszabb időszakra vonatkozó, a csapadékmennyiség és a magasság között fennálló lineáris regressziós kapcsolatot alkalmazhatjuk a csapadék térbeli finomítására. Az így létrehozott finomabb felbontású adatok látványosan tükrözik a domborzatot, így jól használhatók a vegetációra vonatkozó távérzékelés alapú munkákhoz, ahol a felbontás a modern szenzoroknak köszönhetően egyre kisebb és kisebb. A NASA hivatalos *Level3* és *Level4* szintű MODIS produktumainak egységes 1 km × 1 km es felbontású szinuszoidális rácsára interpolált adatok felhasználására példa a *3. ábra*, ahol a 2000–2017-es időszak átlagos hőmérsékleti mezejének az 1 km × 1 km es MODIS rácsra interpolált, domborzatot figyelembevevő változatát láthatjuk. Az így előállított finomabb térbeli felbontású mező természetesen nem felelhet meg teljes mértékben a valós meteorológiai helyzetnek, azonban feltételezhetően jobban tükrözi a valóságot, mint a sima térbeli (pl. bilineáris) interpolálással kapott érték.

Egy másik fontos alkalmazási terület a Biome-BGCMuSo modell (Hidy et al. 2016) kiszolgálása meteorológiai adatokkal. A Biome-BGCMuSo egy hazai fejlesztésű biogeokémiai modell, amely tetszőleges szárazföldi növény produkcióját és üvegházhatású gáz mérlegét tudja szimulálni. Jelenleg az AgroMo projekt (Internet3) keretén belül hazai mezőgazdasági haszonnövények termésmennyiségét



3. ábra A 2000–2017-es időszak átlagos hőmérsékleti mezejének a hivatalos MODIS produktumok 1 km × 1 km es felbontású szinuszoidális rácsára a domborzat figyelembevételével előállított interpolált változata

modellezzük a FORESEE alapján. A munka különlegessége, hogy a fent említett webes felületről származó MTClim formátumú adatfájlok képezik a modell meteorológiai inputját, így néhány egyszerű művelettel a modell meteorológiai adatigénye kielégíthető. Az AgroMo keretén belül egy 0,1° × 0,1°-os szabályos rácsra interpoláltuk a FORESEE adatbázist a fent említett, tengerszintfeletti magasságot is figyelembe vevő módszerrel.

Összefoglalás

A FORESEE egy egyedülálló, konzisztens, és igen könnyen használható meteorológiai adatbázis, amit a frissítési gyakoriság és a dokumentáltság tesz egyedivé a régióban. A FORESEE egyik korlátja, hogy egyelőre csak az A1B szcenárió alapján készült klímaprojekciókat tartalmazza. Ezt a közeljövőben bővíteni szeretnénk oly módon, hogy a korszerű RCP szcenáriókkal készített RCM adatok is elérhetőek legyenek. Ennek egyik forrása az a fent említett AgroMo projekt lesz, ahol 8 különböző RCM futás készül két különböző RCP szcenárió szerint. A bias-korrekció elvégzése után az adatok a FORESEE honlapon keresztül elérhetőek lesznek.

Köszönetnyilvánítás

Az adatbázis frissítését és a ráépülő kutatásokat az OTKA FK-128709 számú pályázata támogatta. Az E-OBS adatsort az ENSEMBLES EU FP6 projektjének (http://ensembleseu.metoffice.com) és az ECA&D projektjének (http://eca.knmi.nl) köszönjük. További köszönet illeti a Kelet-Angliai Egyetem Climatic Research Unit egységének a CRU TS 1.2 adatsorért, és a CarpatClim projektnek a CarpatClim adatsorért.

Felhasznált irodalom:

Cornes, R. – Van Der Schrier, G. – Van Den Besselaar, E.J.M. – Jones, P.D. (2018): An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Datasets. J. Geophys. Res. Atmos., 123., pp. 9391–9409., doi:10.1029/2017JD028200

Dobor, L. – Barcza, Z. – Hlásny, T. – Havasi, Á. – Horváth, F. – Ittzés, P. – Bartholy, J. (2014): Bridging the gap between climate models and impact studies: The FORESEE Database. Geosci Data J, (2), pp. 1–12. DOI: https://dx.doi.org/10.1002/gdj3.22

Haylock, M.R. – Hofstra, N. – Klein Tank, A.M.G. – Klok, E.J. – Jones, P.D. – New, M. (2008): A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation. J. Geophys. Res (Atmospheres), 113, D20119, doi:10.1029/2008JD10201

Hidy, D. – Barcza, Z. – Marjanović, H. – Ostrogović Sever, M.Z. – Dobor, L. – Gelybó G. – Fodor, N. – Pintér, K. – Churkina, G. – Running, S. – Thornton, P. – Bellocchi, G. – Haszpra, L. – Horváth, F. – Suyker, A. – Nagy, Z. (2016): Terrestrial Ecosystem Process Model Biome-BGCMuSo v4.0: Summary of improvements and new modeling possibilities. Geoscientific Model Development, 9., pp. 4405–4437. doi:10.5194/gmd-9-4405-2016

Kern, A. – Marjanovic, H. – Barcza, Z. (2016): Evaluation of the quality of NDVI3g dataset against Collection 6 MODIS NDVI in Central-Europe between 2000 and 2013. Remote Sensing, 8(11), 955 p., doi:10.3390/rs8110955.

Kern, A. – Marjanovic, H. – Dobor, L. – Anić, M. – Hlásny, T. – Barcza, Z. (2017): Identification of Years with Extreme Vegetation State in Central Europe Based on Remote Sensing and Meteorological Data. South-east European forestry (SEEFOR), 8(1), pp. 1–20. (ISSN: 1847-6481, eISSN: 1849-0891) DOI: https://doi.org/10.15177/seefor.17-05

Kern, A. – Barcza, Z. – Marjanovic, H. – Árendás, T. – Fodor, N. – Bónis, P. – Bognár, P. – Lichtenberger, J. (2018): Statistical modelling of crop yield in Central Europe using climate data and remote sensing vegetation indices. Agricultural and Forest Meteorology, 260–261, pp. 300–320. doi:10.1016/j.agrformet.2018.06.009

Mitchell, T.D. – Carter, T.R. – Jones, P.D. – Hulme, M. – New, M. (2004): A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901-2000) and 16 scenarios (2001-2100). Tyndall Centre Working Paper 55; 30.

Szalai, S. – Auer, I. – Hiebl, J. – Milkovich, J. – Radim, T. Stepanek, P. – Zahradnicek, P. – Bihari, Z. – Lakatos, M. – Szentimrey, T. – Limanowka, D. – Kilar, P. –

Cheval, S. – Deak, Gy. – Mihic, D. – Antolovic, I. – Mihajlovic, V. – Nejedlik, P. – Stastny, P. – Mikulova, K. – Nabyvanets, I. – Skyryk, O. – Krakovskaya, S. – Vogt, J. – Antofie, T. – Spinoni, J. (2013): Climate of the Greater Carpathian Region. Final Technical Report. www.carpatclim-eu.org.

Thornton, P.E. – Hasenauer, H. – White, M.A. (2000): Simultaneous estimation of daily solar radiation and humidity from observed temperature and precipitation: an application over complex terrain in Austria. Agric. Forest Meteorol., 104, pp. 255–271.

Van der Linden, P. – Mitchell, J.F.B. (2009): ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Office; 160.

Internetes források

Internet1 – http://nimbus.elte.hu/FORESEE/index.html, Letöltés ideje: 2019. március.

Internet2 – http://nimbus.elte.hu/FORESEE/map_query/index.html, Letöltés ideje: 2019. március.

Internet3 – http://agromo.agrar.mta.hu/, Letöltés ideje: 2019. március.

Űrfelvétel-alapú változásvizsgálatok a Beregszászi-dombságon

Kinárov Krisztián[1] – Túri Zoltán Krisztián[2] – Gönczy Sándor[3]

[1] BSc hallgató, Földtudományi és Turizmus Tanszék, II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, kinarov.k@gmail.com
[2] adjunktus, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, turi.zoltan@science.unideb.hu
[3] docens, Földtudományi és Turizmus Tanszék, II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, gonczysanyi@gmail.com

Abstract: In the present work, we followed up the change of the land cover/land use of Beregovo Hills by high resolution satellite images. For the analysing of changes, we downloaded satellite images from Google Earth and Bing Maps published in 2005 and 2012. The study area was divided into polygons of different size and shape which were split into 10 categories of land cover. Then we compared the results of the two thematic maps.

Bevezetés

A mintaterület méretétől függően a felszínborítás és a tájszerkezet változásának vizsgálatához, az ökológiai célú területi tervezéshez, a gyakorlati táj- és természetvédelemhez, a tájértékeléshez és más szakterületekhez gyakran távérzékelt adatok vagy topográfiai térképek feldolgozásán alapuló felszínborítási és/vagy területhasználati adatbázisokat, tematikus térképeket alkalmazunk (Kollányi et al. 2012; Györgyövics – Kiss 2016; Kovács et al. 2017). A nemzetközi és nemzeti földmegfigyelő, földfelszín-monitorozó programok keretében előállított globális, regionális vagy lokális léptékű adatbázisok eltérő tér- és időbeli felbontással, tematikus adattartalommal rendelkeznek. A termékek előállításának módszertani hátterét és technikai jellemzőit célszerű figyelembe venni a kutatás tervezése során, ugyanis ezek befolyásolhatják az eredményeket, és korlátozhatják a különböző felszínborítási és/vagy területhasználati adatbázisok felhasználásával készített folttérképek összehasonlíthatóságát (Szabó 2010a; Szilassi 2010).

Az egységes irányelvek alapján készülő CORINE felszínborítási adatbázisok (CLC) (Mari – Mattányi 2002) több referenciaévből (1990, 2000, 2006, 2012, 2018) és az egyes felvételezésekben résztvevő országok számától függően Európa egy részére állnak rendelkezésre. Magyarországon számos példát találunk a szakirodalomban az 1:100 000-es léptékű vektoros és a 100 m-es geometriai felbontású raszteres CLC-adatbázisok felhasználására (Varga – Szabó 2016; Szilassi 2017; Négyesi 2018), amelyek jól alkalmazhatók a különböző hierarchiaszintű tájak vizsgálatában. A 44 felszínborítási alaposztály gyakran túl részletes tematikát, a 25 ha-os minimum térképezett foltméret és vonalas elemeknél a 100 m-es legkisebb ábrázolt szélesség viszont gyakran nem elég finom méretarányt, területi felbontást

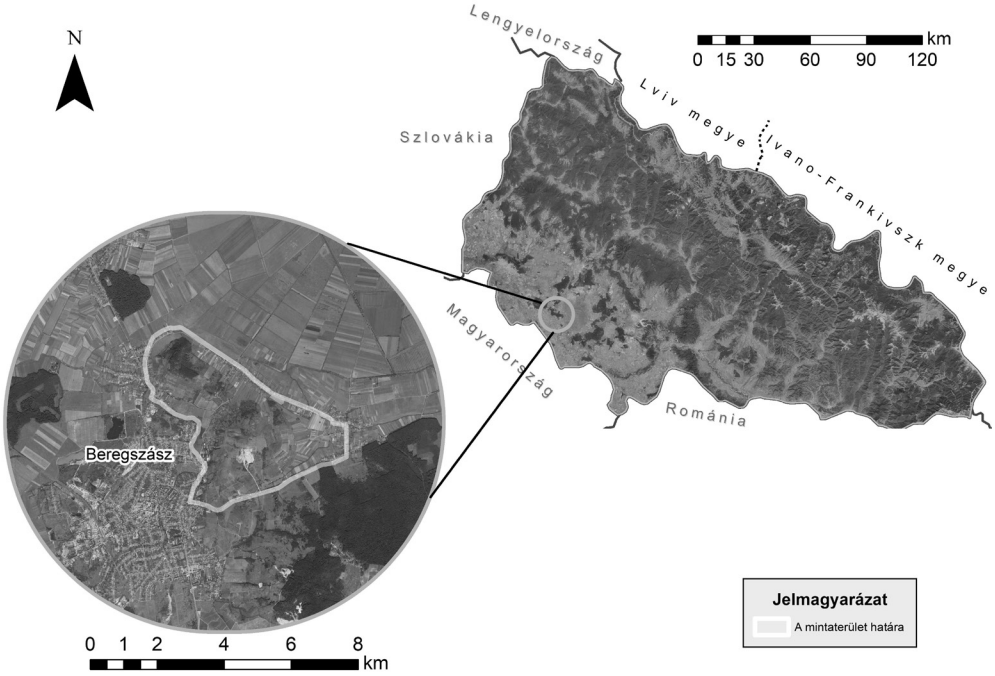
biztosít egy kistáj és az az alatti hierarchiaszintek elemzéséhez (Szabó 2010b). Fontos megjegyezni, hogy amennyiben CORINE adatbázisokkal dolgozunk, akkor az idősoros változásvizsgálatoknál módszertanilag a felszínborítás-változási adatbázisok (CLCC) használata a szakszerű (Internet1), amelyeknél a legkisebb térképezett objektumméret 5 ha.

A kutatásban elvárt geometriai és tematikus pontosság miatt a szakemberek a különböző léptékű felszínborítási és/vagy területhasználati adatbázisok alkalmazása mellett céljaiknak megfelelő részletességgel saját maguk is meghatározhatják az egyes felszínborítási kategóriákat és előállíthatják a folttérképeket (Konkoly-Gyuró – Balázs 2016; Szabó et al. 2017; Lóczy – Dezső 2018). Munkánk során mi is ezt a megoldást választottuk. Ennek okai: 1. a CORINE felszínborítási adatbázisok Ukrajna területére (eddig) még nem készültek el; 2. a Felső-Tisza-vidék kárpátaljai részének tájértékelésével eddig viszonylag kevés tanulmány (Lóki et al. 2004; Kurtyák – Túri 2016; Vass 2018) foglalkozott; 3. vizsgálatainkat egy kisméretű tájrészleten végeztük.

Anyag és módszer

A mintaterület a Felső-tiszai-síkvidék középtáj ukrajnai részéből (Kárpátaljai-alföld) szigetszerűen kiemelkedő, a Vihorlát–Gutin-hegyvidék középtájhoz (Csorba et al. 2018) tartozó Beregszászi-dombság északnyugati részén helyezkedik el (*1. ábra*). A bádeni-szarmata korú vulkáni képződménysor (Gönczy et al. 2015) kiemelkedései közül az Ardai-, a Sarok- és a Hosszú-hegyeket magába foglaló 740,72 hektáros tájablak határait vonalas tájelemek – műutak, talajutak és a Vérke-csatorna – jelölik ki.

A mintaterület kis mérete miatt és a minél nagyobb geometriai és tematikus pontosságú felszínborítási poligontérképek előállítása érdekében a Google Föld virtuális földgömbön elérhető űrfelvételek közül olyan műholdképeket kerestünk és töltöttünk le, amelyek megfeleltek három általunk választott szempontnak. Ezek a következők voltak: 1. nagy geometriai felbontás, 2. a mintaterület egészét lefedje a műholdkép, 3. az adatfelvételezés időpontja a vegetációs időszakra essen. Az adatok letöltése és (elő)feldolgozása során számos problémába ütköztünk. A virtuális földgömbön elérhető űrfelvételek közül csupán egy 2005-ben készült műholdkép felelt meg mind a három szűrési feltételnek. Az elemzésbe bevont második időkeresztmetszetet egy a Bing Maps-en közzétett 2012. évi műholdfelvétel jelentette. A kiválasztott űrtávérzékelt adatokat az ArcMap alkalmazásban alaptérképként elérhető georaszterhez mint referenciaréteghez illesztettük, melyekhez a térben egyenletesen elszórva illesztőpontokat vettünk fel és a vetületi illesztéshez másodfokú polinomális transzformációt használtunk. A georeferálás pontosságát kifejező trendfüggvény értéke nem haladta meg az egy, illetve másfél pixelt, ami 1–2 m-es illesztési pontatlanságot jelentett az azonosító pontokban. Törekedtünk a képi információtartalom maximalizálására, ezért nem végeztük el a különböző térbeli felbontású műholdképek pixelméreteinek módosítását.

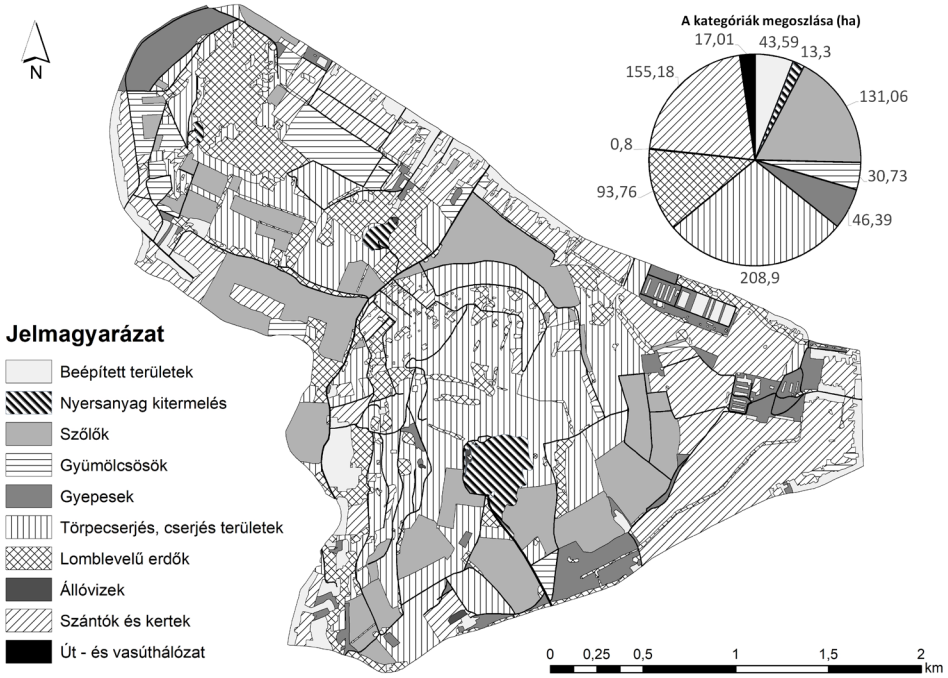


1. ábra A mintaterület földrajzi fekvése

A felszínborítási foltokat 1:2500 számítógép-képernyő előtti lépték mellett ArcGIS szoftverkörnyezetben vektorizáltuk és egységes elvek szerint vizuálisan interpretáltuk. A feldolgozásnál a CORINE felszínborítási adatbázisok tematikus alaposztályait vettük alapul, azokat 10 felszínborítási kategóriába vontuk össze. Néhány mozaikot a vizuális interpretáció során nem sikerült osztályba sorolnunk, ezeket terepbejárásokkal azonosítottuk. Tisztában vagyunk azzal, hogy az űrtávérzékelt adatok felvételezési és a terepi felmérések időpontjai között eltelt időszakban megváltozhatott a nem osztályozott foltok felszínborítása.

Először a tájablakot tagoló keskeny és hosszan elnyúló lineáris tájelemeket vonalláncokként rajzoltuk meg. Ezeket övezetgenerálással alakítottuk át felületekké. Szilárd burkolatú utak esetében 10 m, burkolat nélküli utaknál 3 és 4 m széles pufferzónákat határoztunk meg. A 2012-es űrfelvételen megjelenítettük a 2005. évi műholdképről vektorizált és osztályozott felszínborítási folttérképet, és csak azokat a poligonokat szerkesztettük, amelyek geometriája és/vagy tematikája a két idősík között módosult. A vektorizálásból eredő topológiai hibák – függetlenedés és metsződés – ellenőrzését és javítását a vektoros rétegekből készített geoadatbázisokon végeztük el.

A terepbejárások során a bizonytalan felszínborítású mozaikok tematikus osztályba sorolására két módszert alkalmaztunk. Mobiltelefon (Xiaomi Mi5 Pro) és kvadrokopter (DJI Phantom 4 Pro) segítségével összesen 61 geotaggelt fényképet készítettünk, amelyeket az ArcMap-ben a folttérképeken jelenítettünk meg.



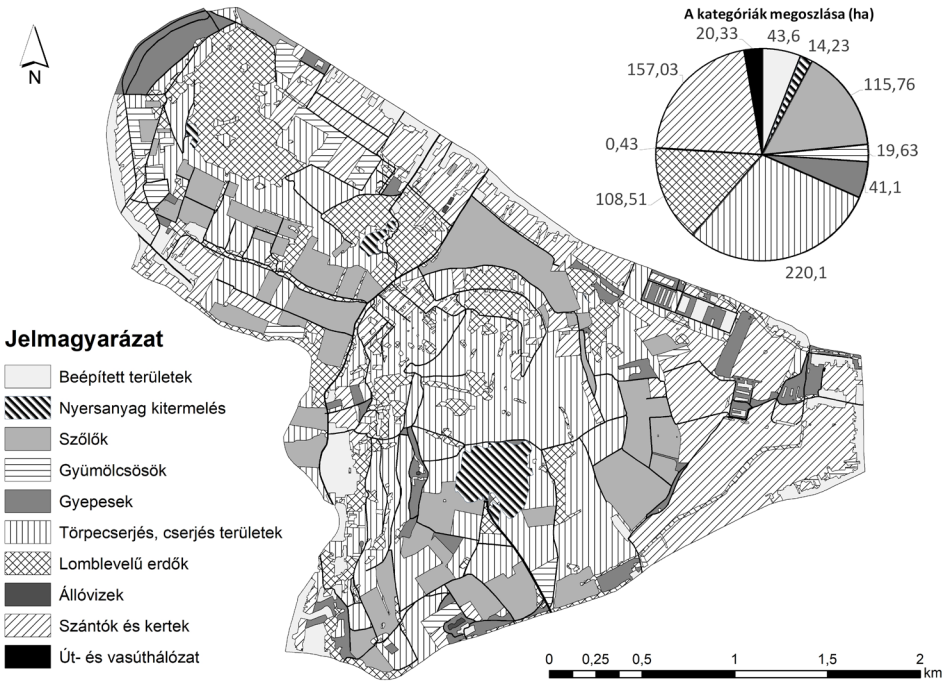
2. ábra A mintaterület felszínborítása 2005-ben

Eredmények

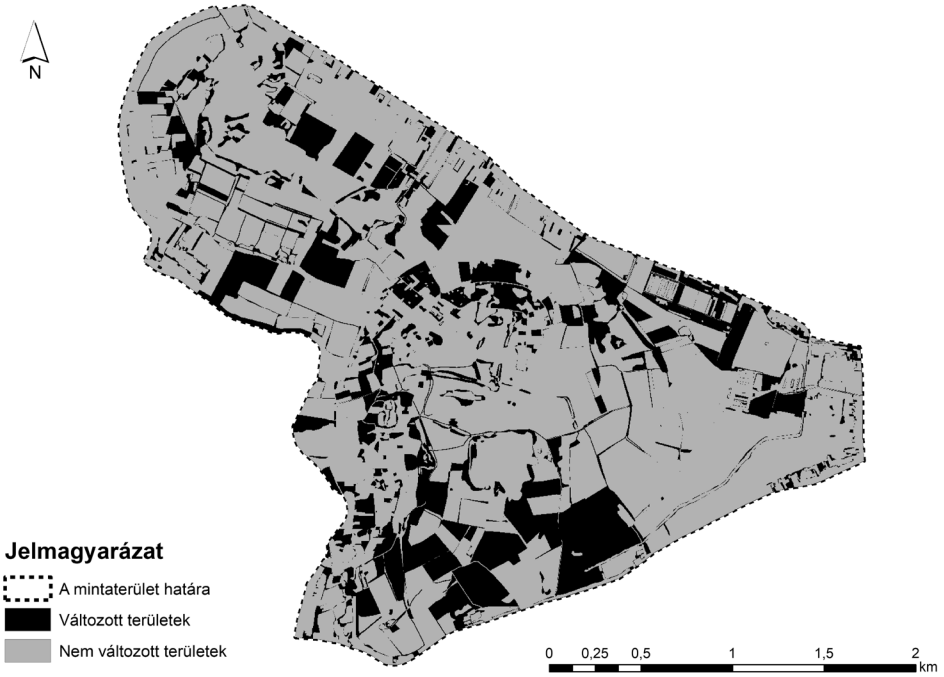
Az első idősík tematikus térképe 570 felszínborítási mozaikot tartalmaz (*2. ábra*). A domináns földhasználati típusokat a spontán cserjésedő-erdősödő területek, a szántók és kertek, valamint a szőlők képezték. 2005-ben a legkisebb térképen megjelenő elem területe 22 négyzetméter volt.

A mintaterület 2012-re mozaikosabbá vált, ebben az időkeresztmetszetben 700 poligonból állt (*3. ábra*). A felszínborítási foltszám növekedésének oka a tematikus térkép alapját képező műholdfelvétel jobb geometriai felbontása, továbbá néhány kisméretű, korábban nem létező mozaik megjelenése a térképen. Ezt bizonyítja, hogy a legkisebb ábrázolt folt mérete 13 négyzetméterre csökkent. A domináns foltosztályok sorrendje nem változott, a relatív területi arányokban viszont eltolódás figyelhető meg.

A két idősík felszínborítási folttérképének összehasonlításánál megfigyelhető, hogy a geometriai (területi) változások mellett gyakori az egyes mozaikok földhasználatának módosulása is. A *4. ábrán* jól látható a változások térbeli mintázata, melyeket számszerűsítettünk (*1. táblázat*). Egyetértünk azokkal a Szabó (2010a) módszertani tanulmányában közölt megállapításokkal, melyek szerint a földhasználati különbségek egy része nem feltétlenül tényleges változást jelent, mivel azok a georeferálás és a vektorizálás hibájából is adódhatnak.



3. ábra A mintaterület felszínborítása 2012-ben



4. ábra A mintaterület felszínborításának változása 2005–2012 között

1. táblázat A változások számszerűsített értékei

Kategória	Felszínborítás	Változás (ha)
1.	Beépített területek	0,01
2.	Nyersanyag-kitermelés	0,93
3.	Szőlők	–15,29
4.	Gyümölcsösök	–11,10
5.	Gyepek	–5,29
6.	Cserjés területek	11,20
7.	Lomblevelű erdők	14,74
8.	Állóvizek	–0,37
9.	Szántók és kertek	1,85
10.	Út- és vasúthálózat elemei	3,32
Összesen		**64,11**

Konklúzió

Az elemzés néhány éves időhorizontjában a tájablak felszínborítása jelentősen módosult, hiszen a mintaterület közel egytizedén változott meg a foltok geometriája és földhasználata, ennek következtében a foltosztályok területe és a relatív területi arányok is eltolódtak. A legjelentősebb negatív irányú változásokat a szőlők és a gyümölcsösök kategóriákban határoztuk meg. Az extenzív művelésű, illetve felhagyott szőlők és gyümölcsösök területén elsősorban a spontán cserjésedő-erdősödő területek térnyerése a megfigyelhető. Az úthálózati elemek területi változásának vizsgálatát további bizonytalanságok terhelik, hiszen a 2012-es műholdfelvétel finomabb térbeli felbontással rendelkezik, így azon a keskenyebb, határozott nyomvonallal nem rendelkező talajutak is jól kivehetők. A burkolat nélküli utak beazonosíthatósága függ a használat gyakoriságától, mivel azok többsége a mezőgazdasági területeken található.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a TNN 123457 és az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

Csorba P – Ádám Sz. – Bartos-Elekes Zs. – Bata T. – Bede-Fazekas Á. – Czúcz B. – Csima P. – Csüllög G. – Fodor N. – Frisnyák S. – Horváth G. – Illés G. – Kiss G. – Kocsis K. – Kollányi L. – Konkoly-Gyuró É. – Lepesi N. – Lóczy D. – Malatinszky Á. – Mezősi G. – Mikesy G. – Molnár Zs. – Pásztor L. – Somodi I. – Szegedi S. – Szilassi P. – Tamás L. – Tirászi Á. – Vasvári M. (2018): Tájak. In: Kocsis K. – Horváth G. – Keresztesi Z. – Nemerkényi Zs. (szerk.) Magyarország

nemzeti atlasza 2. kötet. Természeti környezet. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest, pp. 279–286.

Gönczy S. – Dobosi G. – Szepesi J. – Koval Y. (2015): Andesitic composite volcanoes of the Vihorlat-Gutin area. In: Pál-Molnár E. – B. Kiss G. (eds.) Acta Mineralogica-Petrographica Abstract Series 9. Department of Mineralogy, Geochemistry and Petrology, University of Szeged, Szeged, p. 9.

Györgyövics K. – Kiss T. (2016): Landscape metrics applied in geomorphology: hierarchy and morphometric classes of sand dunes in Inner Somogy, Hungary. Hungarian Geographical Bulletin, 65(3), pp. 271–282.

Kollányi L. – Jombach S. – Filepné Kovács K. – Nagy G. G. (2012) Tájindikátorok alkalmazása a tájképvédelmi területek lehatárolására és a tájkarakter meghatározására. In: Szenteleki K. – Szilágyi K. (szerk.) Fenntartható fejlődés, élhető régió, élhető települési táj 3. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, pp. 175–187.

Konkoly-Gyuró É. – Balázs P. (2016): Erdőborítás-változás a Kárpát-medence térségében a 19. század közepétől napjainkig. Erdészettudományi Közlemények, 6(1), pp. 79–97.

Kovács F. – Van Leeuwen B. – Ladányi Zs. – Rakonczai J. – Gulácsi A. (2017): Regionális léptékű aszálymonitoringot támogató vegetáció- és talajnedvesség értékelés MODIS adatok alapján. Földrajzi Közlemények, 141(1), pp. 14–29.

Kurtyák Á. – Túri Z. (2016): Űrfelvétel alapú változásvizsgálat egy kárpátaljai mintaterületen. In: Balázs B. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VII. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 507–513.

Lóczy D. – Dezső J. (2018): A hagyományos szőlőtermesztés terménydiverzifikációjának tájökológiai vonatkozásai. In: Fazekas I. – Kiss E. – Lázár I. (szerk.) Földrajzi tanulmányok 2018. MTA DTB Földtudományi Szakbizottság, Debrecen, pp. 243–246.

Lóki J. – Szabó J. – Konecsny K. – Szabó G. – Szabó Sz. (2004): Az erdősültség és az árhullámok kapcsolata a Felső-Tisza-vidéken. In: Barton G. – Dormány G. (szerk.) A magyar földrajz kurrens eredményei: II. Magyar Földrajzi Konferencia. SZTE TTK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, pp. 1102–1122.

Mari L. – Mattányi Zs. (2002): Egységes európai felszínborítási adatbázis a CORINE Land Cover program. Földrajzi Közlemények, 126(1–4), pp. 31–38.

Négyesi G. (2018): Mezővédő fásítások tér- és időbeli változásának vizsgálata a Nyírségben – A szélerózió szemszögéből. Tájökológiai Lapok, 16(2), pp. 113–128.

Szabó M. – Horváth G. – Csüllög G. – Munkácsy B. – Tamás L. – Darabos G. – Harmat Á. (2017): Tájállapot-vizsgálatok a Bükkalján. In: Blanka V. – Ladányi Zs. (szerk.) Interdiszciplináris tájkutatás a XXI. században. A VII. Magyar Tájökológiai Konferencia tanulmányai. Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézet, Szeged, pp. 537–544.

Szabó Sz. (2010a): Tájmetriai vizsgálatok lehetséges adatbázisai. In: Szilassi P. – Henits L. (szerk.) Tájváltozás értékelési módszerei a XXI. században. JATEPress, Szeged, pp. 41–61.

Szabó Sz. (2010b): A CLC2000 és a CLC50 adatbázisok összehasonlítása tájmetriai módszerekkel. Tájökológiai Lapok, 8(1), pp. 23–33.

Szilassi P. (2010): Térképi adatbázisok összehasonlíthatóságának javítása tájmetriai elemzések révén. In: Szilassi P. – Henits L. (szerk.) Tájváltozás értékelési módszerei a XXI. században. JATEPress, Szeged, pp. 31–39.

Szilassi P. (2017): Magyarországi kistájak felszínborítás változékonysága és felszínborítás mozaikosságuk változása. Tájökológiai Lapok, 15(2), pp. 131–138.

Varga O. Gy. – Szabó Sz. (2016): A felszínborítás modellezésének pontosságvizsgálata Corine Land Cover rétegek alapján CA-Markov módszerrel. In: Balázs B. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VII. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 507–513.

Vass R. (2018): Ártérfejlődési vizsgálatok felső-tiszai mintaterületeken. Magánkiadás, Nyíregyháza, 152 p.

Internetes források

Internet1 – https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover, Letöltés ideje: 2019. március.

A magyarországi kisvízfolyások paleomeder-vizsgálatának modellezése

Kiss Kinga[1] – Czigány Szabolcs[2] – Valkay Alexandra Ilona[3] – Marcin Słowik[4] – Remigiusz Tritt[5] – Adam Marciniak[6] – Balogh Richárd[7] – Dezső József[8] – Lóczy Dénes[9] – Halmai Ákos[10] – Pirkhoffer Ervin[11]

[1] tanársegéd, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, kissk@gamma.ttk.pte.hu
[2] egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, szczigany@gamma.ttk.pte.hu
[3] kutatási asszisztens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, valkays²@gamma.ttk.pte.hu
[4] egyetemi docens, Adam Mickiewicz University, Faculty of Geographical and Geological Sciences
[5] tanszéki munkatárs, Adam Mickiewicz University, Faculty of Geographical and Geological Sciences
[6] adjunktus, Adam Mickiewicz University, Faculty of Geographical and Geological Sciences
[7] technikus, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, brichard@gamma.ttk.pte.hu
[8] adjunktus, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, dejozsi@gamma.ttk.pte.hu
[9] egyetemi tanár, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, loczyd@gamma.ttk.pte.hu
[10] tanársegéd, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, halmaia@gamma.ttk.pte.hu
[11] egyetemi docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, pirkhoff@gamma.ttk.pte.hu

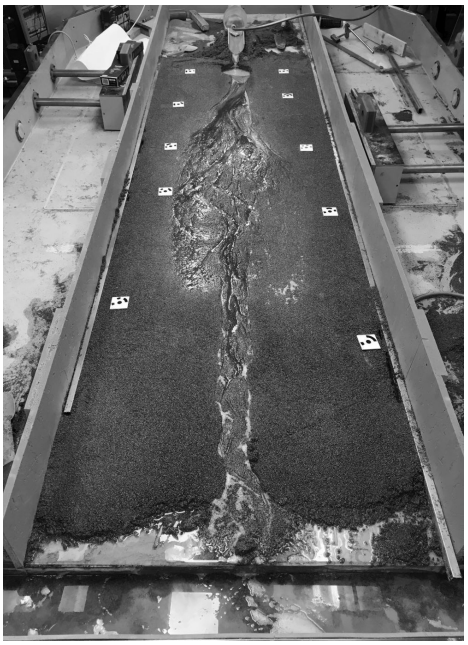
Abstract: The primary purpose of our paper is to establish research methods for investigating hungarian small streams under laboratory conditions. For this purpose we used our sandtable at the University of Pécs. We established a method for conducting experiments with changing various parameters such as the slope of the table, the thickness of the material and the discharge of the "river". We monitor the changes in the experimental area by taking images during the experiments. Then we calculate high resolution orthophotos and digital elevation models using these images. This way we can track every change in the model area and analyze the resulting models. By changing the previously mentioned parameters we can observe the same processes as in natural rivers.

Bevezetés

A Pécsi Tudományegyetemen kialakított hidromorfológiai laborban (Kiss et al. 2015; Pirkhoffer et al. 2014; Halmai et al. 2017) 2018-19-ben végzett kísérletek elsődleges célja a magyarországi kisvízfolyások paleomeder-vizsgálati módszereinek megalapozása volt.

A 4,2×2,5 m méretű modelltérben kialakítottunk egy 3×1 méteres szelvényt, melyben az egyes paraméterek változtatásával végeztünk kísérleteket (*1. ábra*). Ezek a paraméterek az asztal dőlésszöge, a kísérleti anyag vastagsága és szemcsemérete, valamint a vízhozam mennyisége. Egyes kísérletek során megvizsgáltuk villámárvizek, valamint a folyatott vízhez hozzáadott hordalék hatásait a mederfejlődésre.

A kísérletek alatti folyamatos felvételezés eredményeként hatalmas mennyiségű fotóanyag készül, amelyek feldolgozásához fotogrammetriai eszközöket használunk. A meghatározott időközönként készült 8 db képből nagyfelbontású 3D modellek készülnek, így a folyamatok jól követhetők és elemezhetők.



1. ábra A terepasztal és a modelltérben kialakított kísérleti tér

Anyag és módszer

A kísérletsorozat elvégzéséhez a modelltérben az egyes kísérletekhez más és más anyagot használtunk: a külön erre célra készített, színkódolt őrlemény-keveréket; az egyes színeket/szemcséreteket külön, valamint a Sió mederanyagát. A színkódolt kőzetőrlemény szemcseméret szerint osztályozott: a 0,4 mm-es fehér színű mészkőből, a 0,6 és 0,8 mm-es tartomány vörös mészkőből, valamint fekete andezitből, az 1 mm-es szemcseméret bazaltból készült. Külön kísérleteket futtatunk csak az 1 mm-es szemcseméret használatával, valamint a Sió medrének jóval kisebb szemcseméretű anyagát felhasználva.

A kísérletek időtartama alatt folyamatos felvételezés zajlott, melynek intervalluma változó: 30 vagy 60 másodperc a paraméterek beállításától függően.

A terepasztal dőlésszöge szintén változó: egyes kísérletek alatt változatlan (3° vagy 5°), mások alatt folyamatosan változó 1°-tól 5°-ig terjedő intervallumban, fél fokonként változtatva adott időközönként.

A kísérleteket előre előkészített egyenes és meanderező mederben kezdtük meg. Az előkészített meder mélysége 2 cm, szélessége 4 cm volt.

A felvételezés 8 db Canon EOS kamera segítségével történt. Elhelyezésük a terepasztal feletti konzolon a kísérleti tér középvonalában történt. Négy kamera Samyang 16 mm *f*/2,2 és négy kamera Sigma 24 mm *f*/1,4 objektívvel van felszerelve.

A felvételekből fotogrammetriai számítások segítségével készítjük el a 3D modelleket, melyekből ortofotó, valamint magassági modell készül. A modellek elészítéséhez az Agisoft Metashape 1.5 verzióját, a modellek feldolgozáshoz az ArcMap 10.6.2 verzióját használtuk.

A folyamatok pontosabb követhetőségéért egy GoPro kamerát is használtunk, mellyel 4K felbontású 120 fps felvételt készítünk a szemcsék mozgásának detektálására a kísérletek során.

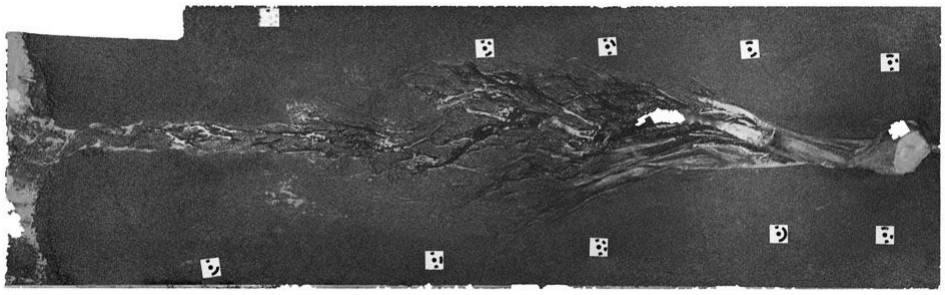
A modelltérben a Metashape által generált markereket helyeztünk el, melyeket a szoftver automatikusan felismer, így azok koordinátáinak megadása is egyszerűbb a feldolgozás során. A markerek és kamerák helyzetének pontos beméréséhez egy Sokkia mérőállomást, a koordináták meghatározáshoz egy helyi koordináta-rendszert használtunk.

A kísérletek végén, a modelltér kiszáradását követően földradar-méréseket végeztünk (ground-penetrating radar; Słowik et al. 2018). A GPR mérések a mellék- és főágak anyagának rétegzettségét vizsgálták.

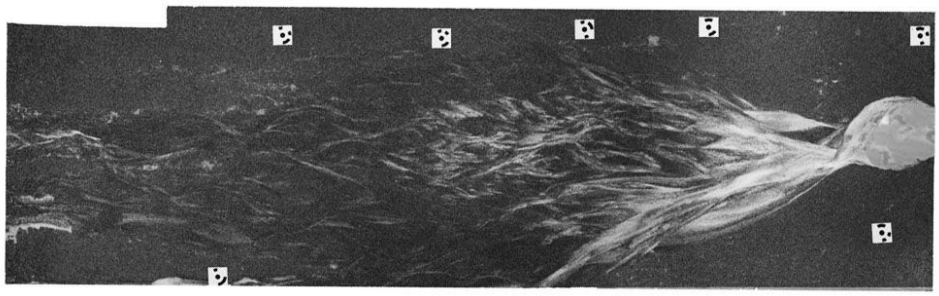
Az első kísérlet alatt 1,5 liter/perc vízmennyiséget, 3 cm-es anyagvastagságot használtunk, az asztal dőlésszöge végig 5° volt (*2. ábra*, *1. táblázat*).

A második kísérlet az előzőhöz hasonlóan 1,5 liter/perc vízmennyiséggel, 3 cm-es anyagvastagsággal, valamint 5°-os dőlésszöggel zajlott. Ennél a kísérletnél 1 cm-es réteget alakítottunk ki a világos színű 1 mm szemcseméretű anyagból a 2 cm-es kevert anyag alatt annak reményében, hogy a kialakuló medrek jobban kivehetőek az ortofotókon (*3. ábra*, *1. táblázat*).

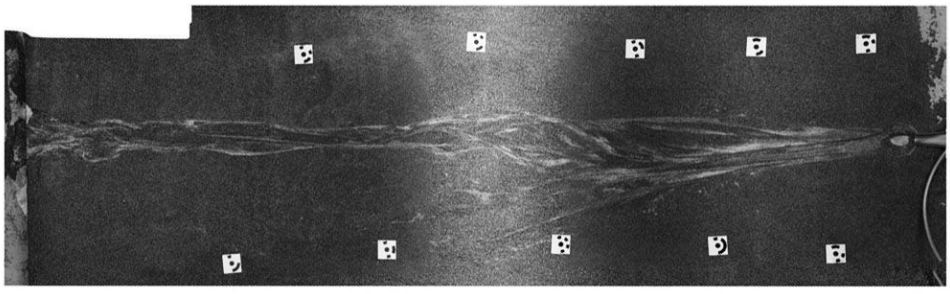
A harmadik kísérletünk 3°-os dőlésszöggel, állandó 1,5 liter/perc vízmennyiséggel, 3 cm-es anyagvastagsággal zajlott (*4. ábra*, *1. táblázat*).



2. ábra Az első kísérlet



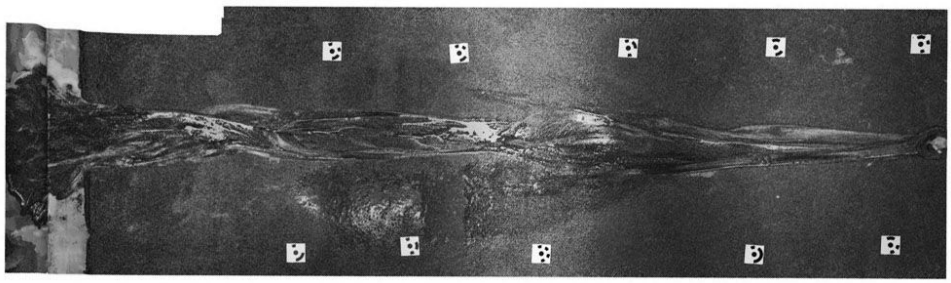
3. ábra A második kísérlet



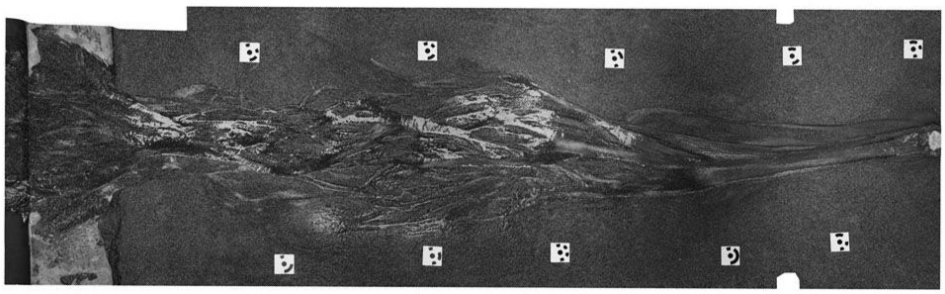
4. ábra A harmadik kísérlet

A következő kísérlet az előző ismétlése; ennek során 3°-os dőlészöget, 1,5 liter/perc vízmennyiséget használtunk, a kísérleti anyag vastagsága 3 cm, anyaga a kevert kőzetőrlemény (*5. ábra*, *1. táblázat*).

Az ötödik kísérlet során a dőlésszöget 10 percenként változtattuk (1°, 1.5°, 2°, 2.5°, 3°, 3.5°, 4°, 4.5°, majd 5.0°), a "folyó" vízhozama állandó 1,5 liter/perc volt, valamint 3 cm kevert kőzetőrlemény volt a kísérleti anyag. Ennek során 5 percenként finomszemcséjű (<100 μm) hordalékot öntöttünk (20 g/l) a vízfolyásba (*6. ábra*, *1. táblázat*).



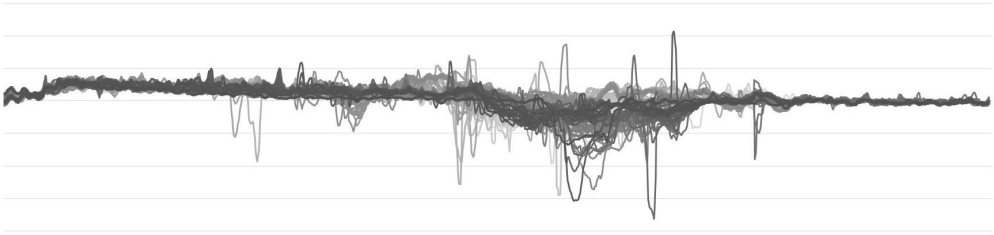
5. ábra A negyedik kísérlet



6. ábra Az ötödik kísérlet

1. táblázat A feldolgozott kísérletek

Kísérlet	Képek	Anyagtér	Dőlésszög
1. (2018.11.27.)	30sec	3 cm kevert (0,2 mm; 0,6 mm; 0,8 mm; 1mm)	5°
2. (2018.11.29.)	30 sec	1 cm (1 mm szemcseméret) + 2 cm (kevert)	5°
3. (2019.01.23.)	30sec	3 cm kevert (0,2 mm; 0,6 mm; 0,8 mm; 1mm)	3°
4. (2019.01.24.)	30sec	3 cm kevert (0,2 mm; 0,6 mm; 0,8 mm; 1mm)	3°
5. (2019.01.28.)	60sec	3 cm kevert (0,2 mm; 0,6 mm; 0,8 mm; 1mm)	1.0°, 1.5°, 2.0°, 2.5°, 3.0°, 3.5°, 4.0°, 4.5°, 5.0° 10 percenként változtatva



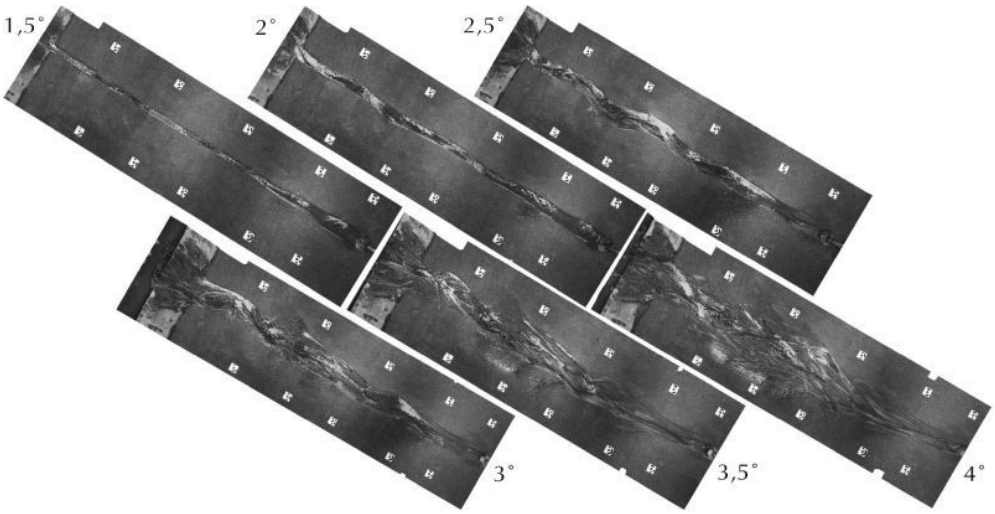
7. ábra A második kísérlet magassági profiljának változása a vízfolyás középső szakaszán (minél sötétebb, annál későbbi)

Eredmények

A kísérletek időtartama körülbelül egy óra, melynek során jól észrevehető, hogy az asztal paramétereinek változtatásával a természetben is megfigyelhető változásokat tudtunk detektálni. Az alkalmazott beállításoknál az alsó-, közép-, és felsőszakasz-jellegű morfológiai forma egyaránt kialakul.

Jól látszik, hogy a modelltérben 2,5 fokos dőlésszögnél kezd kialakulni az anasztomizáló folyómeder, mely az ötödik kísérlet során volt a legjobban megfigyelhető. A kísérlet kezdetén az asztal dőlésszöge 1° volt, melyet tízpercenként fél fokkal növeltünk. A *8. ábrán* jól látható, hogy az említett dőlésszögnél kezd kialakulni ez a medertípus.

Azért, hogy vizsgáljuk a valódi, természetben megtalálható forma és a modelltérben kialakuló forma összehasonlíthatóságát, mintáztuk a kialakult térben a medret. A lézeres szemcsevizsgálat eredménye azt mutatja, hogy a modelltérben az energetikai folyamatok ugyanúgy játszódnak le, mint a valóságban.



8. ábra A kísérlet különböző szakaszai során alakuló folyómeder

Felhasznált irodalom

Bertalan L. – Szabó G. (2014): Fotogrammetria-alapú domborzatmodellezés folyóvizes terepasztalon. In: Balázs Boglárka (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában V. Konferencia helye, ideje: Debrecen, Magyarország, 2014. május 29.–2014. május 31. Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 69–76.

Halmai Á. – Kiss K. – Hervai A. – Máté K. – Czigány Sz. – Pirkhoffer E. (2017): Tektomorfológiai vizsgálatok fizikai kisminta modelleken In: Balázs, B. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII. = Theory meets practice in GIS Debrecen, Magyarország : Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 127–132, 6 p.

Kiss K. – Halmai Á. – Czigány Sz. – Balassa B. – Bugya T. – Lóczy D. – Pirkhoffer E. (2015): Deltatorkolat az alagsorban!? – Kismintás hidromorfológiai vizsgálatok. In: Boda, J (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: Térinfomatikai Konferencia és Szakkiállítás VI. Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 217–223, 7 p.

Słowik, M. – Dezső J. – Marciniak A. – Tóth G. – Kovács J. (2018): Evolution of river planforms downstream of dams: Effect of dam construction or earlier human-induced changes? Earth Surface Processes and Landforms, February 2018. DOI: 10.1002/esp.4371

Pirkhoffer E. – Czigány Sz. – Bugya T. – Balassa B. – Bötkös T. – Lóczy D. – Fábián Sz. Á. – Varga G. – Kovács M. – Halmai Á. – Rábay A. – Nagy G. – Jancskárné Anweiler I. – Falmann L. (2014): PTETHYS, a térinformatika és fizikai kisminta modellezés újszerű megközelítése. In: Balázs, Boglárka (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában V.: Térinformatikai konferencia és szakkiállítás. Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 271–279, 9 p.

Analysis and visualization of the Heating Degree Days in the Benelux states

László Kiss

Senior Data Scientist, ETH, Ericsson Hungary

Abstract: Heating Degree Days is a technical measurement for calculating the energy demand to heat a building. Space heating is responsible for a large fraction of energy use. Heating Degree Days is a proxy for energy demand to heat a home or a business. This technical number derived from measurement of outside air temperature. However, it also depends on a large number of other factors, in particular building design, energy prices, income levels and behavioral aspects. Space heating is responsible for a large component of energy use, so a decrease in the use of space heating has the potential to lead to a weighty decrease in overall energy use.
Analyzing the changes of the Heating Degree Days (HDD) can lead to an efficient energy use and it can support a better energy market strategy.

Introduction

Heating Degree Days is not just a measurement for an energy demand to heat a building, it is a measure of severity and duration of cold weather. The colder the weather in a given month, the larger the degree day value for that month. In essence this a difference between a reference or 'base' and the outside temperature. The define of a base temperature based on outside temperature which is not required to operate a building heating systems. The exact value varies from building to building depending on the characteristics of the building and on its use. The analysis of the Heating Degree Days and reveal the new connections in this dataset can support a better strategy in the energy market and more efficient performance in the use of energy to heat buildings.

Data sources

This article and the related analysis based on dataset from Eurostat, which is the statistical office of the European Union. The start of the dataset is January of 1975 and it's frequency is monthly. By geographically the monthly value of Heating Degree Days is ordered to NUTS2 regions in European Union.

The NUTS classification (Nomenclature of territorial units for statistics) is a hierarchical system for dividing up the economic territory of the EU for the statistical and other purposes.

Materials and methods

Definition of Heating Degree Days

The calculation of HDD relies on the base temperature, defined as the lowest daily mean air temperature not leading to indoor heating. The value of the base temperature depends in principle on several factors associated with the building and the surrounding environment. By using a general climatological approach, the base temperature is set to a constant value of 15 °C in the HDD calculation.

$$If\ T_m \leq 15°C\ THEN\ HDD = \sum_i (18°C - T_i^m)\ ELSE\ HDD = 0$$

$$where\ T_i^m\ is\ the\ mean\ air\ temperature\ of\ day\ i.$$

For the practical analysis and design the plots I use the R Studio with the following packages:

eurostat
mts
forecast
plotly

The methodology of the analysis of the HDD in Benelux States - Multivariate Time Series

The dataset from the Eurostat contains the HDD values related to all countries so we can handle this as multivariate time series. The geographical and weather conditions are same in this countries, we can consider these states as a geographical unit.

During the analysis I will examine the inner connections and I try to build a connection between the values of the HDD and the energy consumption in this area.

Against the univariate the multivariate time series has more than one time dependent variable. The variables depend not just on their past values but also has some dependency on other variables.

Vector Auto Regression model is the one of the most commonly used methodology for the multivariate time series analysis and forecasting. In a VAR model each variables has a linear function of the past values of itself and the past values of all other variables (Shumway – Stoffer 2016).

With the methodology of the multivariate time series analysis I will show the trend and the seasonality of the HDD time series data. Based on the historical data sets of the Eurostat, I will make a forecast and data visualization about this.

Table 1. HDD in Benelux states

Time	Belgium	Luxembourg	Netherlands
1990-01-01	2662.83	2951.31	2581.58
1991-01-01	3045.18	3310.82	3017.65
1992-01-01	2780.03	3019.43	2720.82

Table 2. Times series values in general

y1	y2
$y1_{t-n}$	$y2_{t-n}$
$y1_{t-2}$	$y2_{t-2}$
$y1_{t-1}$	$y2_{t-1}$
$y1_{t}$	$y2_{t}$

If we consider the Belgium time series values as a y_1 variable and the Luxembourg is y_2, we can calculate with this mathematical formula.

$$Y_1(t) = a_1 + \omega_1 11 * y_1(t-1) + \omega_1 12 * y_2(t-1) + e_1 * (t-1)$$

$$Y_2(t) = a_2 + \omega_1 21 * y_1(t-1) + \omega_1 22 * y_2(t-1) + e_2 * (t-1)$$

Here,

a1 and a2 are constant terms

ω11, ω12, ω21 and ω22 are the coefficients

e1 and e2 are the error terms

This equations is very similar the Auto Regression process, like AR(1)

y(t) = a + ω * y(t – 1) + e

In this case, we have only one variable – y, a constant term – a, an error term – e, and a coefficient – w. In order to accommodate the multiple variable terms in each equation for VAR, we will use vectors and we can write equation in a following form:

$$\begin{bmatrix} y1(t) \\ y1(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a1 \\ a2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \omega 11 & \omega 12 \\ \omega 21 & \omega 22 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} y1(t-1) \\ y2(t-1) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e1(t) \\ e2(t) \end{bmatrix}$$

The two variables are y1 and y2, followed by a constant, a coefficient metric, lag value, and an error metric. This is the vector equation for a VAR(1) process. For a VAR(2) process, another vector term for time (t–2) will be added to the equation to generalize for p lags:

$$\begin{bmatrix} y1 \\ y2 \\ . \\ . \\ yk \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a1 \\ a2 \\ . \\ . \\ ak \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w11 & . \\ w21 & . \\ . & . \\ . & . \\ wk1 & . \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} y1(t-1) \\ y2(t-1) \\ . \\ . \\ yk(t-1) \end{bmatrix} + \cdots + \begin{bmatrix} w'11 & . \\ w'21 & . \\ . & . \\ . & . \\ w'k1 & . \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} y1(t-p) \\ y2(t-p) \\ . \\ . \\ yk(t-p) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e1 \\ e2 \\ . \\ . \\ ek \end{bmatrix}$$

The above equation represents a VAR(p) process with variables y1, y2 …yk. The same can be written as:

$$[y] = [a1] + [w1] * [y1(t-1)] + \cdots + [wp] * [y1(t-p)] + [e]$$

$$[y(t) = a + \omega_1 * y(t-1) + \cdots + \omega_p * y(t-p) + \epsilon * t]$$

The term ϵ(t) in the equation represents multivariate vector white noise. For a multivariate time series, ϵ(t) should be a continuous random vector that satisfies the following conditions:

E(ϵt) = 0

Expected value for the error vector is 0.

$E(\epsilon t1, \epsilon t2) = \sigma 12$

From the equations 1 and 2 it is clear that each variable use its previous values to make a predictions. Unlike AR, VAR is able to understand and use the relationship between several variables.

Time series data of Heating Degree Days in Benelux

The data collection started in 1975 and it is available in yearly and monthly frequency.

There is an important technique for all types of time series data called decomposition. It seeks the construct of the data from an observations. Usually time series decomposed into:

T_t, the trend component at time t which is refers to a long term progression.

C_t, the cyclical component at time t which reflects repeated but non-periodic fluctuations.

S_t, the seasonal component at time t, reflecting seasonality (seasonal variation).

I_t, the irregular component (or "noise") at time t, which describes random, irregular influences.

After the decomposition we can see the trend in our data set.

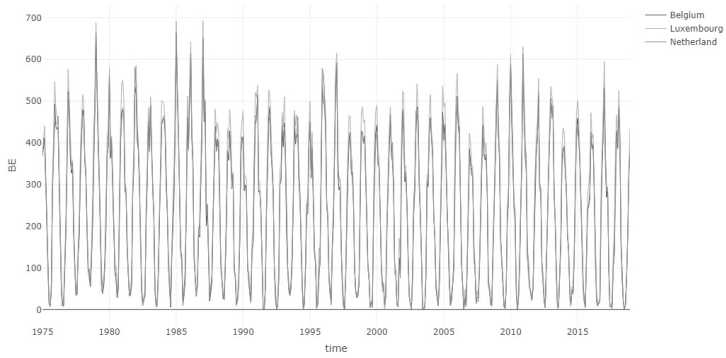


Figure 1. The original time series data about the Benelux countries (Source: Eurostat)

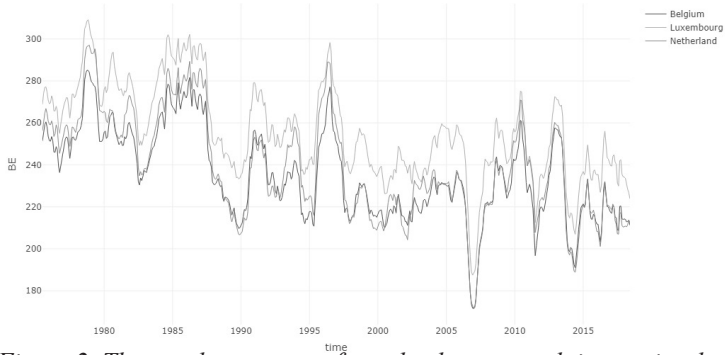


Figure 2. The trend component from the decomposed time series data

Forecasting with VARMA model

Vector autoregressive moving-average (VARMA) processes are suitable models for producing linear forecasts of sets of time series variables (Tsay 2014). A vector sequence y(t) of n elements is said to follow an n-variate ARMA process of orders p and q if it satisfies the equation:

$$A_0 y(t) + A_1 y(t-1) + .. + A_p y(t-p) = M_0 \epsilon(t) + M_1 \epsilon(t-1) + .. + M_p \epsilon(t-p)$$

where, A_0, A_1,… A_p, $M_0\varepsilon(t)$, $M_0\varepsilon(t-1)$,… $M_0\varepsilon(t-q)$, are matrices of order n × n and ε(t), is a disturbance vector of n elements determined by serially-uncorrelated white noise processes that may have some contemporaneous correlation.

The forecasting based on VARMA model with seasonality so I use the sVarma and SVarmaPred function from the r MTS package. For the estimate of the VARMA parameters I use the auto.arima function – from the forecast package - for each time series and the most common is picked from the parameter sets.

For the forecasting I use the auto.arima function for the all column in the dataset, and after I select the common order for the parameters. The R code for the project: https://github.com/lkiss711/GIS_ARTICLE

After forecasting, we can see the predicted dataset (*Figure 3*).

Results

After the forecast, we can make a more accurate plan for the energy demand regarding to heat of buildings. Regarding to this results, we can find a more effective way to use our resources in the energy market and we can prepare for the changes in the future.

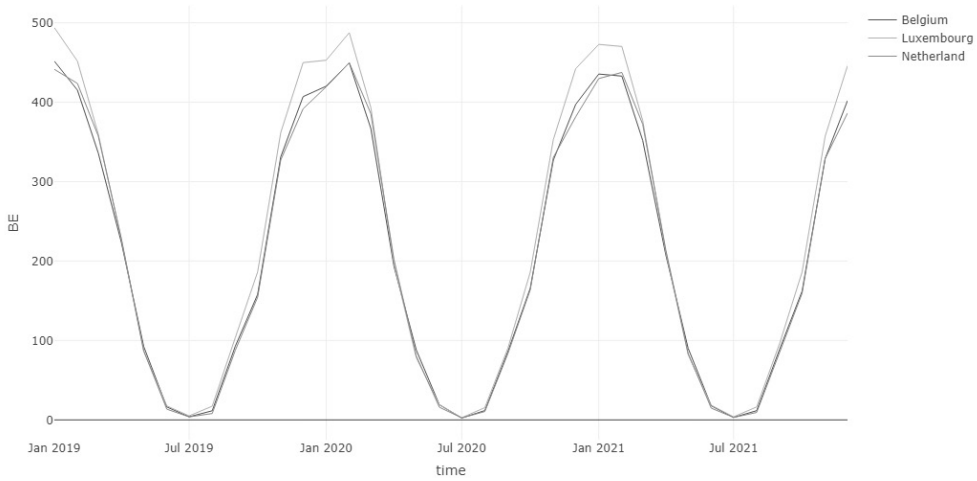


Figure 3. The prediction

References

Shumway, R. H. – Stoffer D. S. (2016): Time Series Analysis and Its Applications. With R Examples. Fourth Edition, Springer.

Tsay, R. S. (2014): Multivariate Time Series Analysis: With R and Financial Applications, Wiley, pp. 199 – 237.

Internet resources

https://www.carbontrust.com/media/137002/ctg075-degree-days-for-energy-management.pdf

A nitrát érzékeny területek nitrogén forgalmának térbeli modellezése

Koós Sándor – Laborczi Annamária – Szatmári Gábor – Pirkó Béla – Csathó Péter – Szabó Anita – Fodor Nándor – Pásztor László

MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, 1022 Budapest Herman Ottó út 15.

A nitrogén létfontosságú növényi (állati és emberi) tápanyag, ugyanakkor koncentráltan, nagy dózisban környezetünkre és egészségünkre egyaránt káros. Ennek okán az Európai Unió Tanácsa a nitrát szennyezések elkerülése érdekében létrehozta a minden tagállamra kiterjedő Nitrát Irányelvet (91/676/EK), melyet Magyarország is érvényesít az 59/2008. (IV.29.) FVM rendelete alapján. A Helyes Mezőgazdasági Gyakorlat részletesen taglalja a nitrát szennyezésekkel szembeni védekezés elemeit, melynek értelmében a nitrátérzékenynek minősített területeken (Magyarország 67%-át érinti) a gazdálkodók minden évben kötelesek adatot szolgáltatniuk a tápanyag utánpótlásukkal kapcsolatban (szerves és műtrágya kihelyezés).

A 2017/2018. évében a 2016. évi nitrát terheléses adatbázis agrár-környezetvédelmi szempontú értékelését végeztük el az MTA ATK MGI által kifejlesztett 4M modell futtatásával. A modell segítségével mintegy 50.000 MePAR (Mezőgazdasági Parcella Azonosító Rendszer) blokkon, összesen 1,3 millió hektáron becsültük az 5 fő növény (őszi búza, kukorica, árpa, napraforgó és repce) várható termésmennyiségeit, illetve a növények által felvett nitrogén mennyiségét. A modell futtatáshoz szükséges bemeneti paramétereket a nitrát adatbázis (trágya mennyiségek, termesztett növény és annak termésmennyisége), valamint a DOSoReMI (Digital, Optimized, Soil Related Maps and Information in Hungary) szolgáltatta. A térképi adatbázisból az országos, 100 méter felbontású, a 0–30 cm, a 30–60 cm, a 60–100 cm és a 100–200 cm mélységekre vonatkozó digitális talajtérképeit használtuk fel: az agyag, iszap- és homoktartalom, az USDA kategóriarendszer szerinti talajtextúra osztályok, valamint a szervesanyag-tartalom meghatározásához minden egyes MePAR blokkban.

A nitrát adatbázisban szereplő összes kijuttatott N-mennyiségek ismeretében (szerves és műtrágya) becsültük a nitrogén mérlegeket, valamint a 0–90 cm talajréteg alá kimosódó nitrát mennyiségeket is. A modell lehetővé tette, hogy a 2016. évi nitrát terheléses adatbázist eltérő trágyázási időpont-szcenáriókra is futtassuk.

A feldolgozások igazolták, hogy a magyar mezőgazdaság tápanyag-utánpótlási gyakorlata környezetkímélő, hiszen a trágyaadagok a termesztett növények igényeihez igazodnak, sok esetben attól elmaradnak. Ezzel összefüggésben a tápelem-mérlegek

negatívak. A termőhelyi alkalmasság és a felhasznált trágyák mennyisége között erős korrelációt állapítottunk meg, vagyis az agro-ökológiai lehetőségeket figyelembe veszik a gazdálkodók a tápanyag-gazdálkodás tervezése során.

A 4M modell futtatások eredményeinek megfelelően, a tilalmi időszak kezdetének október 31-ről november 30-ra való kitolása nem járt kimutatható mértékű agrár környezetvédelmi kockázat növekedéssel (azaz, a 0–90 cm talajréteget elhagyó nitrát-N mennyiségének növekedésével).

Jelent kutatást a Magyar Kormány Agrárminisztériuma támogatta.

A beépítettség kimutathatósága digitális felszínmodelleken, Debrecen példáján

Kovács Gergő[1] – Szabó Gergely[2]

[1] PhD hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, gergo.kovacs@science.unideb.hu
[2] egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.gergely@science.unideb.hu

Abstract: Nowadays, there are so many precision digital surface models (DEM) available on Earth. These models differ in resolution, and accuracy as well. The aim of this paper was to compare these surface models. The highest accuracy was given by the WorldDEM (the value of mean error in the urban area is 3.08 m). The lowest accuracy was by the ASTER GDEM (mean error: 7.75 m), which was unable to detect the built-in areas.

Bevezetés

Napjainkra többféle felbontású és pontosságú digitális felszínmodell (DEM) létezik a Földről. E modellek azonban felbontásukban, pontosságukban eltérnek egymástól. Munkánk célja az, hogy e modelleket beépített területek vizsgálatán keresztül vessük össze egymással, egyúttal a városi térszínek felszínmodelljeit is górcső alá véve.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkban az SRTM v3.0, az ASTER GDEM V2, az Airbus WorldDEM és TanDEM-X 90m, illetve az ALOS AW3D30M vettek részt. Referenciaként a BFKH FTFF által légifelvételekből létrehozott, nagy pontosságú domborzatmodellt használtuk.

SRTM

Az SRTM programot 2000-ben végezték (Farr et al. 2007). Az adatgyűjtés körülbelül kéthetes időintervalluma alatt az É.sz. 60° és D.sz. 56° között mérték fel a felszínt (Rabus et al. 2002; Farr et al. 2007; Hirt 2014). Felbontása megközelítőleg 3 szögmásodperc volt pixelenként az első kiadáskor (Hirt 2014). Jelenleg a modell 1 szögmásodperces felbontásban érhető el globálisan (Farr et al. 2007; Hirt 2014; Internet1).

ASTER GDEM V2

Az ASTER GDEM programot a NASA, illetve a japán Gazdasági, Kereskedelmi és Ipari Minisztérium (METI) végezte 2009-ben, a TERRA műholdra helyezett

ASTER szenzorral (Hengl – Reuter 2007; Telbisz et al. 2013). Lefedettsége az É.sz. 83°-tól a D.sz. 83°-ig terjed. A modellt fotogrammetriai módszerrel, több színképi sávban készült űrfelvételekből hozták létre. Felbontása a jelenlegi verziónak 1 szögmásodperc, így e tekintetben összemérhető az SRTM modellel (Tachikawa 2011; Hirt 2014; Internet2).

Airbus WorldDEM

A WorldDEM a Német Légi és Űrrepülési Központ (DLR) és az Airbus Defence and Space programja, mely során két kötelékben keringő műhold adataiból készült felszínmodell. Két, különböző felbontású modell született: egy ingyenes, 3 szögmásodperces, a TanDEM-X 90m; illetve egy kereskedelmi célú, 0,4 szögmásodperces, a WorldDEM (Hirt 2014; Internet3). Az analízisbe mindkét modellt bevontuk.

ALOS AW3D30M

A Japán űrügynökség (JAXA) 2015-ben tette közzé az első felszínmodelljét, melyet a DAICHI műhold készített 2006 és 2011 között (Takaku – Tadono 2013; Tadono et al. 2015). A modell horizontális felbontása 1 szögperc (Hirt 2014; Tadono et al. 2015; Internet4).

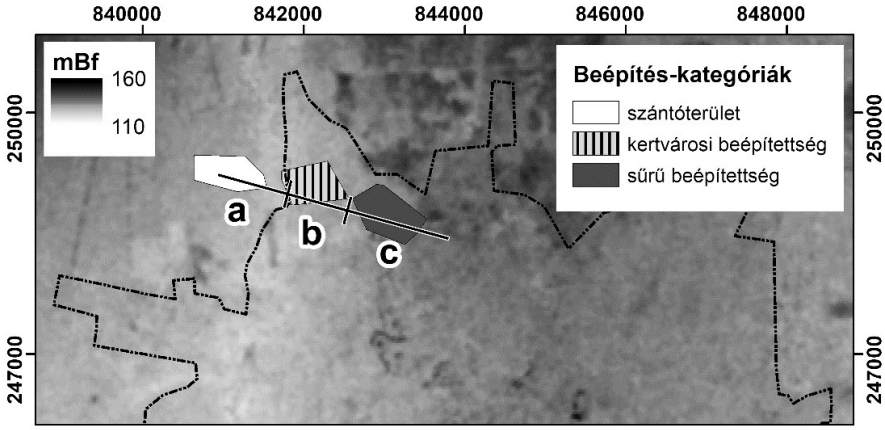
Alkalmazott módszerek

A munka során a beépítettség kimutathatóságát vizsgáltuk a kiválasztott mintaterületeken. Vizsgálatainkat Global Mapper 17, ESRI ArcMap 10.1, Past 3.21, GIMP és Microsoft Excel 2013 szoftverekben végeztük. A modellek statisztikai vizsgálatához a három, beépítettség típusa szerint eltérő jellegű mintaterületről, véletlenszerűen vettünk fel pontokat, összevetve a magassági értékeiket egymással és a referencia felülettel. A vizsgálatba vont felszínmodelleket vertikálisan korrigáltuk úgy, hogy a szántóterületek esetében az átlagos hiba értéke 0 legyen (a referencia-modellhez képest). A generált magassági metszet egy 10 méter széles sávot ölel fel, és három vizsgált beépítési típus területén (szántó, kertvárosi beépítettség, valamint sűrűn beépített terület, panelházakkal) halad át, típusonként egymáshoz megközelítőleg egyenlő arányban (*1. ábra*).

Eredmények

A vizsgált felszínmodellek a beépítés tükrében eltérő eredményeket adtak. A statisztikai vizsgálathoz területenként 400, véletlenszerűen felvett pontból nyertük ki a magassági értékeket. Ezeket kivontuk a referencia-modell értékeiből. A magassági hibákat a *2. ábrán* látható boxplot-diagram, ezek átlag- és szórásértékeit az *1. táblázat* mutatja.

A szántóterületeknél a magassági korrekció miatt nem releváns az eltérés, a kertvárosi övezetben már 2 méteres pozitív irányú eltérést tapasztalunk, ami a sűrűn

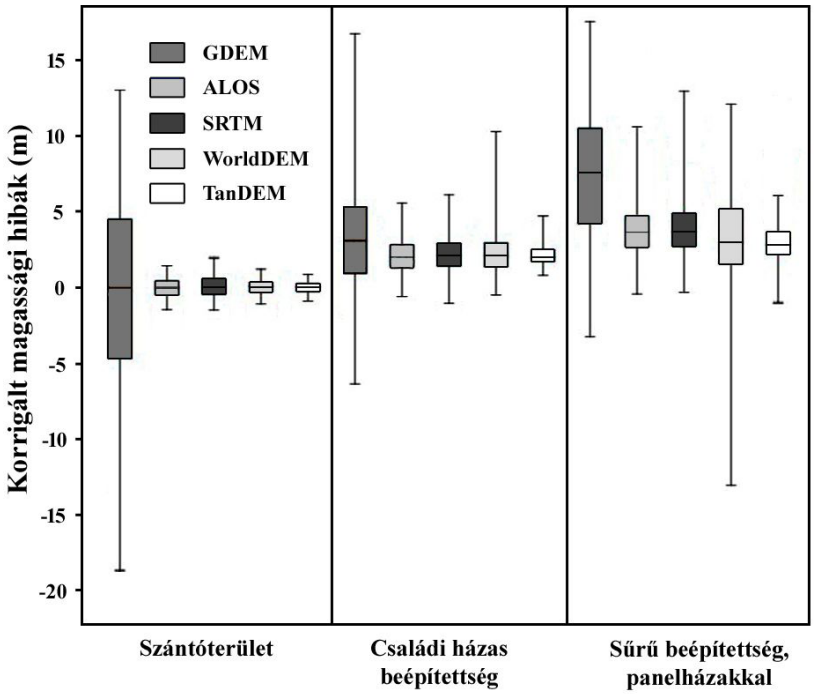


1. ábra A Debrecen területén vizsgált mintaterületek és az összehasonlító szelvény elhelyezkedése, a jellemző beépítettség-típusokkal

1. táblázat A vizsgált felszínmodellek magassági hibáinak átlag és szórásértékei

Típus		**Szántó**	**Családi házas beépítettség**	**Sűrű beépítés, magas épületekkel**
Átlag	ASTER GDEM	0,00	3,86	7,75
	ALOS	0,00	2,10	3,73
	SRTM	0,00	2,13	3,78
	WorldDEM	0,00	2,26	3,08
	TanDEM	0,00	2,20	2,93
Szórás	ASTER GDEM	6,37	3,87	4.37
	ALOS	0,57	1,13	1,67
	SRTM	0,64	1,23	1,85
	WorldDEM	0,41	1,43	3,05
	TanDEM	0,31	0,71	1,28

beépített, magas épületekkel rendelkező mintaterületen 2,5–3 méterre nő. Ezeknél a valós magasságok az épületek közti nagy kiterjedésű felszínek, pl. utak, parkolók, udvarok miatt nagyobbak. A szórásértékek a kertvárosi beépítettség esetén kisebb-, míg a sűrűn beépített, nagyvárosi jellegű mintaterület esetén nagyobb mértékben térnek el a szántóterületéhez képest. A sűrűn beépített területeknél a WorldDEM boxplot-jának alsó kvartilise negatív irányban jelentős kiterjedésű. Mindhárom mintaterület diagramjain (*2. ábra*) jól látható, hogy az ASTER GDEM igen nagy szórással rendelkezik és interkvartilisa is nagy terjedelmű, továbbá mindhárom területen nagy hibával terhelt.



2. ábra A vizsgált felszínmodellek eltérései a debreceni mintaterületen

A keresztszelvényeket vizsgálva elmondható, hogy a beépítettség eltérő mértékben mutatható ki. Az SRTM és az ALOS néhány méterrel alacsonyabb magasságokat produkál, mint a WorldDEM és TanDEM, görbéik amplitúdója is kisebb, ez a kisebb felbontással és a pixelek egymást átlagoló hatásával magyarázható (Szabó 2018). A WorldDEM és a TanDEM magassági értékei a szántóterületen már jobban közelítenek a referencia-modellhez, a beépítettséget azonban a nagyobb felbontású WorldDEM képes jól kimutatni, a nála kisebb felbontású TanDEM esetén az eredeti felszín, illetve a lakó- és panelházak közti különbségek átlagolják egymást. Az SRTM és az ALOS egymáshoz közeli magassági értékeket vesz fel. Az ASTER GDEM nemcsak a beépített-, de a szántóterületen is nagy kilengéseket produkál, ez az árnyékhatás mellett a modell elkészítésének módszerére vezethető vissza (Szabó 2018). Ennél a modellnél nem mutatható ki egyértelműen a beépített területek elhelyezkedése.

Konklúzió

Az eredmények függvényében kijelenthető, hogy a beépítettség kimutatására az Airbus WorldDEM a legalkalmasabb. A vizsgálat alapján, ilyen jellegű beépítés esetén, az ASTER GDEM nem képes a beépítettség kimutatására. A kutatás megerősítette a korábbi hasonló jellegű vizsgálat (Szabó 2018) eredményeit, miszerint a globális felszínmodellek a beépítés tükrében eltérő eredményeket adnak.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az NKFIH által támogatott KH 130427, valamint az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

A felhasznált adatbázisokért köszönet illeti a Budapest Főváros Kormányhivatala Földmérési Távérzékelési és Földhivatali Főosztályt (BFKH FTFF), a Japán Űrügynökséget (JAXA), a német Airbus Defence and Space-t és az Amerikai Egyesület Államok Nemzeti Légügyi és Űrhajózási Hivatalát (NASA).

Felhasznált irodalom

Farr, T. G. – Rosen, P. A. – Caro, E. – Crippen, E. R. – Duren, R. – Hensley, S. – Kobrick, M. – Paller, M. – Rodriguez, E. – Roth, L. – Seal, D. – Shaffer, S. – Shimada, J. – Umland, J. – Werner, M. – Oskin, M. – Burbank, D. – Alsdorf, D. (2007): The Shuttle Radar Topography Mission, Reviews of Geophysics, pp. 1–3.

Hengl, T. – Reuter, H. I. (2007): Geomorphometry – Concepts, Software, Applications, Elsevier, ISBN 9780123743459, p. 81.

Hirt, C. (2014): Digital Terrain Models, Encyclopaedia of Geodesy, pp. 3–4.

Rabus, B. – Eineder, M. – Roth, A. – Bamler, R. (2003): The shuttle radar topography mission – a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. – ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 57, pp. 241–262.

Szabó G. (2018): Különböző téradatbázisok pontosságának kérdései, különös tekintettel a fotogrammetriai alkalmazásokra. Habilitációs értekezés, pp. 20–24, 34–35, 51–54.

Tachikawa, T. – Hato, M. – Kaku, M. – Iwasaki, A. (2011): The characteristics of ASTER GDEM version 2. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2011, pp. 1.

Tadono, T. – Takaku, J. – Tsutsui, K. – Oda, F. – Nagai, H. (2015): Status of 'ALOS World 3D (AW3D)' global DSM generation. Japan Aerospace Exploration Agency, pp. 1–4.

Takaku, J. – Tadono, T. (2013): Automatic DSM generation from ALOS PRISM. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium – IGARSS 2013, p. 1.

Telbisz T. – Székely B. – Tímár G. (2013): Digitális Terepmodellek, ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék, pp. 42–45.

Internetes források

Internet1 – https://www.arcgis.com/home/item.html?id=cadb028a356046479fcda5207a235560, Letöltés ideje: 2019. március.

Internet2 – https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp, Letöltés ideje: 2019. március.

Internet3 – https://tandemx-science.dlr.de/pdfs/TD-GS-PS-0021_DEM-Product-Specification_v3.1.pdf, Letöltés ideje: 2019. március.

Internet4 – https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/aw3d30v21_format_e.pdf, Letöltés ideje: 2019. március.

Társadalmi és politikai términtázatok aggregációs lehetőségei mikroléptéken, Budapest példáján

Kovalcsik Tamás

PhD hallgató, SZTE TTIK Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék,
kovalcsik.tamas@geo.u-szeged.hu

Abstract: Metropolitan areas are the most rapidly transforming and the most mosaic regions of our time. However, the settlement level analysis of these areas hides most of the local processes and factors. Abundant number of papers have been published about mapping the inner structures of metropolitan regions in the literature, but in many cases, these discuss only one dimension of social division. Therefore, the aim of this paper is to aggregate two different spatial dimensions by including indicators of electoral behaviour and basic social patterns in order to identify factors influencing and defining voter behaviour. During the aggregation process of the census tracts – containing the basic social indicators – and the polling station areas – containing the election results –, it was outlined, that in many cases it is necessary to disrupt the divisional structure in order to keep the high spatial resolution.

Bevezetés

A nagyvárosi léptéken a társadalmi-gazdasági és politikai indikátorok térbeli eloszlása nem egyenletes, hanem rendkívül heterogén képet mutat. A választási földrajz egyik feladata, hogy ezeket a mintázatokat feltérképezze és kimutassa az egyes társadalmi-gazdasági jelenségek és a politikai magatartás közötti összefüggéseket (Johnston 2015). Az ilyen típusú elemzéseknél a kutatási lépték kiválasztása és alkalmazása kardinális lépés, mivel az nagyban befolyásolhatja a kapott eredményeket (Agnew 1996; Warf 2011). A társadalmi indikátorok feltérképezésére a teljes populációról (népszámlálások által) létrejövő adatsorok legalacsonyabb területi szintű bontása a népszámlálási számlálótömb, amely csupán egy háztömbben élőkről (maximum egy-két száz emberről) szolgáltat információkat, ezáltal létrehozva a legrészletesebb felbontású adathalmazt.

A népszámlálásokon rögzített attribútumokkal összefüggésben azonban számos más aspektusát is érdemes vizsgálni a helyi társadalom tagozódásának. Ilyenek közé tartozik a választói magatartás vizsgálata is, amelynek a teljes populációt lefedő adatsorai maguk a választások eredményei. Az anonimitás megőrzése érdekében (ugyanúgy, mint a népszámlálás alkalmával) a választási adatok is aggregált formában elérhetőek. A lehető legalacsonyabb területi lépték ebben az esetben azok a közterületek, ahonnan egy helységbe mennek szavazni a választópolgárok, tehát a szavazóköri szint, amely nem tartalmazhat 1500 főnél több választópolgárt.

Jelen kutatásom célja az, hogy a fent vázolt két különböző területi térfelosztást aggregálja, az alacsony térbeli felbontás (precinct-level) megtartásával. Ezek alapján a kutatásban az alábbi kérdésekre keresem a válaszokat: (1) egyértelműen megfeleltethetők-e a népszámlálási tömbök a nagyobb népességgel rendelkező szavazókörökkel? (2) Az aggregáció során szükséges-e kompromisszumokat kötni a részletesebb területi felbontás érdekében, és ha igen akkor milyet? (3) Az esetleges kompromisszumok meghozása és konverzió létrehozása mennyiben torzítja az adatbázist? Tanulmányomban ennek megfelelően alapvetően térinformatikai módszerek segítségével végeztem el az aggregációt és hoztam létre egy a különböző léptékeken megjelenő adatokat tartalmazó adatbázist.

Szakirodalmi áttekintés

A nagyvárosi térségek belső szerkezetének vizsgálata egészen az 1920-as évekig nyúlik vissza, amikor a chicagói iskola képviselői koncentrikusan szerveződő mintákat mutattak ki városuk társadalmi és gazdasági viszonyaiban. Chicago belső területeit különböző jellemzőik, beépítési sűrűség, építészeti sajátosságok és társadalmi státuszuk alapján osztották különböző kategóriákba (Anderson – Egeland 1961). Ezen kívül a II. világháborút követően számos más, a városi térségek belső szerkezetével foglalkozó, akár választási földrajzi témában is íródott tanulmány született (Szabó 2013; Bellettini et al. 2016; Johnston et al. 2019). A publikációk között egyaránt találhatunk kvantitatív (Marcińczak et al. 2015; Kovács – Szabó 2017), illetve kvalitatív (Boros – Fabula 2017; Fabula et al. 2017) módszereket alkalmazó kutatásokat is. Ez a témának abból sajátos helyzetéből fakad, hogy a nagy statisztikai adatgyűjtésekből (népszámlálás, választás) származó kutatások, valamint a kérdőíveken és interjúkon alapuló elemzések határán mozog (jelen esetben az előbbi oldaláról megközelítve a témát).

Hazánk nagyvárosai belső térszerkezetének feltérképezésével számos tanulmány foglalkozott. Ezek nagyrészt, a statisztikai és egyéb forrásból származó adatok hozzáférhetőségének és összevethetőségének korlátozottsága miatt, a társadalom vagy a gazdaság csupán egy-egy dimenziójának kiértékelésére vállalkozott. Kovács – Szabó (2017) Budapesten vizsgálták a lakásminőség, a korszerkezet és a társadalmi státusz diverzitásának időbeli változását népszámlálási statisztikai adatokon keresztül. A vizsgálatot nagyjából ezer fős területegységekre vonatkoztatva végezték el, így biztosítva a belső térszerkezet nagy felbontású képének megalkotását. Hasonló térfelosztást használtak Marcińczak és munkatársai (2015) arra, hogy a posztszocialista térség öt fővárosának (köztük Budapestnek is) társadalmi státusz szerinti belső szegregálódását megvizsgálják. Kutatásuk során többek között arra a megállapításra jutottak, hogy a foglalkozás szerinti felsőbb- illetve alsóbb társadalmi státusszal rendelkezőkre jellemző leginkább a lakóhely szerinti szegregáció.

A nagy felbontású, a városok belső terét feltérképező vizsgálatok alkalmasak lehetnek az időben gyorsan változó és csak lokálisan megjelenő folyamatok feltárására.

Erre példaként szolgálhat Fabula és szerzőtársainak (2017) kvalitatív módszertanra épülő vizsgálata, amely a dzsentrifikációnak és azon belül is a studentifikációnak a társadalmi kohézióra gyakorolt hatását vizsgálta. Eredményeik kimutatták, hogy csökken a társadalmi kohézió Budapest-Józsefváros városregenerációval érintett területein, amely egyértelmű célpontjai a beköltöző fiataloknak és egyetemi hallgatóknak, míg azokon a területeken, ahol ez nem jellemző magasabb a társadalmi kohézió. A fent említett jelenség ráadásul nem egy település teljes területén, hanem annak egy kerületén belül értelmezendő, így mindenképpen szükség van alacsony léptéken értelmezhető információkra.

Az alacsony léptékű elemzések korunk választási földrajzában is jelentős részt képviselnek. Az Egyesült Államokban megyei szinten megfigyelt politikai polarizációs folyamat ugyanis az alacsonyabb szintű elemzésekben még nagyobb méreteket ölt (Rohla et al. 2018). E nagy felbontású választási eredmények kombinálása különböző más társadalmi-gazdasági mutatókkal, esetleg az okostelefonokból származó élő helyadatokkal pedig tovább pontosíthatja ezen elemzések eredményeit. A politikai polarizáltság fokozódásának a családon belüli interakciók mennyiségére és minőségére való hatását mutatta ki Chen – Rohla (2018) tanulmánya a fent már említett módszerrel. Elemzésük arra a következtetésre jutott, hogy a 2016-os amerikai elnökválasztást követő családi ünnepen (a három héttel később esedékes Hálaadáson) az ellenkező politikai véleménnyel rendelkező családtagok átlagosan 30-50 perccel töltöttek el kevesebb időt, mint az ezt megelőző évben (Chen – Rohla 2018).

Mindezek mellett olyan kérdésre is magyarázatot adhat, hogy miért nyert Donald Trump a fent már említett választáson majdnem 3 millió szavazattal kevesebbel, mint ellenfele, Hillary Clinton. A nagyvárosi térségekben végzett mikro szintű vizsgálatok ugyanis azt mutatták, hogy a jelenlegi amerikai elnök azokban a rozsdaövezeti szavazókörökben szerepelt kifejezetten jól, ahol az eddigi elnökválasztásokon Demokrata többség volt és ahol a pénzügyi hitelválság, valamint a gazdasági struktúraátalakulás a leginkább éreztette a hatását, ami markánsabban átalakította a választói magatartást is (Johnston et al. 2019). Ezzel az úgynevezett billegő államokban szerzett abszolút többséget a későbbi győztes.

Mindezek mellett a hazai választási földrajzban is megjelent már a települési szintnél kisebb területi lépték. Ignácz – Szabó (2014) Budapest hagyományos munkásnegyedeinek választói magatartásváltozását vizsgálta 1994 és 2014 között. Elemzésük alapján még a rendszerváltozást követően is meghatározók a magukat baloldalinak valló pártszerveződések támogatottsága a hagyományos bázisukon. Ezzel együtt készült elemzés (Szabó 2013) a 2010-ben először parlamentbe jutott pártok (Jobbik és LMP) területi mintázatáról, szintén a főváros tekintetében. Szabó (2013) eredményei más képet mutatnak a Jobbik szavazóbázisáról, mint ami a teljes országra kiterjedő közvélemény-kutatásokból kiderül, miszerint a szélsőjobboldali pártot inkább a fiatalok támogatják. Ezzel ellentétben a szavazóköri szintű elemzésekből kiderül, hogy az alacsonyabb társadalmi státusszal rendelkezők és a korábbi szocialista szavazókból kerül ki a Jobbik szavazóbázisa.

A fenti példákból kitűnik az alacsony léptékű és nagy felbontású vizsgálatok relevanciája a társadalomföldrajzban és azon belül a választásföldrajzban egyaránt. Azonban a társadalomban meglévő és különbözőképp mérhető dimenziók együttes vizsgálata elengedhetetlen a teljes kép és a magyarázótényezők pontos megállapításához. Ezért tanulmányom célja, hogy egyesítse a választási eredmények szavazóköri léptékét és a társadalmi adatok népszámlálási számlálótömbi adatait egy adatbázisba, amelynek módszertanát a következő részben fejtem ki bővebben.

Alkalmazott adatbázisok és módszerek

A választási eredmények tekintetében a legalacsonyabb területi bontás a szavazóköri térfelosztás, amely léptéken történik a gyakorlatban a szavazatok megszámlálása. Ennek megfelelően az adott szavazóhelyiségre jutó választópolgárok lakóhelyeinek területösszege adja az adott szavazókör területét. E területek adminisztratív kijelölése önkormányzati hatáskör, hiszen ők rendelkeznek kellő helyismerettel és a szükséges adatbázissal a minél (a választás gyakorlati lebonyolítása szempontjából) hatékonyabb térfelosztás megalkotásához. Ez azonban nem jelenti azt, hogy e felosztások bármilyen térbeli vetületet kapjanak az önkormányzatoknál: sok esetben kimerül az adott szavazókörbe tartozók utcanévlistájában vagy közterületlistájában (az utóbbi pár választás alkalmával azonban már voltak olyan önkormányzatok – főleg a fővárosban – amelyek viszont már közzétették ezeket a térképeket). A kedvező folyamat ellenére a szavazóköri térfelosztás létrehozása így is nagyrészt manuálisan történt az utcanévlisták felhasználásával. A térbeli vetülethez tartozó szavazóköri szintű választási eredmények mindemellett a Nemzeti Választási Iroda honlapján (választás.hu) mindenki számára elérhetőek. Budapestre így a 2014-es országgyűlési választásra a kutatás keretei között elkészült a szavazóköri térfelosztás, amely 1 472 darab egységet tartalmazott.

Nagy felbontású, országos szintű társadalmi adatok hazánkban kizárólag a népszámlálások alkalmával keletkeznek, amely így rendkívül kedvezőtlen (10 éves) időfelbontást jelent. Ennek ellenére a teljes populációról származó információ alacsony szintű térbeli felbontással rendelkezik (háztömb szinten kezeli a Központi Statisztikai Hivatal). Budapesten 13 223 darab népszámlálási tömb található, amelyek egytől-egyig illeszkednek a település közúthálózati rendszeréhez és ezáltal háztömbjeihez. A teljes megfeleltetést ez nehezíti, mivel a szavazóköri határok nem feltétlenül illeszkednek közúthálózathoz, mivel a térfelosztás kialakítási logikája az 1 500 választópolgár alatti és minél kevesebb egység kialakítása. Ennek megfelelően számtalan alkalommal kerül egy háztömb két fele különböző szavazókörbe. Ennek áthidalásához és a nagy térbeli felbontás megőrzéséhez a következő részben található pontokban meghatározott lépéseket hajtottam végre. Ezután az elkészült adatbázist és az alapjául szolgáló részletesebb felbontással rendelkező szavazóköri adatokat hasonlítottam össze statisztikai módszerrel (t-próbával) az IBM SPSS Statistics 24 programcsomag segítségével. Ez, az adatkonverzióból származó esetleges torzulások feltérképezése érdekében történt meg.

Az adatbázisokon alkalmazott transzformációk

Közvetlen megfeleltetés – számlálótömbök összevonása

Az 1 472 szavazókör közül 468 darab közvetlenül megfeleltethető volt a népszámlálási számlálótömböknek, így ezekben az esetekben konverzióra nem volt szükség, összevonásra pedig kizárólag a tömbök esetében, mivel a társadalmi adatokat tartalmazó területegységek kisebb területet fednek le, mint a szavazókörök. Így a terület 31,8 százalékánál meg lehetett tartani a legalacsonyabb (szavazóköri) területi bontást.

Szavazókör összevonás

A maradék 1 004 darab területegységnél az összevonás lehetőségével éltem, miszerint két szavazókört, amelyek határuknál egy (vagy esetleg több) számlálótömböt vágnak át, összevonjuk, abban az esetben, ha azok hasonló választásföldrajzi és egyéb urbanisztikai szempontból egybefüggő területnek tekinthetők. Az összevonásoknál figyelembe vettem, hogy minél alacsonyabban maradjon az így kialakult, általam aggregátumoknak nevezett, területegységek népességszáma. Így két szavazókör összevonásával további 264 darab szavazókör (132 aggregátumot kialakítva) lett megfeleltetve a számlálótömböknek, míg három szavazókör összevonására 261 (87), négy szavazókör összevonására 204 (51), öt szavazókör összevonására 195 (39), hat szavazókör összevonására 66 (11) és hét szavazókör összevonására 14 (2) alkalommal volt szükség.

Ezen összevonások a térben nem egyenletesen helyezkedtek el, mivel ez nagyrészt függött az adott önkormányzati kerület szavazóköri határkijelölési lehetőségeitől és stratégiájától. Ugyanis a szavazóköri határok úthálózathoz való igazodása egyrészt beépítési mód függő (mekkora népességű tömbök találhatóak a kerület egyes részeiben), másrészt az adott lehetőségeken belül is eltérhet az önkormányzat térinformatikai felkészültségétől függően. Ezért voltak olyan kerületek, ahol jellemzően nem volt szükség szavazókörök összevonására, vagy ha mégis, akkor is csupán pár alkalommal (V., XIV. kerület). Ezzel szemben voltak olyan kerületek (II., XX., XXII.), ahova a magas számú szavazóköri összevonások koncentrálódtak. Mindemellett pár esetben az ezeknél is nagyobb területegységek kialakításának elkerülése érdekében szükség volt vagy a szavazókör, vagy a számlálótömb átvágására.

Szavazókör vágás

Feltételezve az egy szavazókörön belüli homogén választásföldrajzi mintázatot (amely a valóságban természetesen nem érvényesül, de a felbontás pontossága szempontjából többet nyerünk a feltételezéssel, mint amekkora pontosságot veszítünk) a választási eredmények arányainak (részvétel, szavazatarány) megtartásával az egy szavazókörből két részszavazókör jött létre. Ezt az eljárást 49

darab szavazókörrel hajtottam végre annak érdekében, hogy az előző alpont alatt részletezett aggregátumkialakításokat el lehessen végezni. A területegységek minden esetben egy útszakasz mentén kerültek vágásra a körzetleíró listából kiolvasott közterületi népességszámok segítségével, melyek alapján pontosan megállapítható volt, hogy a szavazókör egyik, illetve másik részében élő népesség hogyan aránylik egymáshoz.

Számlálótömb vágás

18 alkalommal alkalmaztam számlálótömb vágást a fent leírt eljáráshoz hasonlóan. Erre is a túl nagy népességszámú aggregátumok kialakításának elkerülése miatt volt szükség. Kizárólag olyan aggregátumok között található számlálótömbök átvágása valósult meg, amelyek önmagukban a mintához képest nagy népességet képviseltek és ezek összevonásával jelentősen átlépték volna az 5 000 választót, amely a kialakítás közben egy maximális határnak minősült. Ezt a határt a 790 kialakított aggregátum közül 23 darab lépte át.

A kialakított adatbázis jellemzői és használhatósága

A Budapestre kialakított társadalmi-politikai aggregált adatbázis általános jellemzői (*1. táblázat*) alapján elmondható, hogy jellemzően alacsony népességszámú területegységekből épül fel, amelynek átlagát pár magas népességszámmal jellemezhető aggregátum húz el. A későbbi vizsgálatoknál ezen aggregátumok figyelmen kívül hagyását az elemzés tárgyától függően érdemes lesz megfontolni.

A kialakított aggregált adatbázis tartalmazza mindkét dimenzióban lévő attribútumokat, azonban fontos megvizsgálni, hogy az így létrehozott adatstruktúra mennyiben reprezentálja az eredeti választási eredményeket. Ennek érdekében T-próba számítást alkalmaztam annak kiderítésére, hogy kimutatható-e a két adatbázisban található változók átlaga és eloszlása között szignifikáns különbség. A kapott értékekből (*2. táblázat*) kiolvasható, hogy a választási eredmények túlnyomó részénél nincs szignifikáns eltérés az eredeti szavazóköri adatsor és az aggregált

1. táblázat: A kialakított adatbázis általános jellemzői. Forrás: választás.hu és a KSH adatszolgáltatása alapján saját szerkesztés.

	Átlag	**Medián**	**Szórás**	**Min**	**Max**
Választópolgárok száma 2014	1713	1036	1236	631	6323
Lakónépesség 2011	2183	1424	1560	663	9450

2. táblázat: Az aggregált és a szavazóköri választási eredmények T-próbája. Forrás: saját számítás

	Részvétel	**Fidesz-KDNP**	**Baloldali összefogás**	**Jobbik**	**LMP**	**Egyéb**
Sig. (2-tailed)	0,860	0,592	0,654	0,333	0,047	0,921

eredmények között. Egyedül az LMP listás szavazataránynál van némi eltérés, de a szignifikanciaszint (0,05) rendkívül közel van a kapott értékhez, így megállapítható, hogy a kiugró értékek elhagyásával a későbbi elemzéseket ez nem fogja befolyásolni.

Összegzés és a kutatás további irányai

A tanulmány elején felvázolt, alacsony térbeli szintű elemzésekhez készült, több dimenziót (társadalmi-gazdasági és politikai) tartalmazó adatbázis létrehozására tett a kutatás kísérletet egy nagyvárosi, a budapesti mintaterületen. A választási eredményeket tartalmazó legalacsonyabb területi szint a szavazóköri, amelyre a választások alkalmával, négy éves időfelbontásban vannak elérhető, teljes populációt lefedő adatok. Ezen kívül társadalmi-gazdasági mutatókat legalacsonyabb szinten a népszámlálási tömbszint tartalmaz, amelyre tíz éves időfelbontással, a népszámlálások alkalmával jönnek létre adatok. Az elemzés során e két területi lépték aggregálása történt meg az adatvesztési szintet minimálisra csökkentve.

Jövőbeli kutatási tervek között szerepel az elkészült adatbázisban található összefüggések kiértékelése, a magyar, nagyvárosi választói viselkedés térbeli megjelenésének és társadalmi összefüggéseinek térképezése, továbbá az elkészült adatbázist további adatokkal való bővítése, akár a módszertani megoldások kibővítése árán is. Ezek közé sorolhatók különböző 'big data' források, amelyek származhatnak a közösségi médiából, online pénztárgépekből vagy akár okostelefonokból.

Köszönetnyilvánítás

 Az Emberi Erőforrások Minisztériuma UNKP-18-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválósági Programjának támogatásával készült.

Felhasznált irodalom

Agnew, J. (1996): Mapping Politics: How context counts in electoral geography. Political Geography, 15(2), pp. 129–146.

Anderson, T. R. – Egeland, J. A. (1961): Spatial Aspects of Social Area Analysis. American Sociological Review, 26(3), pp. 392–398.

Bellettini, G. – Ceroni, C. B. – Monfardini, C. (2016): Neighborhood heterogeneity and electoral turnout. Electoral Studies 42(1), pp. 146–156.

Boros, L. – Fabula, Sz. (2017): A sokszínűség érzékelése és megítélése Józsefvárosban. Regio, 25(4), pp. 80–107.

Chen, M. K. – Rohla, R. (2018): The effect of partisanship and political advertising on close family ties. Science, 360(6392), pp. 1020–1024.

Fabula, Sz. – Boros, L. – Kovács, Z. – Horváth, D. – Pál, V. (2017): Studentification, diversity and social cohesion in post-socialist Budapest. Hungarian Geographical Bulletin 66(2), pp. 157–173.

Ignácz, K. – Szabó, B. (2014): Választási eredmények Budapest történelmi munkásnegyedeiben, 1994-2014. Eszmélet, 104(1), pp. 75–98.

Johnston, R. (2015). Electoral Geography. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, pp. 345–348.

Johnston, R. – Rohla, R. – Manley, D. – Jones, K. (2019): Voting for Trump and the electoral mosaics of US metropolitan areas: Exploring changing patterns of party support by neighborhood. Cities, 86(1), pp. 94–101.

Kovács Z. – Szabó B. (2017): A városi diverzitás jellemzői Budapesten a rendszerváltozás után. Regio, 25(4), pp. 57–79.

Marcińczak, S. – Tammaru, T. – Novák, J. – Gentile, M. – Kovács, Z. – Temelová, J. – Valatka, V. – Kährik, A. – Szabó, B. (2015): Patterns of socioeconomic segregation in the capital cities of fast-track reforming postsocialist countries. Annals of the Association of American Geographers, 105(1), pp. 183–202.

Rohla, R. – Johnston, R. – Jones, K. – Manley, D. (2018): Spatial scale and the geographical polarization of the American electorate. Political Geography 65(1), pp. 117–122.

Szabó B. (2013): Az új parlamenti pártok szavazóbázisának jellemzői Budapest példáján. Politikatudományi Szemle, 22(3), pp. 93–116.

Warf, B. (2011): Class, Ethnicity, Religion and Place in the 2008 US Presidential Election. In: Warf, B. – Leib, J. (eds.) Revitalizing Electoral Geography, Ashgate Publishing Company, Burlington, pp. 133–156.

Internetes források

valasztas.hu – http://www.valasztas.hu/, Letöltés ideje: 2017. december

Talaj-vízgazdálkodási kategóriák térképezése digitális hidrofizikai talajtulajdonság térképek és archív talajtérképek alapján, adatbányászati módszerekkel

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

[1] tudományos munkatárs, MTA ATK TAKI, laborczi@rissac.hu
[2] tudományos főmunkatárs, MTA ATK TAKI, toth.brigitta@agrar.mta.hu
[3] tudományos munkatárs, MTA ATK TAKI, szatmari@rissac.hu
[4] tudományos főmunkatárs, MTA ATK TAKI, mako_andras@rissac.hu
[5] tudományos főmunkatárs, osztályvezető, MTA ATK TAKI, zsofi@rissac.hu
[4] tudományos főmunkatárs, osztályvezető, MTA ATK TAKI, pasztor@rissac.hu

A talajok fizikai és a döntően ezeken alapuló vízgazdálkodási tulajdonságai számos, ráadásul nagy területeket érintő környezeti folyamatban, illetve kockázatban (belvíz, aszály etc.) játszanak fontos szerepet, ennek köszönhetően hazánkban mindig is nagy hangsúly helyeződött térképezésükre.

A '70-es években Várallyay kidolgozott egy kategóriarendszert a vízgazdálkodás tervezésének támogatására, amely egyben egy 1:500.000 méretarányban készült térkép jelmagyarázataként is szolgált. A talajokat kvalitatív módon jellemezte (pl. nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes vízraktározó képességű, gyengén víztartó talajok) azok számszerűsítése nélkül. Ugyanezt a kategóriarendszert használták a nagyléptékű, 1:10.000-es méretarányú vízgazdálkodási térképeken, amelyek a drénezéshez, öntözéshez, hígtrágya elhelyezéshez szükséges szakértői vélemények elengedhetetlen részét képezik. Ezek a térképek azonban jellemzően egy-egy táblára vonatkoznak, térbelileg esetlegesen születtek és főképp ily módon érhetők el, nincsenek központilag összegyűjtve, és így nem is lehet számítani további alkalmazásukra.

Néhány évvel ezelőtt egy háromdimenziós talaj-hidrofizikai adatbázis (EU-SoilHydroGrids) készült Európára 250 méteres horizontális felbontásban specifikus pedotranszfer függvények és a globális SoilGrids adatbázis elsődleges talajtulajdonság térképeinek felhasználásával (https://eusoilhydrogrids.rissac.hu/). Az adatbázis térképi alapú információkat tartalmaz (és szolgáltat) a leggyakrabban használt talaj hidrofizikai tulajdonságokra, 7 mélységi rétegére vonatkozóan: mint például a szabadföldi vízkapacitás vagy hidraulikus vezetőképesség. Hasonló elveken alapulva a munka folytatódik pontosabb és térbelileg részletesebb hidrofizikai talajhidrológiai térképek előállítása érdekében, amely során az alkalmazott pedotranszfer függvényeket egyrészt környezeti segédváltozók bevonásával generalizáljuk, másrészt pontosítjuk hazai referencia adatok és nagy felbontású, országos, digitális talajtulajdonság térképek felhasználásával.

Az országos vízgazdálkodási térképbe foglalt talaj-táj modell(ek) formalizálása, illetve kategóriáinak kvantifikálása és ezek alapján esetlegesen a térkép térbeli dezaggregálása érdekében vizsgálatokba kezdtünk. Az archív térkép és az új háromdimenziós predikciók közti kapcsolat értékelését két léptékben végeztük: országos szinten 250 méteres, a Balaton-vízgyűjtőn pedig 100 méteres felbontással. A talaj-hidrofizikai jellemzőket tanítás nélküli, illetve felügyelt osztályozások keretében klasztereztük. Ez utóbbihoz az archív vízgazdálkodási térkép feltételekhez kötött, többszörös, virtuális mintavételezése nyújt referenciaadatot. A vizsgálatok eredményei a következők:

- Országos, illetve vízgyűjtő szintű, dezaggregált talaj vízgazdálkodási térkép 250, illetve 100 méteres térbeli felbontással a Várallyay kategóriarendszer szerint.
- Módosított Várallyay-féle kategóriarendszer, amely a szekvenciális klaszterezés eredményei alapján optimalizált számú kategóriát tartalmaz.
- Országos, illetve vízgyűjtő szintű, dezaggregált talaj vízgazdálkodási térkép 250, illetve 100 méteres térbeli felbontással a módosított Várallyay kategóriarendszer szerint.
- Az eredeti és a módosított vízgazdálkodási kategória rendszer egyes kategóriáinak hidrofizikai paramétereire vonatkozó intervallum becslések.
- A becslések elsődleges pontosság vizsgálatainak az eredményei.

Köszönetnyilvánítás:

Kutatásunk a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (KH124765, KH126725), a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00088/18/4), illetve a KEHOP-4.3.0-15-2016-00001 projekt támogatásával zajlik. A BO/00088/18/4 ösztöndíj nevében köszönetet mondunk az MTA Cloud (https://cloud.mta.hu/) használatáért, ami nagyban hozzájárult a publikált eredmények eléréséhez.

UAV felmérések magashegységi környezetben – Ojos del Salado, Chile

Mészáros János[1] – Nemerkényi Zsombor[2] – Nagy Balázs[3]

[1] Tudományos munkatárs, MTA ATK Talajtani és Agrokémia Intézet, meszaros.janos@rissac.hu
[2] Tudományos munkatárs, MTA CsFK Földrajztudományi Intézet, nemerkenyi.zsombor@csfk.mta.hu
[3] Egyetemi docens, ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék, balazs@afoldgomb.hu

A Földgömb az Expedíciós Kutatásért Alapítvány által 2012 óta végzett környezeti állapotfelmérő és adatgyűjtő expedíciósorozat, mely az Ojos del Saladon elhelyezett műszerek segítségével szolgáltat adatokat a klímaváltozással kapcsolatban, ez évi expedícióján UAV eszközzel végzett légi felmérésekkel és azokból nyert adatokkal gazdagodott. Elsődleges célként a korábban leírt (Mari et al. 2014) formakincs – eolikus üledékfodrok („megaripples"), glaciális pszeudokarszt jelenségei – légi térképezését, megfelelő felbontású domborzatmodell és ortofotó mozaik generálását tűztük ki.

Az említett feladatok elvégzéshez egy magashegységi környezetre optimalizált quadkoptert alkalmaztunk, mely tervezése során figyelembe vettük a magas tengerszint feletti magasságot, a területre jellemző erős szelet és alacsony napközbeni hőmérsékletet, illetve a könnyű szállíthatóságot is. Az előállított adatok kapcsán fontos kritérium volt a koordináta-rendszerbe illesztés, hogy összevethetők legyenek korábbi adatokkal geoinformatikai módszerekkel. Ehhez a légifelvételek közvetlen külső tájékozására volt szükség, melyet az alkalmazott fényképezőgép és a hozzákapcsolt L1 frekvenciás utófeldolgozásra képes GPS vevő egységgel oldottunk meg.

A fenti módszerekkel előállított adatok alapján térképeztünk fosszilis poligonális felszínt (Laguna Negro Francisco, 4200 m), a korábban említett szélbarázdamezőt, korábbi gleccserek moréna sáncait és az olvadáshoz kötődő formák – pszeudotöbrök, olvadékvíz síkságok akkumulációs formái (Atacama tábor, 5300 m).

A kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériuma és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő támogatásával, a Nemzet Fiatal Tehetségeiért Ösztöndíj NTP-NFTÖ-18-B-0226 sz. pályázat keretén belül jöhetett létre.

Felhasznált irodalom

Mari, L. – Nagy, B. – Heiling, Zs. – Nemerkényi, Zs. (2014): Pszeudokarszt a Száraz-Andokban? – Az Ojos del Salado olvadásához köthető felszínformái. In: Karsztfejlődés XIX. Szombathely, pp. 231–241.

A közúti járműgyártás és a kapcsolódó iparágak súlypont változásainak vizsgálata Magyarországon

Mészáros Márk

geográfus MSc hallgató, Debreceni Egyetem, Természettudomány és Technológiai Kar, Földtudományi Intézet, mesmark94@gmail.com

Absztrakt: Az autóipar napjaink egyik jelentős iparága, mely világszerte hatalmas piaccal és termelőkapacitással rendelkezik. Az iparág a folyamatos termelés érdekében beszállítói hálózatok kialakulását eredményezi, mely a közúti járműgyártás és az ahhoz szorosan kapcsolódó iparágakra (pl. gumi- és műanyagipar, fémfeldolgozás) multiplikátorként hat, és befolyásolja azok térszerkezetét. A kutatás célja az említett iparágak súlypont változásainak vizsgálata hazánkban. A vizsgált időszak 2008-tól 2018-ig tart, mely a gazdasági világválság utáni visszaesési és az azt követő növekedési időszakot jelenti. A közúti járműgyártás súlypontjai nyugatabbra találhatók, mint a gumi- és műanyaggyártás, valamint a fémfeldolgozás súlypontjai; utóbbiak egymáshoz közel helyezkednek el. A közúti járműgyártásnál ellentétes irányú súlypontváltozást tapasztalhatunk, mint a másik két iparág esetén. Az észlelt folyamatok hátterében szerepet játszanak a telepítő tényezők (pl. ipari kultúra, munkaerő, piacok közelsége) és a válság okozta visszaesés.

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben és napjainkban a közúti járműgyártás földrajzi térben történő terjeszkedését és új telephelyek kialakulását tapasztalhatjuk. Ennek a folyamatnak a magyarázata a gyártás feltételeinek és a fogyasztási szokások változásában keresendő. Megfigyelhetjük, hogy a gazdasági integrációk perifériái a közúti járműgyártás célterületeivé válnak (pl. a kelet-közép-európai térség országai). Ezek alapján regionális telephelyválasztásról beszélhetünk, melyek esetében fontos kiemelni helyi tényezőket is. Ezek lehetnek az ipari kultúra, a humán adottságok, az infrastruktúra, a kormányzati eszközök. Az iparág multiplikátor hatást fejt ki, mely a következő formákban nyilvánulhat meg: foglalkoztatottak számbeli növekedése, növekvő hozzáadott érték. A közúti járműgyártás modernizációs szerepe megfigyelhető az új technológiák alkalmazásában, a K+F tevékenységben, a szellemi foglalkoztatottak számának és az átlagkereset növekedésében is (Molnár 2012, 2013). A kutatás aktualitását jelzi, hogy hazánkban négy gyártó rendelkezik gyártóbázissal: az Audi, a Mercedes, az Opel és a Suzuki. A következő években a BMW lesz az ötödik Debrecenben felépülő gyára révén. Kelet-Közép-Európa járműgyártásban betöltött szerepének súlyát jelzi, hogy a térségben számos európai

és távol-keleti gyártó rendelkezik termelőkapacitással. A gyártóknak a „just in time" jellegű termelés miatt érdekükben áll, hogy rendelkezzenek helyi vagy közeli beszállítókkal, amelyek alkatrészekkel látják el az üzemeiket (Internet1).

A kutatásomban a következő kérdésekre keresem a választ: 1. Változtak-e a közúti járműgyártás és az ahhoz szorosan kapcsolódó beszállítók térbeli súlypontjai? 2. Eltérő-e a vizsgált ágazatok területi mintázata? 3. A vizsgált iparágak súlypontjai közelednek vagy távolodnak egymástól?

Az autógyártó vállalatok hatással vannak a beszállítói hálózatuk földrajzi elhelyezkedésére (pl. bizonyos beszállítók az autógyárak közelében hoznak létre üzemet), ezáltal a különböző kapcsolódó iparágak (pl. gumi- és műanyagipar, fémfeldolgozás) térbeliségére is. Az autóiparban a beszállítók egy több szintű hierarchikus hálózatot felépítve, együttesen alkotják az ún. beszállítói piramist. Ez a rendszer nagy mennyiségben és rugalmas keretek között teszi lehetővé a késztermékgyártást. Napjainkban a modern járművek igencsak összetettek, összeszerelésük számtalan alkatrészt igényel, melyek előállítása meghaladja a gyártók képességeit. A késztermékgyártók csak alapvető alkatrészek elkészítésével foglalkoznak (pl. motor, karosszéria). Számos részegység, alkatrész gyártására a gyártók kapuin kívül kerül sor. A beszállítói piramis csúcsán a késztermékgyártó nagyvállalatok helyezkednek el. A Tier 1-es beszállítók termékei komplexek és magas hozzáadott értékkel rendelkeznek. A Tier 2-es szinten a termékek a komplexitás és a hozzáadott érték esetében elmaradnak a Tier 1-től. Tier 3-as szinten az egyszerűbb alkatrészek előállítására kerül sor, ahol az összetettség és a hozzáadott érték már lényegesen kisebb arányú (Gyukics et al. 2011; Rechnitzer – Smahó 2012).

Az autóipar térbeliségét meghatározza a telephelyválasztás, amelyre hatással vannak a telepítő tényezők. Az egyik legfontosabb szempont a telephelyválasztás során a fogyasztópiacok közelsége (ennek okai pl. a kis távolság, a piacvédelmi szabályozások), azonban megfigyelhető a gyártás és a fogyasztás térbeli elkülönülése is. Ennek hátterében a költséghatékonyság áll, ami a gazdasági integrációk periféria területein ipartelepítő tényezőként jelenik meg (pl. olcsó munkaerő), s mindez a termelés térbeli tagoltságát eredményezi. A telephelyválasztás esetében számos más tényező is szerepet játszik. Ilyen a megörökölt ipari tradíció, mely a volt szocialista országokban a rendszerváltás után felszabadult kapacitások felhasználását jelenti zöldmezős, illetve barnamezős beruházásokon keresztül. Az ipari kultúra és a képzett munkaerő megléte, térbeli azonossága térségi felértékelődést eredményezhet. Az infrastrukturális feltételek, a közlekedési kapcsolatok és a közművesített ipari területek szintén hatással vannak az iparág térbeli terjeszkedésére, amely szoros kapcsolatban van a logisztikával és a költségcsökkentéssel. Az ipari parkok létesítése a korábban említett tényezőkkel közösen az iparág agglomerálódását, regionális és lokális iparági klaszterek kialakulását eredményezheti. Mindezekből megállapítható, hogy a térbeliség változása és a telepítő tényezők összefüggést mutatnak. A telepítő tényezők hatással vannak a telephelyválasztásra, ami pedig kihat az iparág térbeliségének alakulására (Kiss 2011; Grosz 2012; Rechnitzer – Smahó 2012).

Anyag és módszer

A KSH területi munkaügyi adataiból az alkalmazásban állók létszáma (nem teljes munkaidő esetén legalább 60 munkaóra teljesítése) mutatóból számítottam ki az egyes ágazatok súlypontjait. A közúti járműgyártás és az ahhoz szorosan kapcsolódó gumi- és műanyagipar, valamint fémfeldolgozás adatai kerültek feldolgozásra. A vizsgálat kezdete 2008, a vége 2018 volt. Az időszak kiválasztását indokolja, hogy a 2008 előtti adatok eltérő tartalmúak, nem hasonlíthatók össze a későbbi évek adataival. A térbeli középérték vagy súlypont a területi elemzések egyik legrégebbi módszere, amelynek képlete a következő:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i x_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i} \; y = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i},$$

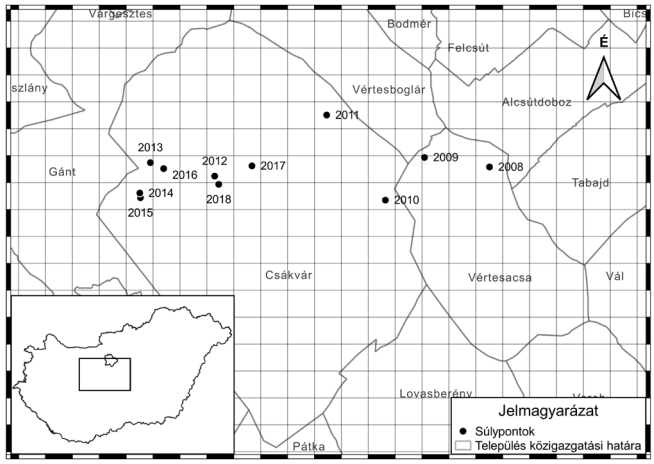
ahol x és y a súlypont koordinátája, valamint x_i és y_i az alappontok koordinátája. Az alappontoknak a súlyponttól mért átlagos súlyozott távolságának kiszámításához a következő képlet alkalmazható (Internet2):

$$D = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} f_i((x_i - x)^2 + (y_i - y)^2)}}{\sum_{i=1}^{n} f_i},$$

ahol x és y a súlypont koordinátája, valamint x_i *és* y_i az alappontok koordinátája, a D pedig a standard távolság. A számításokhoz a Microsoft Excel, a térképi ábrázolásokhoz a QGIS szoftvert használtam. A térképekhez szükséges vektoros rétegeket az OpenStreetMap adatbázisából töltöttem le (Internet3).

Eredmények és értékelésük

A közúti járműgyártás súlypontjai a vizsgált időszakban Vértesacsa és Csákvár települések közigazgatási területén találhatók. A *1. ábrán* látható, hogy a súlypont 2008-tól 2013-ig nyugati irányba, majd 2013-tól 2015-ig déli irányba mozgott. Az ezt követő időszakban egy északkeleti, majd egy keleti irányú változást figyelhetünk meg. A tematikus térképen (*1. ábra*) jól látszik, hogy a súlypont a vizsgált időszak utolsó éveiben közeledett a 2008-as kiindulási állapothoz. A kiindulási évhez képest a legnagyobb arányban Bács-Kiskun és Borsod-Abaúj-Zemplén megye tudta növelni a foglalkoztatottak számát az iparágban. Ennek ellenére azt tapasztalhatjuk, hogy a súlypont 2016-ig nyugati irányba mozog. Ennek az oka az lehet, hogy egyes megyék (pl. Győr-Moson-Sopron, Vas és Veszprém megye) esetében szintén növekedett az iparágban foglalkoztatottak száma, azonban ezek a megyék rendelkeznek a legtöbb foglalkoztatottal a közúti járműgyártásban. Fejér, Pest és Komárom-Esztergom megye a kiindulási évhez képest nem tudták növelni az iparági foglalkoztatottak számát a vizsgált időszakban. Ez is hozzájárulhatott az iparág súlypontjának nyugati irányba történő elmozdulásához. Beazonosíthatók olyan vállalatok, amelyek létrejötte vagy nagyarányú fejlődése hatással lehetett az iparág súlypontjának mozgására. Bács-Kiskun megyében az Antolin Hungary Kft. (2010, 631 fő), a Mercedes-Benz Manufacturing Hungary Kft. (2008, 4764 fő), Borsod-Abaúj-Zemplén megyében a

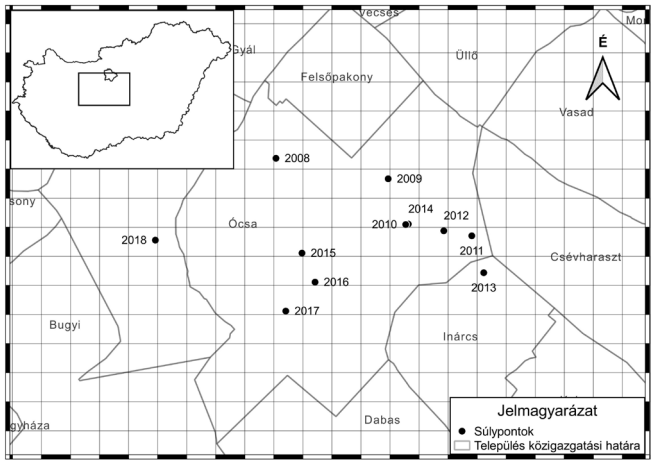


1. ábra A közúti járműgyártás súlypontjai a 2008 és 2018 közötti időszakban éves bontásban, saját szerkesztés a KSH adatainak felhasználásával

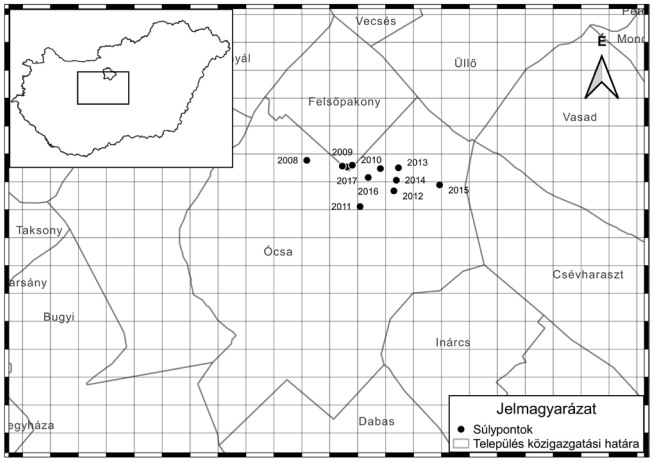
Joyson Safety Systems Hungary Kft. (2013, 1918 fő), Győr-Moson-Sopron megyében az Audi Hungaria Zrt. (13888 fő), a Fehrer Hungaria Kft. (2009, 703 fő), Veszprém megyében a Poppe + Potthoff Hungária Kft. (2011, 598 fő) hajtott végre jelentős beruházásokat.

A gumi- és műanyagipar éves térbeli súlypontjai Ócsa és Inárcs település közigazgatási területén helyezkednek el. 2008-tól 2013-ig megfigyelhető egy délkeleti irányú elmozdulás. Ezt 2014-ben egy ellentétes északnyugati irányú elmozdulás követi. A súlypontváltozás ezek után egy nyugati irányba történő mozgással folytatódik 2015-ben. 2016-ban egy délkeleti, majd 2017-ben egy délnyugati elmozdulást figyelhetünk meg. A 2. ábrán látható, hogy a súlypont 2008-ban volt legészakabbra és 2018-ban legnyugatabbra. 2013-ban érte le a legkeletibb helyzetét, a legdélebbi elhelyezkedése 2017-ben volt (*2. ábra*). A kiindulási évhez képest a legnagyobb arányban Fejér, Csongrád és Jász-Nagykun-Szolnok megye tudta növelni a foglalkoztatottak számát ebben az iparágban. Emiatt tapasztalhatjuk, hogy az iparág súlypontja a vizsgált időszak első felében délkeleti irányba tolódik el. A vizsgált időszak második felében a súlypont nyugati, majd déli irányú mozgásának az oka az lehet, hogy Budapest, Pest, Győr-Moson-Sopron és Bács-Kiskun megyékben is növekedett az iparágban foglalkoztatottak létszáma a kezdeti csökkenés után. Beazonosíthatók olyan vállalatok, amelyek létrejötte vagy nagyarányú fejlődése hatással lehetett az iparág súlypontjának mozgására. Győr-Moson-Sopron megyében a Rehau-Automotive Kft. (2011, 500 fő), Heves megyében az Apollo Tyres Kft. (2014, 650 fő) jelent meg, mint új piaci szereplő.

A fémfeldolgozás iparágban foglalkoztatottak számának éves súlypontjai Ócsa és Felsőpakony települések területén koncentrálódnak. A válság utáni időszakban megfigyelhetünk egy kelet és délkelet felé történő elmozdulást. Ez a folyamat 2008-tól 2010-ig tartott, majd 2011-ben történt egy jelentős déli irányú mozgás, amit 2012-ben egy szintén látványos északkeleti irányú súlypontváltozás követett. A



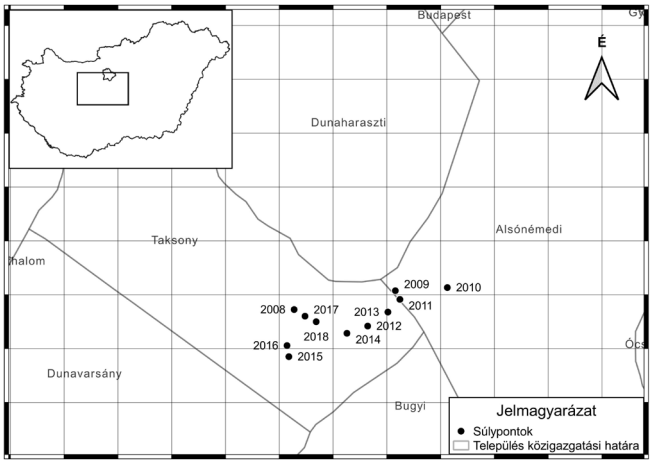
2. ábra A gumi- és műanyagipar súlypontjai a 2008 és 2018 közötti időszakban éves bontásban, saját szerkesztés a KSH adatainak felhasználásával



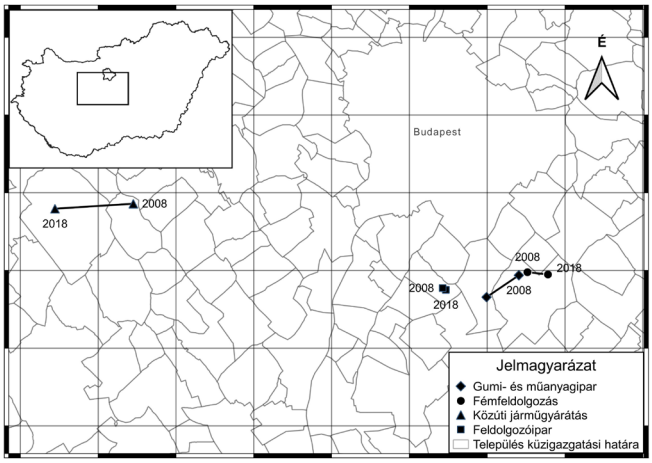
3. ábra A fémfeldolgozás súlypontjai a 2008 és 2018 közötti időszakban éves bontásban, saját szerkesztés a KSH adatainak felhasználásával

válság utáni időszakban a fémfeldolgozás súlypontja északnyugat felé helyeződött át. Megfigyelhetjük, hogy a vizsgált időszak utolsó éveiben a súlypont közeledik a kiindulási időpont súlypontjának pozíciójához. Ha csak a kezdeti és a záró adatokat nézzük, akkor a két pont között megfigyelhető egy délkeleti irányú elmozdulás (*3. ábra*). 2015-ig a legnagyobb arányban Jász-Nagykun-Szolnok és Heves megye tudta növelni a fémfeldolgozásban a foglalkoztatottak létszámát, emellett számos keleti megyében emelkedett ez a mutató. Emiatt tapasztalhatjuk, hogy az iparág súlypontja a vizsgált időszak első kétharmadában déli és keleti irányba tolódott el. A vizsgált időszak utolsó harmadában a súlypont nyugati irányba mozgott a kiindulási állapot felé. Ennek az lehet az oka, hogy Veszprém, Győr-Moson-Sopron, Pest és Bács-Kiskun megyékben is növekedett az iparágban foglalkoztatottak száma.

A feldolgozóipar súlypontjai Taksony és Alsónémedi települések közigazgatási határain belül helyezkednek el. A súlypontok mozgásáról megállapítható, hogy azok 2008 és 2010 között keleti irányba mozogtak, majd azt követően 2016-ig délnyugati irányba. A vizsgálat utolsó éveiben a súlypont a kiindulási évhez közeledést mutat (*4. ábra*). A vizsgált iparágak a feldolgozóipar részét képezik, ezért ahhoz viszonyítva értékelem az egyes iparágak súlypont változásainak az irányát és mértékét. A gumi- és műanyagipar, valamint a fémfeldolgozás súlypontjai a feldolgozóiparéhoz viszonyítva kb. 10 kilométerrel keletre helyezkednek el. Ez azzal magyarázható, hogy ezen iparágak jelentős gyártókapacitással rendelkeznek az ország keleti felében (pl. Bács-Kiskun, Jász-Nagykun-Szolnok, Szabolcs-Szatmár-Bereg és Borsod-Abaúj-Zemplén megye). A közúti járműgyártás súlypontjai kb. 40–50 kilométerrel nyugatabbra találhatók a feldolgozóiparéhoz viszonyítva (*5. ábra*). Fontos megjegyezni, hogy



4. ábra A feldolgozóipar súlypontjai a 2008 és 2018 közötti időszakban éves bontásban, saját szerkesztés a KSH adatainak felhasználásával



5. ábra A vizsgált iparágak és a feldolgozóipar súlypontjai a 2008 és 2018-ban, saját szerkesztés a KSH adatainak felhasználásával

hazánkban az észak-dunántúli megyék (Győr-Moson-Sopron, Komárom-Esztergom, Veszprém és Vas megye) kb. 65.000 fő foglalkoztatottal rendelkeznek a közúti járműgyártásban. Ez körülbelül az országos érték (103.400 fő) kétharmadát jelenti. Megállapítottam, hogy a vizsgált iparágak közül a közúti járműgyártás és a gumi- és műanyagipar produkálta éves szinten és a bázisidőszakban egyaránt a legnagyobb mértékű súlypontváltozást.

Összefoglalás

A vizsgált iparágak esetében eltérő területi mintázatról beszélhetünk. Megállapítottam, hogy a vizsgált iparágak súlypontjai elmozdultak a kiindulási évhez viszonyítva, továbbá ellentétes irányú és egymáshoz képest távolodó elmozdulások történtek (*5. ábra*). Az eredmények kapcsán meg kell említeni azokat a hatótényezőket, amelyeket a szakirodalmi áttekintésben bemutattam. Véleményem szerint a kapott eredményekre hatást gyakorol a múltbeli ipari térszerkezet, amely a mait is meghatározza. Fontos kiemelni a 2008-as válság hatásait, amely visszaesést eredményezett. Figyelembe kell venni, hogy a vizsgált iparágak súlypontjainak mozgását nemcsak az egyes megyék foglalkoztatotti létszámának növekedése, hanem a létszámleépítések is befolyásolhatják. Meg kell említeni a telepítő tényezőket (pl. humánerőforrás, szaktudás, piacok közelsége, infrastruktúra, kormányzati eszközök), amelyek alapvetően meghatározzák az országban végbemenő beruházásokat. Nem szabad megfeledkeznünk az ipari klaszteresedésről sem, amely agglomerációs hatása révén hat a vizsgált iparágak térszerkezetére. Az is megállapítható, hogy a közúti járműgyártásban a foglalkoztatotti létszám az ország északnyugati részén koncentrálódik, a másik két kapcsolódó iparágban egyenletesebben oszlik el az országban.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a Debreceni Egyetem Tehetséggondozó Program (DETEP) és az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 „Debrecen Venture Catapult program” támogatásával valósult meg.

Felhasznált források:

Grosz A. (2012): Az autóipar klaszteresedése Magyarországon. In: A járműipari beszállítói hálózat Kelet-Közép-Európában és Magyarországon (szerk. Rechnitzer János – Smahó Melinda). Széchenyi István Egyetem UNIVERSITAS-GYŐR Nonprofit Kft. Győr, pp. 216–243.

Gyukics – Klauber – Palóczi – Páczi – Vakhal (2011): A magyar kis és középvállalatok beszállítói szerepének erősítéséről szóló stratégia kidolgozása a gép- és gépjárműipari ágazatban: a jelenlegi helyzet tanulságai és a lehetőségek kihasználásának eszközei.

Kiss É. (2011): Területi szerkezetváltás a magyar iparban 1989 után, Dialóg Campus.

Molnár E. (2012): Kelet-Közép-Európa az autóipar nemzetközi munkamegosztásában. Tér és Társadalom, 26(1), szám, pp. 123–138.

Molnár E. (2013): Egy dinamikus iparág foglalkoztatási hatásainak földrajzi aspektusai: a magyarországi autóipar esete. Területi Statisztika, 53(4), pp. 322–339.

Rechnitzer J. – Smahó M. (2012): A járműipari beszállítói hálózat Kelet-Közép-Európában és Magyarországon, Széchenyi István Egyetem Universitas-Győr, Győr.

Rechnitzer J. – Smahó M. (2012): Járműipar és regionális versenyképesség, Széchenyi István Egyetem, Győr.

Internetes források

Internet1 – http://nohac.hu, Letöltés dátuma: 2018.07.17.

Internet2 – http://geogr.elte.hu/REF/REF_Kiadvanyok/REF_RTT_11/RTT-11-02-adatkezeles.pdf, Letöltés dátuma: 2018.08.05.

Internet3 – http://opendata.hu/hu/dataset/hungary-openstreetmap-data-openstreetmap-adatok/resource/e0b06b36-d58b-413c-9ba5-86bb942aacd9

A HM Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság Légifényképtára

Mihalik József

HM Zrínyi térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú Nonprofit Kft., Térképészeti Ágazat

Absztrakt: Jelen írás a HM Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság Légifényképtárában tárolt, az 1944-től 2015-ig terjedő időszakban, mérőkamerával készített, hagyományos film adathordozón lévő, állami alapadatot képező légifényképek digitalizálását, archiválását és szolgáltatását megvalósító rendszer létrehozására irányuló projekt szükségességét és tervezett működését mutatja be.

Bevezetés

A földmérési és térképészeti tevékenységről szóló 2012. évi XLVI. törvény alapján, a HM Zrínyi Térképészeti és Kommunikációs Szolgáltató Közhasznú Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság Térképészeti Ágazati Igazgatóságának (a továbbiakban: HM Zrínyi NKft.), alapvető feladata a honvédelmért felelős miniszter felelősségi körébe tartozó állami térképészeti tevékenység végzése. Az állami térképészeti alapmunkák végrehajtása, az állami térképészeti alapadatok előállítása, archiválása, tárolása és szolgáltatása, az állampolgárok, a gazdálkodó szervezetek, a katasztrófa- és rendvédelmi szervek, az államigazgatás, valamint a honvédelem térképészeti adatszolgáltatási igényeinek kielégítése. Ezen tevékenység egyik eleme a Légifényképtár fenntartása és üzemeltetése.

A légifényképtár jelenlegi állapota és jövője

A HM Zrínyi NKft. tevékenységén belül fontos helyet foglalnak el a légifényképezési és fotogrammetriai adatnyerési eljárások, melyek eredményeként állnak elő a térképek és digitális térképészeti adatbázisok alapanyagai.

A topográfiai térképészeti tevékenység elengedhetetlenül fontos alapanyagai az ország területéről készített légifényképek és egyéb távérzékelési anyagok.

A légi-fényképezést a HM Zrínyi NKft. és jogelődjei korábban és még jelenleg is hagyományos filmre végezték, illetve végzik. Az adatszolgáltatási feladatok gyors, hatékony és korszerű végrehajthatósága érdekében, elengedhetetlen a digitális technológia alkalmazása, mely a hagyományos filmeken lévő légifényképek digitalizálását, adatbázisba rendezését és digitális formában történő szolgáltatását jelenti.

A digitális technológiára történő áttérés jelentősen gyorsítja a feladatok végrehajtási folyamatát és csökkenti a nyert adatok és információ felhasználókhoz történő eljutásának időtartamát. Jelentősen csökkenti az adatnyerés és adatszolgáltatás költségét. Jelentősen csökkenhetők a másolási költségek és ez által az adatszolgáltatási díjak is. Végső soron, esetleges kormányzati döntés eredményeként, az adatnyerési, valamint a szolgáltatási költségeknek a szolgáltató részére történő biztosítása esetén az adatszolgáltatás történhet akár online és díjmentesen, hiszen a felhasználó adófizetők finanszírozzák az adatnyerő és szolgáltató rendszer fenntartását.

A HM Zrínyi Kft. légi-filmtárában őrzött archív légi-felvételek lehetővé teszik a terep, a környezet változásainak nyomon követését több évtizedre visszamenőleg.

A légi-filmtár több mint negyedmillió, 1944 után készült térképészeti célú légifényképet őriz és szolgáltat, hagyományos adathordozón, Magyarország területéről.

Az 1944 és 2015 között készült analóg filmek állaga, koruktól függő mértékben, folyamatosan romlik, ezért – pótolhatatlan információtartalmuk megőrzése érdekében – digitalizálásuk elengedhetetlenül szükséges. A digitalizáláshoz, az archiváláshoz és a légi-fényképek szolgáltatásához szükséges eszközrendszer beszerzése, valamint a digitalizálás, az archiválás és a szolgáltatás feltételeinek megteremtése a 2019. év elején megkezdődött. Ezzel megőrizzük nemzeti információvagyonunk és múltunk egy pótolhatatlan részét.

A HM Zrínyi NKft. légi-filmtára 50.139 db 1944 és 1960 között készített, 30×30 cm-es, 109.649 db 18×18 cm-es és 92.136 db 23×23 cm-es méretű, 1960. után készült, azaz összesen 251.924 db szürkeárnyalatos (fekete-fehér) légifényképet őriz térképészeti állami alapadatként, évtizedek óta, hagyományos módon tárolva.

A légifényképek nyilvántartása nyilvántartó könyvekben történik. A felvételek filmtekercsekre készültek, melyeket képekre darabolva albumokban tárolnak. Az 1944 és 1959 között topográfiai felmérés céljából készült légifényképeket a ’60-as ’70-es években nem a katonai térképészet kezelte. Ezen idő alatt a légifényképekhez tartozó szinte minden dokumentum és információ elkallódott. A légifényképek csak a ’80-as évek végén kerültek vissza a katonai térképészethez. Ekkor kezdődött el a feldolgozásuk, azaz beazonosításuk és a képek középpontjainak és a repülési útvonalaknak a felszerkesztése azoknak az archív, 1:25000 méretarányú térképszelvényeknek egy-egy példányára, amelyek az adott képek felhasználásával készültek. A térképszelvényeket albumokba sorolták. Az így előállított információ megkönnyíti az egyes képek kikeresését a fényképalbumokból. Ezt a munkát teljes egészében Papp Antal nyugállományú alezredes úr végezte el öt év alatt. Köszönet érte!

Az 1959 után készített légifényképekhez tekercsenként törzslapok készültek, melyek a légifényképezés körülményeiről és a felvételekről tartalmaznak információt. A légifényképezés előkészítése, tervezése során, térképeken repülési terveket is készítettek, de ezek megőrzését nem tartották fontosnak, sőt a titokvédelmi minősítésükből adódó körülményes tárolási követelmények miatt

ezeket megsemmisítették a fényképanyag kiértékelése után. A légifényképezéssel érintett területekről évente, kismértarányú áttekintő vázlatokat készítettek, melyek segítségével egy-egy kép könnyen előkereshető az albumokból.

Az első filmek 1944-ben készültek, azaz több mint 70 évesek. Tárolási módjuk és a film alapanyagok elkerülhetetlen kémiai változásai miatt a felvételek minősége, képi kiértékelhetősége folyamatosan romlik. Adattartalmuk, valamint a hozzátartozó információ, azaz a térképek, az áttekintő vázlatok, a törzslapok korszerű eszközökkel történő mielőbbi archiválása, adatbázisba rendezése, az adattartalom elvesztésének elkerülése érdekében, feltétlenül szükséges és fontos.

A létrehozandó adatbázis a nemzeti téradat vagyonunk része. Az 1944-től az 1960-as évek végéig terjedő időszakból más, a teljes országot lefedő, mérőkamarával készített légifényképanyag nem létezik Magyarország területéről. Ezek és az 1970-es évek elejétől napjainkig terjedő időszakból származó légifényképek – melyek közepes méretarányú topográfiai térképezési célra készültek – kiegészítve a Budapest Főváros Kormányhivatala (korábban: Földmérési és Távérzékelési Intézet /FÖMI/) által tárolt – nagyméretarányú kataszteri térképezés céljára készített és jelenleg digitalizálás alatt álló légifényképekkel – egységes egészként képezik le Magyarország teljes területének földfelszíni változásait a fent említett időszakokban. Alapul szolgálhatnak a történeti kutatásokhoz, a nemzetgazdasági, a közigazgatási, a környezetvédelemi és sok más gazdasági és tudományos tevékenységhez.

A földrajzi felszín sajátosságainak közel háromnegyed évszázadot felölelő változásait hitelesen dokumentáló légifényképanyag pótolhatatlan és felbecsülhetetlen értéket képvisel a történeti kutatások, a nemzetgazdaság, a közigazgatás, a környezetvédelem és sor más gazdasági és tudományos szakterület számára.

A légi-fényképanyag digitalizálásának megkezdése és végrehajtása azért is sürgős, mert a szükséges eszközök beszerzésére már csak rövid ideig van lehetőség. A 30x30 cm méretű (a továbbiakban: nagyméretű) filmeket szinte csak Közép- és Kelet-Európában gyártottak, illetve használtak, ezért az archiválás céljára történő digitalizálásukra alkalmas szkennerek is csak onnan szerezhetők be. Az elvégzett piackutatás után, a jelenlegi ismereteink szerint alkalmas szkenner csak ukrán gyártótól vagy annak magyarországi képviselőjétől szerezhető be.

A 18x18 és a 23x23 cm méretű (a továbbiakban: kisméretű) filmek digitalizálásához szükséges szkennerek gyártása Európában, mintegy 5–6 éve megszűnt, ezért új eszköz már nem szerezhető be. Ilyen kisméretű, használt szkennerek, esetlegesen még beszerezhetők. Felújításuk az eredeti gyártók által, valamint a karbantartásuk jelenleg még megoldható, bár kockázatos, tekintettel az eszközök korára és a hozzájuk értő karbantartó szakemberek korlátozott számára.

Nagyméretű szkennerrel a kisméretű filmek problémamentesen digitalizálhatók, ezért a HM Zrínyi NKft. célszerűen új, nagyméretű szkennerek beszerzése mellett döntött, annál is inkább, mert a nagyméretű szkennerek beszerzése olcsóbb, mint a kisméretű szkennerek beszerzése és felújítása.

Az archiválás technológiáját és eszközigényét a HM Zrínyi NKft. szakemberei felmérték és ismerik. A feladatot a HM Zrínyi Nkft tejes egészében a saját kapacitásával kívánja végrehajtani. Ennek előnye, hogy a projekt indulásakor, a rendelkezésre álló pénzfedezet függvényében lehetett létrehozni a saját kapacitást, melynek mértékét a rendelkezésre álló pénzfedezet és az észszerűség határozta meg.

A projekt végrehajtása a továbbiakban, a pénzfedezet rendelkezésre állásának függvényében történik majd. A saját kapacitás létrehozása jelentős kezdeti beruházást igényelt, ugyanakkor a feladat végrehajtása után a beszerzett eszközök további hasznosítására valószínűleg nem lesz lehetőség. Ezért a létrehozott kapacitást célszerűen optimalizálni kellett, az elvárt maximális átfutási idő és a rendelkezésre álló pénzfedezet függvényében.

A feladat végrehajtásának várható összköltsége, az átfutási idő függvényében (2019. évi szinten számítva.) ~ 1,1–1,3 Mrd Ft, mely időben több évre, akár 5–10 évre széthúzva jelentkezik. A projekt átfutási időtartamának növelése arányosan növeli a végrehajtási költséget.

A projekt költségének és átfutási idejének optimalizálását, mint követelményt szem előtt tartva, négy darab szkenner beszerzése van folyamatban, melyekkel tizenhárom dolgozó, kilenc – tíz év alatt végezheti el az összesen 251.924 darab légifelvétel digitalizálását, archiválását és digitális szolgáltatási feltételeinek megteremtését.

A légifényképek adattartalmának lehető legteljesebb megőrzése érdekében az alábbi műszaki paraméterekkel, illetve tulajdonságokkal rendelkező fotogrammetriai szkennerek beszerzése van folyamatban:

- 320 x 470 mm szkennelési terület;
- Képformátum TIFF, Sáv TIFF, TIFF 6.0 JPEG, JPEG2000 kimenet 8/10/12/14 bit;
- 8 μms valós optikai felbontás (3175 ppi), 4, 8, 12,16...128 μms – valós időben tárolással, más méretek elő-feldolgozással;
- Filmtekercs, vagy egyéni méret szkennelése,
- Manuális és automatikus filmtekercselés;
- Motorizált orsók az automatikus filmtovábbításhoz;
- Automatikus kiindulási vagy képszél detektálás;
- ±3 μms geometriai pontosság (a képadatok újra-mintavételezése nélkül);
- Számítógép-vezérelt hideg LED megvilágító rendszer;
- Windows 10™ operációs rendszer;
- Szkenner és PC kommunikáció USB csatlakozón keresztül;
- Por & karcolás eltüntető modul;
- Projekt kezelés több beállítással/munkával;
- Valós idejű tónuskorrekció;
- File számozás növekvő, vagy csökkenő sorrendben;
- Egyenletesen magas geometriai pontosság a teljes képterületen.

A feladat végrehajtását az 1944 és 1959 között készített, 50.139 db 300x300 mm méretű légifénykép digitalizálásával kell megkezdeni, mert azok információtartalmának megmentése, állaguk gyors romlása miatt sürgősebb, mint a későbbi képeké.

A digitális légifénykép archívum minőségének biztosítása érdekében megkezdődött három pormentes, árnyékolt, légkondicionált munkaterem, egy új légifényképraktár és a kiszolgáló létesítmények kialakítása a HM Zrínyi NKft. telephelyén, a hagyományos légi-fénykép archívum közelében.

A szükséges közbeszerzési eljárások lebonyolítása, a szkennerek beszerzése és a munkahelyek kialakítása után, a 2019. év szeptemberében indulhat meg a légi-felvételek feldolgozása, mely a képállomány raszteres digitalizálását és digitális adatbázisba, illetve archívumba rendezését jelenti. A projekt végrehajtásának tervezett határideje: a 2028. év vége, de a finanszírozás intenzitásának függvényében az átfutási idő jelentősen módosulhat. A folyamatos digitális légifénykép szolgáltatás megkezdése, várhatóan 2021-től kezdődhet.

Intra-urban analysis of land surface temperatures in the City of Novi Sad (Serbia)

Dragan D. Milošević[1] – Jan Geletič[2,3] – Stevan M. Savić[1] – Michal Lehnert[4]

[1] Climatology and Hydrology Research Centre, Faculty of Sciences, University of Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Serbia; e-mail: dragan.milosevic@dgt.uns.ac.rs, website: http://clihyd.com/novi-sad-urban-climate-research-group/

[2] Institute of Computer Science of the Czech Academy of Sciences, Vodárenskou věží 271/2, 182 07 Prague, Czech Republic

[3] Global Change Research Institute of the Czech Academy of Sciences, Bělidla 986/4a, 603 00 Brno, Czech Republic

[4] Department of Geography, Faculty of Science, Palacký University Olomouc, Tř. 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc, Czech Republic

Abstract: Land surface temperatures (LST) between the Local Climate Zones (LCZs) in Novi Sad, the second largest city in Serbia, are analysed. The LCZs were delineated on the basis of the GIS-based method created by Geletič – Lehnert (2016). Land Surface Temperatures (LSTs) were derived from the satellites: Terra, sensor ASTER, and LANDSAT-8. The thermal images were provided at a similar time (at about 9.30 AM) between 2002 and 2008 (ASTER) and between 2013 and 2017 (LANDSAT-8). Statistical analyses, including the analysis of variance (ANOVA) and Tukey-HSD test, were employed to reveal LST differences between the LCZs. The results indicate that in 84% of cases there were significant differences in LST between pairs of LCZs. Temperature differences between LCZs were the most pronounced in the summer season. In general, LCZ 8 (large low-rise), LCZ 10 (heavy industry), LCZ 2 (compact midrise) and LCZ 3 (compact low-rise) had the highest surface temperatures in Novi Sad. Contrary to that, LCZs A (dense trees), B (scattered trees) and G (water bodies) were the coolest zones.

Introduction

Cities have heterogeneous surface features and complex energy fluxes, which results in an excessive heat accumulation in urban areas. As a consequence, it is possible to observe surface urban heat island (SUHI) or urban heat island (UHI) effects – where an urban area has a higher surface or air temperature than the urban hinterland or rural areas (Chen et al. 2016). Therefore, detailed information regarding the urban surface and built-up characteristics are essential in order to understand urban temperature processes.

One of the newest and most widely used methods in urban climate research is the concept of Local Climate Zones (LCZs), defined by Stewart – Oke (2012). The advantages of the LCZ concept lie in the facts that it is a global classification scheme with a limited number of classes (10 built and 7 land cover types) and that classes are defined by the measurable physical properties of the urban environment. Each LCZ has a uniform land cover, surface structure, construction materials and human activities that span from hundreds of meters to several kilometers on a horizontal scale. The LCZ system does not cover entirely the spatial heterogeneity of the thermal pattern because it is affected by far more numerous and complex processes. However,

it describes the most important urban and natural features and can serve as a good basis for the study of climate on local and regional scales (Bechtel et al. 2015; Lelovics et al. 2016; Cai et al. 2017). According to the LCZ classification concept, air temperature measurements may be best suited for the analysis of temperature contrasts among LCZs (Stewart et al. 2014). However, Geletič et al. (2016) have recently demonstrated that the concept is also convenient for the analysis of the Land Surface Temperatures (LST) between LCZs.

The LST derived from satellite remote sensing techniques is an important factor in the study of urban climate (Voogt – Oke 2003). Compared to in situ air measurements, the remote sensing method has advantages in providing continuous spatial coverage, high integrity and real-time data acquisition over large areas. Therefore, it can reveal the spatiotemporal variability of the urban thermal environment (Voogt – Oke 2003; Fabrizi et al. 2010; Schwarz et al. 2012).

The main goals of this study are: to delineate LCZs in Novi Sad (Serbia) (1) and to analyze spatial and seasonal differences of LCZs as to their LSTs (2) in order to better understand the relationship between different urban surface features and the spatial LST variability in medium-sized Central European cities.

Research Area, Data and Methods

Geographical Characteristics of the Research Area

Novi Sad is the second largest city in Serbia, where approximately 330,000 inhabitants live in the built-up area covering 102 km^2 (as of 2017). The urban area is located in Southeast Europe, on a Carpathian plain between 80 and 130 m a.s.l. The Danube River flows through the southern and eastern edges of the urban area (260–680 m wide), and the narrow Danube–Tisza–Danube Canal passes through the northern section of the city. The south hinterland is Fruška Gora, the low mountain covered with mixed forests with various types of deciduous trees. The city's surroundings to the north, west and east is predominantly characterized by agricultural areas where cultivated low plants are prevailingly. According to the Köppen-Geiger climate classification (Kottek et al. 2006), Novi Sad region has a Cfb climate (temperate climate, fully humid, and warm summers, with at least four Tmon $\geq$ +10 °C). The mean monthly air temperature ranges from –0.3 ºC in January to 21.8 ºC in July. The mean annual precipitation is 623 mm (based on data collected between 1949 and 2015). The temperature and precipitation data were provided by the meteorological yearbooks of the Republic Hydrometeorological Service of Serbia.

Local Climate Zones

The GIS-based method published by Geletič – Lehnert (2016) was employed to delineate LCZs in the studied area of Novi Sad. The method is based on the measurable physical properties of the environment and a clearly defined decision-making algorithm. The algorithm is derived from the basic physical parameters defined by Stewart – Oke (2012).

For the classification process, the urban and hinterland areas were divided into grid cells of 100 m × 100 m, with each cell having defined physical parameters. In the first step, the cells were divided by a building surface fraction (BSF) into two basic classes: (1) building types and (2) natural land cover types. In the second step, the cells that had been categorized as building types (BSF ≥ 10%) in the first step were classified into particular LCZs based on the smallest deviation from the optimum interval, as defined by Geletič – Lehnert (2016), in terms of defined physical parameters. The industrial zones categorized as LCZs 8 and 10 were refined using the number of buildings. The cells categorized as land cover types in the first step were automatically classified into particular LCZs in the second step by means of the vector land-use geo-database (Geletič – Lehnert 2016). After all cells had been assigned to an appropriate LCZ, the LCZ areas were delineated using a three-cell filter to smooth the results of classification. Each LCZ demonstrated approximately 90% agreement with the areas defined on the basis of expert knowledge.

Land Surface Temperature

LSTs were obtained from two satellites: Terra (sensor ASTER) and LANDSAT-8. ASTER consists of three separate instrument subsystems, namely a visible near-infrared (VNIR; Bands 1-3, at 15 m resolution), a shortwave infrared (SWIR; Bands 4– 9, at 30 m resolution) and a thermal infrared (TIR; Bands 10-14, at 90 m resolution) subsystem. LANDSAT-8 uses two instruments, i.e. an operational land imager (OLI) sensor and a thermal infrared sensor (TIRS). The OLI sensor has nine bands (Bands 1–7 and 9 at 30 m resolution and panchromatic Band 8 at 15 m resolution). The TIRS has two bands (Bands 10 and 11, collected at 100 m resolution and re-sampled to 30 m) (Geletič et al. 2016). In total, 20 thermal images were obtained for the urban and hinterland areas of Novi Sad (4 from ASTER and 16 from LANDSAT-8), between the 2002 and 2017. All scenes were recorded in morning daylight times, i.e. from 9:26 to 9:45 UTC (*Table 1*).

Two algorithms were used to estimate LSTs: split-window (1) and multispectral (2). The split-window technique used two thermal infrared (TIR) bands, typically located in the atmospheric window between 10 μm and 12 μm (Sobrino et al. 1996). The algorithm applied was based on the estimation of the top-of-atmosphere spectral radiance and at-satellite brightness temperature. LANDSAT-8 provided two thermal bands, Band 10 and Band 11 (U.S. Geological Survey 2016). LANDSAT-8 did not provide data for a surface emissivity calculation. Because of this, a land-surface emissivity (LSE) algorithm was used to estimate emissivity from the normalized difference vegetation index (NDVI) (Rozenstein et al. 2014).

The basic statistical methods were used in the analysis of the LST differences among LCZs. The LSTs of the LCZs were evaluated by the one-way variance analysis (ANOVA). If the ANOVA F-test indicated statistically significant differences in LST, the Tukey HSD test was used to analyse which LCZs were significantly different in terms of their mean LST. Boxplots were used to present the LST variability typical of each analysed LCZ.

Table 1. Satellite imagery with the basic information used for land surface temperature (LST) spatial patterns in Novi Sad (Serbia)

City	Scene ID	Satellite	Date	UTC	Cloud cover*	Temperature conditions**
Novi Sad	AST_20021006	ASTER	06.10.2002	9:39:58	0.7 %	normal
	AST_20050903		03.09.2005	9:44:14	0.1 %	summer days
	AST_20070801		01.08.2007	9:39:13	0%	summer days
	AST_20080623		23.06.2008	9:45:31	0%	hot days
	LT8_20130901	LANDSAT-8	01.09.2013	9:29:30	0%	summer days
	LT8_20140819		19.08.2014	9:27:32	0%	summer days
	LT8_20150416		16.04.2015	9:26:51	0%	summer days
	LT8_20150518		18.05.2015	9:26:30	0%	summer days
	LT8_20150603		03.06.2015	9:26:36	0%	hot days
	LT8_20150705		05.07.2015	9:26:54	0%	hot days
	LT8_20150721		21.07.2015	9:27:02	0%	extremely hot days
	LT8_20150806		06.08.2015	9:27:05	0%	extremely hot days
	LT8_20150923		23.09.2015	9:27:27	0%	summer days
	LT8_20160707		07.07.2016	9:27:21	0%	summer days
	LT8_20160723		23.07.2016	9:27:27	0%	hot days
	LT8_20160808		08.08.2016	9:27:29	0%	summer days
	LT8_20160824		24.08.2016	9:27:36	0%	summer days
	LT8_20170624		24.06.2016	9:26:57	0%	summer days
	LT8_20170710		10.07.2017	9:27:00	0%	extremely hot days
	LT8_20170811		11.08.2017	9:27:14	0%	extremely hot days

*Note: * Cloud cover for study areas, not full-scene; ** Temperature conditions for the selected days were defined according to Climate and Ocean – Variability, Predictability, and Change – CLIVAR (http://www.clivar.org/organization/etccdi/indices.php).*

Results and Discussion

The Pattern of Local Climate Zones

According to the applied method, 7 built-up types (LCZ 2 – compact midrise, LCZ 3 – compact low-rise, LCZ 5 – open midrise, LCZ 6 – open low-rise, LCZ 8 – large low-rise, LCZ 9 – sparsely built, LCZ 10 – heavy industry) and 6 land cover types of LCZs (LCZ A – dense trees, LCZ B – scattered trees, LCZ D – low plants, LCZ E – bare rock and paved, LCZ F – bare soil and sand, LCZ G – water) were identified in the studied area.

The central parts of the city were the most built-up areas defined as LCZ 2 and surrounded by LCZ 5 and LCZ 3 types. Towards the outskirts, industrial areas LCZ 8 and 10 (mostly in the northern areas), LCZ 6 and LCZ 9 were delineated. LCZs 6 and 9 have typical characteristics of villages and farms around the city. The

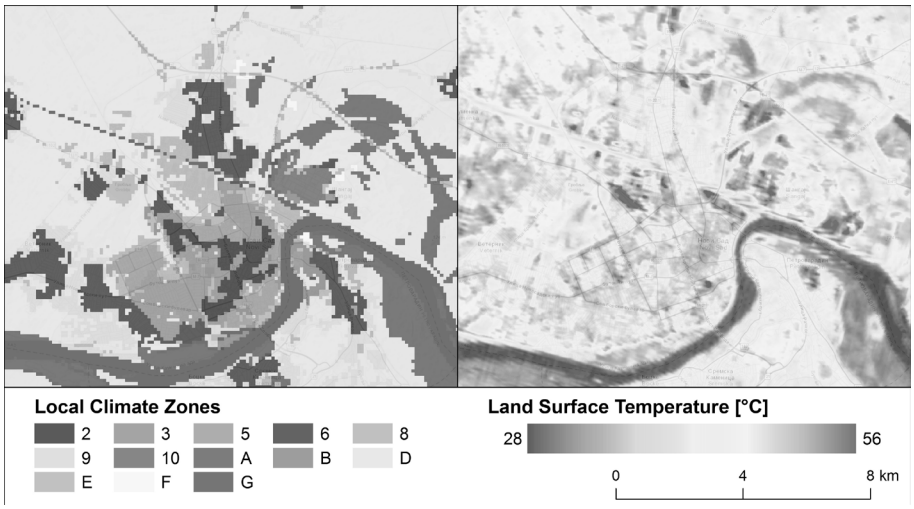


Fig. 1. Spatial distribution of LCZs in Novi Sad (left) and example of the LST pattern from LANDSAT-8, scene LT8_20170710 (right; for scene ID see Table 1) in Novi Sad's urban area and hinterland

most dominant land cover type was LCZ D, due to the agricultural character of the city's hinterland, where the cultivation of low plants prevailed (wheat, maize, sunflower, soya etc.). Forests with dense trees, mostly concentrated near the Danube River, belonged to the LCZ A type, whereas urban parks and forests surrounding the historical fortress, characterized by scattered trees, were delineated as LCZ B. Roads around the city, graveyards and some industrial areas were classified as LCZ E, and waste dumps and major construction sites were denoted as LCZ F. Danube River and the Danube–Tisza–Danube Canal fell into LCZ G class. The spatial pattern of LCZs in Novi Sad is shown in *Fig. 1* (left). The defined LCZ types and their spatial pattern for Novi Sad are similar to the results for other Central European cities, such as Prague, Brno, Olomouc and Hradec Králové in the Czech Republic (Geletič – Lehnert 2016; Geletič et al. 2016), Hamburg in Germany (Bechtel – Daneke 2012) and Szeged in Hungary (Lelovics et al. 2014).

Land Surface Temperature in Local Climate Zones

The variability of LSTs in the LCZs of Novi Sad is illustrated using the example of a summer day (10.07.2017) with a very high temperature (*Fig. 1*). The highest mean LST was observed in compact midrise (LCZ 2) and industrial areas (LCZ 8 and 10). LCZ 3 and LCZ 5, as compact low-rise and open midrise areas, were the next warmest built-up zones. A very high LST was also observed in LCZ E and LCZ F but they had a smaller spatial coverage. The lowest LSTs were detected in LCZ G (water) and LCZs A and B (forested areas).

Individual scenes could not be compared directly as they represented different days within the period spanning from April to October. Therefore, a Tukey-HSD test was employed to analyse LST differences between pairs of LCZs as to their

significance with "hits" representing the number of multiple comparison tests indicating significant LST differences in a pair of LCZs. The examples of the test results for the three selected scenes are presented in *Fig. 2a*. Taking into consideration all 20 scenes analysed in this study, a generally greater number of "hits" was found for land cover types of LCZs, except for LCZ E (bare rock or paved), where the surface temperature resembled the LST of the built types of LCZs. As far as the built types of LCZs are concerned, the greatest number of hits was found for LCZ 10 (heavy industry) and LCZ 8 (large low-rise), where LSTs were frequently significantly higher than in other LCZs. Less hits were found for LCZs 2, 3, 5 and 6, where the surface temperatures were in some cases very similar; however, even for these LCZs, the relative number of "hits" was around 80%. These findings are in a good agreement with the results obtained in other two Central European Cities – Brno and Prague (Geletič et al. 2016).

The relative numbers of "hits" calculated separately for each month from April to October indicate seasonal variations in LST differences between LCZs (*Fig. 2b*). In general, surface temperature differences among LCZs were more pronounced in the months when solar irradiance was the highest (June–July). Apparently, greater temperature differences between LCZ G or LCZ A and other LCZs could be observed in the summer. The LSTs for LCZ D were usually not significantly different from

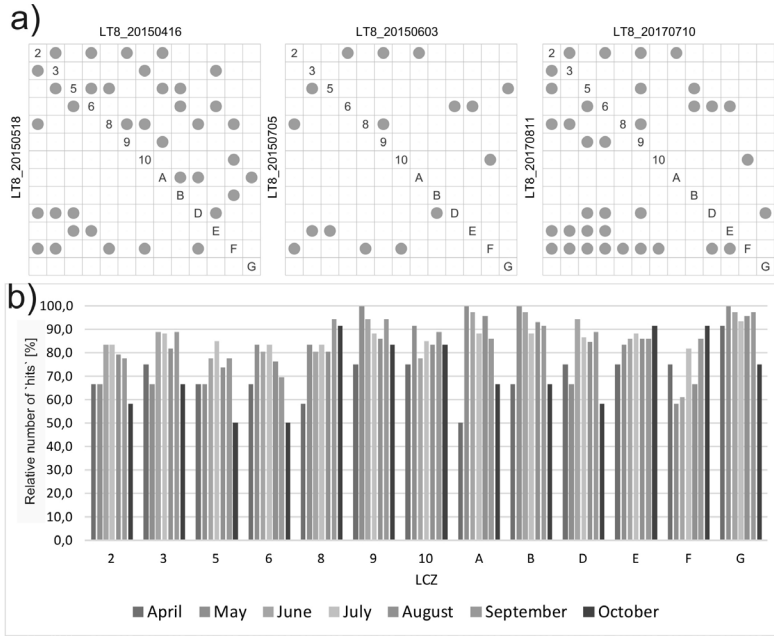


Fig. 2. a) Results of the Tukey-HSD test for all combinations of LCZ classes (numbers and letters) and for the selected scenes in Novi Sad (for scene ID see Table 1); dots indicate the pairs of LCZs for which LSTs were not significantly different ($p > 0.05$), while empty cells denote the LCZs pairs for which the average LSTs were significantly different; b) Relative number of multiple comparison tests indicating significant differences ($p < 0.05$) in LST ("hits") among LCZs in Novi Sad in the selected months.

the LSTs of the built types of LCZs in April (before the growing period) and in September and October (after the harvest), whereas in the growing period (May-July), they were substantially lower (*Fig. 2b*). For LCZ G (water area) it is a complex situation, because of the Danube River as floating water. Also, in some scenes the flow rate is not the same, i.e some parts of riverbed are flooded in particular period of the year, but in another (mostly summer) these areas are dry surface. Furthermore, a few small lake areas near industrial buildings are characterized with higher surface temperatures comparing to water temperature in Danube River.

Conclusions

In this study, LCZs were delineated in Novi Sad (Serbia) and they were analyzed as to their land surface temperatures (LST). The spatial pattern of LCZs in Novi Sad (Serbia) corresponds to those of other medium-sized Central European cities; however, what makes it peculiar is the large extent of areas classified as LCZ 3. Statistical analyses confirmed that LCZs in Novi Sad are significantly differed in terms of their mean LST in 84% of cases. It was shown that temperature differences between LCZs were the most pronounced in the summer. Therefore, seasonal variations must be considered in any further research dealing with temperature differences between LCZs. The highest LSTs were found in built-up areas with a significant share of concrete and other artificial materials such as LCZs 2, 8 and 10. Contrary to this, LCZs G (water), A (dense trees) and B (scattered trees) had the lowest surface temperatures. Finally, the results of this study, as well the previous studies conducted in Brno and Prague (Czech Republic), indicate that this kind of research and the applied methodology can contribute to the further study of the relationship of temperature variability and urban surface types.

Acknowledgements

The Ministry of Education, Science and Technological Develop- ment of the Republic of Serbia has contributed to this research through the project Grant No.176020. Furthermore, the study was supported by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic within the National Sustainability Pro - gram I (NPU I), Grant No. LO1415.

References

Bechtel, B. – Daneke, C. (2012): Classification of local climate zones based on multiple earth observation data. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 5, pp. 1191–1202. Doi:10.1109/JSTARS.2012.2189873

Bechtel, B. – Alexander, P.J. – Jöhner, J. – Ching, J. – Conrad, O. – Feddema, J. – Mills, G. – See, L. – Stewart, I. (2015): Mapping Local Climate Zones for a Worldwide Database of the Form and Function of Cities. ISPRS International Journal of Geo-Information, 4, pp. 199–219. Doi:10.3390/ijgi4010199

Cai, M. – Ren, C. – Xu, Y. – Lau, K.K.L. – Wang, R. (2017): Investigating the relationship between local climate zone and land surface temperature using an improved WUDAPT methodology – A case study of Yangtze River Delta, China. Urban Climate. doi:10.1016/j.uclim.2017.05.010

Chen, L. – Jiang, R. – Xiang, W.N. (2016): Surface heat island in Shanghai and its relation – ship with urban development from 1989 to 2013. Advances in Meteorology, ID 9782686, p. 15. Doi:10.1155/2016/9782686

Fabrizi, R. – Bonafoni, S. – Biondi, R. (2010): Satellite and ground-based sensors for the ur - ban heat island analysis in the city of Rome. Remote Sensing, 2, pp. 1400–1415. Doi:10.3390/rs2051400

Geletič, J. – Lehnert, M. – Dobrovolny, P. (2016): Land Surface Temperature Differences within Local Climate Zones, Based on Two Central European Cities. Remote Sensing, 8. pp. 788. Doi:10.3390/rs8100788

Geletič, J. – Lehnert, M. (2016): GIS-based delineation of local climate zones: The case of medium-sized Central European cities. Moravian Geographical Report, 24(3), pp. 2–12. Doi:10.1515/mgr-2016-0012

Kottek, M. – Grieser, J. – Beck, C. – Rudolf, B. – Rubel, F. (2006): World Map of the Koppen- Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift, 15(3), pp. 259–263. Doi:10.1127/0941-2948/2006/0130

Lelovics, E., Unger, J., Savić, S., Gál, T., Milošević, D., Gulyás, Á., Marković, V., Arsenović, D., Gál, C.V. (2016): Intra-urban temperature observations in two Central European cities: a summer study. Idojaras, 120(3), pp. 283-300.

Lelovics, E. – Unger, J. – Gál, T. – Gál, C.V. (2014): Design of an urban monitoring network based on Local Climate Zone mapping and temperature pattern modeling. Climate Research, 60, pp. 51–62. Doi:10.3354/cr0122

Rozenstein, O. – Qin, Z. – Derimian, Y. – Karnieli, A. (2014): Derivation of land surface temperature for Landsat-8 TIRS using a split window algorithm. Sensors, 14, pp. 5768–5780. Doi:10.3390/s140405768

Schwarz, N. – Schlink, U. – Franck, U. – Grossmann, K. (2012): Relationship of land surface and air temperatures and its implications for quantifying urban heat island indicators – An application for the city of Leipzig (Germany). Ecological Indicators, 18, pp. 693–704. Doi:10.1016/j.ecolind.2012.01.001

Sobrino, J.A. – Li, Z.L. – Stoll, M.P. – Becker, F. (1996): Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data. International Journal of Remote Sensing, 17, pp. 2089–2114. Doi:10.1080/01431169608948760

Stewart, I.D. – Oke, T.R. (2012): Local Climate Zones for urban temperature studies. Bulletin of the American Meteorological Society, 93, pp. 1879–1900. Doi:10.1175/ BAMS- D-11-00019.1

Stewart, I.D. – Oke, T.R. – Krayenhoff, E.S. (2014): Evaluation of the 'local climate zone' scheme using temperature observations and model simulations. International Journal of Climatology, 34, pp. 1062–1080. Doi:10.1002/joc.3746

U.S. Geological Survey, Department of the Interior (2016): LANDSAT 8 (L8) Data Users Handbook (Version 2.0). U.S. Geological Survey LANDSAT Missions Web Site. Available online: https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook. pdf (accessed on 30 May 2016).

Voogt, J.A. – Oke, T.R. (2003): Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environment, 86, pp. 370–384. Doi:10.1016/S0034-4257(03)00079-8

Fafajok osztályozása multispektrális felvételek alapján debreceni mintaterületen

Molnár Vanda Éva[1] – Simon Edina[2] – Szabó Szilárd[3]

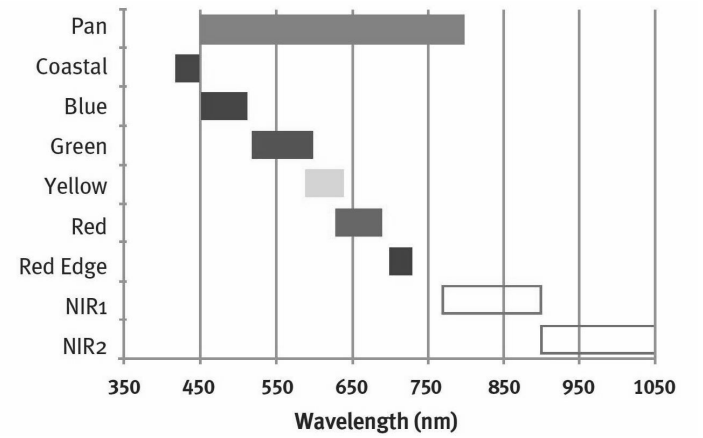
[1] PhD hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, molnarvandaeva@mail.com
[2] egyetemi adjunktus, Ökológiai Tanszék, Debreceni Egyetem, edina.simon@gmail.com
[3] tanszékvezető egyetemi tanár, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, szaboszilard.geo@mail.com

Abstract: In our study, we used multispectral imagery from the WorldView–2 satellite sensor to classify common urban tree species. Field reference data was collected in Debrecen, Hungary. 70% of the reference pixels were used to train the Maximum Likelihood Classification (MLC) and Support Vector Machine (SVM) algorithms, which were applied on Minimum Noise Fraction-transformed bands. Confusion matrices were generated with rest of the data to test the accuracy of the classifiers. Overall, MLC performed better than SVM with the majority of tree species. We achieved moderately good accuracy while classifying woody urban vegetation using multispectral data.

Bevezetés

A távérzékelési módszereken alapuló vegetációvizsgálat elengedhetetlenné vált a mezőgazdasági és erdészeti tervezésekhez, az inváziós fajok elleni védekezéshez, lágyszárú növénytársulások vizsgálatához, illetve fás szárú növények esetén egyedszintű vegetációs térképek készítéséhez (Deák et al. 2015; Burai et al. 2016; Bekő et al. 2017; Gini et al. 2018). A távérzékelt felvételek mindehhez elérhető formában és a szükséges időbeli és térbeli felbontásban tudják biztosítani a megfelelő információtartalmat.

A multispektrális űrfelvételek használata a fajszintű vegetációosztályozáshoz kihívást jelenthet a kis (jellemzően 3–15) csatornaszámból kiindulva. Ennek ellenére, főként a mezőgazdasági felmérések során korábbi vizsgálatok elfogadható pontosságot értek el multispektrális felvételek felhasználásával termesztett növényfajok osztályozásakor (Rapinel et al. 2015; Natividade et al. 2017). Ugyanakkor a városi zöldfelületek (parkok, fasorok, egyéb növényfelület) vizsgálata és monitorozása is kulcsfontosságú, hiszen azok pótolhatatlan ökológiai, tájvédelmi és esztétikai funkcióval bírnak. Városi környezetben azonban a távérzékelésen alapuló felmérések gyakran nehézségekbe ütköznek. A növény egyedek spektrális tulajdonsága például szorosan összekapcsolódik a klorofilltartalommal, aminek eloszlása egyedenként, ugyanazon fajon belül is meglehetősen heterogén lehet (Ouerghemmi et al. 2018). Nagy fajszám esetén számolni kell a lomboronák átfedéseivel, ami ugyancsak komoly akadályt jelenthet az osztályozáskor. Viszont ezeket a tényezőket figyelembe véve is, a multispektrális űrfelvételek használata idő- és költséghatékony alternatívát jelent a terepi és légi felmérések helyett.



1. ábra A WorldView–2 csatornakiosztása (Forrás: Internet1)

A WorldView–2 műhold 2009 óta szolgáltat multispektrális és pankromatikus felvételeket. A multispektrális képek 8 csatornája a 400–1040 nm-es hullámhossztartományt öleli fel a standard kék, zöld, vörös és közeli infravörös 1 mellett a „tengerparti" kék, sárga, vörösél és közeli infravörös 2 sávokra osztva (*1. ábra*). A pankromatikus felvételek a 450–800 nm-es tartományon kerülnek rögzítésre, de az előbbinél jobb terepi felbontásúak.

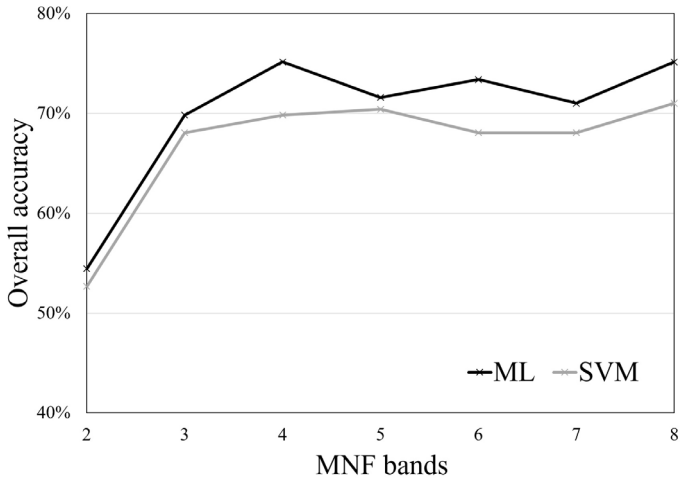
Jelen munkánk során egy debreceni mintaterületen osztályoztunk lokálisan domináns fafajokat egy WorldView–2 multispektrális felvételen. Két osztályozó algoritmus alkalmazásával vizsgáltuk az osztályozás pontosságának változását a felhasznált csatornaszám függvényében.

Anyag és módszer

A vizsgálathoz a mintaterület Debrecen északi részén jelöltük ki. A terület magába foglalta az egyetemi campus egy részét, illetve a szomszédos kertvárost és lakótelepet, ahol viszonylag nagy arányban van jelen fás növényzet. Terepi adatgyűjtés során a leggyakrabban előforduló fafajok egyedeit azonosítottuk. Az osztályozáshoz az alább csoportokat különítettük el:

1. korai juhar (*Acer platanoides*),
2. ezüst juhar (*Acer saccharinum*),
3. nagylevelű hárs (*Tilia platyphyllos*),
4. platánok (*Platanus* x *acerifolia*, *Platanus orientalis*),
5. fehér akác (*Robinia pseudoacacia*),
6. fenyőfélék (*Pinaceae*) és tuják (*Thuja*).

Munkánk során az osztályozáshoz a WorldView–2 műhold 2016. július 24-i felhőmentes időszakban készült felvételét használtuk. A 8 csatornás multispektrális felvétel 2 m-es terepi felbontását a 0,5 m-es felbontású pankromatikus felvétel felhasználásával élesítettük a Gram-Schmidt pansharpening eljárással.



2. ábra Az osztályozások teljes pontosságának (Overall accuracy) változása a felhasznált csatornaszám (MNF bands) függvényében

Az osztályozást ENVI/IDL 5.2 szoftverkörnyezetben végeztük el. Az eredeti spektrális csatornákon Minimum Noise Fraction (MNF) transzformációt hajtottunk végre, majd különböző számú mesterséges csatornákon futtattuk le az osztályozó algoritmusokat. A Maximum Likelihood (ML) és a Support Vector Machine (SVM) irányított, tanítóterületes osztályozókat teszteltük. A betanításra az adatok 70%-át használtuk fel osztályonként, a maradék 30% az osztályozás pontosságellenőrzéséhez szolgált, amit kereszttáblák generálásával végeztünk el.

Eredmények

A legjobb teljes pontosságot az ML osztályozás az első 4 transzformált csatorna bevonásával érte el (teljes pontosság: 75%, kappa: 0,70). Ennél több csatorna bevonásával a pontosság ugyan változó mértékben, de mindig csökkent. Az ML osztályozás az átlagoson felüli előállítási pontossággal különítette el a platánt, akácot és az örökzöld fajokat.

Az SVM esetén a legjobb teljes pontosság mind a 8 transzformált csatorna bevonásával volt nyerhető (teljes pontosság: 71%, kappa: 0,64). Bár az SVM robosztus módszer, kevésbé érzékeny az input adatok normál eloszlására, alkalmazásával általánosan mégis gyengébb eredményt értünk el a ML-hez képest (*2. ábra*), előbbi az ezüst juhar és az akác elkülönítésében nyújtotta a legkisebb pontosságot (39–43%).

Konklúzió

Multispektrális űrfelvétel alapján történő fajszintű osztályozás a kis csatornaszám ellenére elfogadható pontosságot eredményezett a mintaterületen. A

valószínűségi alapon osztályozó Maximum Likelihood jobban teljesített a Support Vector Machine-nél. Az előbbi az egyik leggyakrabban használt osztályozó, és általában a többihez hasonló vagy jobb eredményt hoz. Összességében az alkalmazott módszerünk alkalmas volt városi környezetben általános szintű fafajfelmérésre.

Köszönetnyilvánítás

Munkánkat az EFOP–3.6.1–16–2016–00022, a TNN123457 és a KH126481 kódszámú projektek támogatták.

Felhasznált irodalom

Bekő L. – Hunyadi G. – Burai P. – Sporcic D. – Enyedi P. – Kiss A. – Lénárt Cs. – Tomor T. (2017): Fafaj szintű erdő osztályozás nagyfelbontású távérzékelt adatok felhasználásával. In: Balázs B. (szerk): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII.: Térinformatikai konferencia és szakkiállítás, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 43–49.

Burai P. – Hunyadi G. – Lénárt Cs. – Tomor T. (2016): Légi hiperspepektrális technológia alkalmazása az anyagvizsgálatban. In: Balázs B. (szerk): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VII.: Térinformatikai konferencia és szakkiállítás, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 115–119.

Deák, M. – Telbisz, T. – Árvai, M. – Mari, L. – Horváth, F. – Kohán, B. – Szabó, O. – Kovács, J. (2017): Heterogeneous forest classification by creating mixed vegetation classes using EO-1 Hyperion. International Journal of Remote Sensing, 38(18), pp. 5215–5231.

Gini, R. – Sona, G. – Ronchetti, G. – Passoni, D. – Pinto, L. (2018): Improving Tree Species Classification Using UAS Multispectral Images and Texture Measures. International Journal of Geo-Information, 7(315), doi:10.3390/ijgi7080315.

Natividade, J. – Prado, J. – Marques, L. (2017): Low-cost Multi-spectral Vegetation Classification using an Unmanned Aerial Vehicle. IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC), April 26-28, Coimbra, Portugal, pp. 336–342.

Ouerghemmi, W. – Gadal, S. – Mozgeris, G. (2018): Urban Vegetation Mapping Using Hyperspectral Imagery and Spectral Library. IGARSS, the 38th annual symposium of the IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, Valencia, Spain, doi: 10.1109/IGARSS.2018.8518893.

Rapinel, S. – Bonis, A. – Oszwald, J. – Rossignol, N. – Bouzillé, J-B. (2015): Use of multispectral satellite images for plant communities mapping. 24th International Workshop of the European Vegetation Survey, Rennes, France, p. 83.

Internetes források

Internet1 – https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/worldview-2/

Hidrológiai modellekben bekövetkező változások eltérő felbontású digitális domborzatmodellek alkalmazása esetén

Nagy Bálint[1] – Szopos Noémi Mária[2]

[1] PhD hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, nagy.balint@science.unideb.hu
[2] PhD hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, szopos.noemi@science.unideb.hu

Abstract: During our research we tested digital elevation models with different resolution (1, 5, 10 and 25 meters). We searched, what effect these DEM's have on the results of hydrological models. HEC-RAS software and a data base of a reach of Tisza River were used.

Bevezetés

A hidrológiai modellek egyre nagyobb szerepet töltenek be a vízügyi tervezésben és a vízgazdálkodásban. Egy-egy modell felépítése során rengeteg adatbázist kell felhasználnunk. Ezek közül az egyik legfontosabb a domborzat. Munkánk során megvizsgáljuk, hogy az eltérő felbontású domborzatábrázolás milyen hatást gyakorol a kapott eredményekre. A modellezéshez a HEC-RAS szoftvert választottuk, amihez egy valós adatsort, egy tiszai felmérést alkalmazunk.

Mintaterület

Bár a Tisza vízgyűjtő területének legnagyobb része határainkon túl található, útjának döntő részét hazánkon keresztül teszi meg, ezért is illetik sokszor a „legmagyarabb folyó" megnevezéssel (Teplán 2010; Tóth 2012; Nagy 2013; Vágás – Bezdán 2015). Az éghajlatváltozás hatására, várhatóan növekedni fog az aszályok gyakorisága, de ugyanakkor gyakrabban fordulhatnak elő szélsőséges csapadékesemények és villámárvizek (Lóczy et al. 2012). Ezek a jelenségek jelentős hatást gyakorolnak a folyók hidromorfológiai változásaira és vízmozgásaira (Lóczy 2010). Magyarország árvízi veszélyeztetettsége a legnagyobb Európában, miközben a Tisza vízgyűjtőjéhez tartozik hazánkban az ártéri öblözetek ¾ része (Koncsos 2006). Az előbbiek ismeretében a különböző hidrológiai vizsgálatok szempontjából mindenképpen előnyben részesítendők a folyó és mellékvízfolyásai.

A Tisza régi, természetes állapotát tekintve, egy erősen meanderező folyó volt, amely gyakran változtatta medrének helyzetét, ezáltal kanyarulatokat és holtágakat hozott létre (Borsos – Sendzimir 2018).

A Tisza medrének nagy része különböző szabályozási munkálatok eredményeként nyerte el mai állapotát. A legnagyobb hatást a 19. századi

mederszabályozások gyakorolták. A túlfejlett kanyarulatok levágása mellett az idők során gátakat és töltéseket is építettek. Ezekkel az addigi egységes ártereket két részre: a mentett oldalra és a hullámtérre osztották fel (Nagy 2013). Napjainkra a folyó alföldi szakaszán elvesztette természetes jellegét, hidrológiai tulajdonságait alapvetően a különböző műtárgyak befolyásolják (Tóth 2012). Vizsgálataink során a terület domborzati adatait használtuk mintaként, ezért fontos megvizsgálnunk, hogy a szabályozási munkálatok milyen hatással voltak rá. A folyó szabad mederfejlődése leállt, így holtágak és holtmedrek a továbbiakban már nem jöhetnek létre természetes úton a Tisza mentén. Az árhullámok a védelmi rendszeren belül vonulnak le. Ennek következtében viszont megnőtt a sodrás ereje, ami tovább mélyíti a medret. Az előbbivel párhuzamosan árhullámok idején a töltések közé szorított keskeny hullámtérre kilépő folyó áramlása lelassul és nagy mennyiségű hordalékot rak le. A feltöltődéssel párhuzamosan csökken a hullámtér térfogata, és növekednek az árvizek vízszintjei (Nagy 2013).

Modellezési munkánk a Tisza folyó 482 fkm-e feletti közel 3,5 km hosszú szakaszát érinti. A terület a tiszaújvárosi Tisza-szigettől D-re található.

A mintaterületen a Tisza medre szabályozott, amit a későbbiekben a folyó alakított tovább. A folyót a területen érő legnagyobb szabályozás a Pietro Paleocapa által tervezett, úgy nevezett „nagyátvágás" volt. Ennek eredményeként Tiszadob és Tiszaszederkény között egy új, teljesen egyenes medret alakítottak ki (Kákóczki 2016).

A HEC-RAS szoftver áttekintése

A kutatás jelentős részében a HEC-RAS programot használtuk, amelyet az 1964-es évektől kezdődően az Amerikai Szövetségi Állam Katonai Mérnöki Karának a Hidrológiai Mérnöki Központja (US Army Corps Hydrologic Engineering Center, továbbiakban: HEC) fejleszt. A RAS utónév a RIVER Analysis System rövidítése, ami magyarul Folyó Elemzési Rendszer-t jelent. A szoftvert állami költségvetésből fejlesztik, ezért mindenki számára ingyenesen elérhető (Hegedűs 2003; Brunner 2016a).

Széleskörű nemzetközi felhasználását a stabil fejlesztői háttér és az ingyenes hozzáférhetőség mellett, a jó fizikai alapokon történő működés, a könnyű kezelhetőség, a rövid futtatási idő, valamint az adatok és számítási eredmények átlátható megjelenítése eredményezi. Az USA jelentősebb folyóinak egydimenziós modellezésére is a HEC-RAS-t alkalmazzák (Kovács 2013).

A HEC-RAS lehetőséget nyújt folyóvíz egyenletes áramlásának modellezésére, hordaléklefolyás mennyiségének szemléltetésére, árvízhelyzetek elemzésére, valamint kockázatelemzések készítésére és árvízcsökkentési terv kidolgozására.

A szoftver segítségével lehetőségünk van 1D és 2D hidrológiai modellek elkészítésére és azok más hidrológiai modellező programokkal történő összekapcsolására, így ennek köszönhetően a HEC-RAS térinformatikai

feldolgozóképessége egyedülállónak mondható az ingyenesen elérhető programok esetében (Ács 2016; Brunner 2016b).

A HEC-RAS program villámárvizek és kisvízfolyások lefolyás modellezésére is alkalmasnak bizonyult, valamint az ArcGIS-be beépülő HEC-GeoRAS modul segítségével a kapott elöntéseket jobban megérthetjük, ha kombináljuk a terület domborzatmodelljével. Az előbbi folyamattal a modellezett elöntés területi kiterjedése mellett, a kilépő víz mélységéről is információkat kaphatunk (Nagy 2017; Szopos – Czellecz 2017).

Anyag és módszer

Bódis (2008) szerint „az árvízi védekezésre irányuló numerikus hidrológiai modellezés és hidraulikai vizsgálatok korszerű topográfiai eleme a lézeres letapogatással nyert ártéri (a hullámtér és környezete) felületmodell kombinálva a hanglokátoros folyómeder-mérésekkel."

A medrek digitális domborzatmodelljeinek előállításához a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság (továbbiakban: KDVVIZIG) munkatársainak 2017 novemberében végzett felmérése szolgáltatta az alapadatokat. A felvételezés során a dr. Csoma János mérőhajó Kongsberg EM 3002D típusú többsugaras mederfelmérő rendszere szolgáltatta a mérési eredményeket (Albert – Kondor 2017).

A nyers adatok feldolgozása a Hypack szoftverrel történt, amit szintén a KDVVIZIG bocsátott a rendelkezésünkre. A program HYSWEEP Editor (64 bit) moduljával végzett legfontosabb feladat a mérésekben tapasztalható zaj szűrése volt. Erre az évtizedet meghaladó használat miatt a jel-zaj arányban bekövetkezett romlás, illetve az ALL-HSX konverzió 90°-nál nagyobb szögű sugarakra vonatkozó kompatibilitási problémája miatt bekövetkező további zajmennyiség emelkedés adott okot. A zaj eltüntetése automatikus és manuális szűréssel történt. A manuális szűrési folyamat során 5 méteres metszetek kerültek felhasználásra. Az előbbi műveletsor után a ponthalmazt XYZ kiterjesztésben mentettük 1 méteres felbontással.

Ahogyan Bódis (2008) is meghatározta a hidrológiai modellezés korszerű topográfiai eleme a hanglokátoros folyómeder-mérések kombinálása egy lézeres letapogatással nyert ártéri felületmodellel. Esetünkben ez utóbbit egy, a Tiszántúli és az Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóságok (továbbiakban: ÉMVÍZIG) számára végzett LiDAR felmérés alapján készített raszteres digitális domborzatmodell (továbbiakban: DDM) volt a Tisza hullámteréről. A LiDAR felmérés időpontja 2012 augusztusa, míg a belőle előállított DDM felbontása 10 cm volt.

A HEC-RAS-on belül egy TIN-modell nem használható a domborzat megjelenítésére, ezért a fenti adatokat raszteres (GRID) formátumú DDM-é alakítottuk, hogy a modell alkalmas legyen a szoftverbe történő importálásra. A HEC-RAS szoftver többféle GRID-et képes kezelni, ezért egy széles körben ismert formátumot, a GeoTIFF-et választottuk. Ez a formátum 2–20-szor kisebb, mint a hagyományos FLT vagy Esri raszter fájlok. Kisebb tároló helyet igényel és

gyorsabb számítási sebességet biztosít, ami elősegíti az elöntési térképek dinamikus megjelenítését, például nagyítás vagy animáció közben, mert ezek alatt a cellák vízmélység adatai „on the fly" módon generálódnak (Brunner 2016b).

Az egyesített állományokból egy 1 méteres felbontású raszteres DDM-t készítettünk, ami alapján a vizsgálatainkhoz szükséges további GRID-eket is előállítottuk. Ezeknek a felbontásául 5, 10 és 25 métert választottunk. Az adatok összeillesztését és a különböző felbontású DDM-ek generálását ArcGIS és Global Mapper szoftverkörnyezetben végeztük.

A 4 darab említett DDM HEC-RAS-ba történt importálása után felépítettük a mintaterület geometriai modellkeretét, amihez a HEC-GeoRAS beépülő modult vettük igénybe. Az 1D-s modellkeretet 41 keresztmetszet alkotja. A Manning-féle érdességi értékek meghatározására szintén a LiDAR felmérés adatai alapján került sor. Az érdességi értékeket is a keresztmetszetek tárolják.

A mintaterületünk közelében Tiszapalkonyán az ÉMVÍZIG üzemeltet mérőállomást. Kutatásainkhoz az itt mért vízhozam adatokat használtuk, mivel a területen a folyónak nincsen jelentősebb mellékvize, így ezek az értékek megfelelnek peremfeltételként. Az adatok óránkénti vízhozam értékek voltak 2016. június 27. és 2016. július 3. között. Választásunk egy középvízi, viszonylag kiegyensúlyozott idősorra esett.

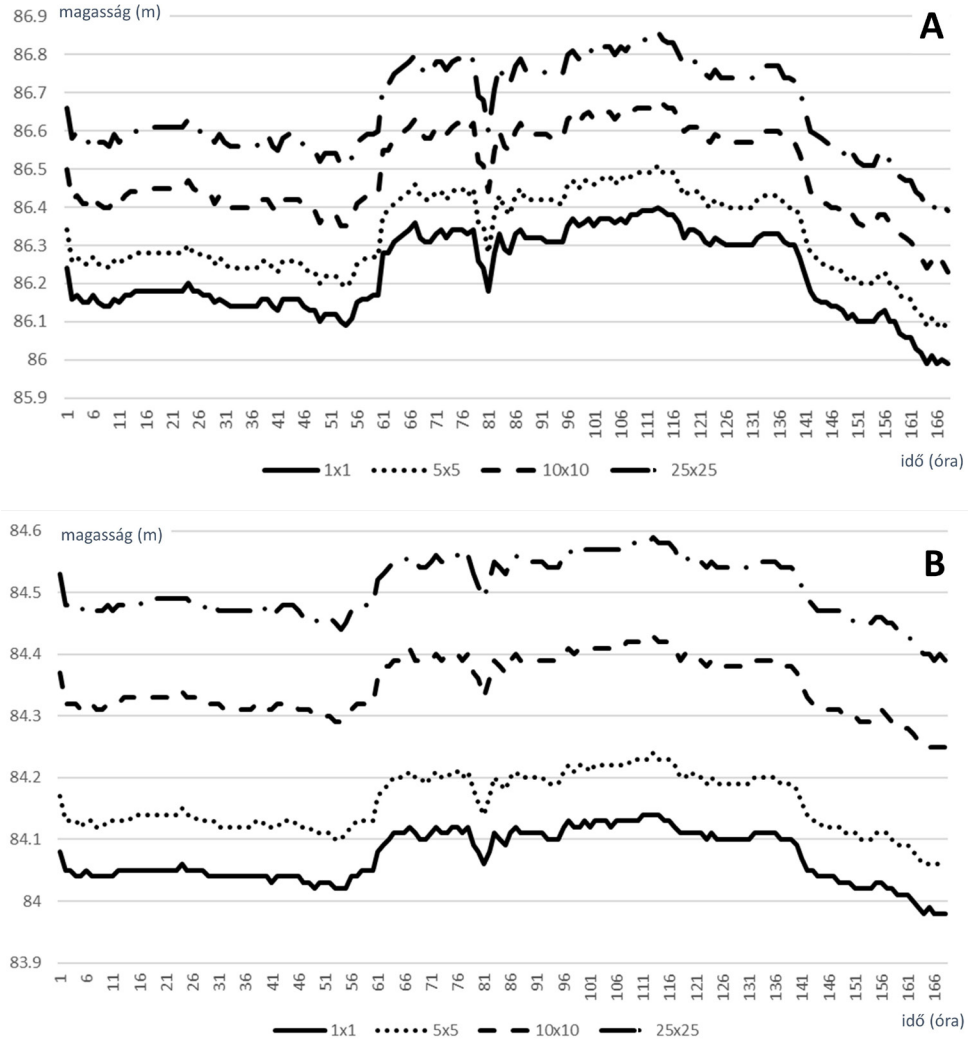
A hidrológiai modellek futtatása ugyanolyan feltételek mellett történhetett meg a valós adatbázis alapján. Ennek köszönhetően vizsgálhatóvá vált az eltérő felbontású domborzatmodellek hidrológiai modellekre gyakorolt hatása.

Eredmények

Kutatásunk célja a domborzatmodellek felbontásának hidrológiai modellekre gyakorolt hatásának kimutatása volt. A vizsgálat során 1, 5, 10 és 25 méter felbontású DDM-eket használtunk.

A felbontás csökkentésével egyre nagyobb vízállásokat figyeltünk meg (*1. ábra*), amelyeknek a meder a felbontásának csökkenő felülete volt az oka. Jellemzően meghatározott mértékben növekszik a vízállás a felbontás változtatása esetén, így 5 méter esetén 9–10, 10 méter esetén 27–28, míg 25 méter esetén 43–44 centiméteres vízállás növekedés figyelhető meg átlagosan az 1 méteres felbontáshoz képest (*1. ábra*). Az utolsó keresztmetszet irányában mindig kisebb vízállás növekedés tapasztalható.

Tapasztalataink alapján a hidrológiai modellekben alkalmazott DDM-ek felbontásának megválasztásakor mérlegelnünk kell, hogy milyen célra szeretnénk felhasználni az adott modellt. A legpontosabb eredményeket természetesen mindig a legnagyobb felbontású DDM-ek szolgáltatják, de a felbontás csökkentésével jelentős számítási kapacitást, tárhelyet és időt takaríthatunk meg. Vizsgálatunk alapján az 5 méteres felbontást ideális választásnak tartjuk a HEC-RAS-ban történő



1. ábra A kezdő (A) és az utolsó (B) keresztmetszet vízállásainak tengerszint feletti magasságának idősoros változása a különböző felbontású domborzatmodellek alkalmazása esetén

modellezésre, mert a 10 és 25 méteres felbontás használata esetén bekövetkező közel 30–50 centiméteres vízállás emelkedést már túl nagy hibának ítéljük, főleg elöntés modellezés esetén. További javaslatként fogalmaznánk meg a hidrológiai modellezésre legideálisabb DDM elérése érdekében a mederről egy nagyobb, míg a hullámtérről egy kisebb felbontású DDM használatát és ezek egyesítését.

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 „Debrecen Venture Catapult Program” támogatta.

Felhasznált irodalom

Albert K. – Kondor G. (2017): Korszerű mérőeszközök a vízügyi ágazatban. Előadásanyag, VI. Zielinski Szilárd Konferencia, Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2017.04.01.

Ács B. T. (2016): Extrém nagy dunai árhullámok ártéri tározódásának hatása a tetőző vízszintekre. TDK dolgozat, BME, Budapest.

Bódis K. (2008): Digitális domborzatmodellek és alkalmazási lehetőségeik az árvízi kockázatelemzésben. PhD értekezés, SZTE TTIK, Szeged, 17–18.

Brunner G. W. (2016a): HEC-RAS River Analysis System, Users's Manual Version 5.0. US Army Corps of Engineers Institute for Water Resorces Hydrologis Engineering Center, Davis, USA.

Brunner G. W. (2016b): HEC-RAS River Analysis System 2D Modeling, User's Manual. US Army Corps of Engineers Institute for Water Resorces Hydrologis Engineering Center, Davis, USA.

Borsos B. – Sendzimir J. (2018): The Tisza River: Managing a Lowland River int he Carpathian Basin. In: Schmutz S., Sendzimir J. (eds) Riverine Ecosystem Management. Aquatic Ecology Series, 8. pp. 541–560. Springer, Cham

Hegedűs P. (2003): HEC-RAS programrendszer kifejlesztése és alkalmazása az USA-ban. In: A Szolnoki Műhely Szemelvények a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztésének megalapozó tanulmányaiból, Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, Szolnok, pp. 103–106.

Kákóczki B. (2016): A szederkényi uradalom történeti földrajza. Tiszaújváros város önkormányzata, Tiszaújváros.

Koncsos L. (2006): A Tisza árvízi szabályozása a Kárpát-medencében. Magyar Természetvédők Szövetsége, Budapest.

Kovács S. (2013): Tisza-völgy hidrológiai sajátosságai, a folyó hidrodinamikai modellezése. Economica: A Szolnoki Főiskola Tudományos Közleményei, 6(2), pp. 4–12.

Lóczy D. (2010): Flood-hazard in Hungary: a re-assessment. Open Geosciences. Central European Journal of Geosciences, 2, pp. 537–547.

Lóczy D. – Czigány Sz. – Pirkhoffer E. (2012): Flash Flood Hazards, In: Kumarasamy M. (szerk.) Studies on Water Management Issues, InTech.

Nagy B. (2017): Az árvízi védekezés támogatása hidrológiai modellezéssel egy kisvízfolyás példáján, In: Balázs B. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII., Debreceni Egyetem, Debrecen, pp. 245–252.

Nagy S. A. (2013): A Tisza. In: Nagy S. A. (szerk.) Hidroökológia, Debreceni Egyetem, Debrecen.

Szopos N. – Czellecz B. (2017): High water level observations along the upper course of the Olt River (Romania) from a hydrological modelling aspect. Acta Geographica Debrecina Landscape and Environment, 11(2), pp. 10–19.

Tepián I. (2003): A Tisza és vízrendszere I. kötet. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest.

Tóth P. (2012): A Tisza hordalékjárásának jellemzése a Szolnoki szelvényben. TDK dolgozat, Eötvös József Főiskola, Baja.

Vágás I. – Bezdán M. (2015): A Tisza és árvizei. Kisbíró Kft., Szeged.

A CUBE, mint átfogó térinformatikai megoldás a Stonex-től

Nagy Géza

műszaki vezető, Geotools Europe GNSS Kft., info@geotoolseuropegnss.com

Abstract: The Geotools Europe GNSS Ltd. has a longest story in the Hungarian surveying market, like trader and distributor company. This firm is the successor of the Geotrade and Geotools Ltd. The distributed portfolio contains the Trimble's geospatial fleet and the whole spectrum of the Stonex surveying and GIS products. The CUBE-SUITE is a complete software system which desgined and developed by Italian Stonex for its GNSS surveying solutions. The CUBE has individual modules for the RTK and GIS fieldworks, for the data transfer and for the office data processing. The field versions have been developed for Android, Windows Mobile and Windows operation systems and can be installed on all kind of smart devices such field controllers, rugged tablets, laptops and mobile phones. With the office versions the Users can manage the data transfer between device and PC, calculate the post-processing of the GNSS observations and mix the RTK GNSS and Total Station measurement data. In my presentation I have introduced the CUBE-A version which runs in Android and can be uploaded even on a simple smartphone.

A CUBE-SUITE az olasz Stonex műszergyártó cég saját fejlesztésű alkalmazáscsomagjának gyűjtőneve. A szoftverrendszer terepi és irodai megoldásokkal egyaránt rendelkezik. A terepi verziók az RTK GNSS, valamint GIS mérések támogatására lettek kifejlesztve, míg az irodai modulok a gyors és egyszerű adatátvitelt, a GNSS utófeldolgozást, a vegyes mérési módszerekből származó adatok összefésülését, sőt CORS hálózatok menedzselését is lehetővé teszik. Ebben a cikkben a terepi geodéziai, azon belül is az Android verziót tekintjük át.

A CUBE kiváló testre szabhatóságot biztosít, hiszen operációs rendszer független szoftvercsomag, így a Felhasználó a számára leginkább kézre álló terepi vezérlőt választhatja. A CUBE verziói a következő platformokra elérhető el: CUBE-A az Android, CUBE-M a Windows Mobile, CUBE-T a Windows10 operációs rendszerre.

A terepi CUBE alkalmazásban legördülő menüből választható ki az aktuálisan használt Stonex RTK GNSS vevő, mely műszaki tulajdonságai alapján lesznek láthatók, illetve maradnak inaktívak az egyes mérési, beállítási funkciók a szoftver kezelőfelületén. Így például egy S900A ATLAS és RTK képes, E-libellával rendelkező fejezet esetében aktív lesz L-BAND konfigurálási lehetőség, valamint méréskor további, a dőlésérzékeléssel összefüggő terepi megoldások is megjelennek.

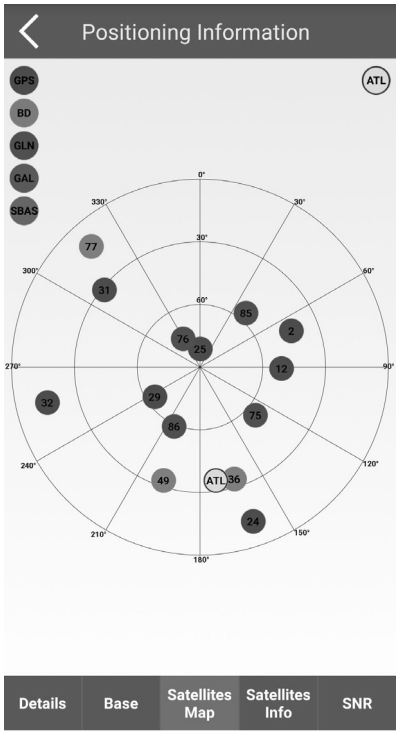


1. ábra Stonex S900A vezérlése CUBE szoftverrel

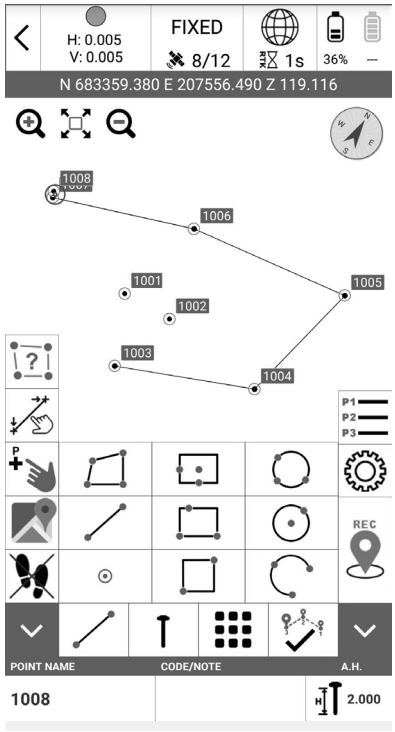
A CUBA-A egy logikusan felépített, jól áttekinthető alkalmazás. Az Android-nál megszokott mancsolási, két ujjas szétnyitási, összecsippentési mozdulatok kiváló és könnyű kezelést biztosítanak a grafikus felületeken.

Amennyiben terepi vezérlőnk rendelkezik mobilnet képes SIM kártyával, munkaterületünk alá on-line Google Maps térkép hívható be.

A szoftver mérési-térképi nézetén számtalan rajzolási lehetőség érhető el: az azonnali vagy utólagos vonalhúzási lehetőségtől a kör és ívhúzásokon át, a különféle négyszögrajzolási módszerekig.



2. ábra ATLAS műhold a skyploton



3. ábra Rajzműveletek

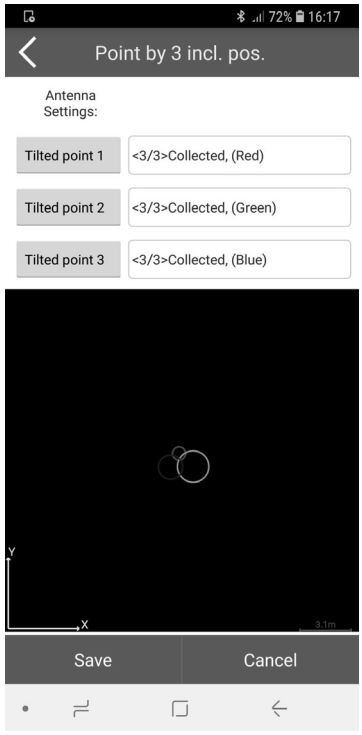
A dőlésérzékelővel rendelkező műszerek esetében (pl.: Stonex S900A) módunk van olyan szituációban is mérést végezni a CUBE-ban, ahol az antennarúd függőlegesen tartására nincs mód (pl.: épületsarok, vagy olyan akna fedlap, amely felett autó parkol). Ilyen helyzetben alkalmazható a „3 pontos mérés”, mikor mérőrendszerünk három ferde botállással végrehajtott mérésből számítja vissza a tényleges függőlegest.

Méréseinkhez pontkódolás gyanánt fényképet rögzíthetünk. Magára az elkészült fotóra, mentése előtt gépelhetünk megjegyzést, szúrhatunk be pozíció adatokat, nyilakat, vagy készíthetünk rá szabadkézi rajzot.

A kitűzés is számos Felhasználót segítő megoldást tartalmaz. Szabadon állíthatjuk a kitűzési nézetet égtájak, Nap iránya, árnyék irány, adott pont- vagy vonal iránya szerinti kijelzésre. Természetesen a kitűzési irányokat – a térképi megjelenítés mellett – ezek alapján, nyilak is mutatják.

A CUBE koordináta geometriai számításait a „COGO számítások” menüpont foglalja össze. Itt az egyes megoldásokat az segítő ábrák mellett rövid magyarázó szövegek is leírják.

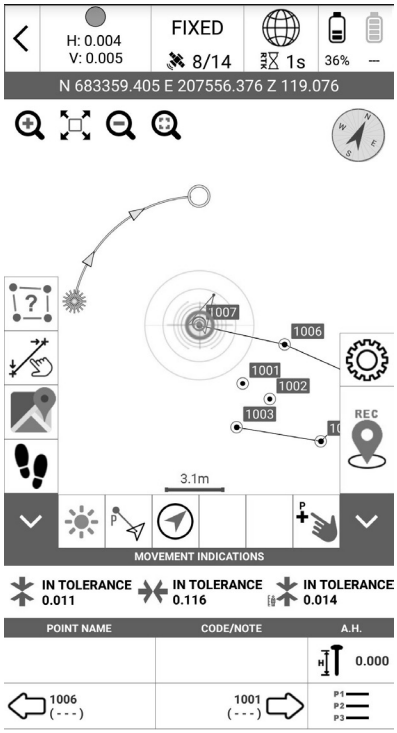
Amennyiben GNSS vevőnk speciális szenzorokkal rendelkezik, azok kalibrálását szintén a CUBE-A-ban végrehajthatjuk – így az nem igényel semmilyen külső, szervizszoftvert.



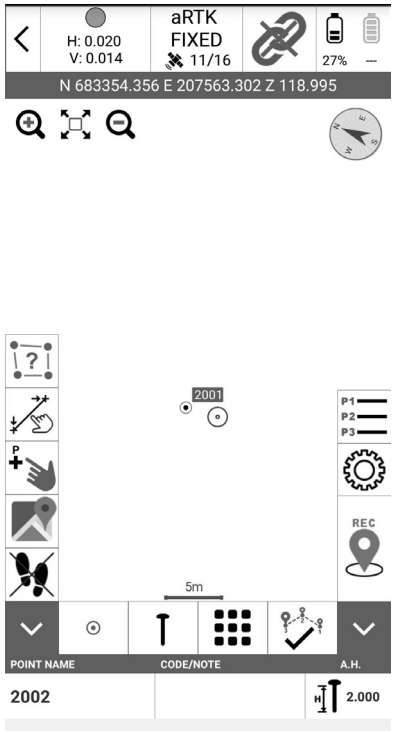
4. ábra „3 pontos” meghatározás



5. ábra Fénykép és vázlat



6. ábra Kitűzés a Naphoz



7. ábra aRTK FIX megoldás

A fentieket összefoglalva elmondható, hogy a Stonex egy nagy teljesítményű. átfogó térinformatikai megoldást alkotott a CUBE-SUITE univerzum létrehozásával. Ennek része a CUBE-A is, mely éppúgy megfelel a ma, mint a holnap terepi kihívásainak.

További érdekességekért, szakmai újdonságokért látogasson el honlapunkra és tekintse meg Stonex és Trimble porfóliónkat! www.geotoolseuropegnss.com

Voxel alapú környezetmodell lézerszkennelés alapján

Neuberger Hajnalka[1] – Juhász Attila[2] – Krausz Nikol[3] – Potó Vivien[4] – Barsi Árpád[5]

[1] adjunktus, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., neuberger.hajnalka@epito.bme.hu
[2] adjunktus, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., juhasz.attila@epito.bme.hu
[3] adjunktus, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., krausz.nikol @epito.bme.hu
[4] doktorandusz, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., poto.vivien@epito.bme.hu
[5] egyetemi tanár, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., barsi.arpad@epito.bme.hu

Abstract: The application of spatial environmental models is getting higher impact in several disciplines, even by self-driving vehicles. The different city models created from diverse data sources by various data capturing techniques help the localization and orientation of these automated vehicles. The highest quality city models can be obtained by mobile mapping technology, which provides accurate dense point clouds from mobile laser scanning as well as color imagery by taking pictures. A Leica Pegasus Two data acquisition project has been conducted in the neighborhood of the university of BME. The obtained Lidar points were transformed into voxel representation, which was integrated in ArcGIS, together with OpenStreetMap layers. To support automated vehicle research, a cm resolution road surface model was also derived in the standardized OpenCRG (Curved Regular Grid) format.

Bevezetés

Napjainkban egyre jobban teret hódít a térbeli modellek alkalmazása, már az önvezető járművek fejlesztéseinél is egyre több feladatnál használják. A különféle térbeli leképezésekkel előállított városmodellek segítik a járművek helymeghatározását és tájékozódását, hiszen az ember nélküli navigációhoz nagyon pontosan tudnunk kell ezeket az adatokat. Az önvezető járművek a különféle szenzoraikkal (kamera, lézerszkenner, radar, esetleg ultrahang) érzékelik a környezetüket, melyekből származó adatokat egy statikus térképréteggel összevetve hely- és helyzetadatokat kapunk, illetve elkülöníthetőek a környezet dinamikus elemei is. A térbeli modellek ezen kívül kitűnően használhatók a szimulációs szoftverek útkörnyezetének előállításához is. A járműiparban a szimulációk biztosítják az új fejlesztések tesztelésének gyorsabb, biztonságosabb és széleskörűbb lehetőségét.

A környezetmodellt térbeli modellként állítjuk elő, erre napjainkban számtalan módszer áll rendelkezésünkre.

Térbeli modellezési módszerek

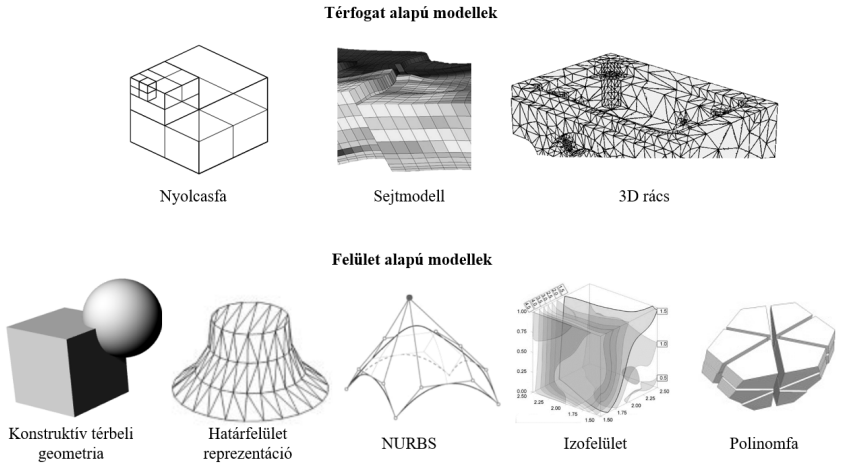
A harmadik dimenzió térinformatikai kezelésében és megjelenítésében, a 2D-hez hasonlóan jól elkülöníthetők a vektoros és raszteres megoldások. Míg az előbbi esetben egy adott x, y pozícióhoz csak egyetlen magassági érték (z) tartozhat,

addig az utóbbiban több *z* érték is kezelhető, megjeleníthető. A térbeli modellek kiterjedése és adatsűrűsége alapján négy csoportot különíthetünk el:

- globális: geoszférikus modell,
- regionális: geomorfológiai modell,
- lokális: mérnöki vagy geológiai modell,
- mikro: épület vagy utca modell.

A GIS (Geographical Information System) szoftverekben két alapvető eljárás jellemző: a héjszerű, felületalapú (surface based) és a tömör, térfogat alapú (volume based) megoldások (*1. ábra*) (Zlatanova et al. 2012).

A felületi megoldások előnye a sokszor realisztikusabb, szemnek tetszetősebb, az emberi érzékelésnek megfelelő vizualizáció. Hátrányuk, hogy az adatszerkezetük, benne az objektumok komplex kapcsolatrendszerével bonyolulttá válhat. A **konstruktív térbeli geometria** (Constructive Solid Geometry) modell jellemzője az egyszerű térbeli primitívek (gömb, kocka, henger) használata, és ezek különböző műveletekkel (egyesítés, metszet, különbség) történő feldolgozása a háromdimenziós testek reprezentációjában. A **határfelület reprezentációs** (Boundary Representation) modellben a háromdimenziós objektumok lehatárolása csomópontok (0D), élek (1D), poligonok (2D) és poliéderek (3D) rendezett és strukturált halmazával történik. A reprezentáció történhet egyszerűbb (egyenes él, sík poligon) vagy komplexebb (görbe él, ívelt felület) primitívek segítségével is. Egyes források külön említik a **2D TIN** és **GRID**, a **3D TIN (TEN)** modelleket, amelyek definíciójuk alapján ebbe a csoportba sorolhatók. A **NURBS** (Non-uniform rational B-spline) egy nem egységes, racionális B-spline görbékkel definiált felület, amelyet súlyozott támpontok által befolyásolt spline függvények görbéi definiálják. A NURBS-felületek nem csak közelítik a görbületet kisméretű lapos felületekkel, hanem tényleg simák, így különösen alkalmasak organikus modellek készítésére (NURBS 2019). Az **izofelület** (isosurface) az izovonalak háromdimenziós kiterjesztése, ami az adott térrészben azonos értékű pontokat reprezentáló felület. A **polinomfa** (polytree) modellt



1. ábra Térfogat és felület alapú háromdimenziós reprezentációk

nevezhetjük a nyolcasfa modell általánosított megoldásának. A szabályos tetraéder vagy voxel típusú felosztásokkal ellentétben, ez esetben a felosztás szabálytalan poligonok hálózatán alapuló strukturálatlan felépítést eredményez (Nguyen-Xuan et al. 2017).

A térfogat alapú modellek előnye a szabályos szerkezet, így kezelésük, elemzésük egyszerűbb. Hátránya, hogy nagy térbeli felbontás esetén igen nagyméretű adathalmazt eredményezhet, valamint a megjelenített felszín mindig érdes és durva lesz a többi modellel összevetve. Realisztikusságuk a térbeli felbontás függvénye.

A **nyolcasfa** (octree) modell egy olyan adatszerkezet, amelyben minden belső csomóponthoz pontosan nyolc 'oktáns' tartozik, így felosztva a teret; ez a modell a négyesfa adatszerkezet háromdimenziós kiterjesztése. A **sejtszerű** (geocelluláris) modelleket általában geológiai térfogatok számítógépes ábrázolására használják, jellemzően felszín alatti geológiai jelenségeket (pl. olajtartó kőzet) mutatnak be. A modellek cellákkal feltöltött zónákat definiáló leképezett felületeket tartalmaznak, melyekhez különböző paramétereket és tulajdonságokat – mint például a porozitás, permeabilitás – rendelhetnek hozzá. A **3D rács** (grid) modell egy csomópontokból, élekből, felületi elemekből (face) és poligonokból felépített strukturált háromdimenziós modell, amelyben referenciapontok határozzák meg az alakzatok magasságát, szélességét és mélységét. Elsődleges csoportosítási szempont a strukturáltság: síkban a szabályos négyszög és a szabálytalan háromszög modellek, míg térben a hexaéder, piramis, háromszög prizma, illetve tetraéder modellek használhatók. A szabályos modellek előnyei az egyértelmű kapcsolatrendszer, és az egyszerű tárolás és kezelés. Hátrányuk a szabályosságból adódó korlátok a komplex geometriák lekövetésében és a lokális eltérések kezelésének hatékonyságában. A szabálytalan modellek ezzel szemben ez utóbbi feladatok megoldására tökéletesen alkalmasak, de ezzel együtt a tárolásuk, kezelésük jóval nehézkesebb, valamint a kapcsolati információk cellánkénti tárolása is szükséges.

A kutatásunk során vizsgáltuk az ArcGIS szoftver háromdimenziós modellezési lehetőségét. A szoftver alapvetően megkülönbözteti a felületmodellezést (3D Analyst), ami tulajdonképpen a 2.5 dimenziós megoldás és a klasszikus háromdimenziós testmodellezést. Míg az előbbi esetben egy adott x, y pozícióhoz csak egyetlen magassági érték (z) tartozhat, addig az utóbbi esetben több z érték is kezelhető, megjeleníthető. A valódi háromdimenziós modellezés megvalósítható multipatch objektum osztályokkal, tetraéder objektumokkal és voxelekkel.

A **multipatch** objektumok a határolófelületek (patch) gyűjteményét tárolja úgy, hogy egy térbeli objektum határát egyetlen sorban ábrázolja az adatbázisban. Textúrát, színt, átláthatóságot és geometriai információt tartalmaznak. A tárolt geometriai információk háromszögek, háromszögcsíkok vagy gyűrűk lehetnek. A **tetraéder** objektumok lényegében háromdimenziós TIN-ek. Jelentős különbség az, hogy kétdimenziós háromszögek helyett tetraédereket alkotnak, és térbeli objektumokat modellezhetnek. A tetraéderes objektumot alkotó csomópontok szabálytalanul vannak elrendezve, ami ideális megoldást jelent komplex, változó

felületi modellek számára (ESRI 2018). A **voxel** (volumetric element), vagy más néven elemi kocka, egy háromdimenziós objektum legkisebb megkülönböztethető része, a grafikus információ alapegysége, mely mindhárom koordinátatengely mentén kiterjedéssel bír. A három koordinátaadat, amely legtöbbször a voxel egyik sarkát, vagy középpontját írja le, meghatározza az adott elemet a háromdimenziós térben. Segítségükkel a háromdimenziós objektumok homogén felbontással és mintázattal rendelkező sejtblokkokkal modellezhetők.

Az ArcGIS Pro 2.3 verziójában (megjelenés 2019-ben) várhatóan elérhető lesz az a funkció, ami diszkrét pontokban mért értékek alapján ún. „Tapasztalati Bayes Krigeléssel" képes lesz valódi háromdimenziós interpolációt végrehajtani. Ez csak térinformatikai környezetben jelent újdonságot, mert számos feladatspecifikus szoftvert már lehet találni a témában (SURTEC, AVS), melyek között olyan is van, amely ArcGIS alatt futtatható modult tartalmaz. Emellett a CAD (Computer Aided Design) szoftverek is rendelkeznek a valódi háromdimenziós felületek elemzéséhez és megjelenítéséhez szükséges funkciókkal.

ArcGIS környezetben végrehajtott voxel alapú térbeli elemzésekre számos példát találhatunk a nemzetközi szakirodalomban. A Rotterdam környéki vasúti alagút vizsgálata során egy pilot projektben arra a kérdésre keresték a választ, hogy milyen és mekkora mennyiségű talajtípust kell kitermelni (Van Maren – Pluim 2011). Az Utrecht város területét érintő munka során a GeoTOP voxel adatait és az Arcadis talajvízáramlási modelljét kombinálták annak érdekében, hogy egy pontosabb és megbízhatóbb geohidrológiai modellt kapjanak, amely előrejelzések készítésére és a talajvízszennyezés leírására is alkalmas (CityChlor IVB-NWE Project 2013).

A voxelmodellek számtalan további felhasználási területen is megjelennek, így a térbeli városmodellezésben is, ahogy például a müncheni egyetem kutatói dokumentálták a Mücheni Műszaki Egyetem kampuszán (Gehrung et al. 2016). Alkalmazásuk a játékfejlesztők világában sem ismeretlen, ahol jellemzően a terep megalkotására használják a különböző játékokban és szimulációkban. A CNC-gépek vezérlése is támogatható voxelmodellezéssel (Wu et al. 2014). Az orvostudományi területen is egyre nagyobb arányban alkalmaznak voxel megjelenítést, hogy az emberi testről röntgennel, CT-vel (Computed Tomography – számítógépes tomográfia) vagy MRI-vel (Magnetic Resonance Imaging – mágnesesrezonancia-képalkotás) készült felvételeket háromdimenziós képként tudják szemlélni (Jiquan et al. 2004). Egy másik szokatlan felhasználási terület az erdő és lombkorona kutatása, ahol a közelmúltban LiDAR (Light Detection and Ranging) távérzékelt adatok felhasználásával végzték el a növényzet monitorozását. A pontfelhő adatok voxelizációja után kapott modellt levélszintek és levélterület meghatározására használták (Hosoi – Omasa 2006).

A voxelmodellt gyakran használják a térbeli jelenségek modellezésére és értelmezésére a geológia területén is. A földtani modell leírhatja a felszín alatti kőzettani vagy egyéb geológiai jellemzőket. Ilyenkor a felszín alatti elem fizikai tulajdonságai numerikusan kapcsolódhatnak egy-egy voxelhez (Jørgensen et al.

2013). A háromdimenziós modellek a tér volumetrikus reprezentációi, ami fontos adat az autonóm robotalkalmazások esetén. A hatékony robotnavigációhoz a környezetről kellően tömör, de annak jellegzetességeit jól leíró információ szükséges. A 2D-s foglaltsági mátrixok ezt az igényt jól kielégítik a SLAM (Simultaneous localization and mapping – egyidejű lokalizáció és térképezés) típusú feladatok esetén (Elfes 1989).

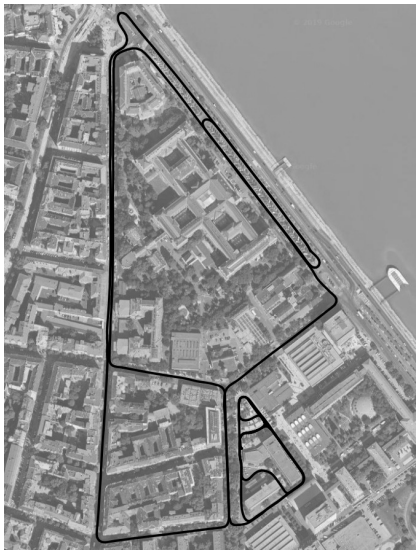
Anyag és módszer

A Leica magyar forgalmazójának jóvoltából, az általuk gyártott Pegasus Two mobil térképező rendszerrel végeztünk a BME környékén mintamérést, amelynek adatait feldolgozhattuk és jelen cikkben a mérésből származó eredményeket vettük kiindulási állapotnak.

A Pegasus Two rendszere Novatel GNSS (Global Navigation Satellite System) és IMU (Inertial Measurement Unit) egységet tartalmaz, továbbá egy Z+F gyártmányú profil lézerszkennert és hét darab színes kamerát. A kamerák felbontása 2046 × 2049 pixel, radiometriai felbontásuk 24 bit. A kamerák 8.0 mm-es objektívvel rendelkeznek, kivéve a zenit irányút, amely 2.7 mm-es. A képrögzítés 8 fps-sel lehetséges. A használt képtárolási formátum a JPEG volt. A kamerákat előzetesen a gyár kalibrálta, a kalibrációs adatok rendelkezésre álltak a feldolgozáshoz. A rendszerben működő profilozó lézerszkenner maximális hatótávolsága 120 m, az eltérítő tükör forgási sebessége 200 fordulat/s. A teljes 360°-os látómezőt 635 nm hullámhosszú lézersugár pásztázza; a távolságfelbontás 0.1 mm. A GNSS/IMU mérésekhez a BME területén működő bázisállomás adatait is felhasználtuk. A trajektória pontjainak átlagos hibái abszolút értelemben 4.9 cm, az egyes koordináta irányokban 3.9, 1.8 és 1.3 cm volt.

A műszeregyüttes egy kombi személygépkocsi tetőcsomagtartójára került elhelyezésre. A vezérlés az utastérben ülő kezelő laptopjáról történt; az adatokat a rendszer részét képező számítógép rögzítette, majd onnan került letöltésre a mérés befejeztével. A mérésre 2019. január 18-án, egy pénteki napon dél körül került sor, amikor a borult, kissé napos idő megfelelő körülményeket teremtett a homogén megvilágításhoz. A közlekedés gördülékeny volt a választott időpontban, a forgalom nem zavarta a mérőjármű haladását. A mérést három elkülönülő szakaszban végeztük, ezeket Track A, Track B és Track C néven jelöltük.

A mérési útvonalat az alábbi *2. ábra* szemlélteti.



2. ábra A mérési útvonal Google Earth környezetben

1. táblázat A mérési szakaszok fontosabb adatai

	A mérés ideje [óra:perc – óra:perc]	A szakasz hossza [m]	Fényképezési pontok száma	Rögzített lézerszkennelt állományok száma és mérete
Track A	12:41 – 12:49	2509	507	11 (6.2 GB)
Track B	12:52 – 12:58	1420	316	9 (4.7 GB)
Track C	13:04 – 13:06	642	131	5 (2.8 GB)

Az egyes szakaszok statisztikai jellemzőit az *1. táblázatba* foglaltuk össze.

A mérési szakaszokon elvégzett trajektória-számítást követően a lézerszkennelt pontok egységes koordináta rendszerbe, az EOV (Egységes Országos Vetület) rendszerbe kerültek. A hatalmas mennyiségű pont kezelhetőségének biztosításához kisebb részekre osztottuk a projektet. Minden szkennelt pont a térbeli koordinátáján kívül a kamerák képeiből vett színinformációval is rendelkezik.

A pontfelhőkből korábban a voxelmodelleket Matlabban állítottuk elő, majd azokat obj formátumban rögzítettük (Potó – Barsi 2017). A hatékonyság növelése érdekében C++ nyelvre váltottunk és PCL-t (Point Cloud Library) használtunk a pontfelhők hasonló célú feldolgozására. A PCL egy szabadon hozzáférhető függvénykönyvtár n-dimenziós pontfelhők és háromdimenziós alakzatok feldolgozására. C++ nyelven íródott, amelynek köszönhetően hatékony és gyors eljárások állnak rendelkezésre nagymennyiségű adat elemzésére. A PCL több szabadon használható egyéb modulra épül, a legközelebbi szomszéd meghatározására a hatékony FLANN könyvtár szolgáltat megoldást. Munkánk során a szűrők közül a voxelgrid függvényeit használtuk fel.

A modellek tárolására a kutatásunk során több különböző fájlformátumot teszteltünk. A Matlab vagy a PCL felhasználásával előállított obj egy egyszerű szöveges adatcsere formátum, amelyben az egyes voxelek 8 sarokpontja, az egyes lapokat alkotó pontok, illetve az elemek színe kerül rögzítésre. A formátum hátránya, hogy a lapok redundáns leírásának és az ASCII formátumnak köszönhetően rendkívül nagy fájlok keletkeznek, továbbá jelenleg csak az ArcGIS Pro verziója képes ilyen formátumot olvasni.

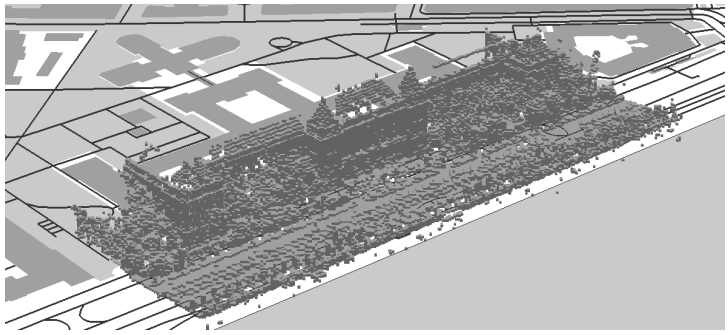
Mivel célunk volt a voxelmodellek térinformatikai integrációja, így olyan formátumot kerestünk, amit az adott célszoftver képes olvasni. Az ArcGIS általunk használt 10.4-es verziója tud 3ds formátumot importálni, azonban csak maximum 65536 csomópontot képes tárolni, ami már a mintaterületünk 1 m-es felbontású voxelmodelljére sem elegendő. Következő lehetőségünk az skp formátum volt, ami a SketchUP 3D modellező szoftver saját zárt formátuma, így ennek használatát is elvetettük. A Collada egy olyan háromdimenziós adatcsere formátum, amely alapja egy jól definiált xml séma kiterjesztése, jellemzően a dae. A VRML (Virtual Reality Modeling Language – virtuális valóságot modellező nyelv) olyan szabványos háromdimenziós formátum, amely főként a webes megjelenítést helyezi előtérbe. A szintén szöveges, wrl kiterjesztésű állomány csomópontokat tartalmaz, amelyek a felépítendő alakzat különféle tulajdonságait írják le a mezők és mezőértékek

segítségével, mint például szín, pozíció, átlátszóság. Az utóbbi két formátum előállítható már meglévő obj fájlokból, például MeshLab segítségével.

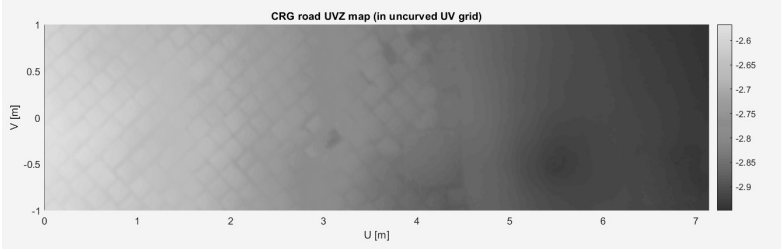
Eredmények

Az obj fájlt, így az abból létrehozott wrl állományt is EOV-ban állítottuk elő. A vizsgált területről az OSM-ből (Open Street Map) egy kivágatot készítettünk, majd azt is EOV-ba transzformáltuk. A két állomány így már együttesen beolvashatóvá vált az ArcScene szoftverbe és a *3. ábrán* látható eredményt kaptuk. Az ábrán 1 m-es felbontású voxelmodell szerepel.

A szimulációs alkalmazáshoz a voxelmodell tartalmazza az útkörnyezeti elemeket, az utak felületi teszteléséhez például az OpenCRG szabványt érdemes használni. Ez egy nyílt formátum, mely az út felületének nagyfelbontású leírására szolgál. A Pegasus Two mobil lézerszkennelt ponfelhő egy szakaszából is előállítottunk egy CRG-modellt Matlab szoftverben, azonban a szkennelés során az úton lévő egyéb járművek több kitakarást is eredményeztek az útfelületből. Továbbá a felmérés felbontása sem volt elég pontos a részletes útfelületi modell előállításához, így ebből pontfelhőből előállított modellünk nem adott elég pontos és részletes eredményt a CRG-modellhez. Az adott szakaszon ezért földi lézerszkennerrel végzett mérés pontfelhőjével egészítettük ki a mobil lézerszkenneres mérést, melyből a *4. ábrán* látható eredményképet kaptuk. Az ábrán megfigyelhető a terület lejtése, az egyik kis keresztutca, a Csiky utcai szakaszon lévő kockakövek mintázata, és a Budafoki úton lévő akna is. Az ábrán látható modell felbontása 1 cm.



3. ábra A voxelmodell és az OSM integrációja ArcGIS szoftverben



4. ábra A Budafoki út és Csiky utca találkozásánál lévő útfelület CRG-modellje (a magasságértékek egy kiválasztott ponthoz viszonyítottak)

Konklúzió és további tervek

A voxelmodell előállítását korábban Matlab szoftverben végeztük, viszont kisebb kockaméretek esetén a nagyobb kockaszám miatt a feldolgozási idő számottevően nőtt. A PCL jelentősen felgyorsította a folyamatot. A környezeti modell annál részletesebb, minél kisebb a kockaméret, de nagyon kisméretű kockákból álló modell egyre nagyobb méretű állományokat eredményez. A voxelmodell importálható térinformatikai szoftverekbe; ehhez mi a wrl formátumot használtuk. Az előállított modell alkalmas az önvezető járművek helymeghatározási folyamatát támogatni, ezen kívül az állomány alkalmazható szimulációs szoftverekben, akár CRG-típusú útfelülettel integrálva. A modell használatával a pontfelhő adatmennyisége így jelentősen csökkenthető.

További terveink között szerepel az előállított CRG-modell és a voxeles környezeti modell fúziója, illetve ennek szimulációs környezetbe való implementálása a gyakorlatban is.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges Intelligencia (BME FIKP-MI/FM) tématerületi programja keretében.

A kutatást támogatta az Európai Unió finanszírozásával az EFOP-3.6.2-16-2017-00002 program.

Köszönetünket fejezzük ki továbbá a Leica Geosystems Hungary-nek és munkatársuknak, Sáfár Tamásnak (mobiltérképezés szakértő, Közép-Kelet-Európa régió) a Leica Pegasus mérésekben való közreműködéséért.

Felhasznált irodalom

CityChlor IVB-NWE Project (2013): Geohydrological modelling - Predictions for an area-oriented approach for groundwater contamination in the City of Utrecht. (J., V. & M. D., Eds.).

Elfes, A. (1989): Using occupancy grids for mobile robot perception and navigation. Computer, 22(6), pp. 46–57.

ESRI (2018): [Internet] Fundamentals of 3D data.

Gehrung, J. – Hebel, M. – Arens, M. – Stilla, U. (2016): A framework for voxel-based global scale modeling of urban environments. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, 42(2W1), pp. 45–51.

Hosoi, F. – Omasa, K. (2006): Voxel-Based 3-D Modeling of Individual Trees for Estimating Leaf Area Density Using High-Resolution Portable Scanning Lidar. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 44(12), pp. 3610–3618.

Jiquan, L. – Jingyi, F. – Duan, H. – Siping, C. (2004): Simulation data mapping in virtual cardiac model. The 26th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE, 3, pp. 1937–1940.

Jørgensen, F. – Møller, R. R. – Nebel, L. – Jensen, N. P. – Christiansen, A. V. – Sandersen, P. B. E. (2013): A method for cognitive 3D geological voxel modelling of AEM data. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 72(3–4), pp. 421–432.

Nguyen-Xuan, H. – Nguyen-Hoang, S. – Rabczuk, T. – Hackl, K. (2017): A polytree-based adaptive approach to limit analysis of cracked structures. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 313(January 2018), pp. 1006–1039.

NURBS (2019): [Internet] NURBS.

Potó, V. – Barsi, Á. (2017): Önvezető járművek helymeghatározása 3D városmodell segítségével. Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában, VIII., pp. 301–307.

Van Maren, G. – Pluim, A. (2011): Demo van het combineren van voxeldata en eigen GIS-data. ESRI.

Wu, T. – Wang, Z. niu – Xu, Y. – Huang, M. yan (2014): CNC cutting simulation based on improved voxel model and tool revolving body. 2014 World Congress on Computer Applications and Information Systems (WCCAIS). IEEE, pp. 1–4.

Zlatanova, S. – Stoter, J. – Isikdag, U. (2012): Standards for Exchange and Storage of 3D Information : Challenges and Opportunities for Emergency Response. 4th International Conference on Cartography & GIS, 2(May 2014), pp. 17–28.

Integration of Toponyms Mobile data Collection in PostgreSQL Database
(A mobile application for toponyms of Kenya, Django REST API open source approach)

Daniel O. Nyangweso[1] – Mátyás Gede[2]

[1] Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary, Department of Cartography and Geo-informatics, danielorongo@gmail.com
[2] Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary, Department of Cartography and Geo-informatics, gedematyas@gmail.com

Abstract: Data integration involves getting data from different sources and viewing it on a platform. Data synchronization involves connecting the data entry and archiving in PostgreSQL database either in a server or mobile device in a two way mechanism. The aim of this paper is to show how the toponyms (place names) data can be synched in a local PostgreSQL database as mobile data collection exercise progresses using Django REST framework, Python libraries and other software. A toponyms project was created containing repositories builds on Bit Bucket cloud and endpoint generated for the toponyms file. A web client was then created to expose the endpoint that receives data from the android application hence connecting the mobile app. The mobile app also has OSM base map and data is collected and archived in real time as it is collected, in a PostgreSQL/PostGIS database backend. The process involves maintaining different file formats on each platform without the users notice. The online data back up by the devise enables secure back-up due to syncing with hosting server which renders the data both on an online cloud and a local computer storage. Similarly the OSM data can either be imported using QGIS quick map services plugin or be manually built and synched in a local disk of a computer. The mobile data collected, OpenStreetMap and validated data may then be running side by side or be displayed as an overlay. The endpoint, app and PostgreSQL communicate through the model. Data is sent through the endpoint which triggers data processing and storage into PostgreSQL throughout as long as there is internet connection. The integration eliminates data entry, minimizes editing and provides up to date fieldwork data. The mobile APK generates data for personal use and also for mapping organization(s) or agents of governments handling geographical names (after customization). Also, the app can be used to update maps data, after validation, without actual fieldwork; hence cutting cost since all software and tools used are all open source including free data collection using VGI. Further probes and analysis needs to be done on the two sources of VGI data to determine their characteristics.

Introduction

Good framework of Internet of things communication must be employed to check quality data flow and efficient validate. One may question whether the application environment is an html based or web based and how different data conversion challenges involved when data doesn't reach the backend. One way to solve include exporting the SQLite data from a toponyms mobile app is pushed to a website or manually converted into GeoJSON format using QGIS. The file is then added back to be viewed as an html document. Similarly, formal data can be reformatted to GeoJSON data and also be added as a GeoJSON layer as an overlay. The two data

sources can then be compared in terms of content, visibility and coverage to identify salient features of names depicted on each of the three sources of data for further analysis. In the Django administration JSON and XML data types can be displayed. In some instances data interchange for some devices may face challenges. A solution is sought such that you collect data, you check its availability on the device collected, on the web service and also on the local computer storage archive. In this case no data is lost, there is faster mobile data collection. The two data sources; mobile APK data (collected continuously) and official gazetteer (initially imported) are displayed separately with options for additional layers to overlay with on check boxes

Updating official gazetteer data may be simplified though synchronizing data collection to data storage through an online platform. The process not only hastens the data collection process but also enables monitoring the field work, data capture and synchronization and aids analysis validation procedures and minimizing or eliminating costly actual field visits which are budget dependent yearly.

Open source software and libraries

Manual building of map tiles (OpenStreetMap Contributors 2018) provides a platform to build own customized maps with OSM updates from all over world according to the user needs and also locate places where similar or comparable toponyms are used. Various users have been applied use of Mapnik rendered tiles such as David Rumsey (Rumsey 2018), whereby historical maps were scanned and can be compared with OSM and Google maps. In rendering the files Mapnik tool (Wiki 2019) and Osmosis (OpenStreetMap Wiki 2018) java command line tools are used. A toponyms mobile application was developed using android studio (Nyangweso – Gede 2018) published in play store, specifically to handle the toponyms data collection framework. Opens source tools and libraries exist such as Bitbucket (Attlassian 2019), Django REST API Framework (Django 2019) and python (Foundation 2018) among others.

Materials and Methods

Mobile data collection Workflow

Data collection on the server and serving on the website

Figure 1 shows the mobile data collection and synchronization workflow. It enables data storage to the local and or online PostgreSQL database.

Tools, data and resource mobilization

Software and platform used

Table 1 shows the tools and open source software used in the project.

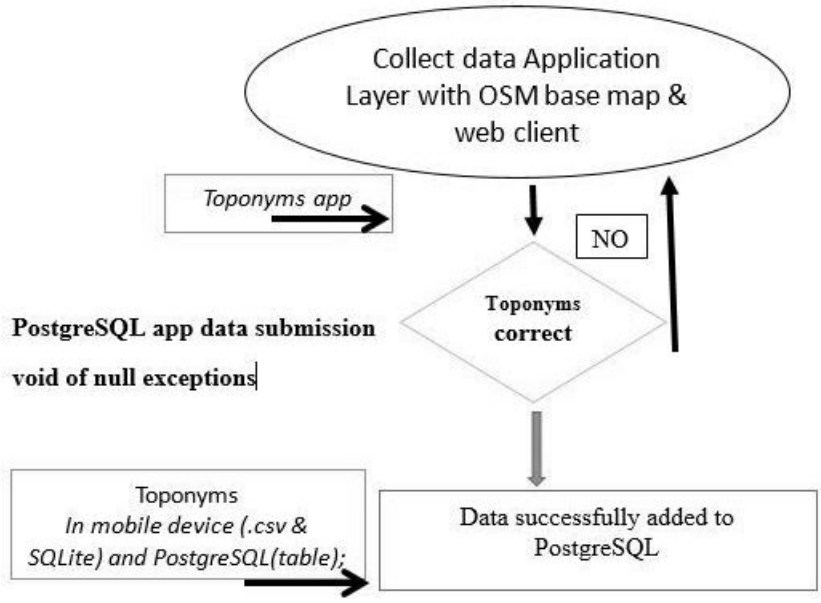


Figure 1. Data collection and posting Workflow

Table 1. Tools. Software and Platforms used

	Platform/tool/software	**purpose**
1.	Visuo Studio Code	Code editing
2.	QGIS	Data processing, preparation and display
3.	Django 2.15.0/Python 3 and Pip 8.1	Development of API
4.	OSGEO	Provision of geometry abstraction of spatial data
5.	Leaflet	JavaScript libraries
6.	Postgres/Postgis	Provision of back end for data storage
7.	Nginx web server	Web server service

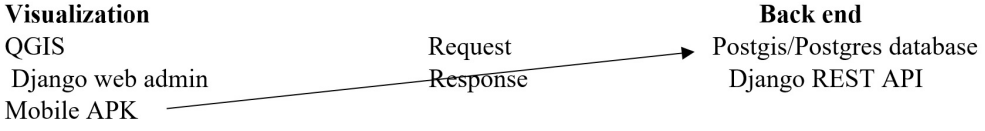
Data to be integrated

1. Validated gazetteer (only names from Survey of Kenya Records; only for a few places.

2. OpenStreetMap data view using locally build OSM tiles or using Qgis quick map service

3. Mobile APK data collection using smart phones with background OpenStreetMap display.

Data integration Implementation strategy



Resources needed:

- Internet connections in the APK and web services.
- Toponyms mobile APK integrated with Postgres through Django REST API
- Web server and Web Client, powered by Nginx Webserver with all associated software such as Python, OSGEO, GDAL
- QGIS quick maps plugin for rendering the OSM map or use Mapnik open source toolkit for rendering OSM maps and cache them locally.

Sample mobile data collection involved:

1. Testing the data collection by the app.
2. Data type rendered in the web platform and downloadable data.
3. Data storage and editing via the Bitbucket repository hub.
4. Filling the data collect form for all entries.
5. Adding the data to the device database.
6. Submitting the data to the PostgreSQL database and visualizing it in the postgis interface through QGIS.

Data Validation: Django REST Framework and PostgreSQL/Postgis backend

Editing can be on the Django administration site or in the PostgreSQL backend.

a. SQLite data

The required area is extracted using bounding box as map tile extract for a specific region or country, imported and build manually as a local server of the OpenStreetMap files which is sequentially updated. This is done by first launching QGIS and opening the layer with spatial locations and in CSV file format and then saving it as GeoJSON. The file is then copied to a pre-created leaflet folder in Apache, under grouped layer control open source tool.

b. OSM data

Initial data is build using Mapnik map tiler and assembled, served and updated locally as long as there is OSM update. Building a Local OSM Tile server involved use of available open source material and software to render and serve the OpenStreetMap and display the tile layers as synced and rendered using Mapnik carto software found online.Alternatively, one can use the quick map service plug in in Qgis to render the OSM layer as base map

c. Validation data

The OSM2psql data imported is used as base layer. The validation data comes from the mobile APK collected and data extraction and editing is done in Postgres database contained all the data from the three sources. The PostgreSQL data table to be edited has the validation column to ascertain editing has been done and verification made on the OSM and APP data sources. After verification of the data, it is displayed on the website for visualization and analysis.

d. Web Client

A web client was developed to enable visualization of server and web information contained in the toponyms database and overall remote monitoring of the mobile data collection process.

Results

OSM base map as visualization in the desktop and mobile app user interfaces

The added OSM layer provides the base map to assess the spatial display of the points in the desktop user interface.

Figure 2 show a sample Locally Build and Rendered Tiles which can also be added via QGIS quick map services plugin. *Figure 3* shows, the equivalent OSM map as incorporated in the mobile app interface.

Figure 4 shows the OSM base map with current location coordinates as the user starts to collect data.

One can also query the status of the toponyms online service status.

Figure 5 shows activated online Postgres RDMS service after successful login via command line and toponyms web client service as active, once the configurations are complete.

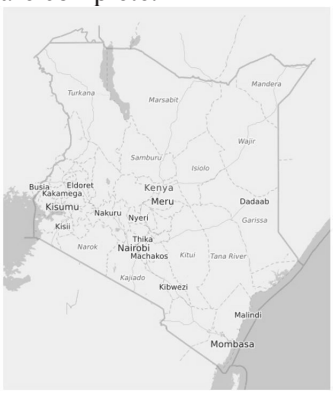


Figure 2. OSM base map, Mobile interface



Figure 3. OSM Base map, Desktop interface



Figure 4. Mobile App OSM

```
● toponyms.service - Toponym Web Client Daemon
   Loaded: loaded (/etc/systemd/system/toponyms.service; disabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Sat 2019-03-30 22:21:13 EAT; 52s ago
 Main PID: 5207 (gunicorn)
    Tasks: 4 (limit: 1997)
   CGroup: /system.slice/toponyms.service
           ├─5207 /srv/www/venv/bin/python3 /srv/www/venv/bin/gunicorn --access-logfile - --work
           ├─5229 /srv/www/venv/bin/python3 /srv/www/venv/bin/gunicorn --access-logfile - --work
           ├─5230 /srv/www/venv/bin/python3 /srv/www/venv/bin/gunicorn --access-logfile - --work
           └─5232 /srv/www/venv/bin/python3 /srv/www/venv/bin/gunicorn --access-logfile - --work
(venv) ...
● postgresql.service - PostgreSQL RDBMS
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/postgresql.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (exited) since Sat 2019-03-30 22:38:27 EAT; 10s ago
  Process: 5577 ExecStart=/bin/true (code=exited, status=0/SUCCESS)
 Main PID: 5577 (code=exited, status=0/SUCCESS)
(venv) ...
```

Figure 5. PostgreSQL and toponyms online service

Data administration and validation

Django administration Login Page

Figure 6 shows a graphic user interface to login to view or edit the online toponyms list or add new users into the system. The administrator ensures quality data collection, validation of the data and overall administration of the toponyms database.

Figure 7 shows data generated by the users of the APK in Django REST framework, where one edit if deemed necessary.

Figure 8 shows the online toponyms feature edit tool. It does not delete the original entry but creates a duplicate. The final edits are to be done in the Postgres server during validation.

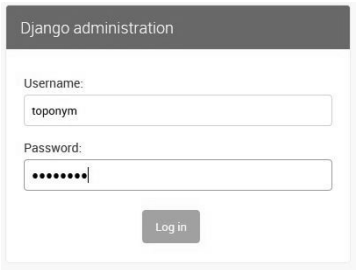


Figure 6. Django administration for logging into web client

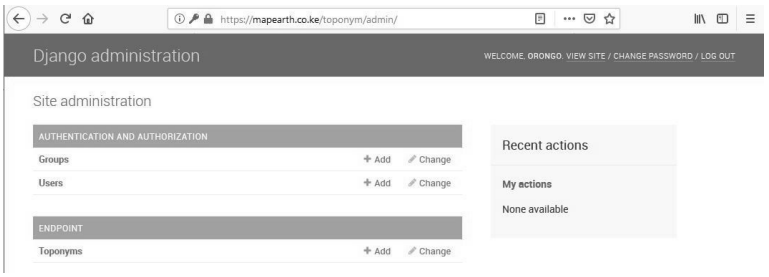


Figure 7. Django Administration



Figure 8. Toponyms feature online edit feature

Bitbucket Repository administration Login Page

Viewing and editing the code or committing a feature edit on the app requires an account with the providers of the Atlassian who are Bitbucket repository services. One can log in using google, any email address or a user name allocated during registration to the administration system.



Figure 9. Login interface

Figure 9 shows the log in interface used to access the repositories for all the project, web client and android studio toponyms files.

Toponyms Repositories

Figure 10 shows the Bitbucket repositories files such as those for the project, Django REST framework web client and android studio mobile application.4.2.3 Django REST framework data visualization.

Figure 11 show the Django REST framework for the toponyms already collected by the mobile application, with entries for id, type, geometry automatically generated after the user of the mobile application fills in the collect data and submits it with no null exceptions to the Postgres database.

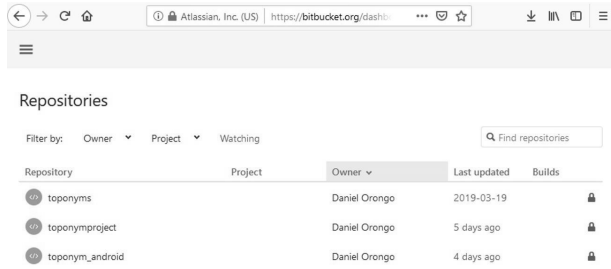


Figure 10. Bitbucket Repositories

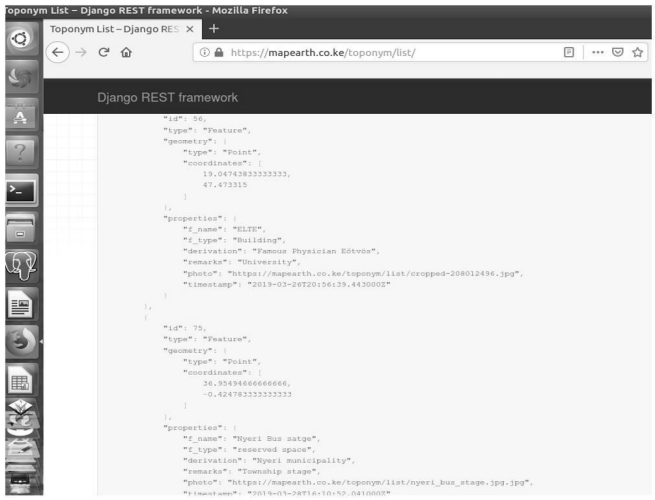


Figure 11. Django REST framework

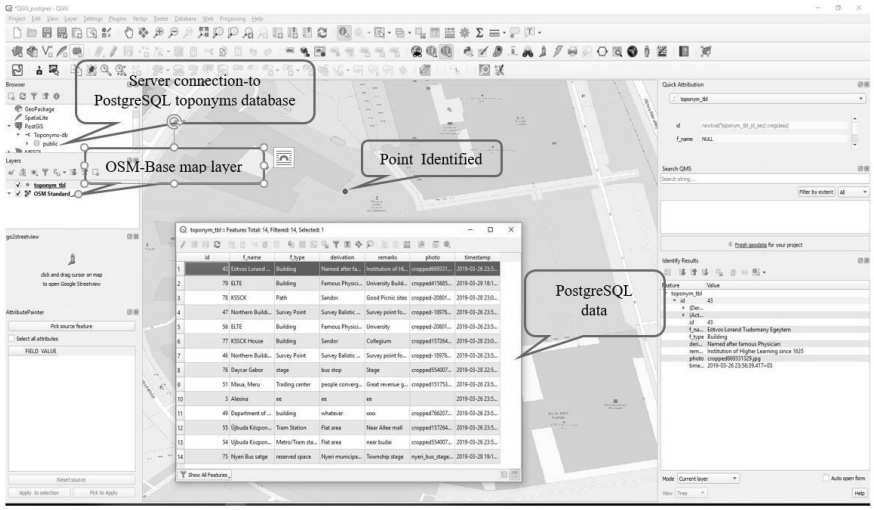


Figure 12. Postgres/PostGIS interface Toponyms table as visualized on QGIS

PostgreSQL/PostGIS server backend interface

Figure 12 shows the PostgreSQL spatial layer properties as visualized in the PostGIS user interface.

References

Attlassian, Bitbucket. Retrieved from Bitbuck Repostory: https://bitbucket.org, Download Time: January 2019.

Django. Retrieved from https://www.django-rest-framework.org, Download Time: February 2019.

Foundation, P. S., Python. Retrieved from Python: https://www.python.org. Download Time: December 2019.

Nyangweso, D. – Gede M. (2018): Toponyms Mobile APK for Volunteered Geographic Information. Lisbon: Geomundus2018. Retrieved from http://www.geomundus.org/2018/docs/papers/Danniel.pdf, Download Time: January 2019.

OpenStreetMap Contributors. Manually building a tile server (18.04 LTS). Retrieved from Switch2OSM: https://switch2osm.org/manually-building-a-tile-server-16-04-2-lts. Download Time: August 2018.

OpenStreetMap Wiki. Osmosis. Retrieved from WIKI: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Osmosis Download Time: August 2018.

Rumsey, D.: Georefrencer and Compare. Retrieved from David Rumsey Map collections: https://www.davidrumsey.com/view/georeferencer Download Time: December 2018.

Wiki, O. Mapnik. Retrieved from Wiki: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mapnik Download Time: January 2019.

Térinformatika alkalmazása víziközműves szakmai tárgyak oktatása során

Orgoványi Péter[1] – Salamon Endre[2]

[1] tanszéki mérnök, NKE VTK Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet, orgovanyi.peter@uni-nke.hu
[2] tanársegéd, NKE VTK Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet, salamon.endre@uni-nke.hu

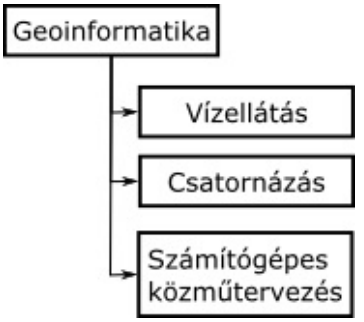
Absztrakt: A térinformatika megkerülhetetlen a környezetmérnökök és a vízépítő mérnökök képzése során. A bolognai rendszerben nem biztosított elegendő térinformatika óra ahhoz, hogy a hallgatók közműves tervezési feladatokat önállóan oldjanak meg. Ezért szükséges, hogy a közműves tárgyakban térinformatikai eljárások integráltan szerepeljenek. Mindeközben természetesen nem veszhet el az eredeti szakmai tartalom, a térinformatika mint eszköz nem veheti el a hangsúlyt a feladatok eredeti céljaitól. Ebben a cikkben egy rövid példán keresztül mutatunk be egyszerű, térinformatikai úton megoldható, közműtervezéssel kapcsolatos, évközi tervezési feladatokban alkalmazható eljárást. Ezek kevés, vagy semmilyen térinformatikai előismerettel sem rendelkező hallgatók számára is lehetővé teszik a hatékony munkavégzést és a legalapvetőbb térinformatikai szemlélet kialakítását.

Bevezetés

A XXI. század elejére a térinformatika számos tudományban és az általános mérnöki faladatok megoldása során is mindennaposan alkalmazott eszközzé vált. A víziközművekkel kapcsolatos környezetmérnöki és építőmérnöki feladatok térinformatikai oldalról jelentősek. Kevés olyan hasonló terület van ugyanis (talán csak az ingatlan nyilvántartás és a logisztika), ahol a térinformatika ennyire a mindennapi feladatok, a rövid-hosszú távú tervezés és a problémák elemzésének eszközévé vált volna.

A víziközművek, közelebbről az ivóvíz elosztó hálózatok és a szennyvíz, csapadékvíz elvezető csatornák térinformatikai adatbázisa különös figyelmet érdemel több szempontból is: (1) Különösen nagy értékű, folyamatosan amortizálódó rendszert ír le. (2) A térinformatikai adatbázis által megjelenített rendszer gyakorlatilag a folyamatos üzemzavar állapotában van és nem hagyható felügyelet nélkül. A hálózatból elszivárgó ivóvíz, vagy a szennyvízcsatornába bekerülő idegen vizek, a hibahelyek felkutatása komoly erőforrásokat és költségráfordításokat emésztenek fel. (3) A csővezeték hálózatok földrajzi kiterjedéséből, adatbázisuk egyéb attribútumaiból (anyag, átmérő, csatlakozó fogyasztók száma) olyan jellemzők vezethetőek le (például: nyomás, vízkor) amely a településen lakók komfortérzetét és egészségét számottevően befolyásolják. (4) A hálózatot megjelenítő objektumok jellege nagyon változatos: több ezer km hosszúságú csőhálózattal együtt fordulnak elő pontszerű, 1–50 cm-es objektumok (elzáró szerelvények, szivattyúk, stb.), melyek azonban az egész rendszer működése és elemzése szempontjából komoly jelentőséggel bírnak.

A fent leírtak alapján belátható, hogy a vízellátás-csatornázás, illetve a víztechnológia specializáción tanuló hallgatókat fel kell készíteni arra, hogy a felmerülő mérnöki problémákat a térinformatika segítségével is képesek legyenek megoldani. A BSc szintű képzésben készült órahálók nem biztosítanak annyi térinformatikai gyakorlati órát, amely felkészítené a hallgatókat a specializált szakmai tárgyakban szükséges feladatok megoldására. Ez a helyzet az oktatókat is kihívás elé állítja, hiszen a közművekkel foglalkozó szakmai tárgyakban azok a térinformatikai eljárások is kell, hogy szerepeljenek, amelyek segítségével a tervezési feladatok megoldhatóak. Szerencsére a képzési programok összehangolásával sikerült elérni, hogy a térinformatika hatékonyan beépüljön az egyes tantárgyakba és a gyakorlati oktatással összhangban, a földmérési készségekre alapozva fejleszthessék ilyen irányú ismereteiket a hallgatók. A térinformatika óra összefüggéseit más tárgyakkal a képzés órahálójában az *1. ábra* szemlélteti.



1. ábra A térinformatikai tárgy és a rá építő közműves tantárgyak a VTK 2018-as órahálójában

Az *1. ábrának* megfelelően a közműves tantárgyaknál már lehet arra építeni, hogy a hallgatók tisztában vannak a vektoros rétegek (pont, vonal, felület) és a hozzájuk tartozó attribútum tábla mibenlétével. Ahhoz azonban további felkészítés szükséges, hogy önállóan egy topológikus hálózatot hozzanak létre, amely a hidraulikai és vízminőségi tervezésére is alkalmas.

A térinformatika elsődleges felhasználása a vízellátó- vagy csatornahálózatok tervezési feladatai során, a vonalvezetés elkészítésén túl a hidraulikai számítások hatékony elvégzése. Nem véletlen, hogy a legtöbb, kereskedelmi forgalomban kapható hidraulikai szoftver térinformatikai keretrendszerbe épül és közmű nyilvántartási szolgáltatásokat is tartalmaz, például Mike Urban (Yue – Xiao-yu 2012) és Bentley watercad (Koor et al. 2012). Az oktatás során azt tartjuk követendő stratégiának, hogy kezdetben az oktatás nyílt szoftvereken történjen, amelyhez a hallgatók is könnyen hozzáférnek. A nagyobb tudású, költségesebb programokat pedig korlátozott mennyiségben, csak fontosabb kutatásokhoz használjuk fel, bár ez utóbbiak ugyanúgy testre szabhatóak és alkalmasak egyéni eljárások programozására, mint az előbbiek.

Anyag és módszer

Az alábbi, QGIS programban végrehajtandó eljárások célja, hogy a nyers adatokat, csöveket jelképező vonalakból álló, csak megjelenítésre alkalmas térképből az EPANET és az EPA SWMM hidraulikai számító programok számára feldolgozható hálózatot legyenek képesek a hallgatók létrehozni. A kiindulási adat a legtöbb esetben egy vonalas állomány, amely a hallgató által első lépésben felvett

1. táblázat Topológikus hálózat generálásához szükséges adatok EPANET és EPA SWMM programban

EPANET		EPA SWMM	
Csomópont tábla	Csövek tábla	Csomópont tábla	Csövek tábla
Mezők: – azonosító – magasság – x koordináta – y koordináta	– azonosító – kezdőpont – végpont	– azonosító – terep magasság – folyásfenék magasság – x koordináta – y koordináta	– azonosító – kezdőpont – végpont – kezdőpont magasság – végpont magasság

vízszintes vonalvezetést jelenti. Szakdolgozatok esetén a kiindulási adat lehet papírról digitalizált közműtérkép vagy CAD állomány, amelyet a vízműtől szerzett be a szakdolgozó. Minden esetben a kiindulási információ legfontosabb jellemzője, hogy egy attribútumok nélküli vonalakat tartalmazó halmazból kell eljutni egy szabályosan felépített adatbázis struktúráig. A célként elérendő adattartalmat a *1. táblázat* szemlélteti az EPANET és az EPA SWMM program esetében (Rossmann 2000, 2010) Az *1. táblázat* csak azokat az adatokat tartalmazza, amelyek feltétlenül szükségesek a hálózat generáláshoz, a hidraulikai számításokhoz szükséges adatokkal itt külön nem foglalkozunk.

Az *1. táblázatban* feltüntetett geometria adatokon kívül lehetőség van a csöveket jelképező vonalelemeken töréspontokat is megadni, melyeknek nincs hidraulikai funkciója, csak a vízszintes vonalvezetés töréspontjait jelölik. Ezek bevitele ugyan némi többletmunkát jelent, viszont segítségükkel a számításban résztvevő hidraulikai peremfeltételt is tartalmazó csomópontok 20–70%-a is racionalizálható és a későbbi modellfuttatás gyorsítható és a memóriaigény csökkenthető.

A szivattyúk, tároló tartályok, nyomáscsökkentők, elzárók és egyéb szerelvények adataival itt nem foglalkozunk, hiszen ezek száma a hálózaton véges és ezért ezek az elemek kézi úton megadhatóak. A több ezer vagy százezer elemből álló csőhálózat bevitele az első fő akadály, amellyel a feladat során meg kell küzdeni. A hallgatók számára is jól követhető egyszerű megoldása a feladatnak az alábbi lépésekkel oldható meg.

A vízszintes vonalvezetést megadó vonalak segítségével egy olyan pont vektor réteget generálunk, ahol pontok keletkeznek minden vonalelem mindkét végpontján és a pontok attribútumai közt szerepel az adott szakasz azonosítója és hogy az adott pont az adott szakasznak kezdő vagy végpontja-e. Erre alkalmas például a QGIS program Qchainage modulja (Internet1). Ezzel azonban azokon a helyeken ahol több vonalelem találkozik, kétszer annyi pont jön létre, mint ahány vonalelem a csomópontba befut. Ezért a következő lépésben az egymást fedő pontokat össze kell vonni. Az összevont pontréteg immár egyetlen csomópontot tartalmaz minden vonalelem találkozásánál. Ezt az összevont csomópont réteget kapcsoljuk a

2. táblázat Kapcsolati tábla generálásához használt pont réteg hely alapján kapcsolt attribútum táblája

Végpontokon generált pont azonosítók	Pont jellege (kezdő vagy vég)	Ponthoz tartozó csőszakasz azonosító	Csomópont azonosító (hely alapján kapcsolt)
P1	K	CS1	N1
P2	V	CS1	N2
P3	K	CS2	N3
…	…	…	…

vonalelemek végpontjain generált csomópontok attribútum táblájához hely alapján, így a *2. táblázat* szerinti attribútum tábla áll elő.

Az attribútumtáblák kapcsolása előtt természetesen a topológiát ellenőrizni kell. Sajnos a legtöbb CAD-ben készült digitális közműtérkép szerkesztése nem topológikus és a tapasztalatok alapján csőszakaszok legalább 10%-a nem egymást fedő végpontokkal rendelkezik.

A *2. táblázatban* az N jelű csomópontok azok, amelyekből a vonalelemek végpontjainak találkozásánál csak egy szerepel, míg a P jelű pontok azok, amelyekből minden vonal minden végpontján és kezdőpontján egy került generálásra. A *2. táblázat* alapján már akár MS-Excel programban is felállítható a kapcsolati tábla. Mindössze annyi a teendő, hogy a csőszakaszok azonosítóit tartalmazó lista minden sorához a fenti táblázatból (amelyben minden csőszakasz kétszer szerepel, egy kezdőpont és egy végpont mellett) ki kell keresni a hozzá tartozó kezdőpontot és végpontot. Ezek után a magasságok, vezeték szakasz hosszak kiszámítása már egyszerűen megoldható.

Ezt az eljárást a hallgatók többsége egy néhány oldalas leírás alapján könnyedén végre tudja hajtani. A közművek tervezésének azonban a kiindulási vektoros állomány létrehozása csak az első lépése. A végcél eléréséhez ezekkel hidraulikai számításokat kell elvégezni. Ennek fő akadálya a hidraulikai adatok bevitele egyfelől magukhoz a számításokhoz, másfelől a modell kalibrációjához mért adatok alapján.

Sajnálatos módon bármilyen fejlődésen is megy keresztül napjainkban az elektronikus közműnyilvántartás, számos hidraulikai elem nem egy egységes és szabályozott struktúra alapján kerül bevitelre a helyi adatbázisba, sőt a gépházak és a szivattyúk rendszerint teljesen hiányoznak belőle. Jó esetben a tűzcsapok és szolgáltatási pontok blokkok formájában megtalálhatók a CAD állományokban, így ezek koordinátái lekérdezhetők és csomópontként átemelhetők a hidraulikai feladatok megoldásához használt térinformatikai adatbázisba.

Eredmények

Anélkül, hogy a hidraulikai számítás elkészítéshez tartozó további műveleteket tárgyalnánk, a fenti egyszerű eljárásleírásból is jól láthatóak azok a nagyon egyszerű, de mégis nagyon hasznos és szemléletes térinformatikai műveletek, amelyek



2. ábra Szolgáltatási pontokig tartó részletességű, alaptérképre illesztett hálózat modell, önálló szakdolgozói munka eredményeként (Czakó 2017)

célzottan vezetik el a hallgatót egy saját szakterületén fontos feladat elvégzéséhez. A tapasztalatok azt mutatják, hogy ha ezen a szinten a hallgató képes kezelni az attribútum táblák kapcsolását és a vektorelemek összevonását-különbségképzést, akkor az önálló tanulásra is képes. A legtöbb esetben nem okoz gondot a további, hidraulikai szempontból fontos attribútumoknak az adatbázisba fűzése és a megjelenítés beállítása sem. Az egyik legegyszerűbb feladat a magassági adatok hely alapján történő kapcsolása, melyben az építőmérnök hallgatók már a CAD alapú alkalmazásokból is alapos tapasztalatokkal rendelkeznek (Majer et al. 2018). A *2. ábra* mutat be egy végeredményhez közeli közműhálózatot, melyre a hallgató már önállóan illesztette az alaptérképként szolgáló műholdképet.

Összefoglalás

A tapasztatok alapján a térinformatikai készségek fejlesztése jól integrálható a speciális szakmai ismereteket tartalmazó tantárgyakba. A hallgatók idegennyelv-tudása azonban komoly gátló tényező, hiszen az alkalmazott térinformatikai programokhoz a legtöbb problémamegoldást tartalmazó leírás angol nyelvű blogokon és fórumokon érhető el napjainkban. Másik probléma mind a hallgatók, mind az oktatók részéről a programozási feladatokra fordítható erőforrások (óraszám, hozzáértés) hiánya. Kiemelt cél a mérnökképzésben, hogy a különböző szakági programok testreszabására is oktatni kell a hallgatókat. Ebből a szempontból kiemelt jelentőséggel bírnak a nyílt forráskódú alkalmazások, hiszen az a hallgató, aki a nyílt forráskódú szoftvert tudja kezelni, az a jóval több kényelmi funkciókkal ellátott kereskedelmi forgalomban kapható szoftverrel is jobb eséllyel boldogul kint az életben.

Ezen túlmenően komoly hátráltató tényező a közművekre hidraulikai teljesítőképességére vonatkozó adatok elérhetősége és az alaptérképek rendelkezésre állása. Tény ugyan, hogy a közműtérképek jelentős ráfordítással készülő termékek, amelyeket nem lehet térítésmentesen fenntarthatóan szolgáltatatni, azonban oktatási-kutatási célra rugalmasabban hozzáférhetőek kellene, hogy legyenek. Jelenleg az informatikai háttér nyújtotta részletességet sem használjuk ki teljesen, hiszen a rendelkezésre álló rendszerek, akár az épületeken belül csővezetékrendszerek nyilvántartását és hidraulikai számítását is lehetővé tennék, a Scada rendszerekből kinyerhető adatok térinformatikai adatbázisba történő bekapcsolásáról nem is beszélve. A jövőben remélhetőleg a hasonló térinformatikai feladatmegoldásoknak köszönhetően egyre több, a gyakorlatba kikerülő hallgató fogja a rábízott közvagyon fejlesztésének ezt az útját is magabiztosan járni.

Köszönetnyilvánítás

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap (ESZA) társfinanszírozásával valósul meg (a támogatási szerződés száma: EFOP-3.6.1-16-2016-00025, projekt címe: A vízgazdálkodási felsőoktatás erősítése az intelligens szakosodás keretében).

"The Project is supported by the European Union and co-financed by the European Social Fund (grant agreement #: EFOP-3.6.1-16-2016-00025, project title: Strengthening higher education in water management through intelligent specialization)."

Felhasznált irodalom

Czakó D. (2017): Algyő vízellátó hálózatának hidraulikai vizsgálata. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víztudományi Kar, Vízellátási és Környezetmérnöki Intézet, Baja.

Majer F. − Koch D. − Tamás E. A. (2018): A Vén-Duna mellékág 2D hidrodinamikai modell építésének tapasztalatai. In: Molnár V. É. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IX., Debrecen Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 203–210.

Rossman, L. A. (2000): EPANET 2 Users manual. National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati.

Rossman, L. A. (2010): Storm water management model user's manual version 5.0. National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati.

Yue, X. – Xiao-yu, Z. (2012): Research on pressure optimization effect of high level water tank by drinking water network hydraulic model. Procedia Engineering, 31, pp. 958–966.

Koor, M. – Puust, R. – Vassiljev, A. – Koppel, T. (2012): Database driven hydraulic model creation procedure. In: WDSA 2012: 14th Water Distribution Systems Analysis Conference, 24–27 September 2012 in Adelaide, South Australia. Barton, A.C.T.: Engineers Australia, pp. 407–414.

Internet1 – https://plugins.qgis.org/plugins/qchainage/, Letöltés ideje: 2019. március.

A határ menti területek lehatárolása térinformatikai módszerekkel

Papp István

Phd hallgató, Debreceni Egyetem, Földtudományi Doktori Iskola, Társadalomföldrajzi és Területfejlesztési Tanszék, istvan2992@gmail.com

Abstract: Different approaches can be found in the special literature providing methodological possibilities to delimit border areas. However, GIS based detailed analyses can be rarely seen on the level of settlements. On the one hand, current paper aims to overview the groups of different delimitation methodologies published in Hungarian and international studies, on the other hand, theoretical categorization of border areas is also provided as the result of comparative GIS analyses. On the basis of the results, delimitation of border areas is targeted which fits to the Hungarian trends and the spatial pattern.

Bevezetés

A kutatás elemzési egységét képező határ menti térség a különböző szakirodalmakban többféleképpen jelenhet meg, illetve a területnek, a sokoldalú lehatárolási lehetőségeknek köszönhetően, számos megjelenési formája alakult ki. Mivel a határ egy vonal, így a határ menti térség egy szélesebb területnek felel meg (Dusek 2004), ezért a vizsgálati témától és a szerzőtől függ, hogy ennek a sávnak milyen lesz a szélessége (Pénzes 2010). Az eltérő szaktudományok más–más nagyságú területsávra hivatkoznak, ezért nem lehet egyetlen vonal meghúzásával megfelelni a különböző tudományok igényeinek (Erdősi 1988).

Nagyon sok, olyan határral kapcsolatos tanulmány jelent meg, amely egy bizonyos, országhatárral érintkező területi egységet (pl. megyét, járás/kistérséget vagy települést), vagy határszakaszt vizsgál egyéb kutatási témához kapcsolva, ugyanakkor a határmentiség, illetve a határ jelentőségével (vagy jelentéktelenségével) kevésbé foglalkoznak (Kovács 2006). A hazai határ menti területek kutatásánál kevés olyan szerzőt találni, akiknél azonos lenne a terület lehatárolása, ami ahhoz vezetett, hogy nehéz összehasonlítani és értelmezni az eredményeket (Kovács 2006). Még kevesebb azoknak a kutatóknak a száma (hazaiaknál és külföldieknél egyaránt), akik az országhatár menti területek értelmezési problémáival, lehatárolásaival foglalkoznak, ha mégis, akkor inkább egy bővebb határkutatás, vagy egy szakirodalmi áttekintés részeként térnek ki a témára (pl. Pete 2018). A határ menti területek lehatárolására, egy-egy elméleti modellt követve már voltak kísérletek (pl. Horváth 2007; Hurbánek 2009), de olyan részletes, települési szintű és térinformatikai alapokon nyugvó

vizsgálat, mely a hazai és külföldi lehatárolásokat kívánja összehasonlítani, eddig kevésbé készült, a teljes hazai határszakaszra vetítve pedig eléggé unikális munkává válna, melyhez jelen tanulmány fontos kiindulási pont lehet.

A kutatás során arra próbáltam választ találni, hogy a hazai és külföldi kutatásokban, milyen módon történtek az adott ország határ menti térségeinek meghatározása, miért választották éppen az adott lehatárolást, és milyen adatbázist használtak ehhez, illetve megpróbáltam különböző csoportokba rendezni az egyező, valamint hasonló lehatárolásokat. Az összegyűjtött lehatárolásokat térinformatikai adatbázisba helyeztem, amelynek segítségével arra kerestem a választ, hogy kialakítható-e valamilyen határ menti magterület (ami a különböző lehatárolások közös metszete lenne), illetve egy dominánsan- és egy gyengén, vagy átmenetileg határ mentinek minősíthető kategória.

Anyag és módszer

Elsődlegesen a határ menti térség fogalmának különböző szakirodalmakban való megjelenését, illetve a megnevezett terület sokoldalú lehatárolási lehetőségeit kerestem. A különböző vizsgálatokban számos szemléletmódot és módszertani eszközt alkalmaztak, ezért az egyező, valamint hasonló lehatárolásokat különböző csoportokba rendeztem. A lehatárolások összehasonlításához az ArcGIS 10 szoftvert és a GeoX Kft. ArcMagyarország adatbázisát használtam. A komplex és nagyméretű adatbázis tovább bővült a KSH, TeIR interneten elérhető adatkészleteinek felhasználásával. Az egyéb kiegészítő elemzésekhez a Microsoft Excel táblázatkezelő programot használtam.

Az összehasonlítás során, a könnyen és egyszerűen megjeleníthető lehatárolások mellett, bonyolultabb módszertani megközelítési módok is voltak. Ilyen volt az elérési időmátrix kiszámítása a legközelebbi közúti határátkelőhelyek és a települések között, melyben az ArcGIS Network Analyst eszközei segítettek. Az elérési időket a 2013-as hazai közúthálózat és a KRESZ szabályait figyelembe véve, percben kifejezve kaptam meg. A közúti határátkelőhelyeknél nem használtam szűkítést, az utinform.hu és a police.hu oldalak által közölt, összesen 76, 2019-ben működő, folyamatos határátlépést biztosító átkelők összességét vontam be a vizsgálatba.

Eredmények

Az elmúlt évtizedek határkutatásai mind újabb és újabb oldalról próbálták vizsgálni a határoknak a földrajzi térre és a társadalomra gyakorolt hatásait. Ez alatt sok szerző próbálkozott a szélesedő terület áttekintésével (pl. Hansen 1977; Houtum 2000; Pete 2018). A határ menti területek vizsgálata a regionális tudomány és földrajztudomány irodalmában is elterjedt, mivel a határhoz való közelsége különleges jellemzőkkel leírható területté teszi (Hardi et al. 2009).

A határ menti területek sokoldalú lehatárolási lehetőségei

A lehatárolások felkutatása során több mint száz, magyar és angol nyelvű szakirodalmi tételt sikerült megvizsgálni. Az áttekintett források száma még várhatóan bővülni fog (főként idegen nyelvű tanulmányok hozzáadásával), de az eddigi források mellett is jelentős számú tipizálható lehatárolást sikerült megkülönböztetni, ami a téma kutatásának sokszínűségét is tükrözi. Viszont jelen tanulmányban a formai követelmények miatt csak korlátolt mennyiségű forrással tudom a különböző módszereket példákkal alátámasztani, mivel a felhasznált irodalmak listája több oldalt ölelne fel.

A felderítő vizsgálat során összesen 11 módszerét különböztettem meg a határ menti térség lehatárolásának:

1. Sokan figyelembe vették, hogy mely statisztikai területi egységek érintkeznek (megyék, régiók, járások/kistérségek, stb.) a határvonallal (pl. Rechnitzer 1990 és további 24 esetben);
2. A határtól légvonalban számított valamely km-es zóna kijelölése is nagyon gyakori módszernek bizonyult (pl. Houtum – Eker 2015 és további 15 esetben);
3. A Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatások Központja (MTA RKK) által, tapasztalati úton kijelölt határ menti térség települési köre szintén alapját képezte a lehatárolásnak – legalábbis hazánk esetében (pl. Erdősi 1988 és további 5 esetben);
4. A magyarországi határőrségről szóló törvényben meghatározott területi egységeket (határőr igazgatóságokat, határőrizeti kirendeltségeket) is használták néhány esetben (pl. Sallai 2002 és további 2 esetben);
5. A határvonallal érintkező városkörzetek, vonzáskörzetek, városok, falvak is sok esetben képezték a terület lehatárolását (pl. Hanson 2001 és további 14 esetben);
6. A közlekedési hálózat figyelembe vételével létrehozott lehatárolást is alkalmazták egyes kutatók (pl. Pénzes et al. 2008 és további 5 esetben);
7. A területnek a centrum vagy a határ felőli geoinformatikai lehatárolásával számos kutató foglalkozott (pl. Horváth 2007 és Hurbánek 2009);
8. A határ menti övezet lehatárolása néhány indikátor alapján is megvalósítható (pl. Kocsis 1988 és további 2 esetben);
9. Néhány tanulmányban történelmi eredetű területek és/vagy természeti határok figyelembe vétele valósult meg (pl. Horváth 1988 és további 4 esetben);
10. A lehatárolások empirikus alapjait kérdőíves felmérések is adhatják (pl. Hardi – Lampl 2008);
11. Az egyes lehatárolások kombinációjából létrehozott határ menti térségre is volt példa (pl. Pénzes 2010).

Kísérlet a határ menti területek kategorizálására

A lehatárolások tipizálása után az eddig felhalmozott szakirodalmi gyűjteményt, vagyis az összegyűjtött lehatárolásokat térinformatikai adatbázisba helyeztem, amelyeket Magyarország digitális térszerkezeti fedvényeire helyeztem rá, s így kerültek összehasonlításra. Az elemzések során a 2016-os év települési és járási szintjeivel dolgoztam. A létrehozott határ menti térségekbe minden esetben azok a

települések kerültek be, amelyeknek lakóterületi vagy belterületi középpontja az épp alkalmazott lehatároláson belül helyezkedett el.

A vizsgálatok során kézenfekvőnek tartottam a szakirodalomban használt zónás lehatárolásokat összehasonlítani még a kategorizálás előtt, mivel azok egész széles skálán (10 km-től 100 km-ig) mozogtak az egyes tanulmányokban. Azonban Magyarország területét nézve értelmetlen lenne a 100 km-es zónát alkalmazni, ezért az *1. táblázatban* az ennél kisebb puffer zónák, valamint a határral érintkező települések összehasonlítása jelenik meg.

A táblázatból kiderül, hogy egy olyan kisebb ország esetében, mint hazánk, már pár kilométeres zónanövekedés is jelentősen megnövelheti a települések és a népesség számát. A szakirodalomban leggyakrabban használt 20 km-es puffer zóna belsejébe az ország településeinek közel 39%-a és majdnem 2,5 milliós lakosság tartozna, ami jelentősnek mondható, de messze elmarad a nagyobb 40 és 50 km-es zónától, mely lehatárolások sokkal inkább alkalmazhatók nagyobb országoknál, mint Magyarországnál.

A szakirodalmi áttekintés során feltűnt, hogy az eltérő típusú lehatárolások különböző szélességű területeket jelölnek meg, de némely hasonló szélességű

1. táblázat A szakirodalmakban használt puffer zónás lehatárolások összehasonlítása Magyarország példáján
(Forrás: saját számítás, a KSH adatbázisai és a GeoX fedvényei alapján)

Lehatárolások	**Település, db**	**Népesség, 2017**
határral érintkező települések	310	961 201
0-10 km	676	1 354 711
0-15 km	964	1 809 631
0-17 km	1 069	1 991 892
0-20 km	1 222	2 392 487
0-25 km	1 479	2 858 826
0-30 km	1 692	3 524 409
0-36 km	1 895	4 148 444
0-40 km	2 018	4 623 634
0-50 km	2 317	7 194 420 (Bp.-el)

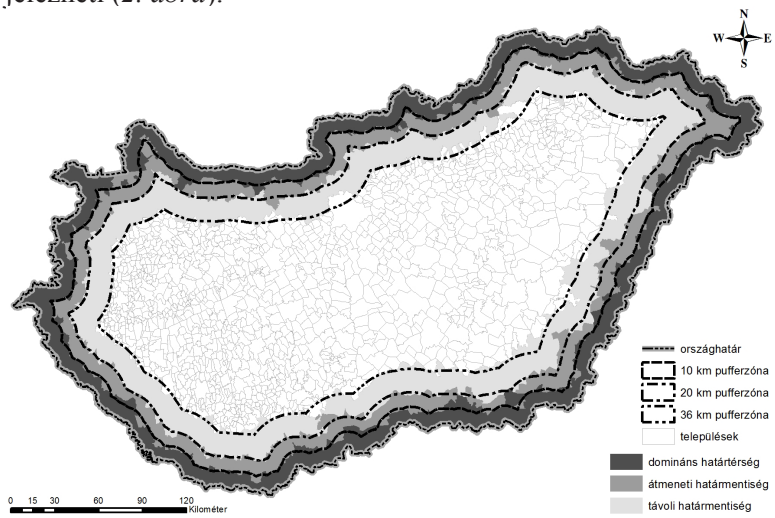
2. táblázat A lehatárolások hármas szintű kategorizálása Magyarországon
(Forrás: saját szerkesztés)

Lehatárolások	**Domináns határtérség**	**Átmeneti határmentiség**	**Távoli határmentiség**
Pufferzónák	10 km	10-20 km	20-36 km
Határátkelő elérési idő	0-15 perc	15-30 perc	30-40 perc
Komplex megközelítés	hat. érint. telep	RKK lehatárolás	36 km belüli járások települései

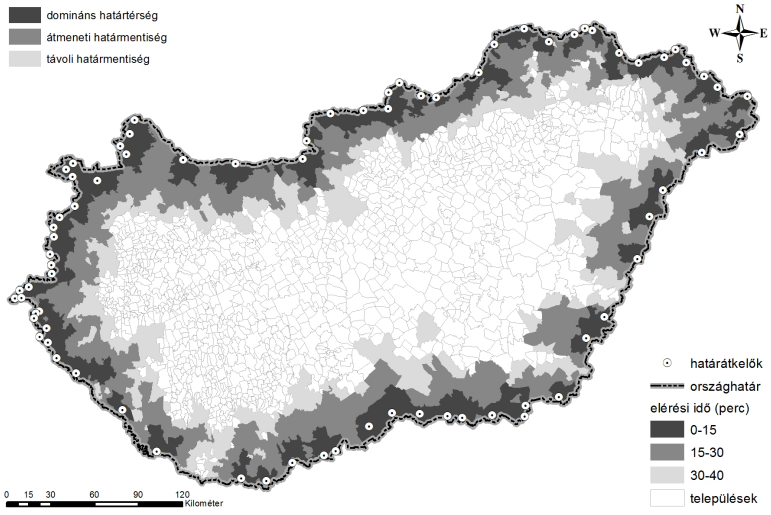
térségek csoportokba vonhatók, ezért megpróbáltam az ilyeneket összegyűjteni és egy-egy kategóriába rendezni (*2. táblázat*).

A kategóriákat a határtól való távolság növekedésével neveztem el domináns határtérségnek, átmeneti határmentiségnek és távoli határmentiségnek.

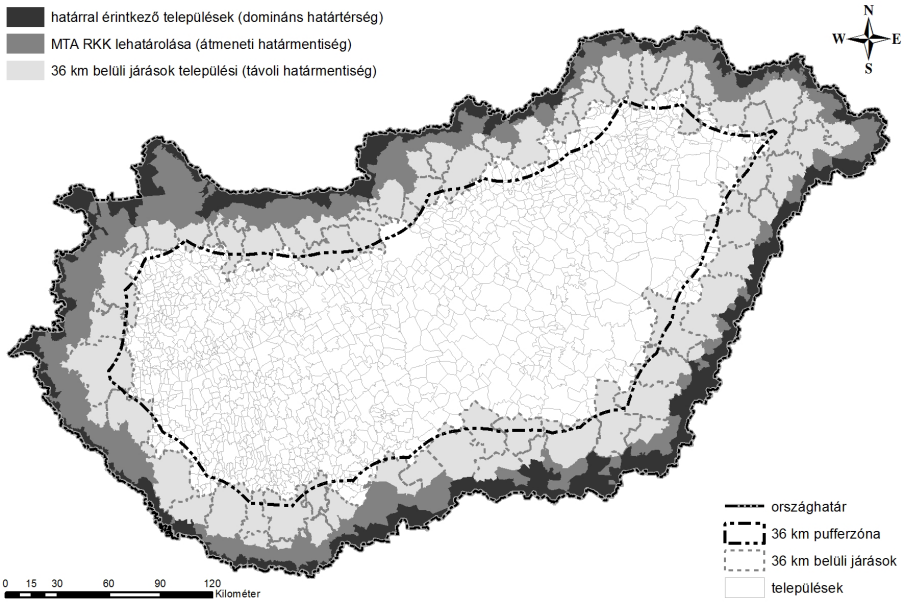
A kategóriák kialakítását szintén Magyarország térszerkezetéhez viszonyítottam. Igen kedvezőnek tűnik a puffer zónás lehatárolás kategóriáinak megjelenése közel azonos szélességekkel (*1. ábra*). Ennél kicsit változatosabbak a határátkelőkhöz mért elérési idők kategóriái, mely inkább a határ átjárhatóságát, vonzását jelezheti (*2. ábra*).



1. ábra A puffer zónás lehatárolás kategóriái Magyarországon (saját szerkesztés a GeoX fedvényei alapján)



2. ábra A határátkelők elérhetőségével létrehozott határmentiség kategóriái Magyarországon (saját szerkesztés a GeoX fedvényei alapján)



3. ábra. A komplex megközelítés kategóriái Magyarországon (saját szerkesztés a GeoX fedvényei alapján)

A komplex megközelítés kategóriáinak kialakítása során pedig az egyéb lehatárolások kombinációját próbáltam egybegyúrni (*3. ábra*).

Az egyes lehatárolásoknál jelentős különbségek rajzolódtak ki településszám és népesség tekintetében mindhárom kategóriában, de érdekesség, hogy össz településszámban a három lehatárolás majdhogynem azonos, ami jelzés értékű is lehet a következő vizsgálatokra nézve (*3. táblázat*).

A továbbiakban tervben van még több lehatárolás bevonása az adatbázisba, mint például a közlekedési hálózatok ritkulásának elemzése a határközeli térségekben, illetve különféle kombinációk alkalmazása. Valamint az eredmények felhasználásával szeretnék egy olyan lehatárolást kialakítani, mely több szempontból is megfelelne, illetve igazodna a magyarországi trendekhez és térszerkezeti viszonyokhoz.

3. táblázat Az egyes kategóriák településszáma (db) és népessége (fő) Magyarországon (Forrás: saját számítás a KSH adatbázisai és a GeoX fedvényei alapján)

Lehatárolások	**Domináns határtérség**	**Átmeneti határmentiség**	**Távoli határmentiség**	**Összes település**
Pufferzónás lehatárolás	676 (1 354 711)	546 (1 037 776)	673 (1 755 957)	1895
Határátkelő elérési idő	552 (1 482 215)	846 (1 783 631)	485 (2 807 627)	1883
Komplex megközelítés	310 (961 201)	557 (874 865)	1 028 (2 323 074)	1895

Felhasznált irodalom

Dusek T. (2004): A területi elemzések alapjai. In: Dusek T. (szerk.) Regionális tudományi Tanulmányok 10, ELTE Regionális Földrajzi Tanszék–MTA ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport, Budapest, pp. 63–92.

Erdősi F. (1988): A határ menti térségek kutatásáról. In: Erdősi F. – Tóth J. (szerk.) A sajátos helyzetű térségek terület- és településfejlesztési problémái, MTA RKK, Pécs, pp. 18–30.

Hansen N. (1977): Border Regions: a Critique of Spatial Theory and a european case study. Annals of Regional Science, 15, pp. 1–14.

Hanson G. (2001): U.S.–Mexico integration and regional economies: evidence from border-city pairs. Journal of Urban Economics, 2, pp. 259–287.

Hardi T. – Hajdú Z. – Mezei L. (2009): Határok és városok a Kárpát-medencében. MTA Regionális Kutatások Központja, Győr-Pécs.

Hardi T. – Lampl Zs. (2008): Határon átnyúló ingázás a szlovák–magyar határtérségben. Tér és Társadalom, 3, pp. 109–126.

Horváth E. (2007): A földrajzi centrum és periféria lehetséges lehatárolásai. Tér és Társadalom, 21(1), pp. 159–170.

Horváth Gy. (1988): Egy határmenti térség Bulgáriában (A Sztrandzsa–Szakar-Program). In: Erdősi F. – Tóth J. (szerk.) A sajátos helyzetű térségek terület- és településfejlesztési problémái, MTA RKK, Pécs, pp. 143–146.

Houtum Van H. (2000): An overview of European Geographical Research on Borders and Border Regions. Journal of Borderlands Studies, Special Issue on European Perspectives on Borderlands, 15(1), pp. 57–85.

Houtum Van H. – Eker M. (2015): Border Scapes: redesigning the borderland. Territorio, 72, pp. 101–107.

Hurbánek P. (2009): Theoretical and methodological remarks on peripherality research: periphery-border relationship and periphery-settlement relationship. In: Wilk W. (szerk.) Global Changes: Their Regional and Local Aspects, University of Warsaw, Faculty of Geography and Regional Studies, Warsaw, pp. 115–122.

Kocsis K. (1988): A határ menti fekvés hatása egy régió népesedési viszonyaira. Földrajzi Értesítő, 1–2, pp. 137–158.

Kovács Cs. (2006): Az országhatár értelmezésének földrajzi problémái. Doktori (PhD) értekezés, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék, Szeged, pp. 1–146.

Pálóczi G. – Pénzes J. – Hurbánek P. – Halás M. – Klapka P. (2016): Attempts to delineate functional regions in Hungary based on commuting data. Regional Statistics, 6(1), pp. 23–41.

Pete M. (2018): A magyarországi határkutatás három évtizede. Szakirodalmi Áttekintés. Tér és Társadalom, 32(3), pp. 3–19.

Pénzes J. (2010): Az Észak-alföldi régió perifériкus térségeinek tagoló tényezői a rendszerváltás után, különös tekintettel a területi jövedelemegyenlőtlenségekre. Doktori (PhD) értekezés, Debreceni Egyetem, Természettudományi Doktori Tanács, Földtudományok Doktori Iskola, Debrecen, pp. 5–16.

Pénzes J. – Tagai G. – Molnár E. (2008): Effects of unifying economic space on the border areas of Hungary. In: Kertész Á. – Kovács. Z. (szerk.) Dimensions and trends in Hungarian geography, Dedicated to the 31st International Geographical Congress, Tunis, Hungarian Academy of Sciences Geographical Research Institute, Budapest, pp. 232–238.

Rechnitzer J. (1990): A nyitott határ. A gazdasági és szellemi erőforrások innovációorientált fejlesztése az osztrák-magyar határmenti régiókban, MTA RKK Észak-Dunántúli Osztálya, Győr.

Sallai J. (2002): Ukrán-magyar határ kriminálföldrajza 1990–2002. In: Szónokyné Ancsin G. (szerk.) Határok és az Európai Unió, SZTE TTK, Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék, Szeged, pp. 413–422.

Standardizált vs. specifikus digitális talajtérképek: hajtóerők, kölcsönhatások, lehetőségek

Pásztor László[1] – Laborczi Annamária[2] – Szatmári Gábor[3]

[1] tudományos főmunkatárs, osztályvezető, MTA ATK TAKI, pasztor@rissac.hu
[2] tudományos munkatárs, MTA ATK TAKI, laborczi@rissac.hu
[3] tudományos munkatárs, MTA ATK TAKI, szatmari@rissac.hu

A talajok állapotának jellemzéséhez, a talajképződési- és talajpusztulási folyamatok földrajzi elterjedésének vizsgálatához, illetve a talajok által is érintett környezeti folyamatokhoz kapcsolódó feladatok szempontjából kiemelt fontosságú a talajokra vonatkozó ismeretek folyamatos bővítése, a talaj-környezet rendszer kapcsolatainak elemzése és modellezése, a talajtulajdonságokra, talajfunkciókra és szolgáltatásokra, valamint a talajjal kapcsolatos folyamatokra vonatkozó eredmények regionalizálása. A digitális talajtérképezés kifinomult keretet biztosít a talajtakaróra vonatkozó információk térbeli kiterjesztésére célspecifikus térbeli predikciók formájában, amelyek során lehetőség nyílt a mélységi információk célzott figyelembevételére is.

A tematikailag és mélységileg eltérő reprezentációjú, illetve a különböző térbeli felbontású és pontosságú, megbízhatóságú térképi termékek megalkotása egyrészről hatalmas lehetőség, másrészről egyben kihívás is. A változatosság ugyan gyönyörködtet, de a felhasználó számára a térképi alapú adatdömping fejtörést is okoz. Ideális esetben a felhasználó a kész termékek közt közvetlenül megtalálja a számára üdvöset, vagy jól meg tudja fogalmazni igényét, amely egy megfelelően elvégzett modellezés révén előállított cél-specifikus talajtérképpel kielégíthető. Máskor viszont elbizonytalanodik a standardizált termékek bősége láttán, amelyeken ezen esetben valamiféle tematikus és/vagy térbeli aggregálást kell elvégezni a megfelelő cél-specifikus térbeli információ előállítása céljából.

Előadásunkban röviden bemutatjuk standardizált, digitális talajtérképeinket, illetve néhány példát mutatunk ezek specifikus felhasználására, rámutatva az ezeket kikényszerítő hajtóerőkre, bizonyos kölcsönös inspirációkra, illetve kölcsönhatásokra, valamint az ezen a téren várható további lehetőségekre.

Kutatásaink a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (KH124765, KH126725), illetve a KEHOP-4.3.0-15-2016-00001 projekt támogatásával zajlanak.

Zajérzet mérése Székesfehérváron és Szombathelyen

Pődör Andrea[1] – Bosföldi Dorina[2] – Katonáné Gombás Katalin[3]

[1] egyetemi docens, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar Geoinformatikai Intézet, podor.andrea@amk.uni-obuda.hu
[2] földmérő mérnök
[3] erdészmérnök, gombaska@gmail.com

Absztrakt: Ebben a tanulmányban a szerzők egy online térképet használtak a szombathelyi és székesfehérvári polgárok zajszennyezésének magyarországi megítélésére. Az így nyert adatokat összehasonlították a zajmérővel elvégzett terepi mérésekkel és egy ingyenes zajmérő alkalmazással rendelkező okostelefon mérési eredményeivel. Összességében a résztvevők a főutakat és a közlekedési csomópontokat azonosították, mint a legszennyezettebb, valamint a parkokat és a zöldterületeket, mint a legkevésbé szennyezett területeket. Méréseink megerősítik, hogy a polgárok jól ismerik a városok zajszennyezését, noha bizonyos esetekben kis különbségeket találtunk szubjektív tapasztalatuk és a valóság között.

Bevezetés

A legtöbb állampolgár jól ismeri a környezeti problémákat, bár egyes esetekben nem tudják megbecsülni a környezeti zajterhelés mértékét (Becker et al. 2013). Egy korábbi felmérés során a szerzők webes alkalmazást használtak az egyének bűnözéssel kapcsolatos területi félelmeinek megismerésére (Pődör – Dobos 2014). Jelentős különbséget találtak a hivatalos statisztika és az állampolgárok szubjektív biztonságérzete között.

Ebben a tanulmányban azt vizsgáltuk, hogy a környezeti szennyezés esetében hasonló különbségeket észlelhetünk-e, hogy az állampolgárok mennyire jól ítélik meg környezetük a zajszennyezés szempontjából, milyen véleményük van a környezetükről, vagy a koncepciójuk közelebb van-e a valósághoz, mint a szociológiai adatok esetében. Mivel a zajszennyezés a városi területek egyik alapvető (és növekvő) környezeti problémája (EEA 2013), vizsgálatunkat a környezeti zajra vonatkozóan összpontosítottuk. A szakirodalom szerint az értékelés szubjektív a zaj esetén (Becker et al. 2013); attól függ, hogy milyen a személyes érzékenység, életkor, egészségi állapot és a zajforrással való kapcsolat (Bencsics 2006).

A zajtérképek frissítésének és létrehozásának megvalósíthatósága szempontjából már megvizsgálták a zajmérés során használt adatgyűjtési módszereket (Pődör et al. 2015).

Anyag és módszer

Online térképes kérdőív

A felméréshez digitális alapú mentális térképeket használtunk, ezt a módszert a közelmúltban sikeresen alkalmazták a ppGIS (Public Participation GIS) részvételi és szubjektív földrajzi kutatásokban (Boschmann – Cubbon 2014) az egyének egyedi és szubjektív térértékelésének vizsgálatára és gyűjtésére.

A kutatáshoz a http://zaj.amk.uni-obuda.hu/ oldalon található kérdőívet használtuk fel. Ez egy online, okostelefonon is használható adatgyűjtő alkalmazás volt, amely geoinformatikai szoftverek számára térképi adatfelvételre és adatkinyerésre is képes. Fontos szempont volt a fejlesztés során, hogy az alkalmazás használata a felhasználóknak minél egyszerűbb legyen, egyúttal minél kevesebb időt vegyen igénybe az adatok bevitele. A bevitt adatok lehetnek, pontok, körök, útvonalak (vonallánc), és poligonok. Maga a weboldal a Google natív web API-ját használja, a rajz funkció a Rajzkezelőn keresztül érhető el. A válaszadók a honlapot regisztráció nélkül is használhatják. Van egy rövid kérdőív, ahol a résztvevők az irányítószámukat, életkorukat, nemüket és szokásos közlekedési módjukat adják meg, mivel Bencsics (2006) szerint ezek a tények befolyásolják a zaj érzékelését is. A személyes adatok betöltése után a felhasználó rövid magyarázatot talál a térkép használatára. Az utasításokat követve zajos és csendes helyeket definiálhat egy sokszög eszközzel (Pődör – Rácskai 2016).

A felmérés statisztikailag nem reprezentatív, mert a válaszadóknak online és térképolvasási kompetenciákkal kellett rendelkezniük (a közösségi média használata és a Google Térkép ismerete). A felmérést ezért mintakísérletnek kell tekinteni.

Az eredmények kiszámításához a területet egy 200 m x 200 méteres ráccsal fedtük le, és a GIS-ben alapvető térbeli statisztikai számítási módszereket használtuk az eredmények feldolgozása során

Terepi mérések

Az online felmérés eredményeinek kiértékelése után ellenőrző méréseket végeztünk a területeken. A helyhez kötött okostelefonok fokozott hozzáférhetősége számos fejlett érzékelővel lehetővé teszi az információk produktívabb beszerzését. Noha a felhasználó által generált zajmérések nem helyettesíthetik a szakmai felméréseket, további információval szolgálhatnak a stratégiai zajtérképezéshez és monitoringhoz (Pődör – Révész 2014).

Az online felmérés segítségével főbb terepi mérési pontokat jelöltünk ki a zajos és csendes helyek mérésére. Ezt követően megpróbáltunk más pontokat úgy elhelyezni, hogy azok az egész területet lefedjék, rácsszerű elrendezést képezzenek, és mindannyian egy napon belül gyalog vagy kerékpárral elérhetőek legyenek.

Egy Testo 816 zajszintmérőt és egy Lenovo K3 Note okostelefont használtunk Noisemeter alkalmazással, azért mert néhány tanulmány kimutatta, hogy ez utóbbi a

legmegbízhatóbb az Android alkalmazások között (Pődör – Révész 2014; Murphy – King 2016). A Noisemeter a mobilkészülék beépített mikrofonját használja, és képes mérni a zajt decibelben (dB). Fontos azonban megemlíteni, hogy a beépített mikrofonok az emberi hang (300–3 400 Hz, 40–60 dB) számára készültek, és nem a tudományos műszerek helyett használhatók. (Az automatikus erősítést – Automatic Gain Control – használó eszközök jelentős mérési hibákat okozhatnak; Santini et al. 2009.)

A csúcsforgalom idején mindkét eszközt használtuk. E tanulmány tekintetében a csúcsforgalom hétfőn 7:00–9:30 és 17:00–18:00 között, a csúcsforgalmon kívüli időszak vasárnap 9:30 és 17:00 közötti időszakra vonatkozik. A további pontok esetében a zajt 1 percig mértük csak csúcsidőben és csúcsidőn kívül az okostelefonnal.

Mintaterület

Székesfehérvár, közepes méretű magyar város, ezáltal képes a magyar városok átlagos körülményeit modellezni. Jelenleg 98.000 lakosa van. Az úthálózat eredetileg sugaras jellegű, melyet mintegy ötven évvel ezelőtt a Kadocsa utcai gyűrű irányú elem fejlesztette tovább a jelenlegi gyűrűs – sugaras jellegűvé. Az úthálózat jellegzetességei közé tartozik, hogy a város északi és keleti szektora sűrű úthálózattal rendelkezik, míg a nyugati és a déli részek erősen hiányos hálózatok, hat fő megközelítési útvonalat különíthetünk el.

Szombathely tipikus nyugat-magyarországi város. Az osztrák határ közelében található, és Magyarország 10. legnagyobb városa, mintegy 80 000 lakossal. A városnak négy fő megközelítési útja van, amelyek viszonylag magas zajszennyezés forrásai.

Eredmények

Szombathely esetén 109 válaszadónk volt, akik három kivételével helyi lakosok voltak. Közel 60%-uk nő volt. A legidősebb válaszadó 80, a legfiatalabb 14 éves volt. A résztvevők többsége a 21–30 és 51–60 éves korosztályban volt, a 71–80 éves korosztályban mindössze 3 fő. Ha a nemeket vizsgáljuk, a legtöbb férfi válaszadó 21–30 éves volt, a nők elsősorban az 50–60 éves korosztályból származnak. A válaszadók többsége gyalogos volt (57%); a második legnagyobb csoport autót vezetett (23%); 13% -a kerékpározott; a maradék tömegközlekedést használt.

Székesfehérvár esetén 189 válaszadónk volt, ebből 33 bejáró. A válaszadók 45%-a férfi, 55%-a nő. A legfiatalabb 13, a legidősebb 63 éves volt. Itt a 13–20 éves korosztály képviseltette magát, 63%-a a válaszadóknak ebben a sávban található, a többi korosztály mindegyike 5%-ban képviseltette magát. Az életkori sajátosságokból következően nem meglepő, hogy 70%-a a résztvevőknek gyalog közlekedik a városban, a maradék 30% a tömegközlekedést használja.

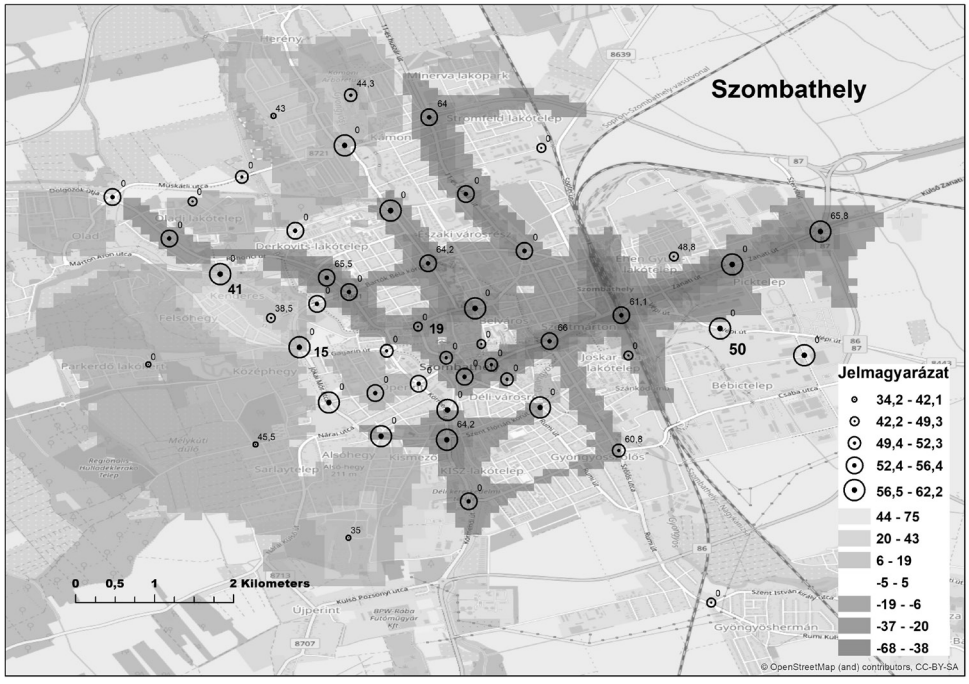
Zajos területek és csendes területek

A résztvevők által rajzolt poligonok feldolgozását követően megállapítható, hogy a zajos helyek átfedő sokszögei egyértelműen megfelelnek a városok főúthálózatának, a nagy bevásárlóközpontok körüli területeknek és a vasútállomás, az autóbuszpályaudvar valamint a közelében lévő területeknek (*1.* és *2. ábra*).

A világos szürke (vagyis csendes) helyek megfelelnek a városok parkjainak, botanikus kertjének, tavainak, temetőjének és családi házas lakóterületeinek.

Azt is megvizsgáltuk, hogy a női és férfi résztvevők térképei különböztek-e. Az eredmények vizuális interpretációja megerősítette, hogy a női és férfi válaszadók véleménye a zajos és csendes helyekről korrelál, annak ellenére, hogy a férfi válaszadók többsége autót vezet, ezzel szemben a nők főként gyalogosok, és ezért ők jobban ki vannak téve környezeti zaj hatásának a napi utazásuk során, mint a férfiak.

A mérési eredmények azt mutatták, hogy csúcsidőben a főutcák és a közlekedési csomópontok magas zajszintet eredményeznek, a parkok és a lakóövezetek kevésbé zajosak. Az ipari területek folyamatosan magas zajszintet produkálnak mind hétköznap, mind hétvégén. A nagy bevásárlóközpontokban a hétvégén és a hétköznapokon magas zajszint tapasztalható, bár a csúcsidőben a dB értékek magasabbak, mint a csúcsidőn kívüli órákban. A Pearson-korreláció a mérések (csúcs- és csendes időszak, zajmérő és okostelefon) között meglehetősen magas: 0,83 és 0,94 közötti érték, ahol $p < 0{,}005$, ami azt jelenti, hogy a korrelációs együttható statisztikailag szignifikáns. A csúcs és

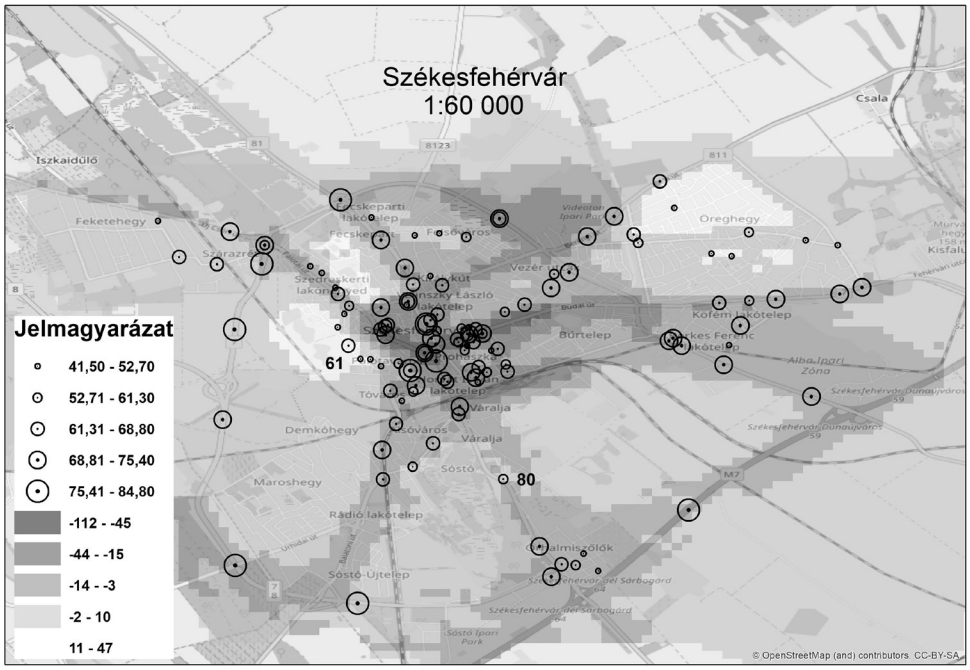


1. ábra Szombathely térképe az állampolgárok által zajosnak (sötétszürke) és csendesnek (halványszürke) ítélt helyekkel, és a konkrét zajmérési eredményekkel

a csúcsidőszakon kívül mért átlagértékek közötti eltérés csak 4 dB. Szombathelyen a faipari vállalat esetében méréseink is bizonyították a zajszennyezés magas szintjét: még nagy forgalom nélkül is 60 dB-t mértünk a hétvégén (lásd. *1. ábra*, 50. mérési pont).

Összehasonlítás

Összehasonlítottuk a polgárok elvárásait a terepi mérésekkel. Ahogy a térképek (*1* és *2. ábra*) mutatják, a felmérés résztvevői a főutakon, a nagy bevásárlóközpontok közelében lévő területeken, valamint a forgalmi csomópontoknál és körforgalmaknál zajosnak érzékelik a településeket. Méréseink ezeken a területeken 60–84 dB magas zajszintet mutattak. A résztvevők úgy gondolták, hogy a parkok, a temető, családi házas terület (Székesfehérvár-Öreghegy) Szombathely esetén a botanikus kert és a tó csendes; ellenőrzési méréseink szerint a zajszint általában alacsonyabb ezeken a területeken: 35–45 dB-t mértünk. Azonban Szombathelyen a tó egyik mérési pontján közel 50 dB-t (*1. ábra* 41.) észleltünk, hasonlóan Székesfehérváron a 61-es mérési ponton és egy másik ellenőrző ponton csak 34 dB-t mértünk. Más mérési pontokat is találtunk, ahol a résztvevők zajszint érzete magasabb volt, mint a valóság (Szombathely 19. , Székesfehérvár 80.). Általában véve úgy vélték, hogy a belvárosban magasabb a zajszennyezés, bár a tömegközlekedés megtiltása jelentős csökkentő hatást gyakorolt a zajszintre ezeken a területeken illetve Székesfehérváron a zajvédő falak építése jelentősen csökkentette a valós zajszennyezést.



2. ábra Székesfehérvár térképe az állampolgárok által zajosnak (sötétszürke) és csendesnek (halványszürke) ítélt helyekkel, és a konkrét zajmérési eredményekkel

Konklúzió

A vizsgálat célja a zajszintek felmérése Székesfehérvár és Szombathely különböző helyszínein, összehasonlítva a kérdőív eredményeit a tényleges zajmérési adatokkal.

Elsősorban a főutak és az ipari helyszínek melletti területeket elemeztük, ahol a zajszint várhatóan az átlagnál magasabb lesz. Az emberek szubjektív véleményének és a tényleges zajszennyezéssel összegyűjtött adatok összehasonlítása azt mutatta, hogy sok területen a szubjektív tapasztalat és a mért zajszint átfedésben van. Ez azzal magyarázható, hogy a zajszennyezés elsősorban a közúti forgalomnak köszönhető, mely amúgy is irritálja a felnőtt lakosságot (Okokon et al. 2015).

Vannak azonban olyan helyek, ahol eltéréseket találtunk. Ez azzal magyarázható, hogy a magánszemélyek mindennapi életében különböző közlekedési eszközöket használnak, ami egyértelműen befolyásolja a szubjektív zajszint-értékelését (Raw – Griffiths 1988; Waye – Öhrström 2002). Okokon et al. (2015) kijelentették, hogy a közlekedési zaj a felnőttek számára bosszantó, de hiába ugyanaz a mért zajszint, az utak mellett, mint a fent említett tó esetén, a tavak és parkok esetén létrejövő hasonló mértékű zaj nem okoz irritációt, és így nem jelenik meg a térképen zajos helyként.

Összefoglalva a lakosság véleménye nyilvánvaló és növekvő szerepet játszik a környezet védelmében. A legújabb tanulmányok megerősítik, hogy általában az emberek jól ismerik környezetük állapotát. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy néha előítéletek játszanak szerepet a véleményeik kialakításában (Haklay 2012), mint a például tó és a belváros esetében, amelyeket tévesen feltételeztek csendes illetve zajos helynek.

Az ilyen típusú online közvélemény-kutatás segíthet az önkormányzatoknak abban, hogy megértsék, hogyan érzékelik a polgárok a környezetvédelmi problémákat, és bevonják őket a lakóterületük értékelésébe (Becker et al. 2013), ami a környezetért való felelősségérzet növelésével elősegíti részvételüket a további környezetvédelmi döntésekben.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton szeretnék megköszönni az UNIGIS Magyarország (www.unigis.net) támogatását.

Felhasznált irodalom

Becker, M. – Caminiti, S. – Fiorella, D. – Francis, L. – Gravino, P. et al. (2013): Awareness and Learning in Participatory Noise Sensing. PLoS ONE 8(12): e81638. doi: 10.1371/journal.pone.0081638

Bencsics A. (2006): Noise and vibration protection in Hungarian. http://ittkesz.regiofokusz.hu/tananyagok/telepulesfejl/6_modul.pdf

Boschmann, E. E. – Cubbon, E. (2014): Sketch maps and qualitative GIS: Using cartographies of individual spatial narratives in geographic research. The Professional Geographer, 66(2), pp. 236–248.

European Environmental Agency [EEA] (2013): Environment and human health. Joint EEA-JRC report. http://www.eea.europa.eu/publications/environment-and-human-health

Haklay, M. (2012). Citizen Science and Volunteered Geographic Information – overview and typology of participation. In Sui, D.Z., Elwood, S. & M.F. Goodchild (Eds.), Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice. Berlin, Springer, pp. 105–122. DOI: 10.1007/978-94-007-4587-2_7

Székesfehérvár közlekedésfejlesztési koncepció https://www.szekesfehervar.hu/_upload/editor/2017/onkormanyzat/dokumentumok/koncepciok_strategiak/Szfvar_kozlekedesfejlesztesi_koncepcioja_I_resz.pdf

Szombathely településfejlesztési koncepció http://m.szombathely.hu/onkormanyzat/koncepciok-tervek/telepulesfejlesztes/

Murphy, E. – King, E. A. (2016): Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise. Applied Acoustics, 106, pp. 16–22.

Okokon, E. O. – Turunen, A. W. – Ung-Lanki, S. – Vartiainen, A. K. – Tiittanen, P. – Lanki, T. (2015): Road-traffic noise: annoyance, risk perception, and noise sensitivity in the Finnish adult population. International Journal of Environmental Research and Public Health, 12(6), pp.5712–5734.

Pődör A. – Dobos M. (2014): Official crime statistics versus fear of crime of the citizens in a Hungarian small town. In: R. Vogler, A. Car, J. Strobl & G. Griesebner (Eds.), GI_Forum 2014 – Geospatial Innovation for Society. Berlin: Herbert Wichmann, pp. 272–275.

Pődör A. – Révész A. (2014): Noise map: professional versus crowdsourced data. In Huerta, J., Schade S., Granell C. (Eds) Proceedings of the 17th AGILE International Conference on Geographic Information Science, Castellón, Spain.

Pődör, A. – Révész, A. – Ócsai A. – Ladomerszki Z. (2015): Testing some Aspects of Usability of Crowdsourced Smartphone Generated Noise Maps, In: Adrijana Car, Gerald Griesebner, Josef Strobl, Thomas Jekel (Eds.) GI_Forum 2015 – Geospatial Minds for Society. Salzburg: Universität Salzburg, p. 354. (ISBN 978-3-87907-558-4).

Pődör, A. – Révész, A. – Rácskai, P. – Sasvár, Z. (2016): Measuring Citizens' Fear of Crime Using a Web Application: A Case Study. GI_Forum 2016, 2, pp. 123–133.

Raw, G. J. – Griffiths, I. D. (1988)– Individual differences in response to road traffic noise. Journal of Sound and Vibration, 121(3), pp. 463–471.

Santini, S. – Ostermaier, B. – Adelmann, R. (2009): On the Use of Sensor Nodes and Mobile Phones for the Assessment of Noise Pollution Levels in Urban Environments, Sixth International Conference on Networked Sensing Systems (17–19 June 2009, Pittsburgh, PA, USA), IEEE, pp. 31–38.

Testo 816 Sound Meter User's Guide https://media.testo.com/media/45/02/.../testo-816-1-Instruction-Manual.pdf [Accessed 01.09.2017]

Waye, K. P. – Öhrström, E. (2002): Psycho-acoustic characters of relevance for annoyance of wind turbine noise. Journal of Sound and Vibration, 250(1), pp. 65–73.

Utilization of the hand-held mobile laser scanning in forest inventory

Andrea Procházková[1] – Tomáš Mikita[2]

[1] PhD student, Department of Forest Management and Applied Geoinformatics, Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University in Brno, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic; xprocha4@node.mendelu.cz (A.P.)

[2] Academic staff – assistant professor, Department of Forest Management and Applied Geoinformatics, Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University in Brno, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic; tomas.mikita@mendelu.cz (T.M.)

The main aspect of using contactless methods in the forest inventory should be the minimalization of the field works, saving time and costs. The data from the methods provide mostly very accurate and up-to-date information about the forest stands. Dense point clouds are a very detailed source of information about forest variables, The point clouds can be obtained by many different methods and technologies, such as laser scanning or photogrammetry. Aerial laster scanning (ALS) and static terrestrial laser scanning (TLS) have already been tested for utilization in forest inventory. In many Nordic countries, the ALS is already included in forest inventory. Currently, there is the development of the Handheld Mobile Laser Scanning (HMLS), which uses the SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) algorithm.

The research was carried out on the study plot located in the Training Forest Enterprise Masaryk forest Křtiny. The plot consists of deciduous forest with the domination of European beech (*Fagus sylvatica* L.). The geodetic survey, conventional field measurements of tree variables, HMLS were done on the study plot. Geodetic surveying and conventional field measurements served for accuracy verification. Point clouds were processed in DendroCloud, software developed especially for foresters which allows processing of point cloud data. According to results, the HMLS data had a problem with trees of DBH lower than 20 cm. After the elimination of these trees from data processing, RMSE was just 1,41. Almost the same results were obtained by the TLS, where RMSE was 1,38.

In comparison with the TLS, the HMLS is a significantly faster and cheaper method of collecting data. By this method, it is possible to scan our small areas in a few minutes and only one person is needed. It has also the promising capability for utilization in forested areas with dense stand and steep terrain, where the utilization of TLS could be difficult. The combination of the HMLS (for tree positioning and DBH estimate) and for example, the UAV photogrammetry (for tree height estimation) could have great potential for the forest inventory thanks to the costs and time required for data collection.

Supported by the Specific University Research Fund of the FFWT Mendel University in Brno no. LDF_VP_2018033.

Épületobjektumok detektálása fotogrammetriai pontfelhő alkalmazásával debreceni mintaterületen

Schlosser Aletta Dóra[1] – Szabó Gergely[2] – Varga Zsolt[3] – Enyedi Péter[4]

[1] PhD hallgató, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, sch.aletta@gmail.com
[2] egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.gergely@science.unideb.hu
[3] docens, DE MK Építőipari Intézet, Építőmérnöki Tanszék, vzs@eng.unideb.hu
[4] kutató mérnök, Envirosense Hungary Kft., enyedipeti@gmail.com

Bevezetés, célkitűzés

A fotogrammetriai alapú pontfelhők generálása és használata rendkívüli módon szélesedik mindennapjainkban. A robusztus fotogrammetriai szoftverek révén a felhasználó számára lehetőség nyílik önálló terepi adatgyűjtés eredményéből, valamint iparilag előállított, professzionális légifelvételekből pontfelhő előállítására. Az így létrehozott adat elemzése, pontosságvizsgálata, felhasználása aktuális kérdés a térinformatika területén.

A lézerszkennelési technológiával előállított pontfelhő a fotogrammetriával összevetve teljesen más módszeren alapszik. A LiDAR esetén több technológiai információ (visszaverődések száma, intenzitás, stb.) is rendelkezésre áll a térbeli koordináták mellett, a fotogrammetriában ezzel szemben a nyers légifelvételek kiértékelése jelenti a térbeli objektumok és a terepi felszín leképezését.

Mivel a pontfelhőből nagypontosságú felszín- illetve domborzatmodell előállítása, valamint objektumok detektálása a cél, elsődleges lépés az egyes térbeli pontok osztályba sorolása, kategorizálása, majd a keletkező nem talajjellegű pontok elemzése. A fotogrammetria sajátossága, hogy a pontfelhő nagyobb térbeli bizonytalansággal bír a LiDAR adatgyűjtéssel összehasonlítva, épületmodellek esetén a tetők megjelenése sűrűbb, detektálása könnyebb a falakhoz képest (Li et al. 2015). Előállítása azonban költséghatékonyabb a lézerszkennelt adathoz képest és textúráját, spektrális paramétereit tekintve kitűnően alkalmazható a vizsgált terület 3D interpretálásához, változásvizsgálat elemzéséhez, épületmodellezéshez (Xiong et al. 2014).

A téma aktualitását növeli, hogy jelentős mennyiségű szakirodalom foglalkozik a problémakör megoldásával, azonban felhasznált alapadatként többnyire a LiDAR pontfelhő szerepel. A kutatások többek között egyedi geometriai alakzatok kinyerésével (Zhang et al. 2014), sík felületek detektálásával (Vosselman – Dijkman 2001), képfeldolgozási módszerek implementálásával (Yong – Huayi 2008; Goebbels – Fröhlich 2016) érik el a kívánt eredményt.

Célkitűzésként szerepelt, hogy az általunk generált fotogrammetriai pontfelhő kiválasztott épületobjektumait nagypontossággal detektáljuk, majd pedig a tetők körvonalát vektoros formában jelenítsük meg. Célunk volt még, hogy az alkalmazott módszertan az adott tanulóterület jellemzőitől függetlenül, globálisan is alkalmazható legyen, valamint a szegmentált objektum a későbbi 3D megjelenítés során, városmodell készítéséhez megfelelő alapot nyújtson.

Anyag és módszer

A vizsgált tanulóterület Debrecen északnyugati részén található Nyulas-Úrrétje városrész, amely új építésű, családi házas övezet 76 ha-on. A területről rendelkezésünkre álló nyers légifelvételekből Agisoft Metashape alkalmazásával pontfelhőt generáltunk. Korábbi terepi munka eredményeképpen már rendelkeztünk nagypontosságú RTK GPS mérési értékekkel, amelyeket GCP referenciapontként adtunk a modellalkotási folyamathoz. Összesen 15 db, egyenként 4 perces, VITEL-2014 transzformációval létrehozott mérés eredményeként állt elő a referenciapontok halmaza. A pontfelhő generálása során az egyes pontokhoz a légifelvételekből származtatott RGB értékeket is hozzárendeltük. A keletkező modellből épületobjektumokat választottunk, amelyek építészeti értelemben jellegzetes tetőtípussal, valamint geometriailag konvex- és konkáv megjelenéssel rendelkeznek.

A hatékony, robusztus szegmentálás érdekében olyan módszertant alkalmaztunk, amely az épületek jellegzetes paramétereiből kiindulva teszi lehetővé annak pontos lehatárolását a felszínmodellen. A módszertani lépések egyes fázisaihoz egyrészt a fotogrammetriai pontfelhő térbeli információit, másrészt pedig az RGB színadatok spektrális tulajdonságait használtuk fel. Ennek eredményét használtuk aztán a létrehozott raszter szegmentálásánál.

A pontfelhőből raszteres adatbázist állítottunk elő. A digitális felszínmodell elemzése során számításba vettük a pixelek intenzitását, pixelcsoportok szórását, következtetve homogén szegmensekre, illetve heterogén megjelenésű területekre.

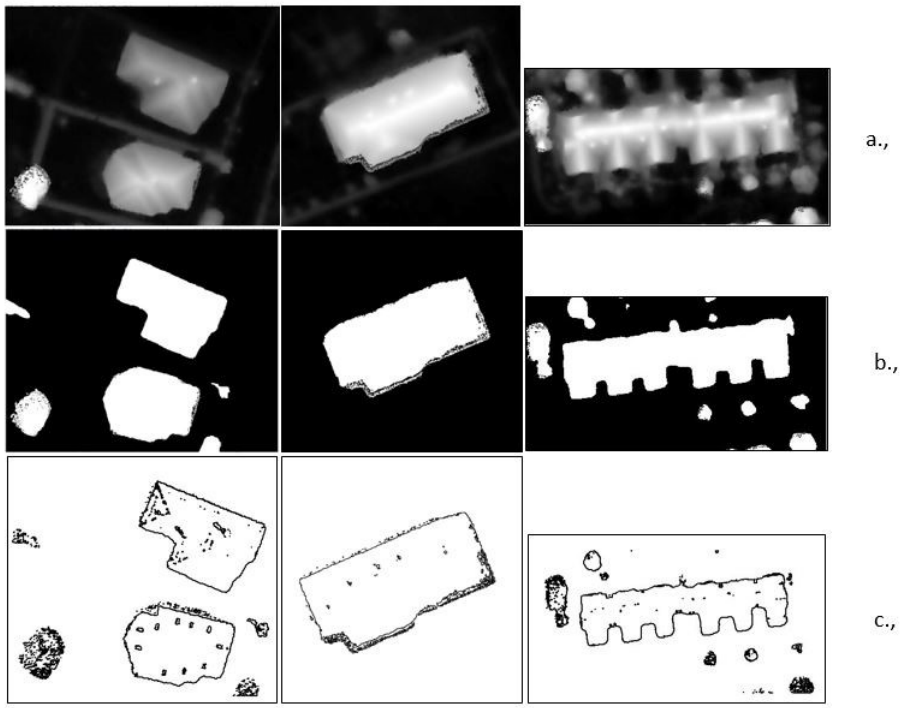
A spektrális tulajdonságok felhasználásával képfeldolgozási módszereket is teszteltünk (úgymint Sobel élkiemelés, Hough-transzformáció, Canny éldetektálás) OpenCV alapon. Vertikális- és horizontális éleket, egyenes szegmenseket ismertettünk fel, amely információk vektoros rétegként is alkalmazhatóak. Az árnyékolt területek detektálására a szomszédos cellákat fokális művelet alkalmazásával vizsgáltuk meg ArcGIS szoftverben, így az adott mozgóablakon belül található legkisebb pixelérték releváns adatként állt rendelkezésünkre.

Eredmények, összegzés

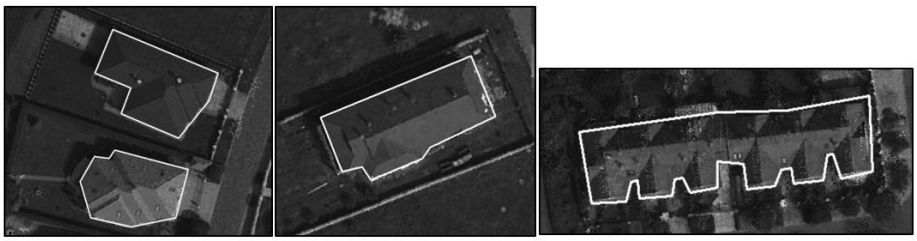
A módszertani lépéssorozat összefoglaló folyamatát mutatja az *1. ábra*, melynek eredményeképpen az épületobjektumok vektor-határvonalait először generalizálás

nélkül, nyers formában állítottuk elő a fotogrammetriai pontfelhőből. A kiindulási alap a pontfelhőből előállított felszínmodell volt, majd a nyers légifelvételekből származtatott információk segítségével maszkot készítettünk, végül mindezt vektoros formában dolgoztuk fel a későbbi lépésekben. Az automatizált folyamat során az adatmennyiséget folyamatosan csökkentettük és redukáltuk az épületobjektum környezetének komplexitását.

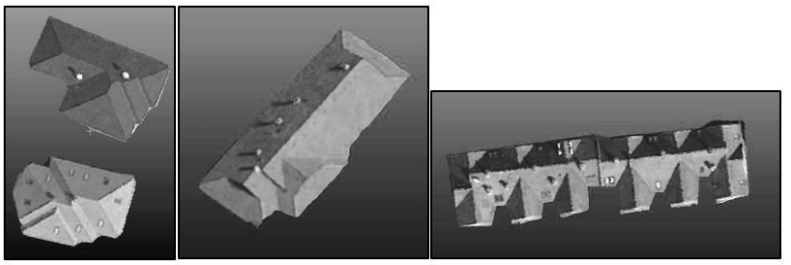
A polygonok generalizálása, a vektor réteg egyszerűsítése nagypontosságú lehatárolást eredményezett (*2. ábra*). Az általunk definiált küszöbértéknek megfelelően az egyes vertexek összevonásra, törlésre kerültek, majd szabályos geometriára törekedve detektálták az épületobjektumok határait.



1. ábra A digitális felszínmodellből kinyert vektoros állomány; a., pontfelhőből előállított raszteres réteg; b., a raszteres rétegből készített leválogatás maszkja; c., vektoros réteg



2. ábra A vektoros réteg generalizálásának eredménye



3. ábra Mesh modell a fotogrammetriai pontfelhőből CloudCompare szoftverben megjelenítve

A módszertan lehetőséget nyit további 3D modellezési eljárás automata módon történő feldolgozására is, amely során célunk a manuális finomítási eljárások nélküli, a megfigyelésen alapuló kézi modellezési munka elhagyása. A *3. ábra* a pontfelhőből lehatárolt tetőszerkezeteket, majd az ebből készült hálós modelleket mutatja be.

Összefoglalásként megállapíthatjuk, hogy a kidolgozott folyamatsor alkalmas arra, hogy fotogrammetriai alapú pontfelhő felhasználásával is jó eredménnyel nyerjük ki az épületeket. Ennek eredményeként jobb minőségű, automatizált módon felépített adatbázisokhoz juthatunk a beépített környezetről.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az NKFIH által támogatott KH 130427, valamint az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

Goebbels, S. – Pohle-Fröhlich, R. (2016): Roof reconstruction from airborne laser scanning data based on image processing methods. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume III-3, XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Chech Republic.

Li, M. – Nan, L. – Smith, N. – Wonka, P. (2016): Reconstructing building mass models from UAV images. Comput. Graph., 54, pp. 84–93.

Xiong, B. – Elberink, S.O. – Vosselman, G. (2014): Building modeling from noisy photogrammetric point clouds. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-3, ISPRS Technical Commission III Symposium, 5–7 September 2014, Zurich, Switzerland.

Yong, L. – Huayi, W. (2008): Adaptive building edge detection by combining LiDAR data and aerial images. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37, pp. 197–202.

Zhang W. – Wang, H. – Chen, Y. – Yan, K. – Chen, M. (2014): 3D Building Roof Modeling by Optimizing Primitive's Parameters Using Constraints from LiDAR Data and Aerial Imagery. Remote Sensing, 6(9), pp. 8107–8133.

Csapadék-interpoláció digitális terepmodell és többváltozós regressziószámítás felhasználásával magyarországi hegységi mintaterületekre

Schneck Tamás[1] – Telbisz Tamás[2] – Zsuffa István[3]

[1] PhD-hallgató, ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék; tudományos segédmunkatárs, VITUKI Hungary Kft.
[2] egyetemi docens, ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék
[3] főiskolai docens, NKE VTK Vízépítési és Vízgazdálkodási Intézet; tudományos tanácsadó, VITUKI Hungary Kft.

Abstract: The relationship between precipitation and elevation is a well-known topic in the field of geography and meteorology. Radar-based precipitation data can be used in hydrologic models, but it needs improvements, and elevation can be an important parameter in the correction of it. Thus, our aim in this article is to find quantitative relationship between precipitation and elevation in order to improve data input into hydrologic models. It is generally accepted that precipitation increases with altitude, but the real situation is much more complicated, and besides altitude, the precipitation is dependent on several other topographic factors (e.g. slope, aspect) and many other climatic parameters, and it is not easy to establish statistically reliable correlations between precipitation and elevation. In this paper, we examine precipitation-altitude correlations by multiple regression analysis using monthly climatic data and we present a method, how these correlations combined with digital terrain models can be used to interpolate more realistic (i.e. relief-dependent) precipitation fields. Our study areas are found in the hilly or low mountainous areas of Hungary, namely in Bakony, Mecsek, Börzsöny, Mátra and Bükk Mts.

Bevezetés

A csapadék és a tengerszint feletti magasság összefüggése régi kérdés a földrajz és a meteorológiai határterületén. Ennek az összefüggésnek a megismerése sok segítséget tud nyújtani a hidrológiai modellezések szempontjából is fontos csapadék-radaradatok korrekciója során, ez adta az indíttatást jelen kutatásunk elkészítéséhez.

Mint azt már régóta tudjuk, illetve tanuljuk, a csapadék mennyisége a magassággal együtt növekszik… vagy mégsem?

Már Henry (1919) száz évvel ezelőtti tanulmányában is közöl statisztikai elemzéseket a Föld számos jelentős csapadékú területéről (pl. India, Indonézia, Hawaii). Spreen (1947) korreláltatta az átlagos havi csapadékokat többek között a tengerszint feletti magassággal, amelyből kiderült, hogy a magasság önmagában csupán 30%-ban határozza meg a csapadékmennyiséget. Ugyanakkor, ha belevette a többváltozós regressziós modellbe a szintemelkedést, a kitettséget és a hegység csapásirányát, akkor 85%-os meghatározottságot sikerült kimutatnia.

A levegő hűlése miatt a befogadható maximális páratartalom fölfelé haladva egy idő után jelentősen csökken, ami korlátozza a csapadék-mennyiséget is, ezért elméleti okokból létezik egy „maximális csapadék tengerszint feletti magasság” (Alpert 1986), és a csapadék csak eddig a szintig növekedhet. Ennek tényleges

szintjét nehéz meghatározni a magasan fekvő állomások ritkasága miatt, de az Alpokban 3500 méterre becsülhető (Schwarb 2000). Emiatt a lineáris korreláció csak ez alatt a szint alatt használható, és az ezt meghaladó hegységekben magasabb fokú polinomokkal modellezhető a csapadék. Smith (2009) kanadai Sziklás-hegységben végzett vizsgálata szerint a hideg időszakban szoros lineáris kapcsolat mutatható ki a havi csapadékösszeg és a t.sz.f. magasság között, ám nyáron ez a kapcsolat jóval gyengébb.

A csapadékadatok domborzatmodellel történő korrekciója is már régi kutatási terület, melyre Daly et al. (1997) kidolgozta a PRISM-módszert, Weisse – Bois (2001) az AURELHY-módszerrel csapadékeseményekre koncentált alapvetően, míg a magyar klimatológiai célú csapadék-interpolációs módszert Szentimrey – Bihari (2007) dolgozta ki MISH néven.

Jelen kutatásunkhoz a Bakony, a Mecsek, a Börzsöny, a Mátra, illetve a Bükk területén elhelyezkedő meteorológiai állomások havi csapadékösszegeit használtuk fel, melyeken egy- és többváltozós regresszióanalízist végeztünk. Bemutatjuk továbbá, hogy a regressziószámítás eredményeit interpolációval kiegészítve hogyan lehet egy magassági alapon korrigált csapadékmezőt kapni.

Adat

A munkánk során felhasznált adatokat részben az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ), részben pedig az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) szolgáltatta.

Az öt hegyvidéki területet tekintve összesen 45 állomás adatait használtuk fel, ebből a Bakony területére 10, a Börzsönyre 8, a Bükkre 10, a Mátrára 9, míg a Mecsekre 8 állomás esett. Ezen adatok havi, napi, illetve órás csapadékösszeg formájában álltak rendelkezésünkre 2011 és 2015 között. Ahhoz, hogy az adatokat ugyanúgy tudjuk kezelni, azonos skálára kellett őket hozni. Ehhez a finom időbeli felbontású adatokat át kellett alakítanunk havi csapadékösszegekké.

Az állomássűrűség az öt általunk vizsgált területen átlagosan 1,1 állomás/100km^2.

Módszer

Egy- és többváltozós regresszióanalízis

A kutatás első lépéseként a havi bontású adatokra egy-, illetve többváltozós regresszióanalízist végeztünk el. Hegységekre és hónapokra bontva vizsgáltuk a csapadék és a tengerszint feletti magasság közötti kapcsolatot, valamint ezeken felül a földrajzi szélességgel és hosszúsággal való kapcsolatot is. Az első esetben egyváltozós-, míg az utóbbiak esetében többváltozós regresszióanalízisről beszélhetünk.

Egyváltozós regresszióanalízis esetében a csapadék és a tengerszint feletti magasság közötti kapcsolatot az alábbi egyenlet írja le:

(1) $P = a_1 z + a_0$,

ahol P az állomáson mért csapadékot, z a tengerszint feletti magasságot jelöli, míg a_1 és a_0 a regressziós egyenlet együtthatói.

Ha az egyenletbe a csapadékon és a tengerszint feletti magasságon kívül a földrajzi szélességet és/vagy a hosszúságot is belevesszük, akkor már többváltozós regresszióanalízist alkalmazunk. Abban az esetben, ha csak két változónk van, akkor a felállított egyenlet az alábbi módon írható fel:

(2) $P = a_2 z + a_1 x + a_0$,

illetve

(3) $P = a_2 z + a_1 y + a_0$,

ahol x a földrajzi hosszúságnak, y a földrajzi széleségnek megfelelő EOV koordinátákat jelöli, a_2, a_1, a_0 pedig az egyenlet együtthatói.

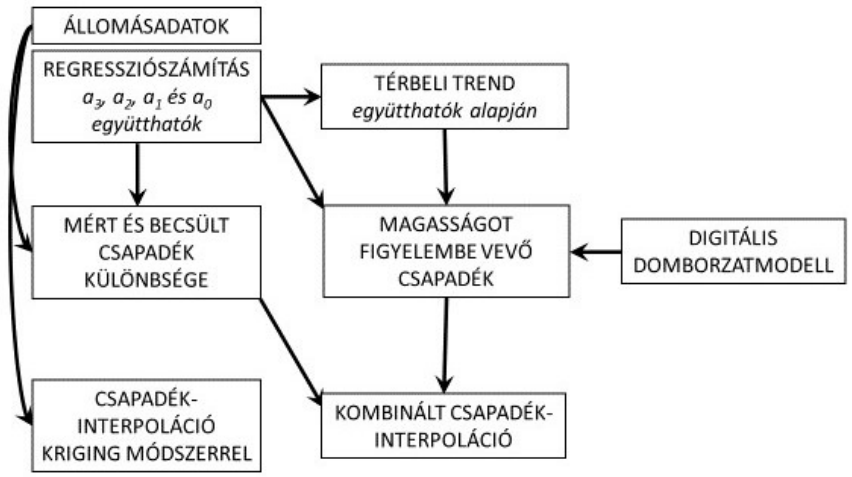
Ha figyelembe vesszük a tengerszint feletti magasság mellett a földrajzi szélességet, valamint a hosszúságot is, abban az esetben a fenti egyenletek az alábbiak szerint módosul:

(4) $P = a_3 z + a_2 y + a_1 x + a_0$.

Determinisztikus és sztochasztikus módszerek kombinációja

A regresszióanalízist követő lépéseket az *1. ábra* mutatja be.

Első lépésként a fenti egyenletek alapján kiszámoltuk a becsült csapadékértékeket az egyes meteorológiai állomások koordinátái alapján, majd a mért, illetve a becsült adatok különbségére 'kriging' interpolálást végeztünk. Ez a módszer sztochasztikus eleme.



1. ábra A determinisztikus és sztochasztikus módszerek folyamatábrája

Ezt követően készítettünk egy lineáris trendfelszínt a *(4)* regressziós egyenlet *x* és *y* tényezője alapján, majd a *z* tényezőt is hozzávéve digitális domborzatmodell (SRTM) alapján elkészítettük a magasságot figyelembe vevő raszteres csapadékállományt. Ez a módszer determinisztikus része.

Ezt követően ez utóbbi állományt összeadtuk az első lépésben elkészített különbségeket mutató raszterrel, így kaptuk meg a kombinált (magassággal korrigált) csapadék-rasztert.

Végül a korrigált csapadékadatok raszterét összehasonlítottuk az eredeti adatsorból kriging interpolációval létrehozott raszterrel.

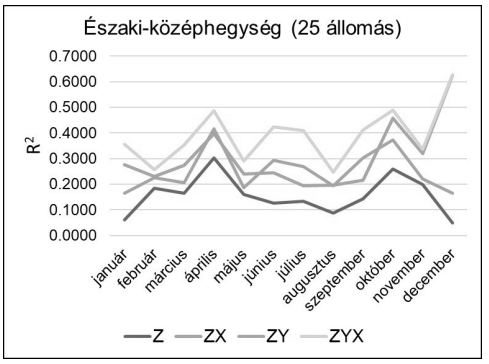
Ez a módszer alapjaiban véve hasonlít a 'kriging with radar-based error correction' (Goudenhoofdt – Delobbe 2009), valamint a 'conditional merging' (Sinclair – Pegram 2005) módszerekre, viszont esetünkben nem a radar alapú csapadékadatok javítása volt a cél, hanem az állomásokon mért csapadékadatok interpolációja a magasság figyelembevételével.

Eredmények

Egy- és többváltozós regresszióanalízis eredményei

A kutatás során az öt hegyvidéki területet külön-külön, illetve az Északi-középhegységben elhelyezkedő területeket összevonva is megvizsgáltuk csak magassági (*z*), magassági (*z*) és földrajzi hosszúsági (*x*), magassági (*z*) és földrajzi szélességi (*y*), valamint mindhárom változót (*z*, *y*, *x*) figyelembe vevő egyenletekkel.

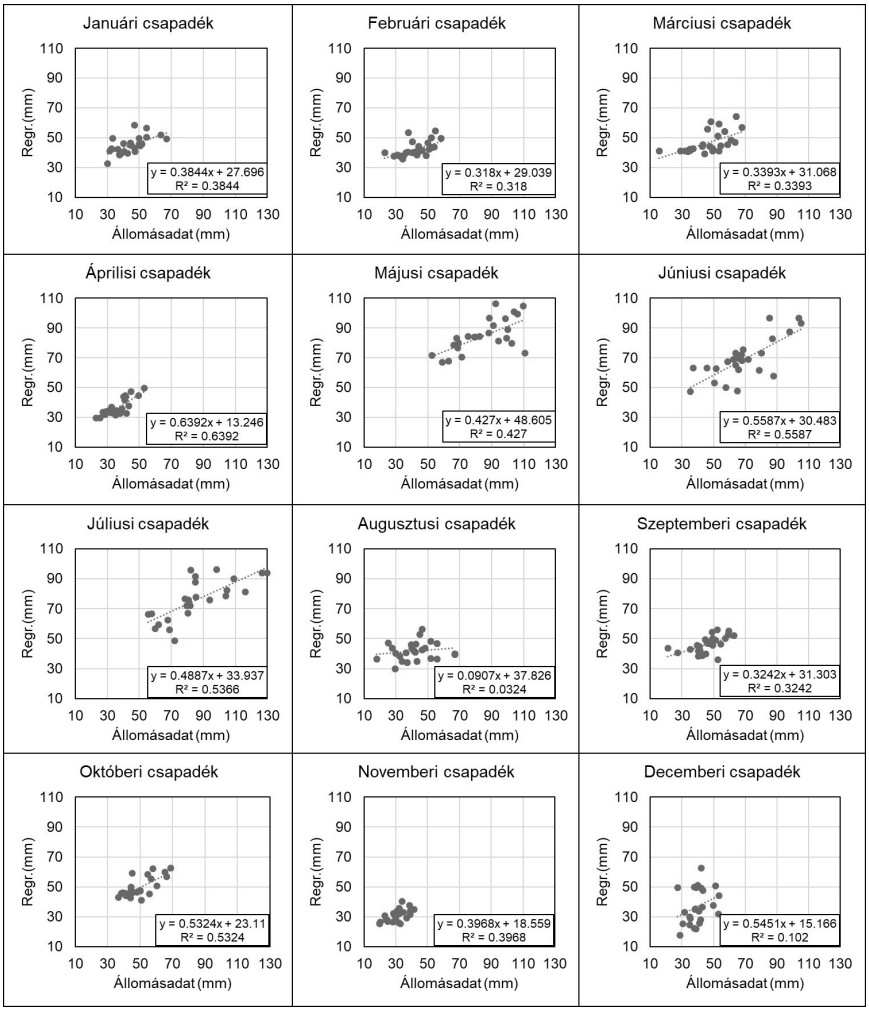
A vizsgálat minden terület esetén azt az eredményt adta, hogy több változó figyelembevétele esetén a korreláció (illetve az R^2 értéke) jelentős mértékben javult (*2. ábra*). Emellett fény derült arra is, hogy az adatok között havi szinten is jelentős különbségek jelentkeznek (*2. ábra*), ezt figyelembe véve a havi együtthatók használatát javasoljuk, noha a különböző években ugyanahhoz a hónaphoz tartozó együtthatók sem feltétlenül egyformák.



2. ábra A determinációs együttható (R^2) havi értékei az egyes változók figyelembevételével az Északi-középhegység példáján. Minél több változót veszünk a modellbe (legtöbb: ZYX), annál jobb a korreláció

A regresszióanalízis rávilágított arra is, hogy az egyes területeket különkülön vizsgálva is lényeges különbségek jelentkeznek a magassági összefüggéseket tekintve. Ezalatt azt értjük, hogy míg a Bakony és a Mecsek adataira a korreláció csak akkor szignifikáns, ha mind a három változót figyelembe vesszük, és ezekben az esetekben is csak bizonyos hónapokra lesz szignifikáns az összefüggés, addig a Börzsöny, a Mátra, és a Bükk esetében már két változó esetén is szignifikáns az összefüggés bizonyos hónapokra.

Az összevont Északi-középhegység esetében viszont egy változó (csak *z*) felhasználása esetében is kimutatható szignifikancia a tavaszi hónapokra, míg több változó esetében az év minden hónapjára szignifikáns az összefüggés. A legszorosabb korrelációt a tavasz végi-nyár eleji, valamint az októberi hónapok, míg a legrosszabbat az augusztusi és decemberi hónapok szolgáltatják (*3. ábra*).



3. ábra A mért és a becsült havi átlagcsapadékok összehasonlítása mindhárom változó figyelembevételével az Északi-középhegység (25 állomás) példáján

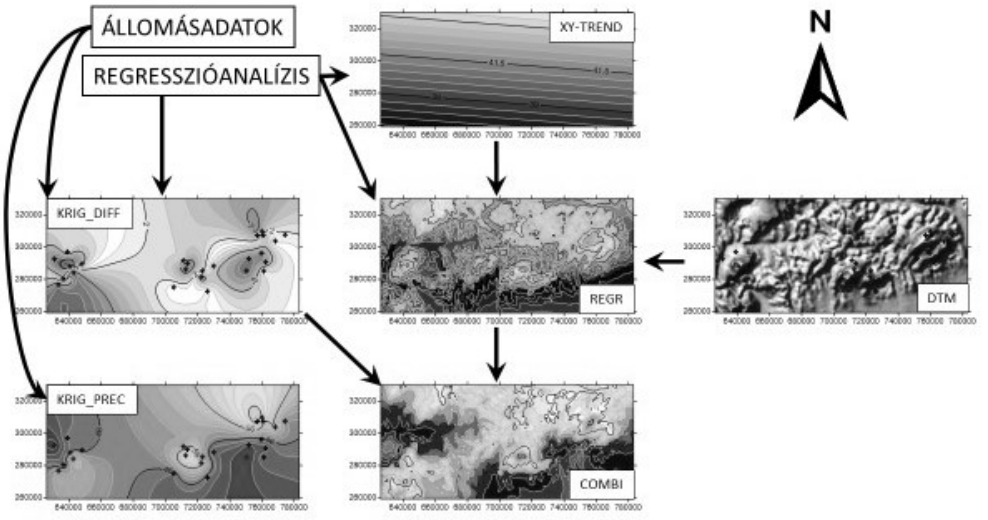
A t.sz.f. magasság (*z*) együtthatója mind az egyváltozós esetben, mind a háromváltozós esetben 0,01 és 0,035 között változott, a tavaszi hónapokban érve el a magasabb értékeket. Ez azt jelenti, hogy fölfelé haladva 100 méterenként 1–3,5 mm-rel nő a havi csapadék a vizsgált Északi-középhegységi mintaterületen. A Mecsekben és a Bakonyban azonban –0,06 és +0,04 közötti változó értékeket kaptunk a z együtthatójára, ami azt jelzi, hogy itt a magassággal való kapcsolat nem egyértelmű. Ennek oka a hegységek kis topográfiai kiemelkedése lehet.

Kombinált interpolációs módszer eredményei

A módszert az Északi-középhegység és október hónap példáján a *4. ábra* mutatja be. Az eljárást 25 állomásra vonatkozóan végeztük el. A választás azért esett az októberi hónapra, mert ebben az esetben az egyik legmegbízhatóbb a becslés értéke.

A regresszióanalízist követően létrehoztuk a mért és a becsült adatok különbségeiből kriging-interpolált különbségrasztert (KRIG_DIFF). Ezt követően a három független változós regresszió együtthatóit felhasználva egy trendfelszínt hoztunk létre (XY-TREND), amely alapvetően egy ÉÉK-irányú átlagos csapadéknövekedést mutat. Ezt követően a digitális domborzatmodell (SRTM DTM) és a z együtthatójának felhasználásával létrehoztuk a REGR állományt, amely már figyelembe veszi a domborzati hatást. Végül pedig a REGR állományhoz hozzáadtuk a korábban elkészített különbségrasztert, így megkapva a végeredmény rasztert (COMBI).

A COMBI és az eredeti állomásadatok interpolálásából létrejött KRIG_PREC alapján látható, hogy a korrekció során létrejött állomány realisztikusabb, a



4. ábra A havi csapadékok korrekciója digitális domborzatmodell felhasználásával az Északi-középhegység példáján október hónapra

domborzati hatást jobban tükröző eredményt ad, mint ha csak az eredeti adatsort interpolálnánk önmagában.

A viszonylag kis állomás-sűrűség (főleg hegyi) miatt elsősorban a módszer kidolgozása volt a cél, és az eredmények egyelőre nincsenek validálva. Erre a későbbiekben megoldást nyújthat a havi összegzésű radaros adatok felhasználása, mint független adatsor.

Következtések

A fentiek alapján elmondható, hogy több változó, illetve több állomás (adatsor) alkalmazása esetén javul a regresszióanalízis szignifikanciája. A legjobb becslés döntően a tavasz végi-nyár eleji, és az októberi hónapokra, míg a legkevésbé megbízható becslés az augusztusi és decemberi hónapokra adható a felhasznált adatok alapján.

Mint azt a *4. ábra* is mutatja, a kombinált módszer előnye a csak csapadékállomásokra történő interpolációhoz képest az, hogy valósághű képet ad, az egyes hegységek domborzati képe felismerhető a csapadékraszterben is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a NKFIH K124497 sz. projektje támogatta. Köszönjük továbbá Varga György segítségét az adatok beszerzésében.

Felhasznált irodalom

Alpert, P. (1986): Mesoscale indexing of the distribution of orographic precipitation over high mountains. Journal of climate and applied meteorology, 25(4), pp. 532–545.

Daly, C. – Taylor, G. H. – Gibson, W. P. (1997): The PRISM approach to mapping precipitation and temperature. In Proc., 10th AMS Conf. on Applied Climatology, pp. 20–23.

Goudenhoofdt, E. – Delobbe, L. (2009): Evaluation of radar-gauge merging methods for quantitative precipitation estimates. Hydrology and Earth System Sciences, 13(2), pp. 195–203.

Henry, A.J. (1919): Increase of Precipitation with Altitude. Monthly Weather Review, 47, pp. 33–4.

Schwarb, M. (2000): The Alpine precipitation climate: Evaluation of a high-resolution analysis scheme using comprehensive rain-gauge data. Doctoral dissertation, ETH Zurich, 132 p.

Sinclair, S. – Pegram, G. (2005): Combining radar and rain gauge rainfall estimates using conditional merging. Atmospheric Science Letters, 6(1), pp. 19–22.

Smith, C. D. (2008): The relationship between monthly precipitation and elevation in the Alberta foothills during the foothills orographic precipitation experiment. In Cold

Region Atmospheric and Hydrologic Studies. The Mackenzie GEWEX Experience, Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 167–185.

Spreen, W. C. (1947): A determination of the effect of topography upon precipitation. Eos, Transactions American Geophysical Union, 28(2), pp. 285–290.

Szentimrey, T. – Bihari, Z. (2007): Mathematical background of spatial interpolation, meteorological interpolation based on surface homogenized data bases (MISH). In COST Action, 719, pp. 17–27. Budapest: COST Office.

Weisse, A. K. – Bois, P. (2001): Topographic effects on statistical characteristics of heavy rainfall and mapping in the French Alps. Journal of Applied Meteorology, 40(4), pp. 720–740.

Korszerű 3D-technológiák az UVATERV Zrt.-nél

Stenzel Sándor

főmunkatárs, 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. This innovative approach is exemplified by the recent geodetic instrument acquisition, which is the first pillar of UVATERV C.C. Ltd's BIM program, providing for it 3D initial data. The Trimble SX10 is an imaging robot total station with 3D scanner function. We have more other Trimble robotic instrument, therefore we use this new one primarly to the fast scanning tasks. The scanning speed of the Trimble SX10 is 26.600 points/sec. This is enough for us to measure small areas, facades with short field presence. The scanning accuracy of the instrument is 2.5 mm at 100 m, the scanning range is approx. 600 m.
We have to use it for scanning of rainwater channel, archological site, railway tunnel, etc.
We can postprocess, meshing and vectorize the pointclouds with the manufacturers' software. From the Trimble Real Works application, we can export many formats, which depends the type of results.

A 70 éves múltra visszatekintő UVATERV Zrt. hazánk egyik legnagyobb közlekedési infrastruktúra tervező cége, mindig élen járt a legkorszerűbb eszközök és szoftverek alkalmazásában.

Ezt az innovatív szemléletet példázza a legutóbbi geodéziai műszerbeszerzés, mely tovább bővíti a Cég által szolgáltatott eredménytermékek amúgy is széles spektrumát. Az új felmérő rendszer, kiegészülve irodai alkalmazásaival, első pillére az UVATERV Zrt. BIM programjának, s szolgáltat ahhoz 3D kiinduló adatokat.

A Trimble SX10 egy 3D-szkenner tulajdonságokkal felruházott, képalkotó robot mérőállomás.

Mit is jelentenek ezek a fogalmak?

Mint mérőállomás, az SX10 szélső pontossági tulajdonságokkal rendelkezik. Szögmérési megbízhatósága 1", távmérési megbízhatósága prizmára pedig 1 mm+1.5 ppm. Ennek megfelelően a legnagyobb mérnökgeodéziai igényű kihívásoknak is képes megfelelni.

Szervo-vezérlése különleges, mellőzi a kopó, súrlódó alkatrészeket. A gyártó MagDrive technológiájának köszönhetően ugyanis az alhidádé elektromágneses mezőn lebeg, így a műszer mozgása hangtalan és csaknem 120° per másodperc. Ez a tulajdonsága teszi lehetővé a nagy sebességű prizmakövetést, akár olyan dinamikus alkalmazásoknál is, mint pl. az építőipari gépvezérlés.

Az SX10 Robot, azaz távvezérelhető műszer – tehát terepen akár egyetlen felhasználó is képes teljeskörű geodéziai feladatok elvégzésére vele.



1. kép Trimble SX10 mérőállomás

Az adatrögzítés és a távirányítás egy terepi tablet-ről történik WiFi-n keresztül (100 m-ig), illetve szórt spektrumú URH rádión (100 m felett).

Az SX10 optikai úton követi és keresi a vezérlő oldali, passzív 360°-os prizmát – akár 800 m távolságból is. Zavart irányvonal esetén (pl.: belvárosi környezet), ahol a műszer és prizma összelátása sokszor megszakadhat áthúzó tényezők (pl.: járművek, gyalogosok) miatt, az optikai kapcsolat kiegészíthető az un. GPS Lock megoldással. Ebben az esetben a vezérlő saját GPS pozícióját is „beküldi" a mérőállomásnak, mely így akkor is „tudja" hol van és követi az operátort, ha ténylegesen nincs vizuális kapcsolata a prizmával. Az összelátás újbóli megvalósulásával pedig a műszer időveszteség és keresés nélkül rá áll a reflektor optikai középpontjára.

A mérőállomás természetesen nem csak prizmás, hanem prizma nélküli távmérésre (DR- Direct Reflex) is alkalmas. Ennek megbízhatósága 2 mm+1.5 ppm, hatótávolsága pedig 800 m (Kodak White Card).

Néhány szó a képalkotásról.

A SX10 mérőállomás hármas kamerarendszerrel rendelkezik. Ezek teszik lehetővé, hogy a felhasználó azt lássa a vezérlő kijelzőjén, amit a „műszer is lát". Az SX10 vezérlése, a zoom-olás, valamint a precíz irányzás ezen a kamerák által biztosított videó képen, koppintással a távvezérlő kijelzőjén történik. A megmért adatok is megjelennek itt, így a felhasználó látja, hogy mit mért meg, illetve milyen mérések vannak még hátra. Ez a vizuális segítség nagyban csökkenti a költséges újramérést, hiszen nem az irodai feldolgozáskor derül fény pl. a kimaradt pontokra.

A kamerák emellett fotódokumentálására is alkalmasak, így akár minden egyes megmért pontról és környezetéről készülhet felvétel, a későbbi könnyebb



2. kép Szkennelés eredménye a vezérlőn szemlélve

azonosításhoz. Az igazi újdonság az UVATERV Zrt. szakemberei által eddig is használt Trimble mérőállomásokhoz képest, az SX10-ben alkalmazható 3D-szkennelési opció.

A felhasználó több felbontási szint közül választhat, a letapogatás sebessége 26.600 pont per másodperc.

A szkennelés maximális hatótávolsága 600 m, az egyes pontok 3D megbízhatósága 2.5 mm (100 m-en).

Fontos tulajdonsága a szkennelésnek, hogy a felbontási érték nem befolyásolja a mérés megbízhatóságát, azaz a kisebb felbontással keletkező pontfelhő zajossága sem lesz nagyobb.

Az integrált kameráknak hála, a szkenneléskor mérőképek készíthetők, melyek színinformációival a keletkező pontfelhő automatikusan kiszínezhető. Ez az eredményterméket a feldolgozáskor teljesen fotó-realisztikussá teszi.

Az egyes álláspontokból készült szkennelések a terepi vezérlő kijelzőjén, a videóképen is megjeleníthetők, forgathatók, mérhetők.

Az eszköz mérőállomás-voltából adódóan ezek már tájékozott módon, abszolút értelemben is illesztett pontfelhők. Éppen ezért a felhasználó már a terepen azonosítani tudja, melyik álláspontról, mit és hová szkennelt, illetve hol van szükség további álláspont létesítésére, illetve szkennelésre.

A mérési eredmények irodai feldolgozása történhet a Trimble Business Center-ben, valamint a Trimble RealWorks-ben.

Az UVATERV Zrt. Csapata mindkét szoftver rendszerrel rendelkezik, így egyszerre többféle szempont szerint feldolgozást is végre tud hajtani.



3. kép Illesztett 3D pontfelhő

Noha az SX10 képes szkenner üzemmódban, tájékozás nélküli szkennelések végrehajtására is, a pontfelhők relatív és abszolút illesztése általában már terepen, alapponthálózatok felhasználásával, hagyományos geodéziai úton megtörténik. Így az egyes szkennelések tényleges irodai regisztrációjára csak speciális feladatoknál van szükség.

A gyártó szoftverei alkalmasak a pontfelhők automatikus osztályozására, azaz klasszifikálására. Mindössze a pontfelhő jellegének megadásával (kültéri, vagy beltéri szkennelésből származik-e), illetve az egyes rétegek kiválasztásával (pl. kültér esetén: talaj, épület, felsővezeték, beltér esetén: padló, plafon, fal) az alkalmazások képesek a kiinduló pontfelhőt „szétrobbantani" osztályokra. Ez kiválóan alkalmas olyan „zajok" automatikus szűrésére és kizárására egy kültéri szkennelésből, mit pl. a járókelők, vagy járművek.

Az így szűrt és illesztett pontfelhő, illetve az abból előálló 3D-modell (mesh), az UVATERV Zrt. esetében nem a végtermék, sokkal inkább a szakágak által igényelt eredménytermékek kiinduló adatának tekinthető.

Antropogén bolygatottság a Borsodi-medencében

Sütő László[1] – Balogh Szabolcs[2] – Rózsa Péter[3]

[1] egyetemi docens, Eszterházy Károly Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, suto.laszlo@uni-eszterhazy.hu
[2] doktorandusz, Debreceni Egyetem, Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Földtudományi Doktori Iskola, balogh.szabolcs@science.unideb.hu
[3] egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Földtudományi Intézet, Ásvány- és Földtani Tanszék, rozsa.peter@science.unideb.hu

Absztrakt: Hazánkban az ipar által egyik legnagyobb mértékben érintett területek közé tartozik a Borsodi-szénmedence. Erőforrásokban igen gazdag, ugyanakkor szerkezetmorfológiai okokból a hegység belseje felé nehezen megközelíthető. A terület adta nyersanyagok előbb kisipari, majd nehézipari feldolgozása egyre gyorsuló ütemben alakította át a tájat. A nyersanyagbőség már igen korai tájátalakítással járt, de egészen a 19. század kezdetéig a hagyományos gazdálkodás volt az uralkodó. Napjainkban jelentős részen a montanogén folyamatok által felhagyott területek a jellemzők. Az antropogén tevékenységek következményeként a táj szerkezete is átalakul, ami befolyásolja a további területhasználatot. Éppen ezért kutatásunk során fontos kérdésnek tartottuk egyrészt azt, hogyan becsülhető az antropogén hatások erőssége és területi kiterjedése egy komplex térinformatikai modell segítségével.

Bevezetés

Az ipari forradalmat követve az antropogén beavatkozások mértéke a táj felszínformálásában egyre jelentősebbé vált. A 20. századra ez a közvetett vagy közvetlen intervenció a technológiai fejlődés hatására folyamatosan növekedett. A létrejövő új környezet az ember számára teljesen más területhasználati feltételeket eredményez. Az antropogén vonásokat viselő táj szerkezeti átalakulásának mérésére, becslésére már komplex tájváltozási elemzésekre van szükségünk. Ezért kutatásunkhoz elsősorban olyan modern térinformatikai adatbázisokat építettünk fel, amelyekben a geoinformatikai számítások segítségével az antropogén bolygatottság kiterjedésének, valamint hatékonyságának becslését tudjuk megállapítani. Kutatásunk során törekedtünk egy olyan komplex modell létrehozására, amely a táj állapotváltozásának térbeli kiterjedését, valamint az emberi bolygatás mértékének időbeli eloszlását is mutatja.

Modellünk mintaterületéhez a közel 250 éves magyar szénbányászat egyik leginkább érintett ipari övezetét a Kelet-Borsodi-szénmedencét választottuk. A szénmedencében létrejövő montanogén felszínformálás a Borsodi-iparvidék kiteljesedésével, és az egyik legnagyobb környezeti átalakulással járt. Kutatásunkhoz az időbeli keretet a 2. katonai felvételezéstől számítottuk, 1857–58-as évekből. Az adatbázis további kiépítéséhez a 3. katonai felmérést (1883) az 1941. katonai

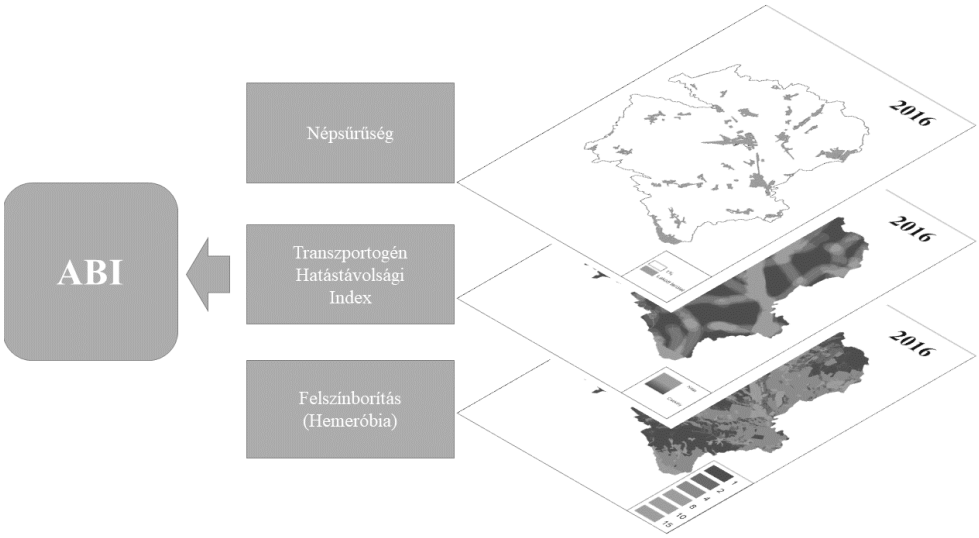
felmérést és a CLC 2012 Corine felvételezés alapján elkészített Google űrfelvételekkel kiegészített, saját szerkesztésű 2016 térképváltozatot választottuk.

Anyag és módszer

Kutatásunk során törekedtünk olyan adatbázist és eszközöket használni, amelyek módot adnak az emberi bolygatás dokumentálására és minél egzaktabb elemzésére. Az adatbázis alapjainak elkészítéséhez, a kiválasztott felmérések (1857–58, 1883, 1941, 2016) felszínborítását, emberi eredetű vonalas tereptárgyait (pl. úthálózat), valamint pontszerű elemeit (pl. bányabejáratok) az ArcGis 10.4. szoftverben digitalizáltuk. A felszínborítás részletességének a térképezések eltérő méretarányából eredő problémáját a felszínborítási foltok generalizálásával oldottuk meg, felhasználva Nagy (2004) és Mari et al. (2001) következtetéseit. Az egységes jelkulcsrendszert a témakörben elkészített tanulmányok alapján alakítottuk ki (Nagy 2004; Sütő et. al. 2017).

Az antropogén tevékenységek nyomán megváltozott felszínalaktani, és felszínborítási foltok értékeléséhez az egyes paraméterek tartalmát kellett meghatározni, majd hatáserősségét számszerűsíteni. Kutatásunkhoz az eddig elvégzett előtanulmányainkban elkészített Antropogén Bolygatottsági Index-et vettük alapul (Balogh – Sütő 2018; Balogh et. al. 2018b), amelyet megfelelően módosítottunk (*1. ábra*).

A módosítás során a bevitt paraméterekből töröltük a NASA fényszennyezettség térképét, mivel a 19. századra nincsenek becsléseink ezekről az adatokról. Az eddig használt modellben ez a szorzó inkább az adatok verifikálására szolgált. Azonban



1. ábra Antropogén Bolygatottsági Index módosított verziója (saját szerkesztés)

sajnos kiderült, hogy inkább csak a szummativ értékek eltorzítását eredményezte, valamint a települések mentén a túlságosan nagy felbontás miatt (100x100m) nem szolgálhatott pontos értékekkel.

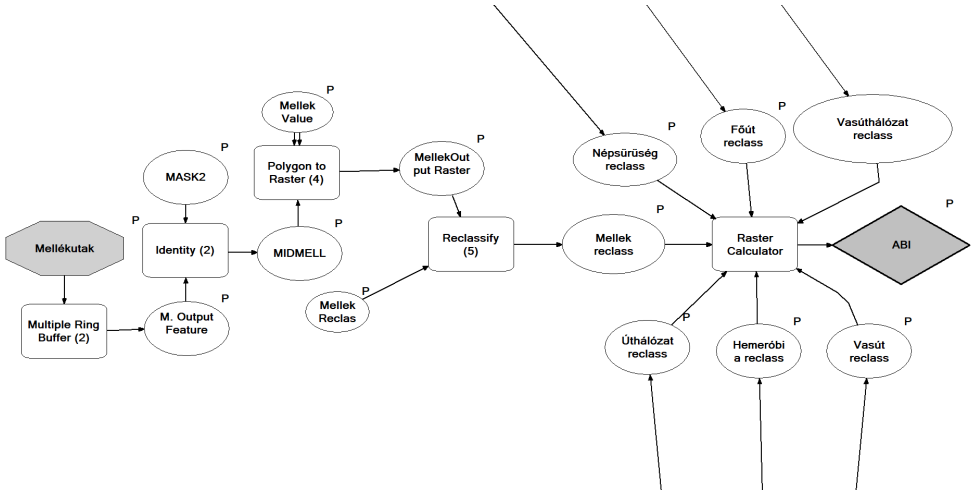
A népsűrűséget a történeti statisztikai adattárak, valamint a KSH adatbázis alapján számított települési értékeket adtuk meg (INTERNET1, 2, 3). Ehhez az attribútumtáblázatban a belterületekhez az adott időszak településeinek aktuális népességét rendeltük hozzá %-os értékkel. A népesség bázisát a 2016-os népességi állapothoz rögzítettük. Külterületeken 1 értékkel számoltunk.

A Szennyezési Hatástávolsági Indexet átdolgoztuk. Az eddig használt paramétereket módosítottuk az 1., 2., illetve 3. rendű utak szennyezési hatástávolságának pontosításával. Az alindexet a már publikált módon számoltuk (BALOGH – SÜTŐ 2018), a szennyezési hatástávolság szakirodalmi átlagértékei és a vonalas infrastruktúra sűrűsége alapján.

A felszínborítás által mutatott antropogén érintettség kifejezésére a tájökológiában használt súlyozott hemeróbia értékelését választottuk (CSORBA – SZABÓ 2009).

Magát a modellt az ArcGis 10.4 es szoftver ModelBuilder segítségével készítettük el. A bokszok olyan eszközök, amelyeket a megfelelő paraméterezés során módosítottunk. Egy bemenő feltétel álltalában egy *„Polygon to Raster”* eszköz összekötve egy *„reclassify”* eszközzel (*2. ábra*). Az így megkapott és más értékekbe átsorolt adattérképeket a *„Raster Calculator”* eszköz segítségével összeadtuk.

Végül, az Antropogén Befolyásoltsági Indexet a mutatók értékeinek összesítésével képeztük, amelynek térbeli mintázatát geoinformatikai térképen ábrázoltuk. Az egyes értékeket 5x5 m pixelmérettel készültek. Az időbeli változások értelmezéséhez minden időpontra kiszámoltuk az ABI értékeket.



2. ábra ABI modell egy részlete, ArcGIS model builder segítségével elkészítve (saját szerkesztés)

Eredmények

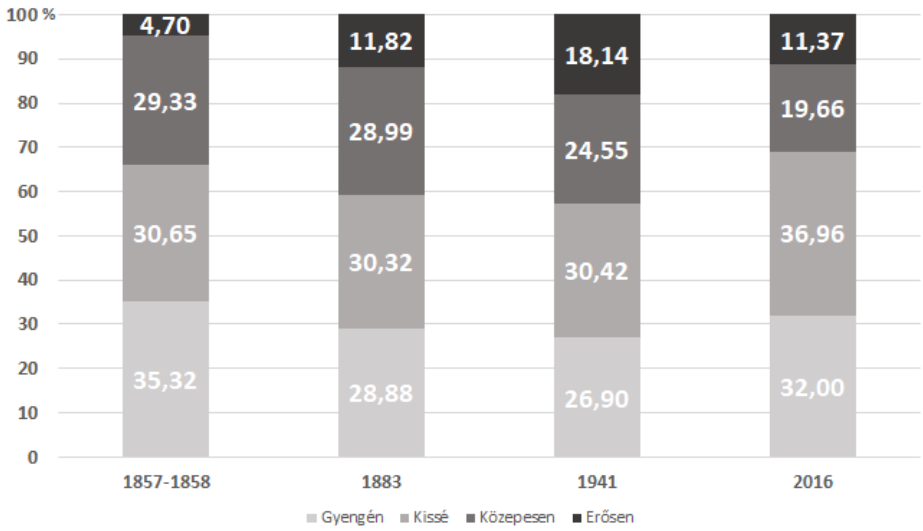
A kiszámított ABI értékek a 26–609-es szummativ értékszám között mozogtak (*1. táblázat*). A növekvő skála a tájelemek antropogén bolygatási mértékének erősödésére utal. Az adatok alapján dinamikus skálát alakítottunk ki a kiértékeléshez. A négyfokozatú skálabeosztás súlyozását az egyes időszakok térképein kapott felszínborítási pixelértékeknek a teljes terület pixelszámának aránya alapján végeztük, vonalas tájelemek esetén a hatástávolságot módosítva a szennyezések és az antropogén felszínátalakítás szélességével.

Az Antropogén Befolyásoltsági Index a tájhasználattal szoros kapcsolatban áll. Kezdetben az úthálózati csomópontoknál alakultak ki gócpontok. Ilyen például a Sajó-völgyében lévő úthálózati kereszteződésében lévő 3 település Felső-/Alsó-Barczika, valamint Kazincz. A későbbiekben a bányatelepek elterjedésével a belső völgyhálózatokba is benyomulnak a magasabb értékek, valamint a Sajó-völgy egyre erőteljesebb értékekkel fog rendelkezni a megjelenő ipari létesítmények miatt.

A harmadik katonai felmérésnél egy átmeneti állapot értékeit láthatjuk. A települések mérete megnövekedett, a mezőgazdasági területek mozaikossá válnak és megjelennek az első területi kiterjedésű bányák. Ez az érték változás az erősen érintett

1. táblázat ABI értékeinek beosztása (forrás: saját szerkesztés)

ABI	Szummatív érték
Gyengén	26 - 36
Kissé	36 - 63
Közepesen	64 - 96
Erősen	97 - 609



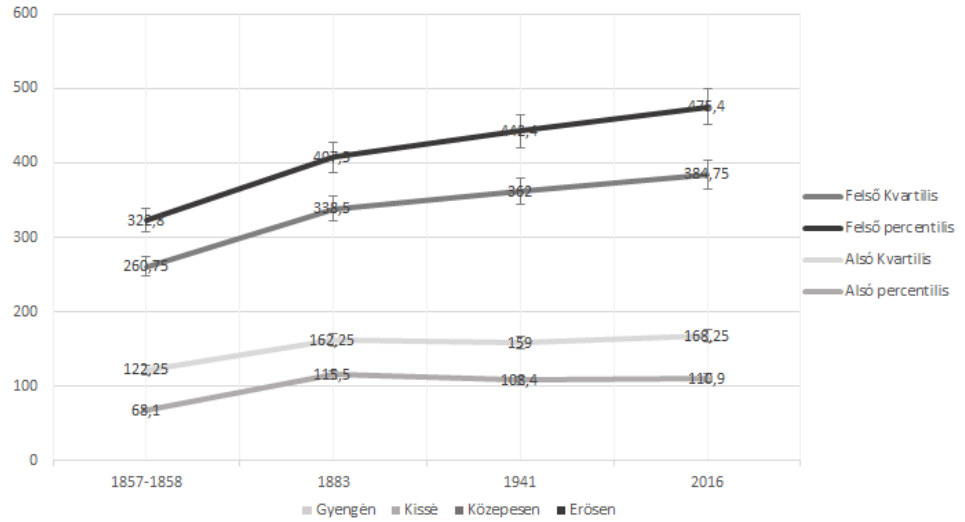
3. ábra ABI értékek változása (saját szerkesztés)

területek arányát növelte leginkább. A *3. ábrán* az ABI értékek ingadozásából jól látszik, hogy az erősen érintett területek aránya az 1941-es felmérést követően még jobban megnövekedett. A település területek növekedésével, a bányászati területek növekedése és a vasúti közlekedési csomópontok kialakulása miatt történt ez a változás (11,82–18,14%). A nehézipar és a bányászat okozta antropogén bolygatottság a 20. század közepén érvényesül legerőteljesebben úgy is, hogy a csúcsidőszakot jelentő 1970-es évek adatbázisa még nem került feldolgozásra. Azonban a filoxéria járványt követő szőlő erdőterületek lecsökkentek, ezt a közepesen érintett értékek változása jelezte (28,99–24,55%). A napjainkban zajló visszarendeződés a Borsodi-szénmedence rendszerváltás utáni folyamatainak eredménye. A bányák bezárásával és a vasútvonalak felszámolásával jelentős területekkel csökkent a bolygatott részek aránya. A kissé bolygatott területek, valamint a gyengén érintett területek aránya megnövekedett (26,9–32%). Az erős bolygatottsági értékekkel jelzett területi arány csökkenés a felhagyott bányahelyszínek rekultivációjával, más esetben pedig a természet visszarendeződési folyamataival csökkent (Sütő 2013). Ezzel a folyamattal együtt pedig erőteljesen növekedett a gyengén és a kissé érintett területek aránya (26,9–32%).

Hogyha megnézzük a kapott értékek felső, illetve alsó kvartilis értékét a *4. ábrán*, és összehasonlítjuk az alsó és a felső percentilis értékekkel, akkor itt is kirajzolódik a növekedés trendvonala.

Konklúzió

Kutatásunk célja a Borsodi-szénmedence antropogén befolyásoltsági mértékének és területi változásának elemzése egy komplex modell segítségével. A megkapott adatok hűen tükrözték a felszínen végbement tájhasználati változásokat.



4. ábra ABI értékek statisztikai mutatói (saját szerkesztés)

Viszont a föld felszíne alatt végbement változásokat (lásd mélyművelésű bányászat) nem tudtuk vele ábrázolni, így kiegészítő módszerekre lesz szükségünk a továbbiakban.

A modell segítségével látható volt, hogy a Borsodi-szénmedence az elmúlt 250 évben nagy változáson ment keresztül. A kidolgozott értékbeosztás és a statisztikai mutató által az antropogén befolyásoltság területi kiterjedésének relatív nagyságára is következtethetünk, valamint lehetőségünk van longitudinális folyamatok komplex elemzésére is. A modell erőssége a bevitt paraméterek újra leképezésében van. Az ABI a megfelelő térinformatikai bázis segítségével bármelyik területen reprodukálható és ezáltal akár egy új tájelemzési módszernek is megfeleltethető.

Irodalomjegyzék

Balogh Sz. – Sütő L. (2018): Közlekedési pályák táji hatásának térinformatikai ábrázolása Borsod-Abaúj-Zemplén megyében. Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IX.: Theory meets practice in GIS, 2018, Debrecen.

Balogh Sz. – Sütő L. – Rózsa P. (2018): Antropogén bolygatottság a Bükk-vidéken. In: Fazekas I., Kiss E., Lázár I. (szerk.): Földrajzi Tanulmányok 2018. 386 p Konferencia helye, ideje: Debrecen, Magyarország, 2018.11.09–2018.11.11. Debrecen: MTA DTB Földtudományi Szakbizottság, 2018. pp. 239–241. (ISBN: 978-963-508-897-3)

Csorba P. – Szabó Sz. (2009): Degree of human transformation of landscapes: a case study from Hungary. Hungarian Geographical Bulletin, 58(2), pp. 91–99.

Mari L. – Mattányi Zs. – Maucha G. (2001): Űrfelvételek alapján szerkesztett, különböző méretarányú felszínborítási térképek összehasonlítása a CORINE Land Cover program alapján. A földrajz eredményei az új évezred küszöbén. A Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei, pp. 1–17.

Nagy D. (2004): A történeti tájhasználat és felszínborítás rekonstrukciójának lehetőségei archív térképek feldolgozásával. Környezetállapot-értékelés Program Pályázati tanulmányok, 2003–2004, p. 40.

Sütő L. (2013): A szénbányászat felszínfejlődésre és területhasználatra gyakorolt hatásai a Kelet-Borsodi-szénmedencében. NYF TFI, MTA DAB, Nyíregyháza, pp. 178.

Sütő L. – Balogh Sz. – Molják S. – Hegyi B. – Nagy R. (2017): Történeti térképek felszínborítási kategóriainak egységes jelkulcsrendszerének módszertana p. előadás. p. Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII.: Theory meets practice in GIS, Debrecen, Magyarország. http://geogis.detek.unideb.hu/TKonferencia/dokumentumok/GIS_Konf_kotet_2017.pdf [Letöltés: 2018.01.18]

Internetes források

Internet1 – Danyi D. – Dávid Z. (1960): Az első magyarországi népszámlálás (1784-1787). KSH Könyvtára Művelődésügyi Minisztérium Levéltári Osztálya, Budapest. https://library.hungaricana.hu/hu/view/NEDA_1784_elso_magyar/?pg=29&layout=s [Letöltés: 2017.12.11]

Internet2 – http://www.ksh.hu/stadat_eves_6_1 [Letöltés: 2017.12.11]

Internet3 – Borsod-Abaúj-Zemplén megye népessége http://nepesseg.com/borsod-abauj-zemplen/ [Letöltés: 2017.12.11]

Fotogrammetriai felszínmodell pontosságvizsgálata RTK-UAV alkalmazásával

Szabó Gergely[1] – Schlosser Aletta Dóra[2]

[1] egyetemi adjunktus, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, szabo.gergely@science.unideb.hu
[2] PhD hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, sch.aletta@gmail.com

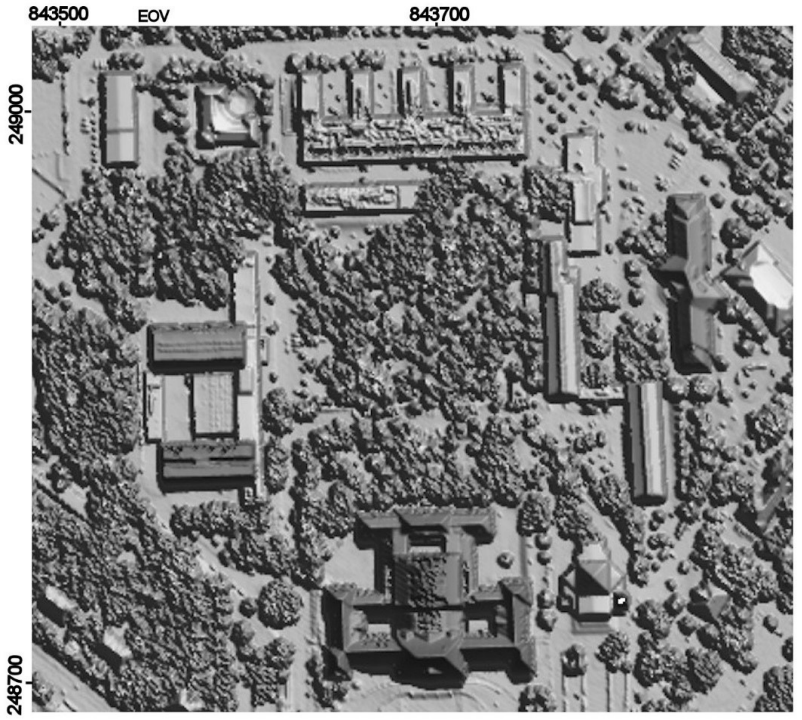
Abstract: Our goal was to study the vertical bias of surface model produced by one of the latest released RTK-UAVs. During our research, we investigated the vertical errors of the surface model created by the photogrammetric method, using a DJI Pnahtom4 RTK vehicle. Our results show that in the case of clearly visible points, the bias usually does not exceed 10 cm and the larger biases remain below 20 cm. In case of not clear view, the average bias increases. Most of the result is between 10 and 20 cm, but very high values appear. Overall, the device is capable of replacing GCP-based technology.

Bevezetés, célkitűzés

Napjainkra a pilóta nélküli légi járművek (UAV) mind a tudományos kutatások (Mészáros et al. 2017; Szatmári 2006; Tóth et al. 2017), mind pedig az ipar számos területére betörtek (Yakar et al. 2008). Az UAV-k felhasználásának egyik legkézenfekvőbb módja a fényképkészítés, ezek alapján pedig fotogrammetriai modell generálása, melynek segítségével ortofotót és felszínmodellt is elő tudunk állítani (Aber et al. 2010; Telbisz et al. 2013).

A modern fotogrammetria sem nélkülözheti a külső tájékozást (Grayson et al. 2018). Ez jelenleg legtöbbször tájékozási pontok elhelyezésével és azok nagy pontosságú bemérésével valósul meg. Ilyen pont bármi lehet, ami beazonosítható és megjelölhető a légifotókon. Másik megoldás, ha a képek készítési helyét ismerjük nagy pontossággal. Korunk fényképező eszközei (így az UAV-k is) általában a néhány méteres pontosságú GPS koordináták rögzítését teszik lehetővé, így az ortofotó és felszínmodell pontossága ugyancsak ebben a kategóriában mozog. Az elmúlt években azonban megjelent, és egyre nagyobb teret nyernek a nagy pontosságú, RTK (Real Time Kinematic) mérési módot alkalmazó GPS-szel felszerelt repülő eszközök, melyek már néhány cm-es pontossággal rögzítik a képek készítésének helyét, az alkalmazott vetületi rendszerükben. Így az ortofotó és a felszínmodell is hasonló pontosságú lesz (a gyártó szerint).

Célunk annak vizsgálata volt, hogy a jelenleg kapható, egyik legjobb ár/érték arányú RTK UAV eszköz milyen pontos felszínmodell készítésére képes közel optimális, illetve zavaró hatások közepette, vertikális irányban.



1. ábra A mintaterület elhelyezkedése

Anyag és módszer

Mintaterületünk a Debreceni Egyetem Campusának kerekítve 10 ha-os részlete volt (*1. ábra*).

A felvétel készítésének időpontjában, 2019. március 17-én, szélmentes, derült időben történt a repülés. A növényzet még inaktív fenofázisban volt, így levélzet még nem jelent meg.

Az UAV egy DJI Phantom4 RTK készülék volt, melyet a MyActionCam bocsátott rendelkezésünkre. A készülék a korrekciós jeleket egyrészt saját, ideiglenesen telepített permanens állomástól is fogadhat, viszont lehetőség van SIM-kártya behelyezésével külső szolgáltató RTK-jeleit is fogni és felhasználni. Itt ez utóbbi történt, a korrekciót a GEOTOOLS Europe GNSS Kft. szolgáltatta.

Összesen 158 db. légifelvétel készült a kerekítve 10 hektáros területről, 80%-os átfedéssel. A kamera az UAV saját, 1 hüvelykes érzékelővel ellátott, 20 Mp-es eszköze volt (*2. ábra*).

A feldolgozást Agisoft Metashape szoftverben végeztük. A képek felbontását eredetiben hagytuk, azaz az összes eredeti pixelt felhasználta a szoftver. A sűrített pontfelhőnél a legerőteljesebb szűrést választottuk, de a pontfelhőn osztályozást nem végeztünk.



2. ábra A DJI Phantom4 RTK UAV-ja. Jól látszik az eszköz tetején elhelyezett RTK-egység

A referencia mérésekhez egy Stonex S9 RTK GPS készüléket használtunk, a GEOTOOLS Europe GNSS Kft. korrekciós adatait felhasználva. Összesen 50 ponton mértük meg a felszín magasságát, ebből 25 jó rálátással rendelkező, sík felszínen, 25 pedig részben fedett, vagy zavart rálátással (főként levélmentes faágak) rendelkezett.

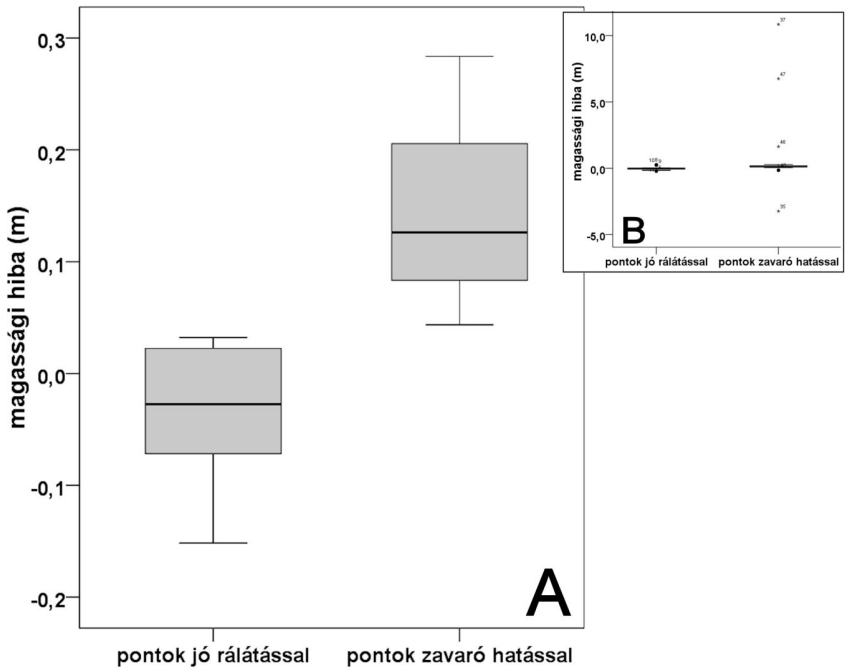
A generált felszínmodell értékeinél egy kerekítve 9,5 méteres különbséget kaptunk (az ellipszoidi különbségekből fakadóan) a referenciához képest, így a legjobban lokalizálható, tiszta rálátással rendelkező pontokat felhasználva kiszámítottuk a DFM és referencia magasságok átlagos eltérését, majd ezzel az értékkel korrigáltuk a felszínmodell egészét.

Eredmények

A jó rálátással rendelkező pontok esetében az átlagos eltérés (a modell pixeleinél a DN-értékeinek korrigálása miatt) 0,00 m. A szórás ebben az esetben 12 cm, tehát az átlagos értéktől átlagosan kevéssel több mint 10 cm-rel térnek el az RTK UAV-alapú pontok a GPS mérések eredményeitől (*3. ábra* „A" rész).

Az interkvartilis félterjedelem 9 cm (–2–7 cm), ami véleményünk szerint nagyon jó eredménynek mondható. A kiugró értékek kerekítve 20–30 cm-es eltérései mérsékeltnek mondhatók.

Azon pontoknál, ahol zavaró tényezők (legtöbbször faágak) befolyásolták a modell számítását, az átlagos eltérés 74 cm. Ezeken a pontokon tehát a modell mintegy „megemelkedett" a valódi felszínhez képest. A szórás értéke 2,6 m, melyet a *3. ábra* „B" részén látható kiugró értékekkel magyarázunk. Az interkvartilis félterjedelem 15 cm (8–23 cm), tehát a zavaró hatásoktól mentes pontokéhoz képest majdnem a duplája. Bár a két interkvartilis félterjedelem jól elkülöníthető egymástól, és a zavaró hatások alatt álló pontok átlagértéke lényegesen eltér a jó rálátással bíró pontokhoz képest, összességében látható, hogy az eltérések zöme még ezen eseteknél is csupán 10–20 cm között mozog, a néhány kiugró érték húzza el erőteljesen itt a statisztikát.



3. ábra A kétféle méréssel kapott pontok összehasonlítása

Összességében elmondható, hogy az RTK rendszert használó UAV a várakozások szerinti modell generálásához nyújtott megfelelő alapot (DJI Phantom4, 2019). Ehhez természetesen hozzájárult a feldolgozó szoftver is, mely kis hibával végezte el a légiháromszögelést, tömbkiegyenlítést és felszínmodell generálást. Az RTK UAV által megalapozott modell homogén, jó minőségű adatbázis, mely jó rálátási viszonyok között általában 10 cm-nél kisebb abszolút vertikális hibával rendelkezik (miután a vetületi különbségekből adódó átlagos eltérés kompenzáltuk).

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az NKFIH által támogatott KH 130427, valamint az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Köszönjük a MyActionCam-nek a Phantom4 RTK készüléket.

Köszönjük a Geotools Europe GNSS Kft.-nek a korrekciós adatokat.

Irodalom

Aber, J. S. – Marzolff, I. – Ries, J. B. (2010): Small-Format Aerial Photography. ISBN: 978-0-444-53260-2.

DJI Phantom4, 2019. https://www.dji.com/hu/phantom-4-rtk/info

Grayson, B. – Penna, N. T. – Mills, J. P. – Grant, D. S. (2018): GPS PRECISE POINT POSITIONING FOR UAVPHOTOGRAMMETRY. The Photogrammetric Record. DOI: 10.1111/phor.12259

Mészáros, J. – Pánya, I. – Petkes, Zs. – Szücsi, F. (2017): Térinformatika és fotogrammetria alkalmazási lehetőségei a régészetben. In: Balázs, B. (ed.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII. ISBN 978-963-318-638-1.

Szatmári, J. – Tobak, Z. – Mucsi, L. – Mészáros, M. (2006): Digitális domborzatmodellek előállítása és alkalmazása sztereo CORONA űrfelvételek alapján. In: Geodézia és kartográfia, 58(3), ISSN 0016-7118 006.

Telbisz, T. – Székely, B. – Timár, G. (2013): Digitális Terepmodellek. ISBN 978-963-284-372-8.

Tóth, Cs. – Nagy, P. – Pethe, M. – Tildy, P. – Braun, M. – Prónay, Zs. (2017): Geofizikai módszerek alkalmazása a kunhalom-kutatásban. In: Balázs, B. (ed.) 2017. Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII. P. 462. ISBN 978-963-318-638-1.

Yakar, M. – Murat, Yilmaz, H. M. (2008): Using in volume computing of digital close range photogrammetry. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37.

Hosszútávú vegetációterjedés-monitoring a Tisza-tó területén spektrális indexek alkalmazásával

Szabó Loránd[1] – Szabó Szilárd[2]

[1] PhD hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, szabolorand.geo@mail.com
[2] tanszékvezető egyetemi tanár, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, szaboszilard.geo@mail.com

Abstract: Wetlands are important natural habitats, but several threatening factors affect them, e.g. aridity, pollution, and succession. Researchers must observe these habitats to help planners and decision makers to maintain these habitats. Remote sensing is efficient to monitor these areas, by their long-term availability, and good spatial and temporal resolution. In this case study we performed a long-term analyses using vegetation and water spectral indices at the Lake Tisza to reveal the vegetation spread over the area. We evaluated the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) values of 10 delineated basins, and we also observed the percentage of open water and aquatic vegetation ratio between 1984 and 2017 by 20 cloud free Landsat imagery. We specified the most and less threatened basins for the management to focus on these areas.

Bevezetés, áttekintés

A távérzékelt felvételek alapvető fontosságúak a nagy területekről történő gyors adatgyűjtésben. Segítségükkel vizsgálhatjuk a Föld felszínét, valamint nyomon követhetjük a környezeti rendszerek változásait (Meyer – Turner 1992; Mas 1999; Regmi et al. 2012; Sterling et al. 2013; Gulácsi – Kovács 2018). Az űrfelvételek (pl. Landsat, SPOT; Han et al. 2015; Yuan et al. 2005; Galat et al. 1990) hosszútávra visszanyúló konzisztens adatforrást jelentenek a kutatók számára. A szenzorok visszatérési ideje a műholdaktól függően 16 és egy nap között változik a legnépszerűbb műholdak (Landsat, Sentinel, Planet Labs, MODIS; Zhao et al. 2009; Foster et al. 2015; Claverie et al. 2018; Pahlevan et al. 2019) esetében. Minél jobb időbeli felbontással gyűjtünk adatokat, annál jobban meg tudjuk határozni az adott területen végbemenő változásokat (Turner et al. 1994; Lambin et al. 2001), és a változások okaira is annál pontosabb magyarázattal tudunk szolgálni, ezáltal segítve a tervezők és döntéshozók munkáját.

A vizes élőhelyek rendkívül fontos elemei az ökoszisztémának. Ezen élőhelyek megőrzése érdekében fontos az adott területről hosszútávú és naprakész adatokat szolgáltatni a természet- és környezetvédelem számára a víz minőségéről és mennyiségéről, valamint a felszínborítás állapotáról és változásairól (Rembold et al. 2000; Östlund et al. 2001; Scheffer – van Nes 2007; Matthews – Endress 2010; Tanos et al. 2015). A magyarországi tavaknak és vizes élőhelyeknek számos problémával kell szembenéznie. A klímaváltozás hatására növekszik a szárazság, a

kisebb víztestek vízhiánnyal is küzdhetnek. A nagyobb tavakra inkább a különböző forrásokból származó szennyeződések jelentenek veszélyt. A tápanyagtöbblet hatására fokozódik az eutrofizáció, amit könnyebb megelőzni, mint visszafordítani (Rátz – Vizi 2004; Csete et al. 2013).

A Tisza-tavi vegetáció és a víz monitoringját a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság végzi terepi mérések, valamint légi- és űrfelvételek segítségével. Spektrális indexek használata tovább növelheti a monitoring hatékonyságát. Büttner et al. (1987) Landsat felvételekből nyert spektrális indexek alapján klorofilltartalmat határozott meg egyéb vízminőségi paraméterek mellett. Li et al. (2015) spanyol mintaterületen végezte vizes élőhelyek monitoringját spektrális indexek (pl. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI), Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) alapján. Balázs et al. (2018) Landsat felvételekből nyert MNDWI indexek osztályozási pontosságát vizsgálta.

Bár a spektrális indexek használata már az 1970-es évektől elterjedt a vizek és a vegetáció monitoringjában, a Tisza-tó esetében hosszútávú alkalmazásukra nincs példa. A külföldi szakirodalomban találunk példát hosszútávú változásvizsgálatra spektrális indexek segítségével (Omute et al. 2012; Orhan et al. 2014), de ezek nem vizsgálták a vegetáció dinamikáját a víztestek esetében. A külföldi példák többsége a kis geometriai felbontású MODIS szenzor felvételeit használja. A Landsat szenzorok 30 méteres felbontása viszont alkalmasabb hasonló vizsgálatok elvégzésére (Szabó et al. 2019).

Az alábbi esettanulmányban a Tisza-tó több mint 30 évet átölelő változásvizsgálatát mutatjuk be NDVI és MNDWI spektrális indexek alkalmazásával.

Esettanulmány

A Tisza-tó egy mesterségesen kialakított víztározó, szabályozott vízszinttel (Kelemenné Szilágyi – Végvári 2011). A terület felszínborítására jellemzőek az erdők, a lágyszárú vegetáció, a vízinövényzet és a nyílt vizek (Szabó et al. 2016; Szabó et al. 2019). A fő vizsgálati szempont a vízinövények terjedésének detektálása a nyílt víztestekkel szemben. A vizsgálat célkitűzései között szerepel, hogy van-e trend a vízi növényzet terjedésében, illetve, hogy mely medencék a legveszélyeztetettebbek a szukcesszió szempontjából.

A vizsgálathoz 10 víztestet különítettünk el a mintaterületünkön belül (*1. ábra*). A területről korábbi vizsgálatok alapján a vegetációs periódus maximuma körüli július végi, augusztus eleji Landsat felvételeket gyűjtöttünk. 1984 és 2017 között 20 megfelelő, felhőzetmentes felvétel fedi le a vizsgált időszakot.

A 10 medencén belül MNDWI vízindex segítségével évenként meghatároztuk a nyílt víztestek helyét, majd NDVI vegetációs index segítségével értékeltük külön a nyílt vizek, a vegetációval borított területek, valamint a teljes medencék területét.



1. ábra A mintaterület és a 10 lehatárolt medence elhelyezkedése

Ahol a nyílt vizek esetében is magas (0–0,5) NDVI értékeket találtunk ott a vízi vegetáció nagyobb arányban van jelen, illetve a szukcesszió is előrehaladott állapotot mutat. Emellett évenként megvizsgáltuk a medencék százalékos nyílt víz arányát, melyeket összesítve megkaptuk a vegetációborítás gyakoriságának térbeli eloszlását.

A két vizsgálat eredményeit összevetve egyértelmű növekvő trend mutatkozik a vegetáció terjedésében. A legveszélyeztetettebbek a hármas, hatos és hetes számú medencék, azok magas NDVI-értékei és alacsony százalékos nyílt víz arányuk miatt. A legkevésbé veszélyeztetettebbek pedig az egyes, kettes és ötös számú, nagy nyílt vízfelülettel rendelkező medencék. A többi medence esetében érdemes a megelőzésre koncentrálni.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 „Debrecen Venture Catapult program” támogatta.

Irodalomjegyzék

Balázs, B. – Bíró, T. – Dyke, G. – Singh, S. K. – Szabó, S. (2018): Extracting water-related features using reflectance data and principal component analysis of landsat images. Hydrological Sciences Journal, 63(2), pp. 269–284.

Büttner, G. – Korandi, M. – Gyömörei, A. – Köte, Z. – Szabó, G. (1987): Satellite remote sensing of inland waters: Lake balaton and reservoir kisköre. Acta Astronautica, 15(6-7), pp. 305–311.

Claverie, M. – Ju, J. – Masek, J. G. – Dungan, J. L. – Vermote, E. F. – Roger, J. – Justice, C. (2018): The harmonized landsat and sentinel-2 surface reflectance data set. Remote Sensing of Environment, 219, pp. 145–161.

Csete, M. – Pálvölgyi, T. – Szendrő, G. (2013): Assessment of climate change vulnerability of tourism in hungary. Regional Environmental Change, 13(5), pp. 1043–1057.

Foster, C. – Hallam, H. – Mason, J. (2015): Orbit determination and differential-drag control of planet labs cubesat constellations. arXiv Preprint arXiv:1509.03270,

Galat, D. L. – Verdin, J. P. – Sims, L. L. (1990): Large-scale patterns of nodularia spumigena blooms in pyramid lake, nevada, determined from landsat imagery: 1972–1986. Hydrobiologia, 197(1), pp. 147–164.

Gulácsi, A. – Kovács, F. (2018): Drought monitoring of forest vegetation using MODIS-based normalized difference drought index in hungary. Hungarian Geographical Bulletin, 67(1), pp. 29–42.

Han, X. – Chen, X. – Feng, L. (2015): Four decades of winter wetland changes in poyang lake based on landsat observations between 1973 and 2013. Remote Sensing of Environment, 156, pp. 426–437.

Kelemenné Szilágyi, E. – Végvári, P. (2011): A kiskörei tározó (tisza-tó) makrovegetációja – ahol nagy a sulyom mező, ott tömeges a rucaöröm. [The Macro-Vegetation of the Kisköre-Reservoir (Lake Tisza)] ECONOMICA - A Szolnoki Fõiskola Tudományos Közleményei, IV(12), 83.

Lambin, E. F. – Turner, B. L. – Geist, H. J. – Agbola, S. B. – Angelsen, A. – Bruce, J. W. – Folke, C. (2001): The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths. Global Environmental Change, 11(4), pp. 261–269.

Li, L. – Vrieling, A. – Skidmore, A. – Wang, T. – Muñoz, A. – Turak, E. (2015): Evaluation of MODIS spectral indices for monitoring hydrological dynamics of a small, seasonally-flooded wetland in southern spain. Wetlands, 35(5), pp. 851–864.

Mas, J. (1999): Monitoring land-cover changes: A comparison of change detection techniques. International Journal of Remote Sensing, 20(1), pp. 139–152.

Matthews, J. W. – Endress, A. G. (2010): Rate of succession in restored wetlands and the role of site context. Applied Vegetation Science, 13(3), pp. 346–355.

Meyer, W. B. – Turner, B. L. (1992): Human population growth and global land-use/cover change. Annual Review of Ecology and Systematics, 23(1), pp. 39–61.

Omute, P. – Corner, R. – Awange, J. L. (2012): The use of NDVI and its derivatives for monitoring lake victoria's water level and drought conditions. Water Resources Management, 26(6), pp. 1591–1613.

Orhan, O. – Ekercin, S. – Dadaser-Celik, F. (2014): Use of landsat land surface temperature and vegetation indices for monitoring drought in the salt lake basin area, turkey. TheScientificWorldJournal, 2014, 142939. doi:10.1155/2014/142939

Östlund, C. – Flink, P. – Strömbeck, N. – Pierson, D. – Lindell, T. (2001): Mapping of the water quality of lake erken, sweden, from imaging spectrometry and landsat thematic mapper. Science of the Total Environment, 268(1–3), pp. 139–154.

Pahlevan, N. – Chittimalli, S. K. – Balasubramanian, S. V. – Vellucci, V. (2019): Sentinel-2/landsat-8 product consistency and implications for monitoring aquatic systems. Remote Sensing of Environment, 220, pp. 19–29.

Rátz, T. – Vizi, I. (2004): The impacts of global climate change on water resources and tourism: The responses of lake balaton and lake tisza. Advances in Tourism Climatology, 82.

Regmi, P. – Grosse, G. – Jones, M. C. – Jones, B. M. – Anthony, K. W. (2012): Characterizing post-drainage succession in thermokarst lake basins on the seward peninsula, alaska with TerraSAR-X backscatter and landsat-based NDVI data. Remote Sensing, 4(12), pp. 3741–3765.

Rembold, F. – Carnicelli, S. – Nori, M. – Ferrari, G. A. (2000): Use of aerial photographs, landsat TM imagery and multidisciplinary field survey for land-cover change analysis in the lakes region (ethiopia). International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2(3–4), pp. 181–189.

Scheffer, M. – van Nes, E. H. (2007): Shallow lakes theory revisited: Various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. Shallow lakes in a changing world (pp. 455–466) Springer.

Sterling, S. M. – Ducharne, A. – Polcher, J. (2013): The impact of global land-cover change on the terrestrial water cycle. Nature Climate Change, 3(4), 385.

Szabó, L. – Burai, P. – Deák, B. – Dyke, G. J. – Szabó, S. (2019): Assessing the efficiency of multispectral satellite and airborne hyperspectral images for land cover mapping in an aquatic environment with emphasis on the water caltrop (trapa natans). International Journal of Remote Sensing, 1–24. doi:10.1080/01431161.2019.1579383

Szabó, L. – Deák, M. – Szabó, S. (2016): Comparative analysis of landsat TM, ETM+, OLI and EO-1 ALI satellite images at the tisza-tó area, hungary. Acta Geographica Debrecina Landscape & Environment, 10(2), 53. doi:10.21120/LE/10/2/1

Tanos, P. – Kovács, J. – Kovács, S. – Anda, A. – Hatvani, I. G. (2015): Optimization of the monitoring network on the river tisza (central europe, hungary) using combined cluster and discriminant analysis, taking seasonality into account. Environmental Monitoring and Assessment, 187(9), 575.

Turner, B. – Meyer, W. B. – Skole, D. L. (1994): Global land-use/land-cover change: Towards an integrated study. Ambio.Stockholm, 23(1), pp. 91–95.

Yuan, F. – Sawaya, K. E. – Loeffelholz, B. C. – Bauer, M. E. (2005): Land cover classification and change analysis of the twin cities (minnesota) metropolitan area by multitemporal landsat remote sensing. Remote Sensing of Environment, 98(2–3), pp. 317–328.

Zhao, B. – Yan, Y. – Guo, H. – He, M. – Gu, Y. – Li, B. (2009): Monitoring rapid vegetation succession in estuarine wetland using time series MODIS-based indicators: An application in the yangtze river delta area. Ecological Indicators, 9(2), pp. 346–356.

Az ártér geomorfológiájának szerepe a nehézfémek mintázatában Sajó menti mintaterületen

Szabó Zsuzsanna[1] – Szabó József[2] – Tomor Tamás[3] – Baranyai Edina[4] – Prokisch József[5] – Szabó Szilárd[6]

[1] doktorjelölt, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.zsuzsanna@science.unideb.hu
[2] professor emeritus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.jozsef@science.unideb.hu
[3] főiskolai docens, Debreceni Egyetem Távérzékelési Szolgáltató Központ, tomor.tamas@unideb.hu
[4] egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, baranyai.edina@science.unideb.hu
[5] egyetemi docens, Debreceni Egyetem Állattenyésztési nem önálló Tanszék, jprokisch@agr.unideb.hu
[6] tanszékvezető egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.szilard@science.unideb.hu

A folyók időről időre kilépnek medrükből és nemcsak hordalékanyagukat rakják le árterükre, hanem velük együtt nehézfémek is kiülepedhetnek, melyek feldúsulása és a táplálékláncba való bekerülése potenciális veszélyforrást jelent az élő szervezetekre nézve. A folyók által létrehozott ártéri formák eltérő morfológiájuk révén sajátos vízgazdálkodással, növényborítottsággal rendelkeznek, melyek befolyásolják a formák talajtani sajátságait, és hatással vannak a fémek megkötődésére is. Jelen munkánkban egy Sajó menti mintaterület nehézfém eloszlását elemeztük. A területről rendelkezésünkre állt egy LIDAR alapú domborzatmodell, mely alapján vizsgáltuk az ártér mikrodomborzati sajátságait. A vizsgált ártéren három jellegzetes felszínformát különítettünk el: a „formaszegény" ártéri síkok, az elhagyott folyómedrek és a medreket kísérő folyóhátak. A három ártéri formából talajmintákat (0–25 cm) gyűjtöttünk be, melyeknek vizsgáltuk a szemcseösszetételét, a szervesanyag-tartalmát, valamint a következő elemek koncentráció tartalmait: Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn. Eredményeink szerint a vizsgált fémek koncentrációja egyik esetben sem haladta meg a szennyezettségi határértékeket, a Cd és Ni mérhető határérték alatti koncentrációban voltak jelen a mintákban. A legalacsonyabb fémkoncentrációt az ártéri sík mintáinál mértük, amely egyben a szervesanyag-tartalom tekintetében is alacsonyabb értékeket mutatott, mint a másik két geomorfológiai forma. A legmagasabb fémkoncentrációkat az elhagyott medrekből vett mintáknál találtuk, a réz, cink és az ólom esetében másfélszerese az ártéri sík mintáinak. A szervesanyag-tartalom a folyóhátak esetében volt a legmagasabb. A talaj fizikai féleségét vizsgálva a mintaterület legnagyobb része vályogtalaj, az elhagyott medrek és hátak esetében találtunk néhány magasabb iszap tartalmú mintát, amelyek így az iszapos vályog textúraosztályba tartoznak. Összességében elmondható, hogy a vizsgált ártér talaja fizikai féleségét illetően viszonylag egyöntetű, a fémmintázat tekintetében találthatók eltérések a különböző morfológiai formáknál. A magasabb fémkoncentráció általában negatív geomorfológiához és magasabb humusztartalomhoz köthető.

A geoinformatikai alapú megközelítés jó alapot ad a területi különbségek magyarázatában, és más ártereken is segítséget nyújthat annak felderítésében, hogy melyek az ártér azon részei, amelyekben a geomorfológiai különbségek miatt a fémek nagyobb valószínűséggel feldúsulhatnak.

A kutatást az Emberi Erőforrások Minisztérium ÚNKP-18-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja támogatta.

Övzátonyok és sarlólaposok nehézfém mintázatának vizsgálata rakamazi mintaterületen

Szabó Zsuzsanna[1] – Szabó József[2] – Tomor Tamás[3] – Baranyai Edina[4] – Prokisch József[5] – Szabó Szilárd[6]

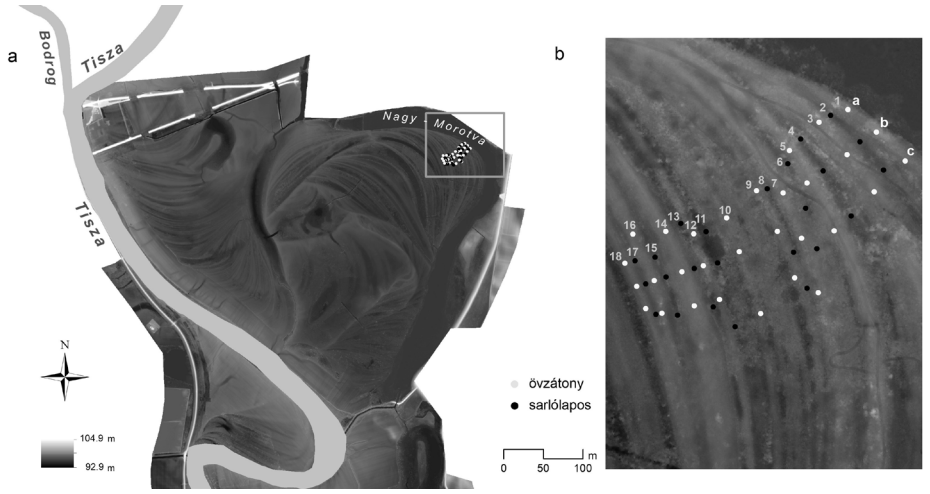
[1] doktorjelölt, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.zsuzsanna@science.unideb.hu
[2] professor emeritus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.jozsef@science.unideb.hu
[3] főiskolai docens, Debreceni Egyetem Távérzékelési Szolgáltató Központ, tomor.tamas@unideb.hu
[4] egyetemi adjunktus, Debreceni Egyetem Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, baranyai.edina@science.unideb.hu
[5] egyetemi docens, Debreceni Egyetem Állattenyésztési nem önálló Tanszék jprokisch@agr.unideb.hu
[6] tanszékvezető egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.szilard@science.unideb.hu

Absztrakt: Ridge-and-swale topography is a conspicuous feature of meander lobes. They are left due to lateral shifting of river. In our work we focus on the ridge-and-swale topography from the aspect of their influence on the metal accumulation. Topsoil samples were taken from point bars and swales of the floodplain of the Tisza River. The concentrations of six heavy metals (Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb) were determined. Our results have shown that there were significant difference between bars and swales in case of five metals: Cr, Ni, Cu, Zn, Pb.

Bevezetés

A folyóvíz felszínformáló munkájának köszönhetően változatos ártéri formák keletkeznek, melyek hazai folyóinkat is végigkísérik. A formák eltérő morfológiai, szedimentológiai, talajtani és vízgazdálkodási adottságokkal rendelkeznek. E különbségekből adódóan eltérő lefolyási és üledékfelhalmozósási folyamatok jellemzik őket, amelyek más-más hasznosítást tesznek lehetővé, illetve különböző élőhelyi feltételeket, növényborítottságot biztosítanak (Szabó 2008; Gábris 2013; Ortmann-Ajkai et al. 2014; Szabó et al. 2018). Az árterek felszínformáit elsősorban az árvizek alakítják, de a változó formák maguk is hatással vannak a hullámtéren lerakódó üledékek, így a különböző fémek akkumulációjára (Szalai et al. 2005). Mivel a nehézfémek akkumulációja és bekerülése a táplálékláncba potenciális veszélyforrás, és a tiszai hullámtér nagyrésze mezőgazdasági hasznosítás alatt áll, fontos a lerakódó fémek mennyiségének és térbeli eloszlásának vizsgálata (Szabó et al. 2009).

Jelen munka keretében sarlólapos-övzátony sorozat nehézfém mintázatát vizsgáljuk egy tiszai ártéren. Célunk a két formatípusban (sarlólapos és övzátony) a nehézfém-felhalmozódás mintázat sajátosságainak elemzése volt, és annak a megállapítása, hogy van-e szignifikáns különbség közöttük a fémek akkumulációjában.



1. ábra A mintaterület elhelyezkedése, a talajmintavételi helyek

Anyag és módszer

A vizsgált ártér a Tisza mentén található a Bodrog betorkollása alatti szakaszon (a rakamazi Nagy-Morotva szomszédságában – *1a. ábra*). A terület ártéri formákban gazdag, fő formái a sarlólapos-övzátony sorozatok, melyek a Tisza folyamatos középvonal eltolódása következtében maradtak hátra. Helyzetüket és típusaikat korábbi munkáinkban (Szabó et al. 2015; Szabó et al. 2017) már részletesen bemutattuk. A sarlólapos-övzátony sorozatok fejlettségüktől és utólagos átalakulásuktól függően hol erőteljesebben, hol kevésbé látszódnak. A mintaterület egyes részeit sűrű növényzet borítja, más részein viszonylag kevesebb a vegetáció a legeltetés, illetve kaszálás következtében.

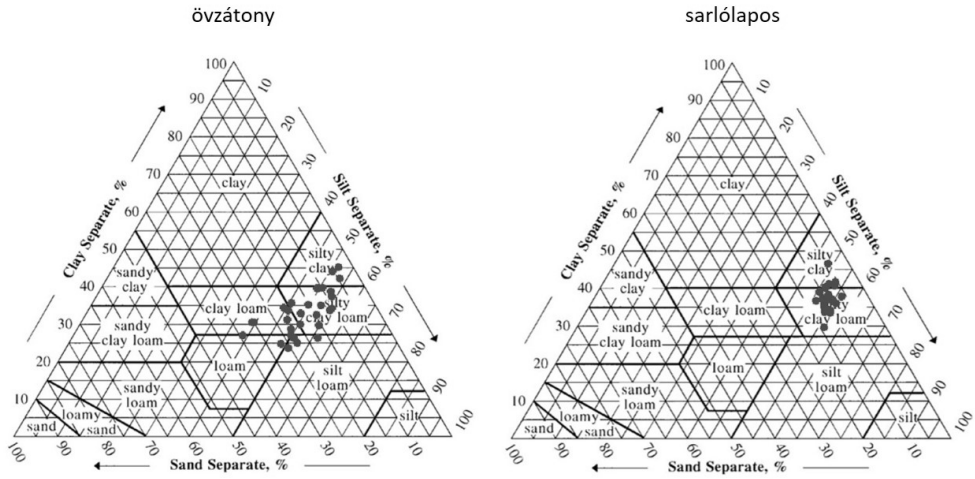
Talajmintákat gyűjtöttünk be 10 övzátonyból és 8 sarlólaposból, 3 transzekt mentén (a, b, c), 0–25 cm mélységből (*1b. ábra*). A minták (összesen 54 db) szemcseösszetételét Köhn-pipettás, a humusztartalmat Tyurin módszerrel határoztuk meg. A talajok fémtartalmát a H_2O_2+HNO_3-feltárással, MP-AES 4200 típusú analitikai készülékkel határoztuk meg.

A statisztikai vizsgálat során Mann-Whitney-próbát alkalmazva vizsgáltuk, hogy van-e különbség a két formaelem között a következő nehézfém koncentrációk esetében: Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn.

A fém adatok, illetve az ártér LiDAR alapú domborzatmodelljéből kapott magassági adatok standardizálása (z-score) után, megnéztük, hogy hogyan viszonyulnak a fémkoncentrációk a tengerszint feletti magasságokhoz.

Eredmények

A szemcseösszetétel tekintetében, ha átlagértéket nézünk, az övzátony esetében a frakciók 18,3%-a tartozik a homok, 32,5%-a az agyag és 49,2%-a az



2. ábra A sarlólaposok és övzátonyok szemcseösszetételének %-os megoszlása

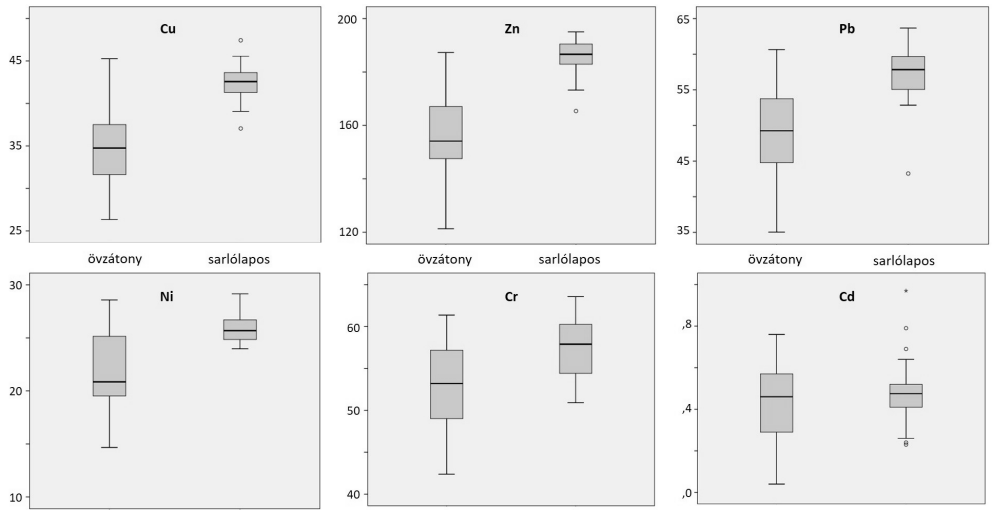
1. táblázat A sarlólaposok és övzátonyok mintáinak átlagos nehézfémtartalma

(mg/kg)	övzátony	sarlólapos
Cd	0.4	0.5
Cr	52.7	57.4
Cu	34.7	42.4
Ni	21.7	25.8
Pb	48.7	57.2
Zn	156.0	185.5

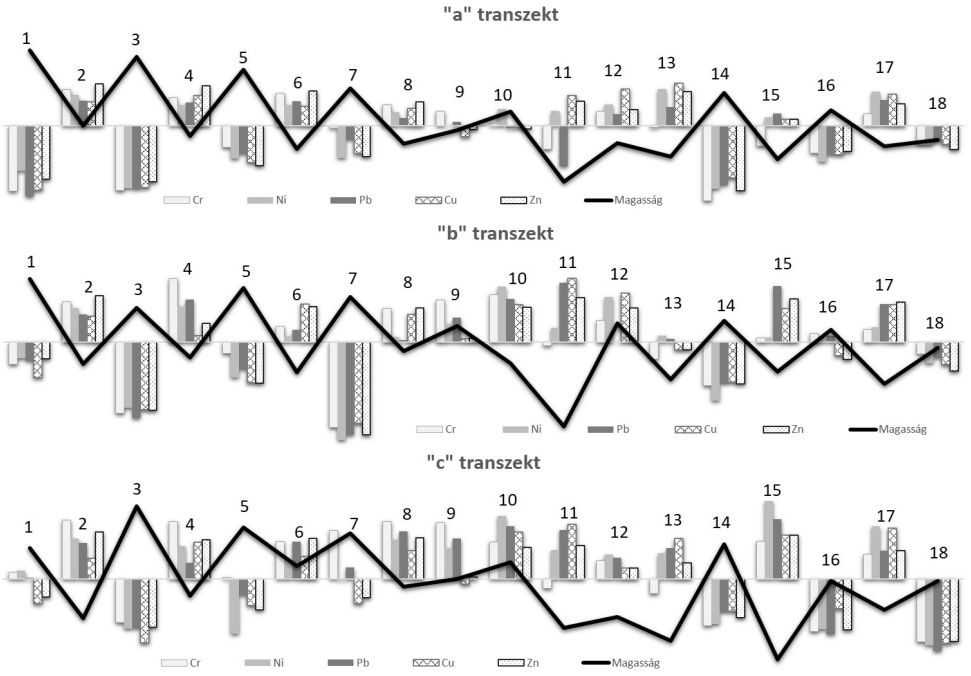
iszap szemcsefrakcióba. A sarlólaposnál alacsonyabb a homokfrakció, 10,4%, és magasabb az agyag- és az iszapfrakció, 36,8 % és 52,8 %, aránya. Az övzátonyokból vett minták változatosabb szemcseösszetétel eloszlást mutatnak, mint a sarlólaposok mintái (*2. ábra*). A humusztartalom átlagos értéke a sarlólaposokban magasabb, (5,04 ±1,4%), mint az övzátonyok esetében (4,35±1,1%).

Az *1. táblázatban* láthatók a fémek átlagos koncentráció értékei (mg/kg). A *3. ábra* boxplot-diagramjai formánként bemutatják a hat vizsgált fém esetében a mediánt, az alsó és felső kvartiliseket, a 1,5-szeres interkvartilis terjedelmet, valamint a kiugró értékeket.

A Mann-Whitney-próba eredménye szerint a réz, a cink, az ólom, a nikkel és a króm koncentrációi szignifikánsan ($p<0,05$) magasabbak a sarlólaposok esetében, mint az övzátonyokból begyűjtött mintáknál. Egyedül a kadmium nem mutat szignifikáns eltérést, viszont az átlagos koncentráció itt is magasabb a sarlólaposnál.



3. ábra A sarlólaposok és övzátonyok nehézfém koncentrációinak jellemzői (függőleges tengely: fémkoncentrációk, mg/kg)



4. ábra Relatív fémkoncentrációk a magasságok tükrében a sarlólapos-övzátonysorok transzektjei mentén (oszlopok: fémkoncentrációk z-score értékei; a fogazott vonal kiugrásai az övzátonyokat, beékelődései a sarlólaposokat jelzik)

Ha a formák nehézfém-koncentrációit a transzektek mentén vizsgáljuk (*4. ábra*), a következő megállapításokat tehetjük.

(1) A fémtartalmak és a magasság ellentétes viszonya mindhárom transzekt mentén egyértelműen kirajzolódik az első 6, a 8-as, a 14-es és a 17-es formánál. Ide sorolhatók még a 7-es, a 11-es, a 15-ös és a 16-os formák is, annyi kitétellel, hogy a fémek közül a króm és az ólom egy-egy esetben eltérően viselkedik.

(2) Azok az övzátonyok (9-, 10- és 12-es), amelyek az ártér viszonylag alacsonyabb részén találhatók, a mellettük, illetve közöttük fekvő sarlólaposokkal mutatnak hasonlóságot, mind a három transzekt mentén.

(3) A sarlólaposokról egy-egy esetet leszámítva elmondható, hogy a fémkoncentrációk és a magasság ellentétesen mozognak. A mélyebb részek fémtartalma magasabb. Legtöbb esetben a króm képez ez alól kivételt, amelynek a 11-es és 13-as sarlólapos mindhárom transzektjében, valamint a 15-ös sarlólapos „a" transzektje esetében is viszonylag alacsony a koncentrációja.

Konklúzió

Az övzátonyok nagyvizek idején keletkeznek, amikor a folyó hordalékszállító-képessége megnövekszik és a szállított anyag is durvábbá válik. A sarlólaposokban az árvíz visszahúzódása után maradó pangó vizekből lassan finomabb anyag ülepszik le. Ez a magyarázata annak, hogy az övzátonyoknál változatosabb szemcseösszetételt találtunk, illetve hogy a homokfrakció nagyobb arányban van jelen, mint a sarlólaposokban. A homokfrakció magasabb aránya kisebb mértékű fémmegkötést tesz lehetővé. A sarlólaposokra magasabb iszap- és agyagtartalom jellemző, mint az övzátonyokra, illetve általában sűrűbb a növényborítottságuk, ami talajuk magasabb szervesanyag-tartalmában is megmutatkozik. Ez utóbbi kedvez a fémek megkötődésének. Mivel az övzátonyok pozitív formák, tehát magasabban helyezkednek el a szomszédos sarlólaposoknál, így a nehézfémek utólag is könnyebben kimosódhatnak e formákból, és összegyűlhetnek az alacsonyabban fekvő laposokban. Ezt támasztja alá az a tény is, hogy a megvizsgált formáknál a sarlólaposból vett minták fémkoncentrációi rendszerint magasabbak voltak, illetve, hogy azoknál az övzátonyoknál is magasabb fémkoncentrációkat mértünk, amelyek bár pozitív formák, de az ártér alacsonyabb részein találhatók, és a mellettük fekvő sarlólaposoktól nem különülnek el markánsan, így esetükben a kimosódás helyett inkább az felhalmozódási folyamatok dominálnak.

Összességében elmondható, hogy a sarlólaposok és az övzátonyok eltérő morfológiája, illetve talajtani sajátságai szignifikáns különbséget eredményeznek a Cr, Cu, Ni, Pb és Zn területi mintázatában a vizsgált mintaterületen.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az Emberi Erőforrások Minisztérium ÚNKP-18-3 kódszámú Új

Nemzeti Kiválóság Programja és az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 „Debrecen Venture Catapult Program” támogatta.

Felhasznált irodalom

Gábris Gy. (2013): Általános természetföldrajz II. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.

Ortmann-Ajkai A. – Lóczy D. – Gyenizse P. – Pirkhoffer E. (2014): Wetland Habitat Patches as Ecological Components of Landscape Memory in a Highly Modified Floodplain. River Research and Applications, 30, pp. 874–886.

Szabó M. (2008): Vizes élőhelyek helyreállításának elméleti kérdései és gyakorlati vonatkozásai. In: Csorba P. – Fazekas I. (szerk.): Tájkutatás–tájökológia. Meridián Alapítvány, Debrecen, pp. 177–183.

Szabó Sz. – Gosztonyi Gy. – Juhos K. (2009): Az üledék nehézfémtartalmának statisztikai elemzése a Felső-Tisza hullámterén. Hidrológiai Közlöny, 89(1), pp. 50–54.

Szabó Sz. – Tóth Cs. – Bertalan L. – Szabó G. – Szabó Zs. (2018): A biodiverzitás hidrográfiai háttere vízfolyásoknál. In: A biodiverzitásról másképp 3. "A víz: áldás és/vagy átok – gondoljuk újra". Debrecen, Magyarország: MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, p. 12

Szabó Zs. – Szabó Sz. – Szabó J. – Tomor T. – Hunyadi G. (2015): Felszínfejlődési szakaszok és formák vizsgálata LiDAR felmérés alapján a Tisza hullámterén. In: Boda J (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: Térinfomatikai Konferencia és Szakkiállítás, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 387–394.

Szabó Zs. – Tóth Cs.A. – Tomor T. – Szabó Sz. (2017): Airborne LiDAR point cloud in mapping of fluvial forms: a case study of a Hungarian floodplain. GIScience and Remote Sensing, 54, pp. 1–19.

Szalai Z. – Baloghné Di Glória M. – Jakab G. – Csuták M. – Bádonyi K. – Tóth A. (2005): A folyópartok alakjának szerepe a hullámtereken kiülepedő üledékek szemcse- és nehézfém frakcionációjában, a Duna és a Tisza példáján. Földrajzi Értesítő, 54(1–2), pp. 61–84.

Kutatási területek a „Magyarország II. világháborús bombázottsági adatbázisa” projektben

Szikszai Csaba

a hadtudomány kandidátusa, PHAETON Mérnöki Iroda Bt., szikszai.phaeton@gmail.hu

Abstract: More than 40 000 t bombs were dropped on Hungary during WWII, and at least 10–15 % of them did not explode. There are a lot of data in national archives both in Hungary and abroad but without being treated in Hungarian GIS database. This project outlines a geospatial database from based on archives of publications, reports, attack reports and aerial photos. This paper offers the most important research topics of making the Hungary’s World War 2 Bomb bay Database (HWW2BD).

A téma előzményei

Az utóbbi kettő év előadásaiban (Szikszai 2017; Szikszai 2018a, b) követhetők a téma meghatározásának és részleteinek változásai is.

Azóta a projekt fundamentumával – az archív (katonai) légi felvételek feldolgozásával – kapcsolatban lényeges állami döntések születtek; ezek alapján megtörténik az alapanyagok digitális archiválása, majd nyilvános elérésének biztosítása, ezzel pedig megnyílik az alkalmazások széles körének (pl., a bombakockázati térkép készítésének) készítése. Az archiválással és részleteivel e konferencia keretében majd külön előadás foglalkozik.

Egyrészt az elérhető közelségbe kerülő archivált képi alapanyaghalmaz felhasználása, másrészt – az el és meg nem kerülhető – szöveges állományok előállítása során számos érdekes és izgalmas problémával kell szembenézni; ezek közül emel ki néhányat ez az előadás.

A projekt célja és tartalma

A projekt célja változatlanul három, egymásra épülő szolgáltatás megvalósítása:

1. A Magyar Honvédség archív (1944-től keltezett és eddig hozzáférhetetlen) légi felvételeinek webes szolgáltatása településenként.

2. A fenti képállományból az úgynevezett bombázottsági felvételek szolgáltatása. Ezek mind tartalmaznak bombanyomokat – főként bombakrátereket – és az ország településeinek egyharmadát érinthetik.

3. Bombakockázati térkép készítése adott földrajzi helyre. Ekkor a hazai és külföldi légi felvételek, valamint levéltári adatok felhasználásával térinformatikai megoldásokkal különleges tematikus térkép készül.

Az ország bombázottságát leíró adatbázis alapvető részei a „Bombázottsági katalógus” és a „Kráterkatalógus”.

Az első tétel alapvetően szöveges állomány: településneveket, időpontokat tartalmaz bombázó légierőnként; a második lényegében geometriai jellegű; bombakráterek középpontjainak koordinátáit, átmérőit, anomáliáit határozza meg.

Mindkét állománynak részei értelemszerűen a mutatóállományok (ezek a forrásokat – képi és szöveges tételeket – azonosítják).

A katalógusok megbízhatósága és pontossága alapvető mind a felvételek szolgáltatásához, mind a bombakockázati térképek készítéséhez.

(A bombakockázati térkép egyfajta tematikus térképnek tekinthető: területegységre vetítve ábrázolja az adott területen található fel nem robbant bombák valószínűségét.)

A kutatási területek részletezése előtt célszerű az adatbázis adatkörének a fenti funkcionális felosztás mellett egy további, a kronológiát és a geográfiát alapul vevő tagolásának vázlatos áttekintése.

Az adatbázis adatkörének rövid összefoglalása

A bombázottsági adatbázis a II. világháború során Magyarországot ért bombatámadások adatait fogja össze az alábbi behatárolások mentén:

1. Térbeli kiterjedés: a mai magyar állam területe.

A világháború során Magyarország államjogi határai több alkalommal változtak; az időkeretbe eső bombázások nyilván érinthették bármelyik akkori magyar területet, de ezen eseményeket nem vesszük fel az adatkörbe.

2. Időbeli keret: 1941. április 7 – 1945. március 26.

- 1941. április 7.: az első bombák becsapódása magyar területre (Pécs és Szeged környéke),
- 1945. március 26.: az utolsó légitámadás (Szombathely).

3. A közigazgatási érintettség

A bombázások egy 1946-os felmérés alapján az ország minden megyéjét, és 1024 települését érintették (KSH 1946). Ez – sajnos – csupán egy összesített adat, a kiadvány alapjául szolgáló adatfelvételi ívek pedig csak néhány járásról maradtak fenn, megyei levéltárakban.

A továbbiakban az egyes ajánlott kutatási területeket említem meg (kiskapitálissal szedve) a két katalógusra hivatkozva. Az egyes feladatkörökhöz rövid részletezés csatlakozik, amely a bonyolultságot is bemutatja.

I. A „Bombázottsági katalógus”-hoz kapcsolódó kutatási területek

1. A tér – idő – közigazgatási hely – és a mutatóállományok kapcsolatrendszerének optimalizálása

Egy „bombázás” soha nem egy településre (azaz: polgári), hanem katonai célpontra irányult:

- stratégiai esetben egy hadászati célra (pl. ipartelep, közlekedési csomópont, stb.); ezek legtöbbje ugyanakkor egy lakott közigazgatási egységen belül van. Ezeket a Szövetséges Légierő egységei végezték, külföldi képarchívumokban hozzáférhetők, egy példa látható az *1. ábrán*.



1. ábra Almásfüzitő egyik bombázása után készült AAF felvétel
(forrás: Fortepan, képszám: 24307)

- továbbá hadműveleti – harcászati célok mentén, főleg páncélos csoportosítások felszámolására. Ilyen volt például a 10. gárda-lövészhadtest harca a „Margit" vonal áttöréséért 1944. decemberében (*2. ábra*); ez részlet egy kőnyomatos katonai hadműveleti oktatóanyagból.
  A vázlatról látható, hogy a német-magyar védelem peremvonala folytonos, délkeletre fogazott (kék…) Baracska–Peterd–Kápolnásnyék alatt húzódik. E vonal mentén bombáztak a szovjet csatarepülő és bombázó hadosztályok, folytatva azt a Velencei-tó teljes déli partja mentén.
  A szovjet bombázásokról – amelyek nyomai látszódhatnak a saját légi filmjeinken – nincsenek elérhető légi felvételeink, írásos emlékek viszont léteznek.

Egy települést egy napon egy vagy több bombatámadás érhetett, amelyeket azonos, vagy különböző légierő egysége hajthatott végre. A bonyolultságot egy konkrét példa érzékelteti (*3. ábra*). Ekkor a 15. AAF (Army Air Force, Légi Hadsereg) 440 bombázóból és 279 vadászrepülőgépből álló kötelékkel bombázta Budapestet, összesen 24 hullámban, mintegy kettő és fél óra alatt. A támadás megadott célpontjai a Ferencvárosi rendező pályaudvar, a Rákosrendező, a Rákos pályaudvar és a Fantó és Shell olajfinomító voltak. A pontatlan vetések okán az eredeti öt célpontból 14 bombázási helyszín keletkezett.

Végül, meg kell említeni, hogy egy célterületet több, különböző időpontban (célszerűen a bombázások után) készített felvétel ábrázolhat.

Ez megszorításokkal igaz a magyar felvételekre is, ezek mintegy 60%-os átfedése okán.

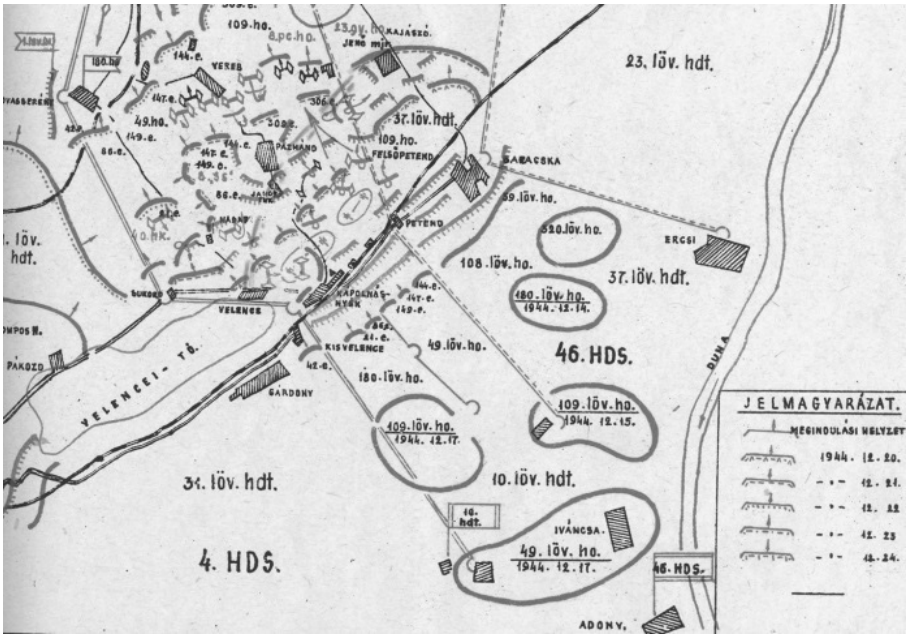
2. A digitalizált szöveges állományok feltárásának javítása

A bombázásokra vonatkozó hivatalos iratok túlnyomó része megsemmisült; a levéltárakban fellelhető dokumentumok pedig feltárásra várnak, de mennyiségük ezt belátható időn belül irreálissá teszi (pl., a Dunai Repülőgépgyár Rt. iratai hagyományos papír alapú adathordozón 27,89 fm-t tesznek ki 215 raktári egységben).

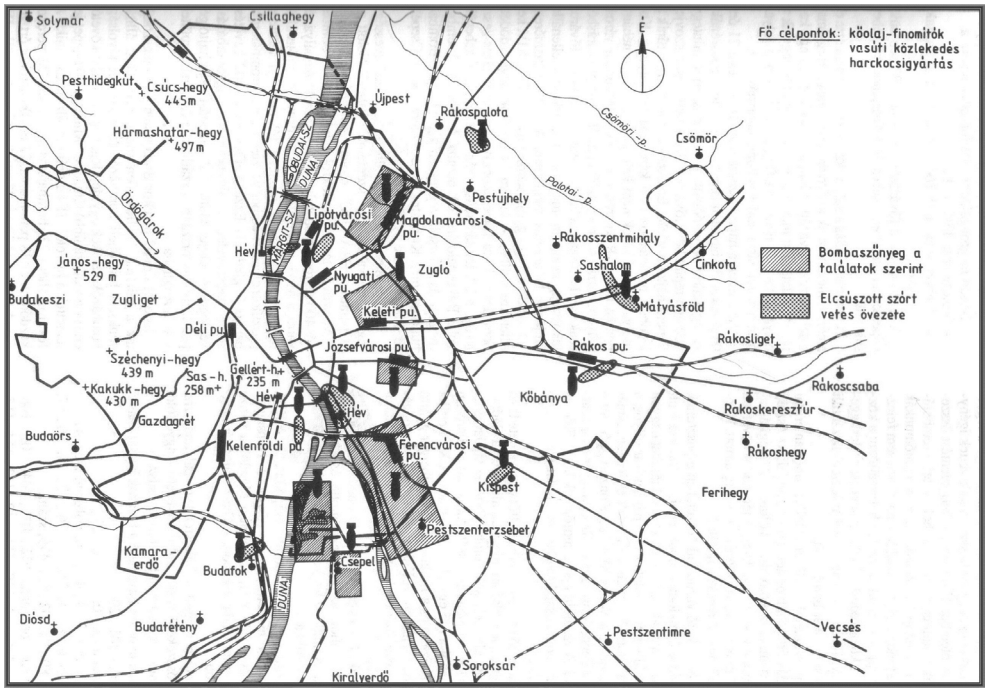
Ugyanakkor egyre több könyvtár, levéltár, vállalkozás (pl. az e-levéltár, Arcanum, stb.) munkájának eredménye egyfajta digitális katalógus, vagy teljes terjedelmében digitalizált szöveg.

Mindenki saját vagy testreszabott keresési technológiát használ, a következmények magukért beszélnek (példa: próbáljon valaki csak tárgyszavakra alapozva keresni egy konkrét művet, mondjuk egy országos gyűjtőkörű szervezet katalógusában…).

A cél tehát feltárási módszerek fejlesztése az ország valamennyi könyvtári és levéltári digitális állományában a bombázások témakörében…



2. ábra A 10. gárda-lövész hadtest támadási terve (megjegyzés: a fenti hadműveleti vázlaton a színek nem észlelhetők, így a jelkulcs – amely azt a saját-ellenség felosztáshoz és az időszámvetéshez is használja – e nyomtatásban nem érvényesül)



3. ábra Budapest 1944. szeptember 17-i bombázásának „térképe”
(forrás: Pataky 1990, 189. oldal)

II. A „Kráterkatalógus”-hoz kapcsolódó kutatási területek

1. Bombakráterek keresése légi felvételeken

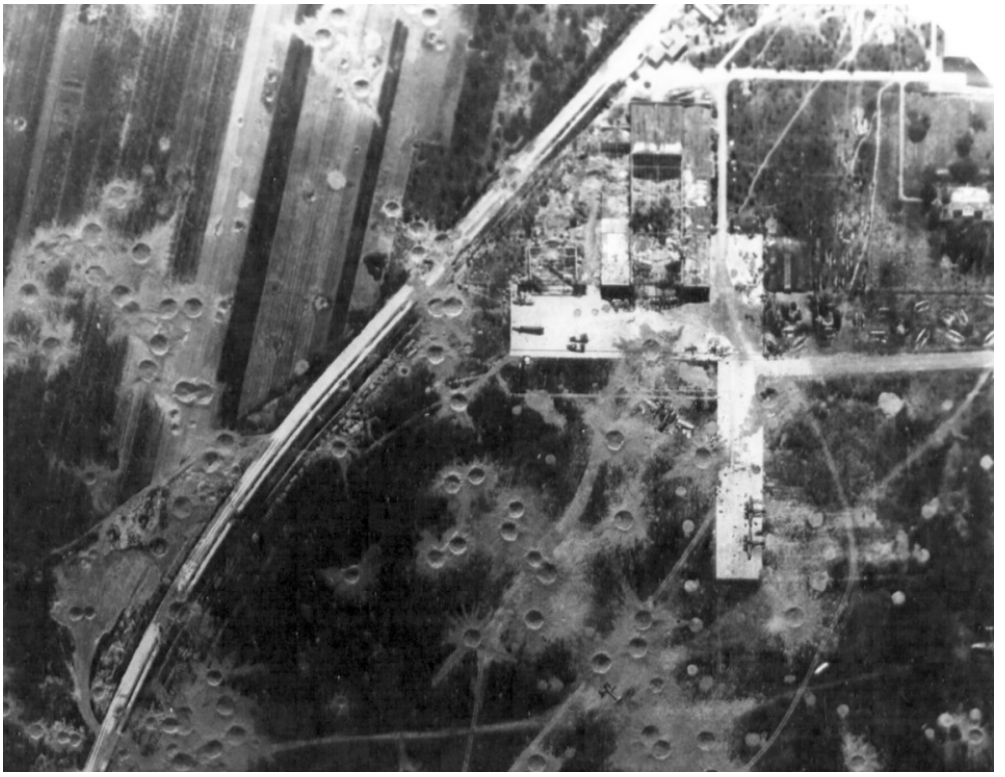
A szóban forgó adathalmaz hozzávetőleg 50 000 db, eredetileg 30x30 cm méretű szürkeárnyalatos, mintegy 70 éves állomány.

Mintegy egyharmaduk mutathat krátert, de ezek kiválasztását – a Bombázottsági katalóguson túl – a képfeldolgozási eljárások alkalmazásával gyorsítani szükséges.

Egy „kráteres” képen a bombatölcsérek azonosítása, geometriai adataik megállapítása sem egyszerű feladat (*4. ábra*). E kép – amely a terület 7 ismert (az AAF) és ismeretlen számú (a RAF és a szovjet légierő) bombázásai között készült – akár teszterülete is lehet a kráterkereső algoritmusoknak.

Az egy képen felismert és azonosított kráter további (azaz: később készült) képeken is szerepelhet – vagy nem, mert más kráterek vagy romok eltakarják – , de a Kráterkatalógusban szerepelnie kellene…

További részterület a www.fentrol.hu meghatározott (azaz: „krátertartalmú”) képeinek tartalom szerinti összevetése a katonai állománnyal.



4. ábra Tököli repülőtér, bombázás után.
(Forrás: „fortepan 24313 képszám, orig: National Archives, évszám: 1944”)

2. Bombakráter helymeghatározása szöveges dokumentumok és légi felvételek együttes alkalmazásával

Számos, nyomtatott („könyv”) megjelenésig eljutott (és talán katalogizált) mű, továbbá ugyan nyomtatásban megjelent, de csak a tájékoztatás helytörténeti szintjén létező alkotás is tartalmaz bombázásra vonatkozó konkrét adatokat.

A szöveges leírás és a hely légi felvételek alapján való összekapcsolása jelentős előre lépés lehet (vö.: „a 10. gárda-lövészhadtest harca a „Margit” vonal áttöréséért 1944. decemberében, (*2. ábra*)).

Felhasznált irodalom

KSH 1946: Statisztikai Szemle 1946, 1–6. szám, 14 p.

Pataky (1990): Pataky I.–Rozsos L.–Sárhidai Gy.: Légi háború Magyarország felett, Zrínyi Kiadó.

Szikszai Cs. (2017): Magyarország II. világháborús bombázottsági adatbázisának létrehozása. In: Balázs B. (szerk) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában, Debreceni Egyetem, Debrecen, pp. 337–342

Szikszai Cs. (2018a): Magyarország II. világháborús bombázottsági adatbázisának tervezése. In: Molnár Vanda Éva (szerk) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IX., Debreceni Egyetem, Debrecen, pp. 341–346.

Szikszai Cs. (2018b): Bombakockázati térkép szolgáltatása. FÉNY-TÉR-KÉP 2018, URL: https://geoiq.hu/2018/10/27/ftk-2018-eloadasok

Felületek a pontfelhőkben

Szutor Péter

Informatikai szakértő, MVMI Zrt., szutorp@mvm-informatika.hu

Absztrakt: A pontfelhők feldolgozása során egyre nagyobb hangsúly tevődik a különböző felületrekonstrukciós eljárásokra. Az ilyen eljárások lehetőséget adnak modellalkotásra, zajcsökkentésre, stb. A tanulmányban azt vizsgálom, hogy Lagrange interpoláció alapú felületrekonstrukció a gyakorlatban (változó sűrűségű, zajos) pontfelhőkön működhet-e. Erre a célra fejlesztettem egy Lagrange interpoláció alapú felületrekonstrukciós algoritmust. A különféle interpolációs eljárások legkritikusabb pontja, hogy sikerüljön olyan összefüggő felületeket találni a pontfelhőben, amelyre az interpoláció elvégezhető; ezen algoritmusnak is leglényegesebb része a felületkereső eljárás.

Bevezető

A pontfelhőkben történő felületrekonstrukció egy egyre népszerűbb kutatási terület. A most legnépszerűbb felületrekonstrukciós eljárások vagy a RANSAC-on (Random Sample Consensus), a Poisson függvényen vagy a Hough transzformáción alapulnak. Ezeken felül vannak mesh alapú algoritmusok, pl. Hoppe algoritmusa, amely elég régi, de a mai napig az egyik legjobban működő módszer. Ezen utóbbi algoritmusok pedig általában egy háló (mesh) létrehozásán (jellemzően Delaunay vagy Voronoi módszerrel létrehozott hálón, illetve Alpha-shape-kell), majd a normálisok felállítása után ezeknek vizsgálatán alapulnak.

Az egészségügy és a geográfia, geofizika területén elterjedt módszer még az ODETLAP (Over Determined Laplace) egyenletrendszer megoldásaként előállítható felületillesztési eljárás.

Az utóbbi évekig nem volt elterjedt a különböző interpolációk felhasználása a felületrekonstrukciós eljárásokban, de pl. a b-spline alapú felületillesztésről egyre több tanulmány jelenik meg. Egyébként általánosságban elmondható, hogy míg 5 éve nagyjából havonta jelentek meg tanulmányok a felületrekonstrukció témájában, mára már szinte minden napra jut egy.

Az utóbbi években megkíséreltem egy Lagrange interpoláció alapú felületrekonstrukciós módszert kifejleszteni és tesztelni, ezt a módszert és az eredményeket fogom ismertetni. A Lagrange interpoláció, ismert korlátai ellenére, azért lett kiválasztva, mert jellemzően az ember alkotta környezet első és másodrendű felületekből áll, ezeknek közelítéséhez viszont a Lagrange megfelelőnek tűnt.

Az algoritmus leírása

Működési séma

Ahhoz, hogy egyáltalán eljussunk az interpolációs együtthatók meghatározásáig, először kell egy olyan algoritmus, amely olyan összefüggő ponthalmazokat választ ki a pontfelhőből, amelyre érdemes megpróbálni egyáltalán az interpolációt. Ezért az eljárás lényegi része az ilyen ponthalmazok megkeresése.

Az eljárás fő lépései:

- Pontfelhő rendezése
- Valószínűsíthetően egybefüggő területek (pontcsoportok) keresése
- Alapsík meghatározása (és közös normális)
- Pontok alapsíkra transzformálása, interpolációs pontok kiválasztása
- Lagrange együtthatók megkeresése, tesztelése
- Lagrange együtthatók, a közös normális és a befoglaló tégla alapján a pontcsoportok összevonása, ezzel előállnak az egybefüggő felületek

Pontfelhő rendezése

A mintafelület keresés céljára kézenfekvő lenne egy voxel vagy octree alapú kockázás, de ezzel csak kisebb ponthalmazokat állítanánk elő, amik nem feltétlenül egy felülethez tartoznak. Az általam alkalmazott megoldás az, hogy elindulok egy pontból, megkeresem az ahhoz legközelebbi pontot, és így tovább.

A sorrend előállítása rendkívül számításigényes, hiszen minden ponthoz ki kell számolnunk az összes pont távolságát, kiválasztani a legkisebbet, a következő pontnál szintén. Ehhez kellett egy olyan NN (Nearest Neighbour) algoritmus, amely egzakt eredményt ad vissza (a gyors NN algoritmusok csak közelítő eredményt adnak), valamint gyorsabb, mint a sima brute-force algoritmus (azaz minden ponthoz minden pontot megnézek).

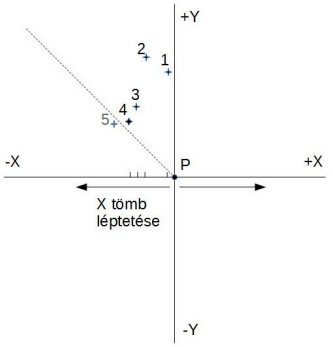
NN algoritmus

Az alapötlet az, hogy rendezett tömbökben gyorsan lehet keresni logaritmikus kereséssel. Ehhez viszont egydimenziós rendezett tömb kell, amit quicksort algoritmussal gyorsan elő tudunk állítani.

A tengelyek szerint rendezett tömbökben megkeresem a pontot, majd minden tengelyen elkezdek lépkedni fel és le irányban. A vizsgált pontnak az adott tengelyen lévő távolságának nagyobbnak kell lenni, mint a többi tengelyen lévő távolságnak, mert akkor a másik irányból vizsgálom. Ha nincs több ilyen pont, akkor annak az irányba történő keresésnek vége. Ezen pontok közül választom ki a legkisebb távolságút. Mivel kevesebb a szorzás (kivonás van), ez gyorsabb.

A vizsgálat akkor ért véget, ha mind a hat irányból elfogytak a pontok, melyek szöge kisebb mint 45 fok.

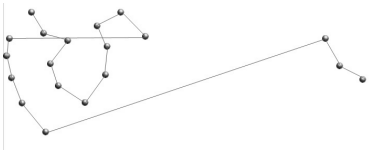
Mivel rendezett a tömb, így hamarabb megtalálom a legközelebbi pontot. De mivel minden tengelyen a legközelebbi pont a másik tengelyen messze lehet, így célszerű *x,y,z* irányban lapokra osztani a teret, és csak az adott lapot vizsgálni, ha abban megtalálható a pont, akkor megvan.



1. ábra Legközelebbi szomszéd keresése

Valószínűsíthetően egybefüggő területek (pontcsoportok) keresése

Az így rendezett pontfelhőn végigmenve az egymás utáni távolságokat vizsgálom, ha ez meghalad egy bizonyos értéket, akkor már valószínűsíthetően egy másik felülethez tartozik. Ezt az értéket az összes távolság átlagának szorzataként állítom elő. Ez a szorzó (felületugrás) az eljárás egyik paramétere. Persze a visszamutatás miatt lehetséges, hogy még ugyanazon felületen vagyunk, ezért érdemes jól belőni azt a távot, ami után másik felületnek vesszük; én az átlagos ponttávolságot vettem alapul.



2. ábra Pontok rendezése és elkülönítése

Alapsík meghatározása (és közös normális)

Ha megvan a pontcsoportunk, akkor először is kell egy alapsíkot találni hozzá; hiszen ha függőleges álló falat találtunk, nem használhatjuk az *xy* alapsíkot, mert felülről nézve csak egy vonal lesz. A legkézenfekvőbb keresni egy közös normálist, amely a síkot meghatározza. A közös normálist egyszerű módon állítom elő:

- Véletlenszerűen pontokat választok a síkról, amelyek háromszögeket alkotnak.
- Megvizsgálom, hogy ezen háromszögek mérete nem túl kicsi-e (én a befoglaló téglatest mérete/20-at választottam küszöbértéknek), valamint nem kollineárisak (15 fok a minimum szög). Ha nem jó, új pontokat választok.
- A háromszögekre (30 darab) normálisokat számolok, majd ezek átlaga lesz a közös normális.

Ez a közös normális, valamint egy véletlenszerűen választott pont a ponthalmazból fogja meghatározni az alapsíkot (lehetne a legalsó vagy legfelső pont is, de az együtthatók vizsgálatánál a 0-d rendűt eldobom, hiszen a befoglaló téglatest alapján nézem az elhelyezkedést.)

Pontok alapsíkra transzformálása

A közös normális segítségével egy rotációs mátrixot állítok elő, majd a pontcsoport pontjait egyszerűen levetítem a síkra, az *xy* értékek lesznek a rácspontok, a *z* a meghatározandó.

A megfelelő kiinduló pontok meghatározása a Lagrange gyenge pontja, ugyanis csak akkor működik jól, ha a minta pontok egy precíz rácsban helyezkednek el. Valamint a pontfelhők, ha közelről nézzük, olyanok, mint egy reszelő, zajosak; a Lagrange viszont nagyon érzékeny erre is. Tehát precíz rácsban elhelyezkedő, zajmentes pontokra van szükség. A pár száz pontot tartalmazó, jellemzően szabálytalan formájú pontcsoportból lehetetlen jól kivenni ilyen pontokat, ezért különböző trükkökhöz kell folyamodni. Az én algoritmusom a kövekezőképpen működik:

- Közelítőleg meghatározom a pontcsoport konvexhulljába eső legkisebb téglalapot úgy, hogy a befoglaló téglalapot folyamatosan szűkítem addig, amíg a két téglalap közötti rész pontsűrűsége el nem ér egy adott értéket.
- A teljes pontcsoportra létrehozok egy interpolált hálót a scipy.interpolate modul linerás interpolációjával, és az előzőleg meghatározott téglalap sarokpontjainak és közepének megfelelő értéket veszem ki belőle.

Lagrange együtthatók megkeresése, tesztelése

Az előzőleg előállított rácspontokra számolom ki a Lagrange együtthatókat, ez egyszerű. Viszont korántsem biztos, hogy jók is lesznek. Ezért a megállapított együtthatókkal kiszámolom a letranszformált pontok XY koordinátáira az értéket, és összehasonlítom a letranszformált Z értékekkel. A zaj miatt nem érdemes maximum eltérést vizsgálni, ezért az átlagos eltérést, valamint a átlagos abszolút eltérést fogom vizsgálni (átlageltérés és átlagabszolúteltérés paramétere lesz az algoritmusnak. Ha nem sikerült megfelelőt találni, akkor eldobom a lapot (ezen később finomítani lehet, hiszen más rácsra más eredményt adhat. Mivel a közös normális megállapítása véletlenszerűségen alapszik, ezért érdemes lenne később ismételtetni a számítást, és a legjobb eredményt figyelembe venni).

Lagrange együtthatók, a közös normális és a befoglaló tégla alapján a pontcsoportok összevonása

A kész lapokat, ahol jó volt az interpoláció, összehasonlítom egymással. Az összeérő befoglalók esetén megnézem a két lap együtthatóit a következő módszerrel:

- Ha az együtthatók négyzetesek, akkor összehasonlítom a négyzetes tagokat (x^2y^2,x^2y,y^2x). Fontos tény, hogy az együtthatók széles skálán mozognak, ezért elosztom őket az átlaggal, majd úgy vizsgálom az eltérést (ez az eltérés is egy paramétere az eljárásnak).
- Ha az együtthatók nem négyzetesek (kisebbek egy küszöbértéknél), akkor lineárisak. Ekkor nem vizsgálom az együtthatókat, hanem a két lap közös normálisának (és inverzének) az eltérését (15 fok).

Ha megegyeznek, egy lapra tartoznak. Az összehasonlítás nem a legkorrektebb, de gyors.

Az algoritmus tesztje

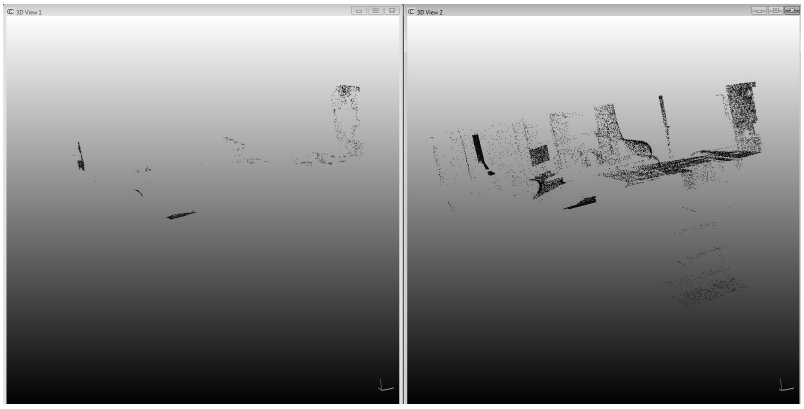
Az algoritmust három kisebb (életszerű, zajos, változó sűrűségű) pontfelhőn teszteltem.

Több paramétert is állítottam a teszt közben. A sok állítható paraméter miatt még további tesztelésekre lenne szükség. Sajnos összességében az állapítható meg, hogy a felületek közül keveset tudunk „felismertetni” az algoritmussal. A továbbiakban a felületkiválasztást kellene tovább finomítani, illetve az összehasonlítást, esetleg a kiinduló pontokat adó interpolációst eljárást lehetne cserélni. A nagyobb lapokon egyébként rosszul működött a Lagrange interpoláció, valószínűsíthetően a zaj miatt; a kisebbeken jól. A lapok tördelésénél viszont figyelembe kellene venni a normálisok változását is, mert a sarkoknál is többször egyben hagyta a felületet, amivel a Lagrange nem tud mit kezdeni.

A következő képek az algoritmus által felismert felületeket mutatják az eredeti pontfelhőhöz képest.

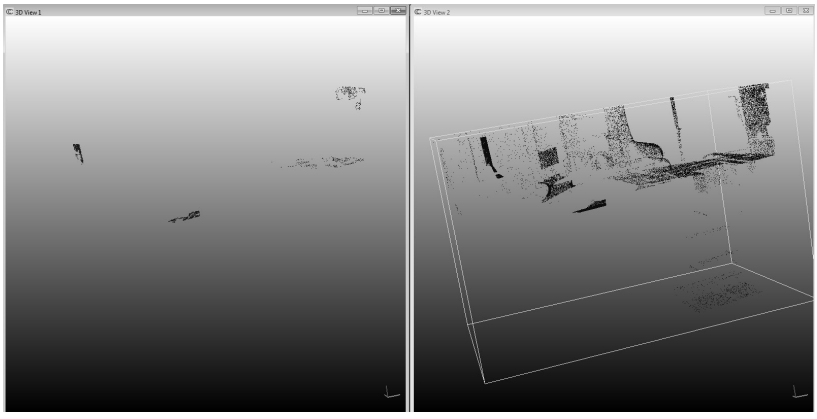
Zajos ipari pontfelhő részlet (A)

Ez egy közepesen szigorú együttható vizsgálat, közepesen szigorú felületugrás paraméterrel:



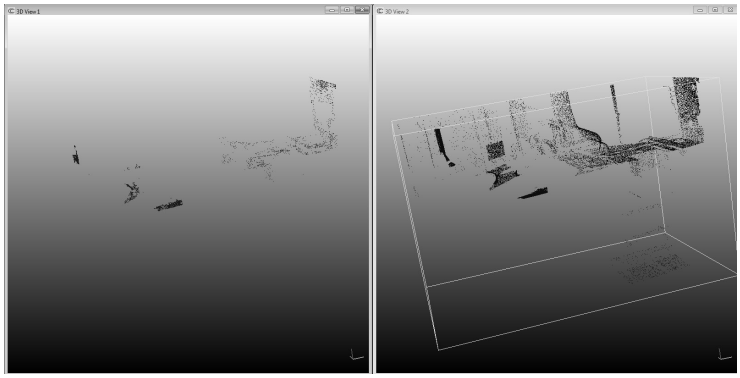
3. ábra „A” pontfelhő 1. beállítás

Szigorú felületugrás paraméter, szigorú együttható vizsgálat. Ilyenkor a kevéssé sűrű részeket nem vette észre:



4. ábra „A” pontfelhő, 2. beállítás

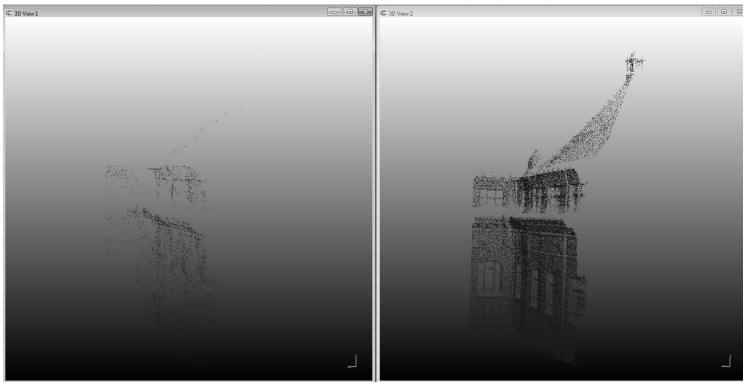
Kevésbé szigorú felületugrás paraméter:



5. ábra „A” pontfelhő, 3. beállítás

Épülethomlokzat (B)

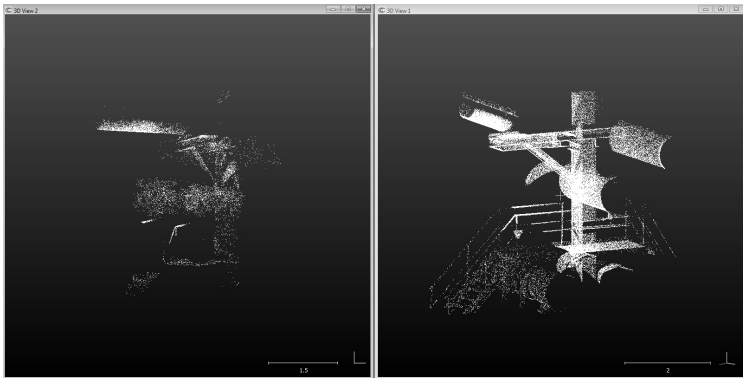
Viszonylag sűrű, de eléggé zajos pontfelhő. Sajnos semmilyen beállítással nem sikerült jó eredményt elérni.



6. ábra „B” pontfelhő

Csövek (C)

Viszonylag jó minőségű pontfelhő. Látszik, hogy az algoritmus még zavarba jön a sűrűség változásától.



7. ábra „C” pontfelhő

Felhasznált irodalom

Cazals, F. – Giesen, J. (2004): Delaunay Triangulation Based Surface Reconstruction: Ideas and Algorithms. Institut National De Recherche En Informatique Et En Automatique.

Celikik, M.: Computational Topology Seminar. Max-Planck-Institut für Informatik

Chandrasekaran, V. – Wakin, M. B. – Baron, D. – Baraniuk R. G. (2006): Representation and Compression of Multi-Dimensional Piecewise Functions Using Surflets.

Chen, Y. L. – Lai,S. H. – Lee, T. Y.: Generalized MPU Implicits Using Belief Propagation. National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan.

Franklin, W. R. – Inanc, M. – Xie, Z: Two Novel Surface Representation Technique. Rensselaer Polytechnic Institute.

Hartung, F. (2004): Bevezetés a numerikus analízisbe. Veszprémi Egyetemi Kiadó.

Hoppe, H. (1994): Surface Reconstruction from Unorganized Points. University of Washington.

Kazhdan, M. – Bolitho, M. – Hoppe, H. (2006): Poisson Surface Reconstruction. Eurographics Symposium on Geometry Processing.

Kobbelt, L. P. – Botsch, M. – Schwanecke, U. – Seidel, H. P.: Feature Sensitive Surface Extraction from Volume Data. Computer Graphics Group, RWTH-Aachen.

Loop, C. T. (1987): Smooth Subdivision Surfaces Based on Triangles. The University of Utah.

Moore, A. W. (1991): An intoductory tutorial on kd-trees. Carnegie Mellon University.

Ohtake, Y. – Belyaev, A. – Alexa, M. – Turk, G. – Seidel, H.P.: Multi-level Partition of Unity Implicits.

Sárközy, F. (1991): Térinformatika. BME.

Smith, J. – Petrova, G. – Schaefer S.: Progressive Encoding and Compression of Surfaces Generated from Point Cloud Data. Texas University.

Tang, R. – Halim, S. – Zulkepli, M. (2013): Surface Reconstruction Algorithms: Review and Comparison. Universiti Teknologi Malaysia.

Waters, A. – Narayan, M. – Baraniuk, R. – Owens, L. – Freeman, D. – Hielsberg, M. – Petrova, G. – DeVore, R.: Multiscale Representations for Point Cloud Data. Texas University.

Helymeghatározási jelölők kinyerése mobil térképezéssel nyert adatokból

Tar László[1] – Csepinszky András[2] – Krausz Nikol[3] – Neuberger Hajnalka[4] – Potó Vivien[5] – Somogyi József Árpád[6] – Barsi Árpád[7]

[1] MSc hallgató, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., tar.laszlo92@gmail.com
[2] fejlett járműtechnológiákért felelős igazgató, NNG Szoftverfejlesztő és Kereskedelmi Kft., andras.csepinszky@nng.com
[3] adjunktus, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., krausz.nikol @epito.bme.hu
[4] adjunktus, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., neuberger.hajnalka@epito.bme.hu
[5] doktorandusz, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., poto.vivien@epito.bme.hu
[6] adjunktus, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., somogyi.arpad@epito.bme.hu
[7] egyetemi tanár, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., barsi.arpad@epito.bme.hu

Abstract: The development of the autonomous vehicles has been accelerated in the last years. The fully automated control of these vehicles requires a robust and reliable localization technique. Unfortunately, the GNSS methodology isn't universally available, it has strong limitation and accuracy failures in tunnels or urban canyons. The alternative localization techniques request independent localization landmarks, which are easy-to-detect objects of fixed and well-known position. Such objects can be extracted from georeferenced mobile mapping data set. The manual evaluation of the Lidar data obtained by Leica Pegasus: Two system are presented in the paper. The resulting database contains horizontal objects, like manhole covers and vertical ones, like traffic sign poles or building wall edges. Beyond the current manual point cloud evaluation, the development of an automated technology has begun.

Bevezetés

Az önvezető technológia fejlesztése rohamtempóban zajlott az utóbbi években. Tökéletesítése érdekében a mérnököknek meglévő technológiákon kellett fejleszteniük, vagy teljesen új módszereket alkalmazniuk. Cikkünkben a helymeghatározás kiegészítő eljárásainak szánt adatok előállítását kívánjuk bemutatni. Elképzelésünk szerint mobil térképezési adatokból kinyerhetők olyan helymeghatározási jelölők (localization landmarks), amik később a jármű számára egyértelműen azonosíthatók lesznek, így az képes megállapítani saját helyét (Betke – Gurvits 1997).

A helymeghatározás módszerei

Napjainkban, ha helymeghatározásról beszélünk, a GNSS (Global Navigation Satellite Systems) technológia alkalmazása az alapvető gondolat (Hofmann-Wellenhof et al. 2007). Több műholdrendszer áll rendelkezésünkre, melyek egymást kiegészítve nagyobb lefedettséget és pontosságot képesek nyújtani a felhasználók számára. Feladattól, mérési körülményektől és módszerektől, valamint a rendelkezésre álló vevő fajtájától függően eltérő pontossággal vagyunk képesek megállapítani helyünket a Földön. A tudományos kutatásokhoz használt permanens

állomások milliméteres elmozdulások kimutatására is képesek. A geodéziai vevők a földi állomások adataival kiegészülve néhány cm pontos helyadatok szolgáltatására alkalmasak, míg a navigációban használt vevők (pl. a „hagyományos", akár telefon alapú autós navigáció) a pár méteres pontosságuk ellenére is ellátják feladatukat.

A GNSS rendszerek megbízhatóságának ellenére mindig vannak olyan szituációk, amikor nem hagyatkozhatunk rájuk. A korlátozott égbolt-láthatóság problémát jelent. Egy alagútban a műholdas helymeghatározás teljes mértékben lehetetlen, de a nagyvárosi környezetben található magas épületekkel határolt szűk utcák is gondot okoznak. Utóbbi probléma kiküszöbölésére jött létre például a japán QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) műholdrendszer, amely zenithez közeli geoszinkron pályán keringő műholdakból áll. Feladata, hogy a zenithez mindig közel maradó, így az épületek közül is jól látható műholdjaikkal kiegészítse a teljes értékű műholdrendszereket.

Ha a modern szárazföldi közlekedésről beszélünk, akkor a műholdas helymeghatározást kiegészítő, esetenként helyettesítő megoldásokra van szükségünk. Ezek más technológiát használva épülnek be a rendszerbe, és adnak információt a pozíció meghatározására. A kerékkel rendelkező járművek esetén az odométer (Internet3) alkalmazása már egy kipróbált technika, mely a kerékfordulatszám méréséből számítja ki a megtett utat. Egy inerciális mérőegységgel kiegészítve, – ami fontos, hogy nem a hely, hanem a helyzet meghatározására alkalmas – képesek vagyunk az utolsó ismert GNSS pozícióból kikövetkeztetni jelenlegi helyünket. Ennek a megbízhatósága az idő elteltével csökken, így csak rövid ideig képesek a helyettesítésre.

Egyéb lokalizációs lehetőség, hogy a környezeti elemeket támpontként felhasználva kameraképek és lézerszkenner adatok alapján állapítjuk meg helyünket. Ehhez azok a helymeghatározási jelölők (localization landmarks) szükségeltetnek, melyek létrehozása cikkünk témáját képezi. Ha rendelkezésünkre áll egy ilyen jelölőkből álló adatbázis, akkor már csak azok azonosítását kell megoldania a helymeghatározó rendszernek, valamint a pozíciójuk alapján kiszámítani a jármű helyét. A helymeghatározási jelölők olyan tereptárgyak, melyek helye rögzített, ezért jó viszonyítási alapot nyújtanak. A helymeghatározási jelölők alapján történő lokalizáció létjogosultságát bizonyítja, hogy a HERE Maps térképszolgáltató saját térképszabványában van ilyen adatokat tartalmazó térképi réteg. Ezek a jelölők az NDS (Navigation Data Standard) fizikai formátumnak szintén részét képezik.

A mobil térképezés

A különböző technológiák és mérési módszerek ötvözésével létrehozott mobil térképező rendszerek képesek kielégíteni napjaink gyors és pontos adatnyerési igényét nagy területekről. Egy ilyen rendszerben megtalálható néhány alapvető szenzor. A geodéziai pontosságra képes GNSS-vevővel helyadatokat kapunk a felmérésünk mellé. Ezek a helyadatok elhelyezik a felmérésünket valamilyen

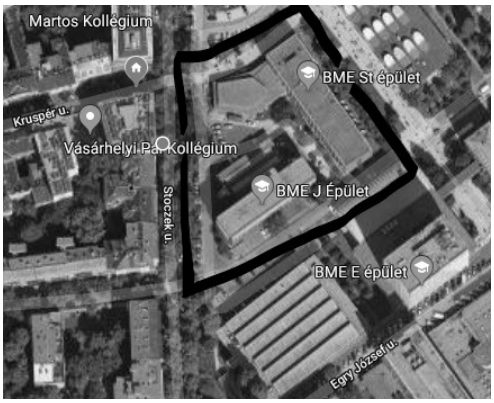


1. ábra Leica Pegasus: Two mobil térképező rendszer a BME-n

geodéziai koordináta rendszerben, valamint segítségükkel rögzíthető a bejárt útvonal. Emellett a már említett odométert és inerciális mérőegységet is alkalmazhatjuk, és ezen szenzorok adatait is bevonva pontosítható a helymeghatározás. A lézerszkenner gyors és hatékony részletmérésre képes. A profilszkennerek egy szűk sávban végzik a felmérést, azonban mobil szkennelés esetén a haladás miatt a felmérés folyamatos, így a felmért sávokból előáll a teljes környezet. A pontfelhő színezéséhez, és az egyéb képi elemzések elvégzéséhez több irányba néző kamerarendszerek használata is alapvető. Az elkészített képekből akár képesek lehetünk fotogrammetriai úton új pontfelhő létrehozására is. Ezeket a szenzorokat a feladat jellegének függvényében kiegészíthetik más eszközök is, ilyen lehet például a talajradar, amivel a felszín alól is nyerhetünk információkat. A mobil térképező rendszerek mobilitását a hordozó platform biztosítja. Ez a platform általában valamilyen jármű (vízi, légi és szárazföldi egyaránt előfordulhat), de a nehezen megközelíthető helyeken akár emberi erővel, például egy hátizsákként hordozva is készülhet felmérés. A mobil térképező rendszer lehet moduláris, saját igényeknek megfelelő szenzorokból összerakott struktúra; ma már több kész megoldás is létezik, mely egy termékként kínálja az egész rendszert. Ilyen például a Leica Pegasus:Two mobil térképező rendszer (Internet2), mely többféle kialakításban is elérhető a feladat igényeinek megfelelően (*1. ábra*).

Meghatározási módszer

A helymeghatározási jelölői adatbázis létrehozásához első lépésként szükségünk van a környezet felmérésére. A nagy területek és a részletes adatigény miatt a legpraktikusabb felmérési módszer a fent bemutatott mobil térképező rendszerek alkalmazása. Esetünkben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) környékének felmérését Leica Pegasus:Two rendszerrel végeztük, melynek részét képezi egy Novatel GNSS vevő, egy IMU (Inertial Measurement Unit) egység, egy Z+F gyártmányú profil lézerszkenner, valamint hét darab 2046 x 2049 pixel felbontású színes kamera. Célunk az volt, hogy az egyetem környéke és a kampusz egy része álljon rendelkezésre digitális formában.



2. ábra A vizsgált terület a BME kampusz ST és J épület környéke

A felmérés három részletben valósult meg. A jobb kezelhetőség érdekében érdemes a bejárt területet további kisebb részletekre osztani. Az általunk vizsgált mintaterület a BME kampusz St és J épület környéke (*2. ábra*). Azért választottuk ezt a területet, mert kialakításában jól ötvözi az utcakép, a parkolók, valamint az udvar jellegzetességeit. A területen megtalálhatók épületek, jelzőtáblák, útszegélyek, csatornafedlapok, minden olyan utcabútor és tereptárgy, amiről úgy gondoltuk, hogy megfelelő lehet helymeghatározási jelölőnek. Ezeken kívül pedig kellően változatos a terület ahhoz, hogy a pontfelhő elemzése közben esetlegesen új környezeti elem jelölővé minősítésére kapjunk ötletet.

A bejárt útvonal több kisebb pontfelhőben állt rendelkezésünkre. Ezek a pontfelhők a mobil térképező rendszerben található GNSS vevőnek köszönhetően egymáshoz illeszkedő EOV (Egységes Országos Vetületi) koordinátákkal rendelkező állományok. A pontfelhők egymáshoz való illeszkedése a GNSS-ből adódó pár centiméteres hibával terhelt, azonban ilyen nagyságrendű eltérés elfogadható számunkra. A feldolgozás első lépéseként a mintaterülethez tartozó öt pontfelhőt CloudCompare szoftverbe (Internet1) betöltve láthatóvá vált a teljes vizsgálni kívánt terület. A területen kívül eső, de megmért pontok törlésre kerültek. Mivel az önvezető járművek elsősorban az utcaszintet vizsgálják, valamint a függőleges szerkezetekről feltételezzük, hogy magasabban is függőlegesek, ezért a felmért pontfelhő a 2. emelettől fölfelé szintén törlésre került. Ez a tisztítás könnyebben kezelhetővé tette a pontfelhőt, és gyorsabbá az állományban való navigálást. Amennyiben a későbbiekben még alaposabb tisztítás igénye merülne fel, törlésre kerülhetnek a nem állandó tereptárgyak, például a járművek, valamint az olyan részek, amelyek nem azonosíthatók egyértelműen, például a fák lombkoronája. Ehhez hasonló az egységes útfelület egy része, itt azonban ügyelnünk kell arra, hogy a bejelölni kívánt objektumok (pl. csatornafedlap) megmaradjanak. A nem egyenletes sebességgel haladó felmérő rendszer miatt, illetve a többszöri áthaladás következtében a nyers pontfelhő pontsűrűsége nem egyenletes. Az újramintavételezéssel ez egységessé tehető, ugyanakkor a pontfelhő tovább ritkítható, így csökkentve az állomány méretét. A ritkításnál fontos szempont, hogy olyan minimális ponttávolságot adjunk meg,



3. ábra A tisztított pontfelhő AutoCAD szoftverben

amivel még jól azonosíthatók a potenciális jelölők. Esetünkben a két centiméteres minimális ponttávolságot láttuk ideálisnak, így még megfelelően azonosíthatók voltak a tereptárgyak, de a pontmennyiség a közel 90 millió pontról nagyjából 30 millióra csökkent. Ezzel jelentősen javítottunk az állomány kezelhetőségén, ugyanakkor nem veszítettünk a projekt szempontjából fontos információt.

A jelölőket valamilyen vektoros állományban kívántuk előállítani, így az AutoCAD szoftver alkalmazását választottuk, ahol a pontfelhőben egyszerű geometriai elemek segítségével megfelelő rétegeken azonosítjuk és rajzoljuk meg a jelölőket. A CloudCompare-ből kinyert pontfelhőt AutoDesk Recap szoftverbe betöltve létrehozhatunk egy olyan .rcp fájlt, amit már AutoCAD-be is behívhatunk, és kezelhetünk (*3. ábra*).

A jelölők átrajzolása a pontfelhő megfelelő helyen történő ideiglenes elmetszésével kezdődött, így csak azokra a részekre koncentrálhattunk, ahol a potenciális jelölők jól azonosíthatók. Két fő kategóriára oszthatjuk a jelölőket. Az elsőbe tartoznak a vízszintes felületeken (jellemzően az útpályán) jelölt objektumok, mint például a csatornafedlap, négyzet alakú aknák, valamint a víznyelők. A másik nagy csoportot a függőleges tereptárgyakra illesztett jelölők alkotják, ezek például a jelzőtáblák tartóoszlopára és a kandeláberekre illesztett hengerek, vagy az épületsarkok élei. A vízszintes elemek megjelöléséhez egy úthoz közeli ideiglenes metszeten felülnézetből átrajzolhatók a kívánt objektumok (*4. ábra*). A függőleges elemek megjelölése több metszet felvételével történt. Épületélek esetén például azt a megoldást választottuk, hogy két metszeten külön-külön felülnézetben átrajzoljuk a falsíkot, majd a két magasságon lévő vonalak sarkát függőlegesen összekötjük (*5. ábra*). A jelzőtábla oszlopoknál felmerül a függőlegesség kérdése. Stabilitásuk miatt lehetséges, hogy a villanyoszlopok, kandeláberek jobban megfelelnek jelölőknek.

Felmerül a kérdés, hogy a pontfelhőről átrajzolt jelkulcsok helyett alkalmazzunk-e esetleg egységesített jelkulcsokat. Ha például a tábla oszloppontjaira nem sikerül tökéletesen a körillesztés, a henger átmérője nem egyezik a valós mérettel. Az ilyen, és ehhez hasonló szabvány méretű elemeknél (például táblaoszlop, aknafedlap) egy előre elkészített jelkulcskészlet elhelyezése segítséget nyújthat.



4. ábra Átrajzolt csatornafedlap (kör) és víznyelő (négyzet)



5. ábra Épületsarokéleket jelző függőleges jelölők



6. ábra Közlekedési tábla tartóoszlopát jelző függőleges henger, mint jelölő

Eredmények

Munkánk végeztével rendelkezésre áll egy olyan vektoros állomány, amely azokat a helymeghatározási jelölőket tartalmazza, amiket támpontnak használva az önvezető jármű képes megállapítani saját helyét a térben. Ezeknek a jelölőknek a kinyerése manuális úton, mobil térképező rendszerrel előállított állományból történt. Az ilyen formában történő jelölő definiálásra ez a módszer a legalkalmasabb. Gyorsan előállítható, informatív, valamint kellően részletes. Fejlesztési lehetőség a művelet automatizálása, mely történhet akár a pontfelhőből való közvetlen kinyeréssel, vagy kameraképeken történő azonosítással valamilyen mesterséges intelligencia-eszköz alkalmazásával. Ebben az esetben fontos, hogy a kameraképekhez tartozzon olyan hely- és helyzetinformáció, melyből a képen azonosított objektum helye megállapítható.

Összefoglalás

Cikkünkben bemutattuk a helymeghatározás napjainkban használt módszereit, felhívva a figyelmet a helymeghatározási jelölőkben lévő potenciálra és fejlesztési lehetőségekre. Igyekeztünk saját helymeghatározási jelölő adatbázist létrehozni. Ehhez tanulmányoztuk a szerintünk legalkalmasabb eszközt, a mobil térképező rendszereket. Saját mérést hajtottunk végre Leica Pegasus:Two eszközzel egy általunk kiválasztott alkalmas mintaterületen. A kapott pontfelhő adatait feldolgozva előállítottunk egy saját helymeghatározási jelölőkből álló vektoros állományt, mely a későbbi kutatások során, az ezek alapján történő helymeghatározásban szolgál alapadatként.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges Intelligencia (BME FIKP-MI/FM) tématerületi programja keretében.

A kutatást támogatta az Európai Unió finanszírozásával az EFOP-3.6.2-16-2017-00002 program.

A kutatást támogatta az Európai Unió finanszírozásával az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001 program.

Köszönetünket fejezzük ki továbbá a Leica Geosystems Hungary-nek és munkatársuknak, Sáfár Tamásnak (mobiltérképezés szakértő, Közép-Kelet-Európa régió) a Leica Pegasus:Two mérésekben való közreműködéséért.

Irodalom

Betke, M. – Gurvits, L. (1997): Mobile robot localization using landmarks. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 13(2), pp. 251–263.

Hofmann-Wellenhof, B. – Lichtenegger, H. – Wasle, E. (2007): GNSS-global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more. Springer-Verlag Wien.

Internetes hivatkozások

Internet1 – CloudCompare. 3D point cloud and mesh processing software. [Hivatkozva: 2019. 03 10.] 3D point cloud and mesh processing software. https://www.danielgm.net/cc/

Internet2 – Leica Geosystems. leica-geosystems.com. [Hivatkozva: 2019. 03 10.] www.leica-geosystems.com

Internet3 – Odometer Wikipedia. [Hivatkozva: 2019. 03 10.] https://en.wikipedia.org/wiki/Odometer

A „Virtuális Turista”: téri tájékozódási stratégiák és térképhasználat szemmozgáskövetéses kísérletek alapján

Török Zsolt Győző

egyetemi docens, Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, Informatikai Kar, ELTE,
zoltorok@map.elte.hu

Abstract: ‘Virtual Tourist’ is a cognitive geovisualization experiment exploring map-supported spatial learning processes in an interactive, virtual urban environment. At ELTE Cognitive Cartography Lab the multidisciplinary experiment was designed to contribute to the study and better understanding of the role of visuospatial displays in spatial cognition. In our experiments we recorded the virtual spatial behaviour and real gaze tracks of 62 subjects. The analysis of the accumulated data suggested no significant differences in the efficiency of navigation between the three groups. For further investigation we found that – although salient visual cues grasped the attention of all participants – guided groups could not benefit from the acquired landmark knowledge. On the other hand, the free exploration group looked less frequently but longer at the map, moreover, they used the map while walking.

Bevezetés: térkép és virtuális valóság

A korszerű infokommunikációs eszközök megjelenésével és elterjedésével az új ismeretek megszerzése és átadása nemcsak felgyorsult, hanem át is alakult. Az új eszközök és technológiák hétköznapi használata új kihívásokat támaszt a térinformatika és határterületein, így a geovizualizációs kutatásban és fejlesztésben egyaránt (Török – Török 2018).

A 21. század elejére a világ népességének nagyobb része számára elérhetőek a világhálón azok a webtérképes szolgáltatások, amelyek közül mára a Google által létrehozott, üzemeltetett és folyamatosan fejlesztett változatok szinte egyenértékűvé váltak a térkép fogalmával. A Google-térképek és társaik fontos különbsége a hagyományos, papírra nyomtatott térképekhez képest, hogy velük és a mai, interaktív geovizualizációs eszközökkel különböző nézőpontokból, különböző referenciakeretek segítségével navigálhatunk valós vagy virtuális terekben. A klasszikus kartográfiai szakirodalom szerint a térkép terepi használatának előfeltétele a térkép tájolása és a helyzet, az álláspont meghatározása. A térképet tehát két egymás után végrehajtott kognitív feladat teljesítése után használjuk arra, hogy segítségével téri feladatokat oldjunk meg. A referenciakeretek közötti váltást kognitív képességeinknek megfelelően elvégezheti maga a rendszer (Török et al. 2014). Saját helyzetünk meghatározása után következhet az úttervezés, majd a navigáció. E két folyamat eltérő téri kognitív működést jelent és az aktivált funkcionális agyi hálózatok képe is fontos eltéréseket mutat. Ezért fontos, hogy a térkép grafikus felhasználói felülete az éppen aktív feladat végrehajtását támogassa hatékonyan. Ennek megvalósításához azonban a két folyamatot a felhasználó viselkedése alapján azonosítanunk kell.

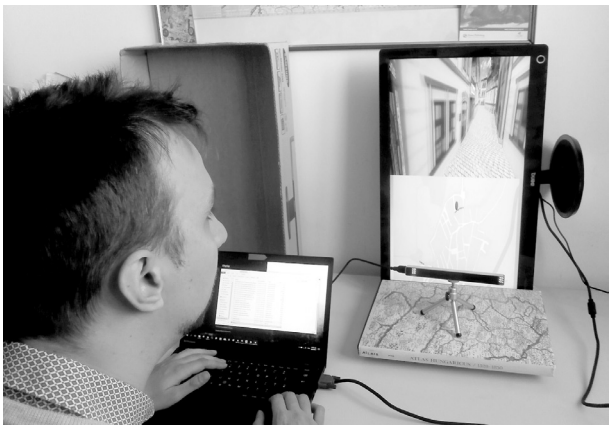
A fenti belátások következményeként az utóbbi évtizedekben a kartográfiai, geovizualizációs, tágabb értelemben UI-kutatások fókuszába egyre inkább bekerülnek a felhasználót a rendszer részének tekintő, a kognitív képességeket és folyamatokat kutató, multidiszciplináris megközelítésű vizsgálatok (Fabrikant – Lobben 2009). Ilyenek például a térképolvasó tekintetének követésén alapuló kísérletek, amelyek bepillantást nyújtanak az emberi megismerés agyi folyamataiba. A térképészet és geoinformatika területén az első hazai vizsgálatokat 2012-ben az ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszékén végeztük el saját fejlesztésű kísérleti eszközünkkel és szoftverünkkel (Török – Bérces 2013; Bérces – Török 2014).

Elméleti háttér: navigáció és téri tanulás

A Virtuális Turista kísérletben a téri tanulási stratégiákat, az aktív és passzív tanulási módok eltéréseit vizsgáltuk (Siegel – White 1975). A szerzők a tudás hierarchikus szerveződését valószínűsítették, amelynek egyes szintjei az új környezet egyre teljesebb és átfogóbb megismerése során tárulnak fel. Az új téri ismeretek először jellegzetes tájékozódási pontokban tárolódnak, amelyek lehetnek helyi vagy globális jellegűek (Steck – Mallot 2000). A következő szinten a tájékozódási pontok, helyek és fordulók sorozatai útvonalakba szerveződve segítik a tájékozódást (Chrastil – Warren 2001). Végül a legmagasabb szintet képviselő, átfogó vagy – éppen jellemző hasonlósága miatt – „térképinek" is nevezett téri tudást (survey knowledge, map knowledge) az jellemzi, hogy ezen a szinten a korábbi elemek összessége egyetlen, összefüggő téri rendszerbe szerveződik.

Az ilyen struktúrák lényegi tulajdonsága, hogy – az alacsonyabb szintű tudás-reprezentációkkal ellentétben – külső referenciakeretet is adnak. Ez teszi lehetővé azt, hogy a térbeli feladatokat a rendszeren belül új módon oldjuk meg, pl. útvonalak rövidítésével vagy új útvonalak tervezésével. A korszerű neuropszichológiai kutatások nemcsak a téri referenciakeret idegtudományi hátterét bizonyították, hanem alapvető fontosságát is kimutatták. Ráadásul a rágcsálókon végzett kísérleti eredményektől eltérően a humán navigációban a metrikus információt is tartalmazó tájékozódási keret nézőpont-függő (Török et al. 2014).

A téri tudás megszerzésének különböző módjai lehetségesek a személyes tapasztalástól a térképi tájékozódásig, vagyis a kartográfiai médium által közvetített információra alapuló téri tanulásig. Az ismeretszerzési módszerek a statikus vagy dinamikusan változó térképek esetében azonban nem egyformán hatékonyak. Egyes korábbi kísérletekben például azt találták, hogy a statikus, vagyis általában a nyomtatott térképeket használók nagyobb hatékonysággal oldották meg a tájékozódási, iránymutatási és távolságbecslési feladatokat, mint a dinamikus megjelenítéseket használók (Thorndyke-Sztasz 1982). Úgy tűnik, a statikus térképi megjelenítés jobban támogatja a téri tanulást. Ennek vélhető oka az, hogy a referencia-keret stabil és változatlan, ráadásul allocentrikus viszonyítási keret. Az átfogó téri



1. ábra A Virtuális Turista kísérlet fejlesztése 2017-ben

tudásreprezentáció felépítéséhez a holisztikus, grafikus struktúra nagyon kedvező; ráadásul a térképi útvonal megtervezése egy – mentális forgatást és referenciakeret váltást igénylő – aktív tanulási folyamatként értelmezhető.

Az aktív navigáció az alany saját döntésén alapuló önmozgása a térben, A passzív navigációnál az érzékszervi-motoros, testi tapasztalat hiányzik. Korlátozott lehetőségeink miatt kísérletünkben egy olyan interaktív, virtuális környezet megvalósítása mellett döntöttünk, amelyben a tájékozódást egy statikus térkép segítette. Az aktív és passzív téri tanulás közötti különbséget ebben a virtuális, képernyőn megjelenő (tehát látótéri) környezetben vizsgáltuk.

A Virtuális Turista kísérlet

Az ELTE Tehetséggondozási Tanács által támogatott projektünk a téri referenciakeret szerepének kutatását javasolta. A multidiszciplináris hallgatói kutatócsoport létrehozását a térképeknek a téri tájékozódásban játszott kitüntetett szerepe indokolta, ezért kísérleti paradigmánkban térképpel segítettük a virtuális városi térben történt navigációt, amely a feladatok jellege miatt találónak tartott „Virtuális Turista" elnevezést kapta. A kísérleti paradigmát az ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszékén szerény lehetőségek mellett nagy lelkesedéssel létrehozott Kognitív Kartográfiai Laboratóriumban valósítottuk meg.

A kísérleti elrendezés

Az kísérleti személy egy székben ült, előtte az asztalra egy 21"-os LCD monitort (képernyőméret: 1080 x 1920 pixel) tettünk, amelyet álló helyzetbe fordítottunk. Ezzel az egyszerű és költséghatékony megoldással ugyanis a látótér közepén, egyetlen képernyő felső részén az interaktív, virtuális teret, alsó részén pedig a statikus térképet tudtuk megjeleníteni. A kísérleti személyek képernyőtől

nagyjából azonos távolságban való elhelyezését a szék asztalhoz húzásával értük el, így az alanyok számára nem okozott túlzott nehézséget a nagyjából húsz perces kísérlet. Az önkéntes és anonim kísérletben az Eötvös Loránd Tudományegyetem hallgatói vettek részt, főleg első éves földtudományi és földrajz szakos hallgatók. Így az adatfelvételt életkor és előzetes tudás szempontjából nagyjából homogén csoporton tudtuk elvégezni, amelyben férfiak és nők közel egyenlő számban szerepeltek.

Szemmozgáskövetés

A kísérlet egyetlen képernyőn való futtatása lehetővé tette, hogy – korábbi kísérleteinktől eltérően – távoli szemmozgáskövető eszközt használjunk szemmozgáskövetésre. A finanszírozási lehetőségek korlátozottsága miatt a hallgatói kísérlethez az egyedül elérhető, „EyeTribe" szemmozgáskövető eszközt tudtuk használni. Ennek beszerzési ára száz dollár alatti összeg volt, míg a kísérleti eszközök piacán vezető cégek legolcsóbb termékei is ennek sokszorosáért voltak elérhetőek. Az olcsó, de megbízhatóan működő és kísérleti célokra is alkalmas eszköz (mintavételezés: 30 Hz, pontosság: 0,5°) szoftverének elődjét korábban saját fejlesztésű szemüvegeinkhez is használtuk. A képernyő felső felén, nagyjából az ülő alanyhoz képest szemmagasságban, a gyalogos haladás során szokásos fejpozícióban a kísérlethez létrehozott virtuális várost jelenítettük meg. A tekintetkövetést a teljes képernyőre végeztük.

„Szegvár" újratöltve és 3D-ben

Mivel a képernyő alsó felén a város térképét kívántuk megmutatni, a kartográfiában szokásos munkafolyamatot megfordítottuk, és a város alaprajzszerű ábrázolását választottuk kiindulásnak. Kiindulásként egy 1960-as kiadású, 1: 10 000-es méretarányú „oktatótérképet" választottunk. A szelvényt a szocialista időszakban a topográfiai térképek olvasásának gyakorlására készítették, mivel az aktuális állami alaptérkép szelvényei nem voltak nyilvánosak. Az oktatótérkép-sorozat a kartográfusok által kitalált, „Szegvár" elnevezésű kisvárost és környezetét ábrázolja a méretarány-sorozatnak megfelelő méretarányokban. A térképek az 1960. évi jelkulcsot használták, így olvashatóságuk megegyezett a valódi szelvényekével. Mivel a „Szegvár" szelvényt különböző területek valódi térképrészleteiből, nagy szaktudással állították össze, az ábrázolás valóban realisztikus, azaz létező térszerkezetet mutat be.

Kísérletünkhöz a város belső területét használtuk fel (kb. 1 km²), nagyjából a főtér ötszáz méteres körzetét. Figyelembe kellett vennünk ugyanis a kísérleti személyek gyalogos haladásának sebességét és a rendelkezésre álló időt, amely a terület felderítésére és az útvonalak bejárására rendelkezésre állt. A beépített terület határához érő, vagyis eltévedt alanyok tájékozódását a tágabb környezetben néhány jellegzetes domb illetve facsoport segítette. Az eredeti térkép ábrázolási módszerét a



2. ábra Az alapként felhasznált 1960-as oktatótérkép (balra) és a Google stílusában átszerkesztett, virtuális Szegvár (jobbra)

topográfiai jelkulcs alkalmazása miatt megváltoztattuk, és a mai, átlagos térképolvasó számára legismertebb GoogleMaps grafikus stílusához hasonlóvá alakítottuk. Ezzel a városi navigációban általában használt, így ismerős grafikus felülettel kívántuk a térképolvasást megkönnyíteni. A vektoros térképet a fenti meggondolások után CorelDraw programban szerkesztettük, majd az elkészült állományból raszteres képet exportáltunk.

Elkészítettük a virtuális városmodellt, amelyhez a játékfejlesztők és pszichológusok által egyaránt kedvelt Unity szoftvert használtuk fel. A térképi alaprajzból építettük fel az egyes épületeket, amelyeket néhány, jellegzetes európai homlokzat képének váltogatásával tettünk az utcai járókelő, a virtuális turista számára valószerűvé. A város egyes utcái végül egyediek lettek, és ezt tovább fokoztuk azzal, hogy a városban összesen negyvenegy, különböző termékeket kínáló üzletet helyeztünk el. A tájékozódási struktúra globális iránypontjai a tereken a kiemelkedő és/vagy jelentős épületek voltak (katedrális, könyvtár, Szépművészeti és Térképészeti Múzeum).



3. ábra A virtuális város néhány jellemző utcarészlete

A kísérlet során a kísérleti alanyok a számítógépes játékokban megszokott módon, billentyűzet segítségével „sétálhattak” a városban. Eközben a képernyő felső részén láthatták a gyalogos nézőpontjából a változó utcaképet. A kísérlet során három csoportot különítettünk el. Mindenki a Fő térről indult és ide kellett visszatérnie. Az első csoport tagjainak öt perces, szabad felderítés után kellett a kezdőpontra visszatérniük. A másik két csoport tagjai szóbeli utasításokat követve fedezték fel a várost, de csak az egyik csoport kapott olyan térképet, amelyen az útvonalat is jelöltük. A tanulási fázis után arra kértük a résztvevőket, hogy egy játékos bevásárló úton keressenek fel öt kiválasztott boltot. A legrövidebb útvonal szóbeli leírásának meghallgatása után önállóan navigáltak.

Eredmények és következtetések

A Virtuális Turista kísérlet során felvett szemmozgáskövetéses adatok statisztikai értékelése a térkép használatával kapcsolatosan azt mutatta, hogy a kísérleti alanyok a navigációs feladat végrehajtására, a képernyő felső részére figyeltek, és viszonylag kevesebbet néztek a térképre. A térképolvasás összesített időtartama mindhárom csoport esetében nagyjából azonos volt, a személyek egyre rövidebb ideig néztek a térképre (Török et al. 2018).



4. ábra A szemmozgáskövetéses adatok térbeli eloszlását szemléltető, hőtérképes vizualizáció

Az átfogó téri tudás szerzésére és a téri tájékozódási stratégiában ennek a térképi tudásnak való használatára utal, hogy a másik két csoport tagjaitól eltérően a szabad felderítéses csoport tagjai nem álltak meg a térképi tájékozódás idejére, hanem folytatták a sétát. Ez a nagyobb „önbizalom” véleményünk szerint tovább erősíti a korábbi szakirodalomban már jelzett feltételezést, az aktív, térképi tanulás hatékonyságát az átfogó téri tudás megszerzésében.

A kísérletünkben vizsgált téri tanulás és navigáció témakörnek különleges aktualitást ad a GoogleMaps AR 2019 februárjában elindított tesztelése (Internet1), amely nemcsak a mobil navigációban hoz technológiai változást, hanem a humán téri gondolkodásban is, amelynek teljesebb megismerése a térinformatikai eszközök és módszerek fejlesztésében is alapvető fontosságú.

Köszönetnyilvánítás

Szerző ezúton mond köszönetet a Kognitív Kartográfia multidiszciplináris kutatócsoportnak a kísérletet megvalósító tagjainak (Kiss Veronika, Tölgyesi Borbála, Dr. Török Ágoston), valamint a 2016-os Multidiszciplináris Pályázatunk támogatásért az ELTE Tehetséggondozási Tanácsának.

Felhasznált irodalom

Bérces Á. – Török Zs. Gy. (2014): Tér-idővonatkozású adatok vizualizációs lehetőségei szemmozgáskövetési kísérletek adatainak példáján. In: Balázs B. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában V.: Térinformatikai konferencia és szakkiállítás. Debrecen, pp. 51–59.

Chrastil, E. R. – Warren, W. H. (2012): Active and passive contributions to spatial learning. Psychonomic bulletin & review, 19(1), pp. 1–23.

Fabrikant, S. I. – Lobben, A. (2009): Guest editor's introduction. Special issue: Cognitive issues in geographic information visualization. In: Cartographica, 44, pp. 129–144.

Péruch, P. – Wilson, P. N. (2004): Active versus passive learning and testing in a complex outside built environment. In: Cognitive Processing, 5(4), pp. 218–227.

Siegel, A. W. – White, S. H. (1975): The development of spatial representations of large-scale environments. In: Reese, H.W. (szerk.): Advances in child development and behavior. Vol. 10, pp. 9–55. JAI.

Steck, S. D. – Mallot, H. A. (2000): The role of global and local landmarks in virtual environment navigation. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 9(1), pp. 69–83.

Thorndyke, P. W. – Hayes-Roth, B. (1982): Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation. In: Cognitive Psychology, 14(4), pp. 560–589.

Török, Á. – Nguyen T. P. – Kolozsvári O. – Buchanan R. J. – Nadasdy Z. (2014): Reference frames in virtual spatial navigation are viewpoint dependent. In: Frontiers in Human Neuroscience 8, Paper 646. doi:10.3389/fnhum.2014.00646

Török, Z. G. – Török, Á. (2018): Cognitive data visualization: a new field with a long history. In: Klempous, R. – Nikodem, J. – Baranyi, P. Z. (szerk.) Cognitive Infocommunication: Theory and Applications. Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin, pp. 13–49.

Török, Zs. Gy. – Bérces, Á. (2013): Térinformatikai vizualizációk vizsgálata szemmozgáskövetési kísérletekkel. In: Lóki, J. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IV.: Térinformatika Konferencia és Szakkiállítás Debrecen, Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 451–459.

Török Z. G. – Török Á. – Tölgyesi B. – Kiss V. (2018): The Virtual Tourist: cognitive strategies and differences in navigation and map use while exploring an imaginary city. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4, https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLII-4/631/2018/isprs-archives-XLII-4-631-2018.pdf

Internet1 – (2019) https://gizmodo.com/google-maps-ar-is-being-tested-by-some-users-but-the-re-1832512381 Letöltés ideje: 2019. március

Turistautak geoinformatikai feldolgozása az Egri Borrégió területén

Utasi Zoltán[1] – Lavaj Marcell[2] – Nagy Ádám[3] – Tóth László[4] – Molják Sándor[5] – Sütő László[6]

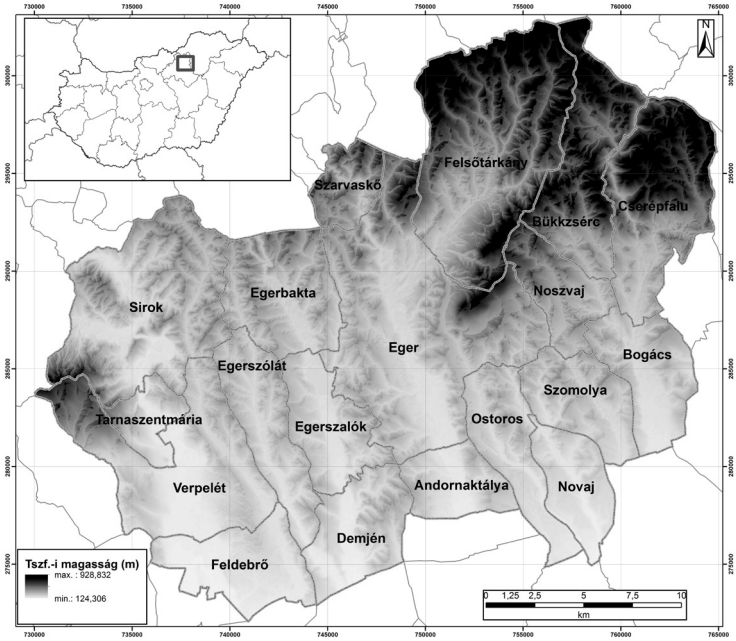
[1] főiskolai docens, Eszterházy Károly Egyetem, Földrajz és Környezettudományi Intézet, utazo74@gmail.com
[2] hallgató, Eszterházy Károly Egyetem, lavajmarci97@gmail.com
[3] hallgató, Eszterházy Károly Egyetem, cs.nagyadam@gmail.com
[4] hallgató, Eszterházy Károly Egyetem, tothlaszlo19840127@gmail.com
[5] tanszéki mérnök, Eszterházy Károly Egyetem, Innorégió Tudásközpont, mosanyi@gmail.com
[6] egyetemi docens, Eszterházy Károly Egyetem, Földrajz és Környezettudományi Intézet, sutogeo@gmail.com

Abstract: Hiking is a popular branch of tourism. In our research project, our goal is to create a query-enabled hiker application that allows users to choose the difficulty of the tour, help the orientation, and show the attractions that interest them. In this publication we present the theoretical and practical methods of creating the necessary GIS database.

Bevezetés

A turizmus jelenlegi trendjei között előkelő helyet foglal el a természeti környezetben zajló aktív turizmus, melynek egyik legismertebb módja a természetjárás, a „bakancsos" turizmus. A célközönség kiszélesedésével egyre nagyobb igény mutatkozik arra, hogy megfelelő digitális információforrás – leginkább mobiltelefonos applikáció – segítségével lehessen minél szélesebb körű, ugyanakkor áttekinthető adatokat kapni a teljesíteni kívánt útvonalról. Eger és vonzáskörzete, annak ellenére, hogy gazdag turisztikai attrakciók terén, távolabb esik a fontosabb túraútvonalaktól, ezért ilyen irányú fejlesztés tudomásunk szerint nem készült. Ugyan több ingyenes online turisztikai szoftver is segíti ma már a természetjárókat (turistautak.hu, opensourcemap.hu stb.) de ezek adatbázisa az általunk elvártnál kevesebb változót tartalmaz. A térséggel különböző szempontok szerint már több kutatás is foglakozott az Eszterházy Károly Egyetemen. Az Egri Kistérséget elsőként energetikai szempontból vizsgáló projekt 2016-ban zárult. Ennek adatbázisára és eredményeire építve zajlik a „Kutatási kapacitások és szolgáltatások komplex fejlesztése az Eszterházy Károly Egyetemen" (EFOP-3.6.1-16-20016-0001) pályázat, melynek célterülete az Egri Borvidék. A jelen publikációban ismertetésre kerülő kutatás turisztikai célú, ezért a lehatárolás eltér az előzőektől.

Ez a 625 km^2-es terület magában foglalja a Bükk DNy-i negyedét (a fennsíkot már nem), valamint a Bükkalja Ny-i felét és a Mátra vidékének legkeletibb szegletét (*1. ábra*). Történelmi borvidékeink közül az Egri, továbbá a Bükkaljai Borvidék két községe tartozik hozzá (1997. évi CXXI.tv.). Táji szempontból a terület magában foglalja a karszthegységi vonzerőiről ismert Déli-Bükk kistáj részlete által közrefogott



1. ábra Az Egri Borrégió turisztikai célterülete (saját szerkesztés)

Tárkányi-medence kiszélesedő öblözetét, az Egri-Bükkalja Alföld felé lealacsonyodó hegylábfelszíneinek Ny-i felét, továbbá a Tarna-völgy D-i, valamint a Déli-Mátra és a Keleti-Mátraalja K-i peremét. A térség települési központja Eger, mellette még további 18 kistelepülés veszi körül (Dövényi 2010).

Anyag és módszer

Kutatási projektünk keretében az a célunk, hogy olyan lekérdezhetőséget biztosító természetjáró alkalmazást készítsünk, amelynek segítségével a felhasználók kiválaszthatják a túra nehézségét, a tájékozódást, az őket érdeklő vonzerőket.

A térinformatikai adatbázis elkészítése során első körben a természeti adottságok turisztikai alap adatbázisát hoztuk létre. Ehhez kiválasztottuk azokat a természetföldrajzi tényezőket, amelyek a természetjárást befolyásoló tényezők, majd ezeknek a változóknak megkerestük azokat a paramétereit, amelyek értékétől függ az adott tényező szerepe.

Az adatok különböző forrásból származnak, melyek felhasználásakor tekintettel voltunk azok megbízhatóságára, pontosságára. Ezek a következő csoportokba sorolhatók:

- Hivatalos térítéses térinformatikai adatbázisok (pl. topográfia),
- Nyomtatott térképek (pl. turistatérképek),
- Szabad felhasználású, hivatalos térinformatikai adatbázisok (pl. CORINE),
- Szabad felhasználású, közösségi szerkesztésű tartalmak (pl. OpenStreetMap),
- Saját terepi felmérések.

A FÖMI állománya 43 rétegben tartalmazza a mintaterület topográfiai térképét (FÖMI DTA 10 szabvány). A szintvonalak (JA_vonal) és vonalas domborzatelemek (JB_vonal) megfelelő formátumúak a digitális domborzatmodell elkészítéséhez. Az utak azonban több rétegben találhatók, melyek közül egyesek felület objektumtípusúak, mely nem megfelelő – mivel a turistautak vonalas elemekként kell megjelenjenek.

- DA_felulet: egyes burkolat utak, de nem a valódi méretükben, hanem az eredeti térképjel szélességében ábrázoltan.
- DA_vonal: döntő részben a külterületi burkolatlan utak.
- EA_felulet: nagyrészt a belterületi közterületek telekhatárai, melyeknek csak egy része út.

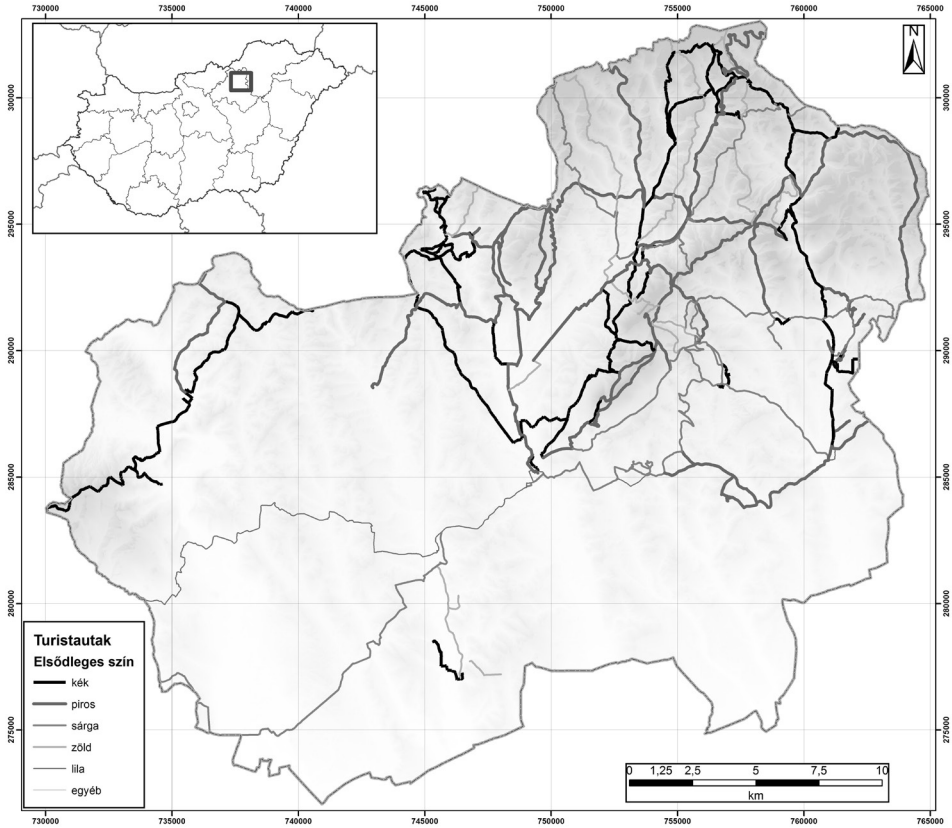
Az említett rétegekből az egységes, vonalas állományt létrehozása során a DA_vonal réteg lényegében változtatás nélkül átvehető, de a másik két réteget az utak tengelyvonalában vektorizálni kellett, melyet a topológiai hibák javítása zárt. Továbbá a FÖMI állománya csak néhol tünteti fel a turizmus szempontjából fontos ösvényeket, melyek pótlása terepbejárás során történő elsődleges adatfelvétellel és meglévő adatbázisok felhasználásával történt.

A terepbejárások során a kézi GPS készülékekkel felvett nyomvonalak megfelelő utómunka után (melynek során eltávolítottuk például a megállások, jelzéskeresések következtében a nyomvonalon keletkezett „hurkokat") beillesztésre kerültek az előzőekben említett útvonal-adatbázisba oly módon, hogy az illesztéseknél mindig a terepi felmérés eredményét igazítottuk a már meglévő utakhoz. Néhány esetben pedig nyílt forrású adatbázisokból – főként az OpenStreetMap és Turistautak.hu – (Internet1; Internet3) is történt átvétel, az előzőhöz hasonló illesztéssel.

Fontos kritérium, hogy az adatbázis az aktuális állapotoknak megfelelő legyen – viszont a hivatalos térképek sok esetben nem a legfrissebb állapotot tükrözik. Ezért a problémás helyeken egyedi mérlegelést követően kerültek be az új elemek. Ennek tipikus esete, amikor a FÖMI, illetve az egyéb forrásból származó út nagyrészt (hibahatáron belül) azonos nyomvonalon halad, de egyes helyeken eltávolodik, ott az elváló részeknél – általában terepi ellenőrzés után – az adatokat az új nyomvonalra vonatkoztattuk.

A turistajelzések színét és típusát már meglévő turistatérképek, illetve a terepbejárások alapján vettük fel. Mivel egy adott útszakasz több jelzést is tartalmazhat (mintaterületünkön maximálisan egyszerre öt jelzés fordult elő egy szakaszon), ezért külön adatoszlopok formájában ezek mindegyike hozzárendelésre került (külön bontva a színt és a jelzés típusát). A turistajelzések feltöltése folyamatos volt: ahol több jelzés is található, a jelzések jelentőségének sorrendjében (kék – piros – sárga – zöld) történt az adatfelvitel (MTSz 2016). Hagyományos térképi megjelenítésnél így az útvonal a sorban legelöl álló színnel jelenik meg (*2. ábra*).

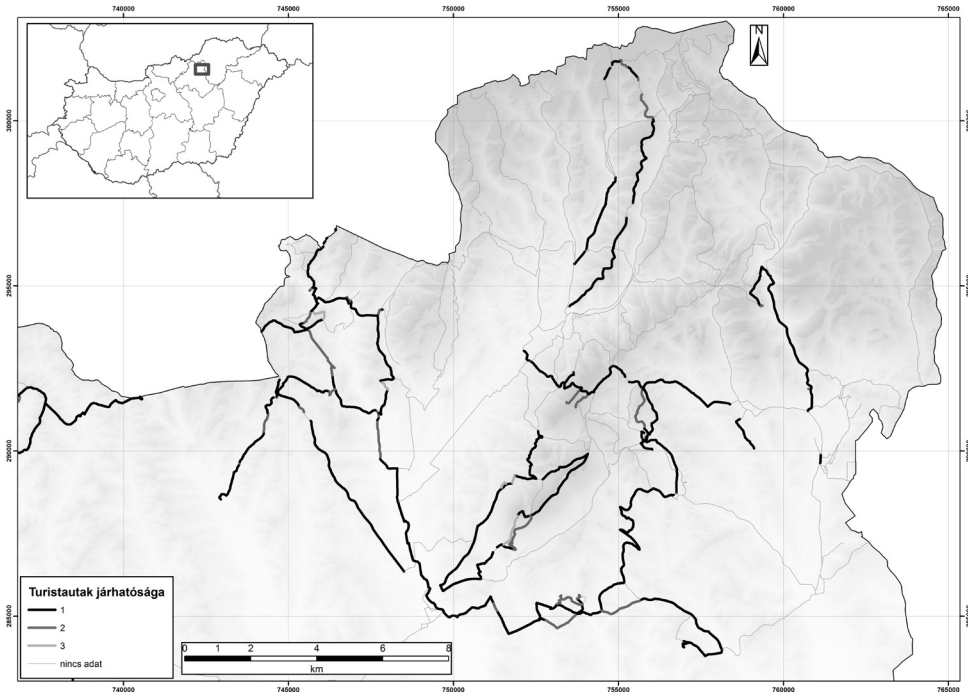
A terepbejárások során további olyan tényezők kerültek ellenőrzésre és új felmérésre, melyek a természetjárás szempontjából relevánsak: befolyásolják a túra teljesíthetőségét, turisztikai attrakciót jelentenek. Az adatfelvételhez módszertani ajánlások alapján kataszteri adatlapokat készítettünk a jelzett turistautakra, a turista



2. ábra Az Egri Borrégió turistaútvonalai (saját szerkesztés)

tereptárgyakra vonatkozóan. A vonzerők felvételéhez Dobos A. és társai által kidolgozott tájérték kataszteri szabvány kéziratos változatát használtuk (Dobos et al. 2001). Mindez a tereppontok tipizálásához, aktuális állapotuk és veszélyeztetettségük, bemutathatóságuk, valamint attrakciófejlesztési lehetőségeik meghatározásához is támpontokat adott. Az adatfelvételi pontosságot a felmérés minden részében, két Garmin túra GPS-készülék (Dakota 20 és Oregon 650t) biztosította, amellyel rögzítettük a bejárási nyomvonalakat, továbbá a kutatásunk szempontjából fontos útpontokat. A terepi felmérés során 296 km jelzett turistaút bejárása történt meg, amelyen összesen 300 egyedi terepi pont és adataik kerültek felvételre, helyszíni elsődleges minősítéssel együtt:

- Turisztikai tereptárgyak (pihenők, menedékek, kulcsosházak, stb.),
- Útkereszteződések,
- Turistajelzések,
- Geoértékek (alapszelvény, karsztos forma, forrás, stb.),
- Információs táblák,
- Kilátóhelyek és kilátók,
- Forrásfoglalások.



3. ábra A jelzett turistautak járhatósága (kivágat) (saját szerkesztés)

A terepi felmérés során az útszakaszokra vonatkozóan további három, a járhatóságot alapvetően meghatározó adat került meghatározásra:

- Turistajelzés követhetősége: 1 – könnyen követhető, 2 – közepesen követhető, 3 – nehezen követhető, zavaróan jelzéshiányos;
- Turistaút járhatósága: 1 – legkönnyebben járható, 2 – közepesen járható, 3 – legnehezebben járható (*3. ábra*);
- Az út szélessége: 1 – egy nyomvonalú ösvény, 2 – két nyomvonalú szekérút, szélesebb földút, dűlőút, 3 – széles (legalább 3 nyomvonalnak megfelelő) erdészeti út, dózerút, murvás út, mellékutca, 4 – széles aszfaltos főút.

A talajok, kőzetek fizikai jellemzői befolyásolják a vízzel szembeni viselkedést, amely turisztikai szempontból a különböző időjárási viszonyok között, egy útszakasz csúszási, porzási hajlamát adják meg. Ez akár a teljesítési idő mértékét is befolyásoló paraméter lehet. A földtani adottságokhoz az MBFSz online földtani térképét használtuk fel (Internet2). A talajtani paramétereket Dobos (2002) bükki talajok elterjedését ismertető könyvfejezete alapján rögzítettük. A kőzetek, talajok természetjárás nehézségét meghatározó parametrizálásához Török (2007) mérnökgeológiai munkáját vettük figyelembe. A domborzati változók tulajdonságait Szepesi – Sütő (2011) ezen témakört elemző tanulmányából nyertünk módszertani ötleteket. A felszínborítottságnál a CORINE adatbázisra támaszkodtunk, mivel az ingatlankataszterben rögzített művelési ág számos esetben nem egyezik meg a valós növényborítottsággal (pl. felhagyott szántók, rétek beerdősödése miatt). Az 5 méteres

felbontású raszteres digitális domborzatmodell alapján készült lejtőkategória-térkép százalékos rendszerű, a kitettség esetében pedig a nyolcas égtáji felosztást használtuk. Mindezen adatokat útszakaszokra vonatkoztattuk.

Eredmények

Az útszakaszok határainak és hosszának meghatározásánál több szempontot vettük figyelembe. Arra törekedtünk, hogy az egyes részek megfelelően rövidek legyenek ahhoz, hogy jellemzőik nagyrészt homogének legyenek, ugyanakkor nem lehetnek túlságosan rövidek sem, mert az már az áttekinthetőséget, ezáltal a használhatóságot rontotta volna. Az útszakaszok határait a feldolgozás jelenlegi állapotában az egyes utak – beleértve a turistajelzéssel nem rendelkezőket is – találkozási pontjai, illetve a turistajelzések változásai jelölik ki, ennek megfelelően az egyes szakaszok hosszában jelentős különbségek lehetnek.

A felületi tartalmak (geológia, talaj, felszínborítottság, meredekség, kitettség, stb.) az útszakasz mértani középpontjának megfelelően kerültek hozzárendelésre. Az alaptérképekből származtatható értékek a mintaterület összes útjánál hozzárendelésre kerültek, míg a járhatóságot meghatározó további paraméterek (jelzés követhetősége, turistaút járhatósága, út szélessége) csak a ténylegesen bejárt szakaszokon.

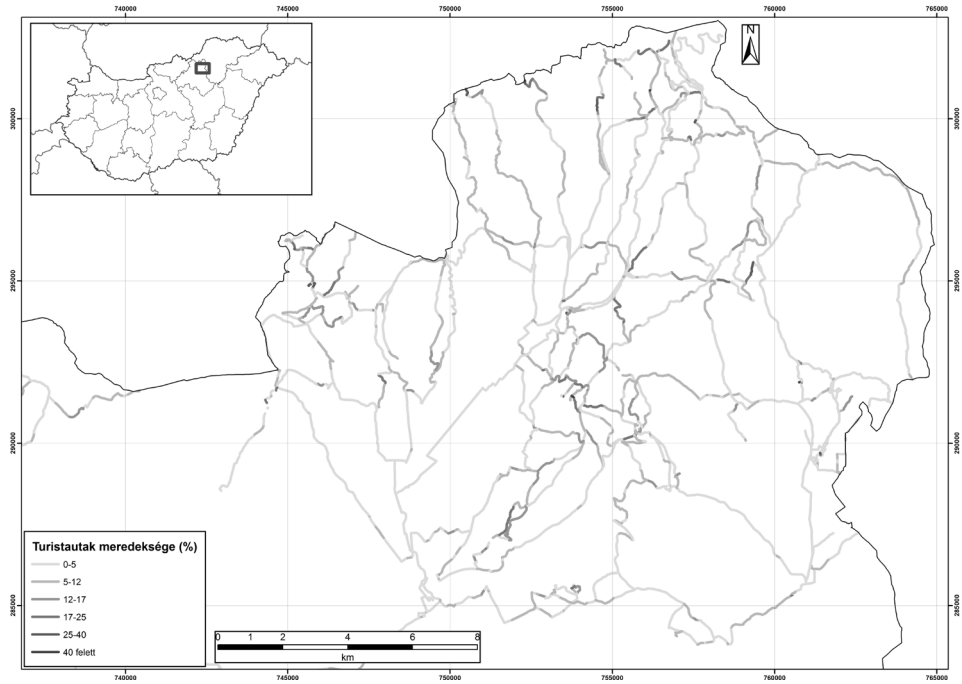
A további tagolási lehetőségek a vektoros adatbázisok vagy a raszteres, morfometriai értékeket tartalmazó térképeken alapulhatnak.

A rendelkezésre álló vektoros állományok (felszínborítottság, geológia, talajtan, stb.) alapján történő tagolás gyakorlati szempontból nem jelentene lényeges többlettartalmat. Ugyanis ezen térképek homogén területei (foltjai) általában nagyságrendileg nagyobbak, mint az útszakaszok – azaz nem jellemző, hogy egy útszakaszon belül változzon az adott jellemző – így az e szerinti tagolást egyelőre elvetettük.

Az útszakaszok lejtőmeredekség (*4. ábra*) alapján történő további felosztása két irányban is tervezett: az inflexióknál mindenképpen szükséges lesz a tagolás, az adott lejtésirányon belül a meredekség hirtelen változásánál kialakítandó határok viszont alaposan átgondolandók – a túl rövid szakaszok mindenképp elkerülendők. A kitettség szerinti felosztást viszont nem célravezető, mivel az útvonalak gyakori kanyarulatai miatt áttekinthetetlenül kis egységek jönnének létre.

Összefoglalás

A természetjárást mind természeti, mind társadalmi-infrastrukturális oldalról sokféle adottság befolyásolja. A domborzat morfometriai tulajdonságai, felszínborítottsága, a terület éghajlata, vízrajza, de akár talajviszonyai is olyan tulajdonságokat hordoznak, amelyeknek a természetjárás célja szerinti kiértékelése segíthet egy adott útvonal nehézségi viszonyainak, vonzerejének előzetes



4. ábra Az útszakaszok átlagos meredeksége (kivágat) (saját szerkesztés)

feltérképezésében. A terepi turisztikai infrastrukturális elemek az út közbeni pihenést, tájékozódást, felfrissülést vagy éppen menedéket biztosítják. Éppen ezért aktuális állapotuk ismerete fontos lehet. Ezért úgy gondoljuk, hogy a jövő a minél szélesebb körű információszolgáltatást és összehasonlítási lehetőségeket nyújtó, a kevésbé felkészült célközönség tudásával is használható, az ismeretszerzést és az élmények megosztását is lehetővé tevő online, mobil platformoké. A létrehozott adatbázisra támaszkodva egy olyan interaktív közösségi applikáció kialakításához szeretnénk hozzájárulni, mely a turistaút jellemzőit akár egyes értékek alapján, akár komplex mérőszám formájában mutatja, továbbá a természetjárók visszajelzéseket tudnak adni a terepi változásokról, a hulladéklerakáson át az infrastruktúra rongálódásáig, amely mind pénzbeli, mind hatékonysági oldalon segítheti a karbantartási feladatok optimalizálását.

Irodalomjegyzék

Dobos A. – Gasztonyi É. – Kozák M. – Püspöki Z. – Sütő L. – Szabó J. (2001): Az MSZ 20381/1999-es szabvány átdolgozott tájértékrendszere (Földtudományi értékek), kézirat.

Dobos E. (2002): Talajtakaró. In: Baráz Cs. (szerk.) A Bükki Nemzeti Park: Hegyek, erdők, emberek. Bükki Nemzeti Park Igazgatóság, Eger, pp. 149–153.

Dövényi Z. (szerk.) (2010): Magyarország kistájainak katasztere. MTA FKI, Budapest, pp. 742–752.

FÖMI: DTA10 V3 Objektum-attribútum katalógus és adatfeltöltési utasítás (Verzió: 20100701)

MTSZ Turistaút Szakbizottsága szerk. 2016. Turistajelzés – festés Magyar Természetjáró Szövetség Szakmai füzetek, Budapest, 42 p. http://mtsz.org/images/stp_attachment/0/179/turistajelzesfestes_6_20160614.pdf?60994231510128024

Sütő L. – Szepesi J. – Domboróczki Z. (2011): Adatok a mátrai teljesítménytúrák földrajzi adottságainak elemzéséhez. In: Hanusz Á. (szerk.) A helyi TDM szervezetek szerepe a desztináció turisztikai kínálatának fejlesztésében. NYF TFI, Nyíregyháza. pp. 135–151.

Török Á. (2007): Geológia mérnököknek. Műegyetemi Kiadó, Budapest, pp. 308–310.

Internetes források

Internet1 – Open Street Map (https://www.openstreetmap.org).

Internet2 – Magyarország felszíni földtani képződményei (https://map.mbfsz.gov.hu/fdt100/).

Internet3 – Turistautak.hu (https://turistautak.hu/).

A hajózás biztonságát fenyegető objektumok térképezése – kisköltségvetésű szonárrendszerekkel

Valkay Alexandra Ilona[1] – Pirkhoffer Ervin[2] – Czigány Szabolcs[3] – Nagyváradi László[4] – Halmai Ákos[5]

[1] kutatási asszisztens, Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajzi és Földtudományi Intézet, Térképészeti és Geoinformatikai Tanszék, valkays2@gamma.ttk.pte.hu
[2] docens, Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajzi és Földtudományi Intézet, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, pirkhoff@gamma.ttk.pte.hu
[3] docens, Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajzi és Földtudományi Intézet, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, sczigany@gamma.ttk.pte.hu
[4] docens, Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajzi és Földtudományi Intézet, Térképészeti és Geoinformatikai Tanszék, nagyvarl@gamma.ttk.pte.hu
[5] tanársegéd, Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajzi és Földtudományi Intézet, Térképészeti és Geoinformatikai Tanszék, halmaia@gamma.ttk.pte.hu

Abstract: Professional sonars are large, high-precision and costly tools; therefore, unsuitable for surveying shallow waters. To overcome these challenges, a low-cost sonar system was developed during the current study. This sonar system was found suitable for the bathymetric measurements of the Drava River and the detection of objects that may endanger shipping and riverbed in shallow waters. The sonar, primarily due to its small size, was also well-suited for the bathymetric measurement of other shallow and rapid rivers as well ponds and small lakes. Additionally, we have developed a software for data collection, processing and 3D-modeling of the acquired bathymetric data in ArcGIS environment.

Bevezetés

A Dráva magyarországi, hajózás által érintett szakaszának medermorfológiáját és a mederben lévő, hajózásra veszélyes objektumokat vizsgáltuk. A felmérés célja egy hajózást segítő alkalmazás fejlesztése, amely a mederfenék domborzatát és a mederben lévő hajózást veszélyeztetni képes objektumokat is figyelembe veszi. Ezeket az objektumokat egy alacsony költségvetésű halkereső szonárrendszerrel vizsgáltuk, mert a kutatásra szánt kisebb költségvetés nem tette lehetővé a professzionális szonárrendszerek használatát. A szonárrendszer kiválasztásakor a gyűjtött adatsorok tulajdonságait, a keletkező adatok sűrűségét, térbeli kiterjedését és azt az igényt is figyelembe kellett vennünk, hogy a partélhez közeli, 50 cm-nél sekélyebb területeket is fel kell mérnünk. Az adatok kiolvasására, illetve térinformatikai felhasználására saját szoftvert fejlesztettünk.

Anyag és módszer

A felmérést a Dráva magyarországi, 0–198,6 fkm közötti szakaszán, 2018 tavaszától végeztük kereskedelmi halkereső rendszerrel. Aktív szonárt használtunk, vagyis a vizsgálandó hanghullámot az eszköz maga bocsájtja ki ismert, általtunk

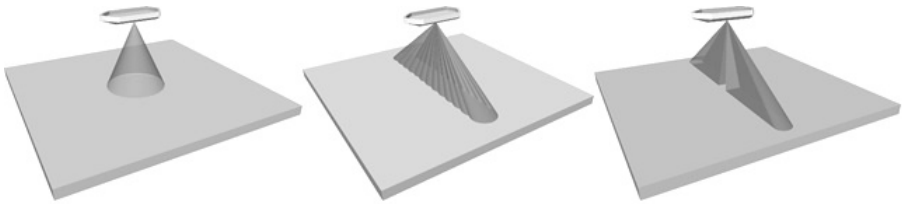
megadott frekvencián. Nagy kiterjedésű területek batimetriai felmérésére a többcsatornás és az interferometrikus szonárok alkalmasak (Blondel 2009). Az interferometrikus szonárok elméletben alkalmasak a szonár 140–170°-os nyílásszögű környezetének sűrűn rögzített keresztszelvényszerű térképezésére (Kirmani 2016).

A különböző típusú szonárok közül az egycsatornás rendszerek egyszerre csak egy impulzust bocsátanak ki, majd a mederfenékről vagy a mederfenéken található tereptárgyakról visszaverődő hullám időbeli késlekedéséből és a visszaverődött hullám amplitúdójából vonnak le az objektumok távolságára és anyagi tulajdonságaira vonatkozó következtetéseket (L-3 Communications SeaBeam Instruments 2000). Mélységmérésre és üledékvizsgálatra használhatók (Blondel 2009), melyek egy nagy nyílásszögű, kúp alakú területről gyűjtenek adatokat (*1. ábra*). A visszaérkezés idejét mérve meghatározható a mederfenék távolsága (Hansen 2012). Batimetriai célú szonár keskeny nyílásszögű kúp alakú területről gyűjt adatokat, mely alkalmas fenékdomborzat-térképezésre és keresztszelvényezési célokra. A nagy nyílásszögű szonár a jármű közelében lévő, közlekedésre veszélyes, sekélyen elhelyezkedő mederformák detektálására alkalmas, mely a vizsgált kúpban elhelyezkedő, legközelebb eső, magas reflektanciájú objektum távolságát jelöli, amely nem feltétlenül a mederfenék távolsága. A halkereső szonárok lefelé tekintő modulja ehhez hasonló, menetirányra merőlegesen, erősen lapított ellipszis alaprajzú nyalábot bocsát ki. A többcsatornás szonárok több keskeny látószögű szonárfejet alkalmaznak vonalban elhelyezve egymás mellett (*1. ábra*), ezáltal 60–140° nyílású, keskeny sávban szolgáltat nagy térbeli felbontású, középről a szélek fele csökkenő pontosságú adatot, melynek szélessége a vízmélység háromszorosa (Caleb 2005).

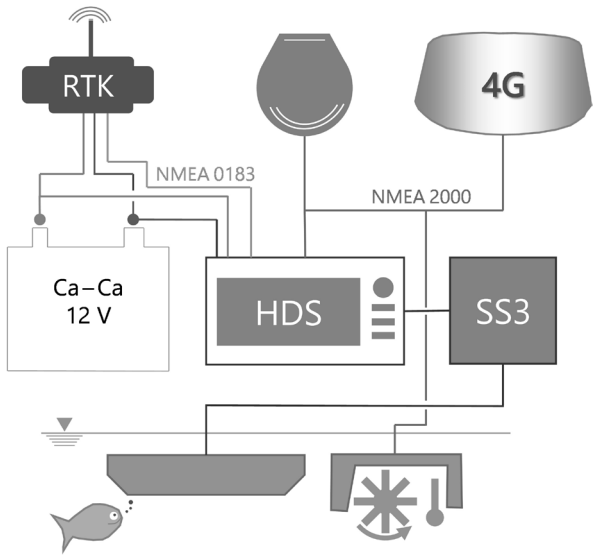
Az oldalra tekintő szonárok alkalmasak képalkotásra, a hajó két oldalán egy-egy impulzust küldenek a vízbe menetirányra merőlegesen elnyújtott ellipszis alakjában (*1. ábra*).

A felmérés során alkalmazott Lowrance Structure Scan 3D szonár két, 30°-ban oldalra- és egy ugyanilyen lefelé tekintő pásztát használ eltérő frekvenciákon annak érdekében, hogy a szonártest alatti alacsonyfelbontású térrész kiterjedése minimális legyen (Proctor 2014).

A felmérés során ezen 1,8 m széles, és 6 m hosszú katamarán testű alumínium hajó orrának közepére, egy rudazatra szereltük fel a mérőeszközöket. A rúd tetejére egy GeoMax Zenith35 Pro GNSS, a rúd alsó végére egy 4×10 cm-es horganylemez került, amelynek bal oldalára a StructureScan 3D fej, jobb oldalán pedig az egycsatornás



1. ábra Az egycsatornás (balra), a többcsatornás(középen) és az oldalra tekintő (jobbra) szonár felmérési területei (Halmai 2018)



2. ábra A használt szonárrendszer vázlatos felépítése. Fentről lefelé, balról jobbra: preciziós GPS; Precision–9 háromtengelyű elfordulás mérő; radar; 12 V névleges feszültségű, 40 Ah-s akkumulátor; a szonár kezelőfelülete és adatmentő egysége; erősítő- és jelfeldolgozó egység; transducer (hangszórók és hidrofonok); lapátkerekes hőmérséklet- és vízsebességmérő (Halmai 2018)

szonárfej lett rögzítve (*2. ábra*). A két szonárfej egymástól mért távolsága 15 cm. A StructureScan 3D fejének teteje egybeesik a lemez szélével, így a szonárfej az, ami zajkeltő hatások nélkül elsőként hasítja a vizet. A horganylemez elé egy félkörív alakú, 4 cm átmérőjű műanyag vízelvezető félcső is került annak érdekében, hogy haladás közben az áramló víz a lehető legkevesebb örvényt keltse, ezáltal lényegesen kevesebb zajt okozva a mérés közben. A mérés során használt eszközök – az elfordulásmérőt kivéve – a hajó orrában helyezkedtek el. Az elfordulásmérőt a hajóvezető mellett jobbra, egy tárolódoboz oldalára szereltük fel, mivel annak megfelelő működéséhez szükséges függőleges felület kell, melyet itt tudtunk biztosítani.

A kiválasztott szonár kezelőfelülete (*3. ábra*) 7 inch képátlóval, 16:9 képaránnyal, 800×480 pixel felbontással rendelkező érintőképernyő, melyhez kettő microSD kártya csatlakozó tartozik (Lowrance 2014). Az áramot 12 V névleges feszültségű, 40 Ah-s autó-akkumulátor biztosítja.



3. ábra A szonár kezelőfelülete

A mérés megkezdése előtt a kezelőeszközt összekapcsoltuk a nagypontosságú GeoMax Zenith35 Pro GNNS-el NMEA0183 hálózaton keresztül. A szonár a GNSS adatait RS-232 kábelen, NMEA hálózaton keresztül 38400 baud átviteli sebességgel tudja fogadni. A GNSS beállításainál egymástól függetlenül beállítható, hogy másodpercenként hány alkalommal mérjen, és a mért koordinátákat hány alkalommal küldje át. Ezenfelül az adatok fogadási helyét is beállítjuk, hogy a GPS koordinátákat és az elfordulásmérő adatait megfelelő helyről kapja a szonár.

A háromtengelyű elfordulásmérőt kalibrációjához közel állandó sebességgel egy 390°- os fordulatot kell megtennünk. Miután ezt elvégeztük, elkezdhetjük a felmérést az alábbi menet szerint:

1. A bal part mentén, folyásiránnyal szemben felhajózunk a parttól olyan messze, hogy az oldalra tekintő szonár képének szélén éppen megjelenjen a partél.
2. A jobb part mentén, folyásiránnyal megegyezően lehajózunk úgy, hogy a partél megjelenjen a képen.
3. A bal part és a sodorvonal között felhajózunk.
4. A sodorvonalban lehajózunk.
5. A jobb part és a sodorvonal között felhajózunk.
6. Ha a folyó szélessége átlag feletti, a középső sávok eltolhatók úgy, hogy egyenletesen lefedjék a fennmaradó területet, miközben a sodorvonal mellett legközelebb elhaladó ág lefelé fusson.

Sekély vízálláskor a zátonyos területek száma megnövekedhet a folyón, ezért ezt a mérési tervet nem minden szakaszon lehet ilyen formában kivitelezni. Ennek mérlegelése a biztonságos munkavégzés érdekében a hajóvezető feladata. A folyó egész szélessége ebben az esetben sem fedhető le teljes egészében, de az így kapott adatsűrűség jelentősen nagyobb, mint a korábbi keresztszelvényezési eljárásban.

A felmért adatokból az általunk fejlesztett alkalmazás képes kiolvasni SL3 és az USR4 fájlokat, abból exportálni a szonár geodéziailag helyes útvonalát, illetve a középponti, egycsatornás szonármérésből származó mélységértékeket és az interferometrikus mérésből származó virtuális keresztszelvény adatokat, melyek merőlegesek a haladási irányra.

Eredmények

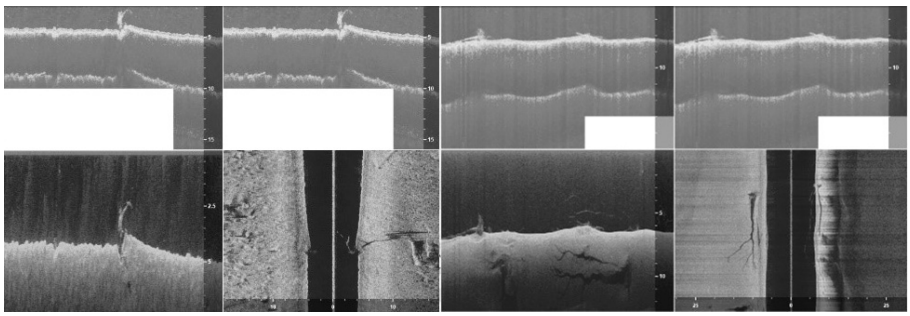
A mederben lévő objektumok detektáláshoz ReefMaster Sonar Viewer programot használtunk, amely a szonár által létrehozott állomány egy részét képes vizuálisan megjeleníteni. A felmérés eredményeként 235 db SL3 állományt kaptunk, melyeket vizuálisan vizsgáltunk át. Az objektumok detektálásához létrehoztunk egy adatbázist, ahol a felméréskor aktuális adatok találhatók meg. A mérés idejében aktuális vízmélység, az objektum a medertől és a vízfelszíntől mért távolsága, annak koordinátái, illetve az objektum eredete lett rögzítve. A ReefMaster program lehetőséget ad arra, hogy a fájlokat mozgóképként jelenítsük meg. Amikor olyan objektum látszódott a down-scan vagy a side-scan szonár képen, amely kis- közép- vagy nagyvíz esetén veszélyeztetheti a hajózást, azt .jpg állományba tároltuk. Ezek az állományok adták alapját az adatbázisban rögzített adatoknak. A létrehozott

táblázatot .xls formátumba mentettük el annak érdekében, hogy ArcMap-ben megnyitható legyen, majd azt adattáblaként hozzáadtuk. A megnyitott adatokat a teljes feldolgozhatóság érdekében pont elemosztályt hoztunk létre.

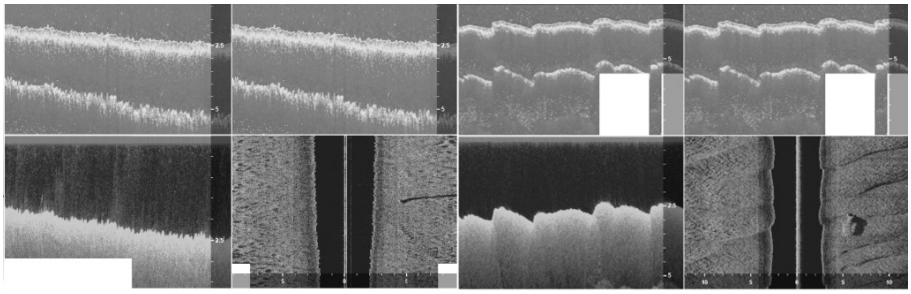
Ezzel a hajózást veszélyeztetni képes objektumok megjeleníthetővé váltak a térképen, melyhez a következő lépésekre volt szükség:

1. A felmért szonáradatokból kiszámoltuk a hajózási útvonalat.
2. Euclidean Distance eszközt használva a kiszámított hajózási útvonaltól számítva 50 méter távolságot felosztjuk egyenletes szakaszokra.
3. Az attribútumtáblában létrehozunk egy új mezőt, majd ebben a mezőben kiszámoljuk a pontok távolságát.
4. Az egyes objektumokat az eredetük, a magasságuk és a hajózási útvonaltól mért távolságuk szerint súlyozzuk különböző mélységeknél.
5. A súlyokat összesítjük, majd az összesített súly értékből IDW függvénnyel veszélytérképet interpolálunk.

Az objektumok eredetük szerint természetes és mesterséges eredetű objektumokra veszélyességük szerint kisvíznél, középvíznél, és nagyvíznél is veszélyes objektumokra csoportosíthatók. Drávaszabolcsnál lévő vízmérce a kisvízi mérési tartomány −50–+310 cm, a középvízi 310–488 cm, a nagyvízi 488–600 cm közötti vízmélységet jelenti (INTERNET1). Az objektumok lehetnek természetes (*4. ábra*) és mesterséges (*5. ábra*) objektumok, ezen belül lehetnek a mederből kiállók, vagy a mederbe süllyedtek. A vizsgált szakaszon összesen 647 veszélyes objektumot detektáltunk, mely közül 616 természetes, 31 pedig mesterséges eredetű. Kisvízi vízmélység esetén 83, középvízi vízmélység esetén 256, nagyvíz esetén 278 objektumot találtunk, amely veszélyesnek minősült.



4. ábra Mederből kiálló (bal) és mederbe süllyedt (jobb) természetes objektum

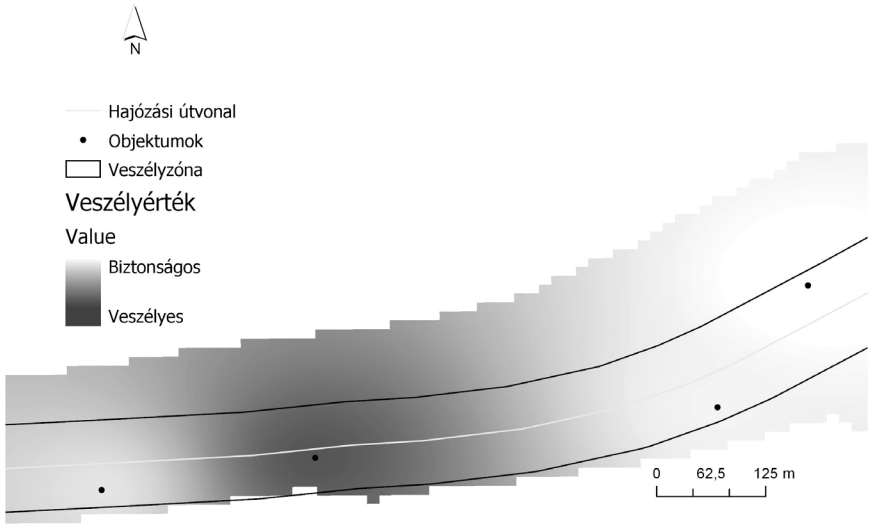


5. ábra Mederből kiálló (bal) és mederbe süllyedt (jobb) mesterséges objektum

A down-scan szonár képét az egycsatornás szonár készíti, mely egy a haladási irányra merőlegesen elnyúló, ellipszis alaprajzú térrészről ad mélységinformációt. Mélyebb vizekben jobban használható, mivel a vízben lévő objektumokat és élőlényeket inkább a függőleges síkban képezi. Jó minőségű, nagy felbontású képeket készít még nagy sebességgel haladva is.

A side-scan szonár képe két részre osztható: középső sötét sáv, ahol a szonár alatt lévő vízoszlop a benne lévő objektumokkal és halakkal látszik, a mellette lévő két szürkés zóna pedig a szonár alatt lévő mederfenék. A középső sávban a világosabb csíkot a vízfelszín reflektanciája okozza. A side-scan szonár képe kétszer szélesebb területet fed le, mint a down-scan szonár képei, így jobb képet nyújtva a vízi környezetről.

A Dráva hajózási szempontból víziút osztálya II., így maximálisan 57 m hosszú és 7,5 m széles hajó közlekedhet rajta (Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság 2014). Az objektumok súlyozásánál figyelembe vettük azok eredetét: a mesterséges objektumokat veszélyesebbnek tituláltuk, mivel azokat a víz energiája lényegesen nehezebben sodorja el. A hajózási útvonaltól mért távolság értéke megegyezik a súly értékével, ezért a létrejött veszélytérképen az az objektum számít veszélyesebbnek, ahol kisebb az összesített érték, mivel az közelebb esik a hajózási útvonalhoz. Az objektum magassága alapján öt különböző súlyértéket hoztunk létre három különböző csoportban. A súlyértékek – a távolságértéket kivéve – 5-tel oszthatóként definiáltuk a nagyobb eltérés érdekében. A felmért Dráva szakasz szonárállományaiból létrehozott adatbázis alkalmas a veszélyes objektumok térképen való megjelenítésére (*6. ábra*). Ezek az adatok exportálhatók és hozzáadhatók az alkalmazáshoz, melyen így a hajózási útvonal mellett a veszélyes objektumok által létrehozott veszélyesebb szakaszok is láthatók.



6. ábra A veszélytérkép

A kutatás jövőbeni iránya egy olyan 3D adatbázis létrehozása, mely adatainak felhasználásával olyan virtuális térkép készíthető, amely okosszemüveg használatával is látható.

Felhasznált irodalom

Blondel, P. (2009): The Handbook of Sidescan Sonar, Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Caleb, G. (2005): Efficacy of an interferometric sonar for hydrographic surveying: Do interferometers warrant an in depth examination? Silver Spring, Maryland: NOAA's National Ocean Service, Office of Coast Survey, Hydrographic Surveys Division.

Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (2014): Dráva folyó nagyvízi mederkezelési terv. Dél-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Pécs: Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, p.165.

Halmai, Á. (2018): Kisköltségvetésű, batimetriai szonárrendszerek használhatóságának vizsgálata folyóvizekben. pp. 10–19; 51.

Hansen, R.E. (2012): Introduction to sonar. University of Oslo. Oslo.

Kirmani, S. F.(2016): Methods and Aparathuses for Reconstructing 3D Sonar Image. U.S.A Patent US 20160259052A1.

L-3 Communications SeaBeam Instruments (2000): Multibeam Sonar – Theory of Operation. East Walpole, Massachusetts: L-3 Communications SeaBeam Instruments.

Lowrance (2014): StructureScan 3D User Guide. Lowrance. Tulsa, Oklahoma: Lowrance.

Proctor, A. (2014): Sonar System using Frequency Bursts. Amerikai Egyesült Államok Patent US 2014/0010048A1.

Internetes források

Internet1 – Integrált Drávai Monitoring. MédiaTér Informatikai Szolgáltató és Kereskedelmi Kft., Pécs. 2006. http://www.dravamonitoring.eu/?module=chart&voa=16496288-97AB-11D4-BB62-00508BA24287 (hozzáférés dátuma: 2019. 03. 05).

Borsod-Abaúj-Zemplén megye jövedelemszerzési célú belföldi ingázási mintázatainak feltárása térinformatikai eszközökkel

Varga Ágnes

egyetemi tanársegéd, Budapesti Corvinus Egyetem, Gazdaságföldrajz, Geoökonómia és Fenntartható Fejlődés Intézet, varga.agnes@uni-corvinus.hu

Absztrakt: Kutatásomban arra kerestem a választ, hogy vajon mekkora arányt képvisel a jövedelem – mint az objektív jólét települési szintű indikátora – előállításában az ingázók aránya Borsod-Abaúj-Zemplén megye különböző településein, és vajon az ingázási távolság nagysága az egyes települések esetén visszatükröz-e sajátos földrajzi jellegzetességeket? Vizsgálatom eredményeként megállapítható, hogy Borsod-Abaúj-Zemplén megye munkavállalási célú ingázásai elsősorban a megyén belül valósulnak meg. A megyén kívülre történő hosszabb távolságú ingázás főként a székhelytelepülésekről és a megyeszékhelytől távolabbi zempléni településekről történik. E településeken – akár székhelytelepülés, akár nem – jellemzően a megyei átlagon felüli a helyben dolgozó munkavállalók aránya, aki viszont részt vesz az ingázásban az jellemzően nagyobb távolságra ingázik.

Bevezetés

A jólét (welfare) települési szintű vizsgálatai esetén több esetben is az egy lakosra jutó jövedelem valamilyen formáját (nettó, bruttó, társadalmi, munkajövedelem, belföldi) alkalmazzák. Azonban e módszertan elfedi azt, hogy e jövedelemnek mi az ára, vagyis, hogy az egyes települések esetén a munkavállalók milyen arányban és mekkora távolságra ingáznak a településen realizált jövedelem előállításához, amely jelentősen befolyásolja a szubjektív jóllét alakulását (subjective well being), hiszen az ingázás erősen befolyásolja az otthon végezhető munkára és a szabadidőre fordítható idő arányát.

Kutatásomban arra kerestem a választ, hogy az egy településen realizált nettó jövedelem előállítása mekkora költséget jelent az adott településen élőknek, vagyis átlagosan és a nagyobb távolságra történő ingázásban résztvevőkre fókuszálva az mekkora befektetett energiával jár. (A befektetett energiát a vizsgálatban a lakóhely településről történő elingázás során mért közúti távolsággal azonosítottam.)

A hazai területi kutatásokban az ingázási adatokon alapuló közelmúltban publikált vizsgálatok sorából kiemelném Pénzes és munkatársainak (2014; KSH, é.n.) kutatásait, amelyek országos szinten a munkaerő-piaci vonzáskörzetek kijelölésére, regionális szinten az ingázás jövedelemmel és foglalkoztatottsággal történő összefüggéseinek vizsgálatára és annak a településhálózaton belüli és térbeli egyenlőtlenségeire fókuszáltak (Pénzes 2013), míg Hardi (2015) szintén regionális szinten vizsgálta az ingázási központok és vonzáskörzetek jellemzőit. Ugyancsak országos léptékben Kiss – Szalkai (2014, 2018) a munkahely és lakóhely térbeli koncentrációjának és változásaira fókuszált, míg Pálóczi (2016) komplex

hálózatelemzési módszereket felhasználva vizsgálta a be- és kiingázási kapcsolatok által determinált települési függőségi viszonyokat.

Jelen tanulmánynak nem célja a Borsod-Abaúj-Zemplén megyében megfigyelhető térbeli ingázási mintázat és jövedelmi egyenlőtlenség mélyebb összefüggéseinek feltárása és magyarázata, fókuszában csupán a kutatási kérdés megválaszolásához szükséges adatbázis és elemzési módszertan, valamint eredményeinek rövid bemutatása áll.

Anyag és módszer

A kutatási kérdés megválaszolásához szükséges geoinformációk az OpenStreetMap (OSM) felületéről származnak, míg az attribútum adatok a Központi Statisztikai Hivatal 2011-es népszámlálási adataiból álltak rendelkezésemre.

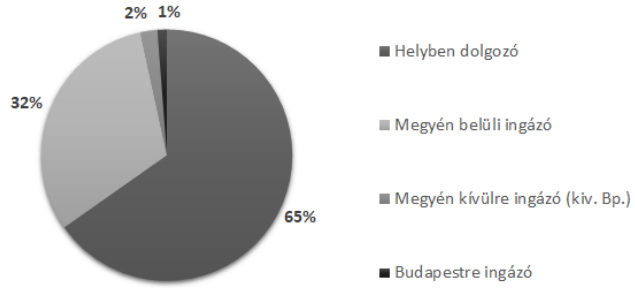
A vizsgálathoz csak Magyarország településeit összekötő fő közlekedési útvonalakra volt szükségem, ezért tisztítottam az OSM felületéről letöltött úthálózati adatbázist, így annak mérete jelentős mértékben csökkent, ezáltal kezelhetősége is javult. A településeket szintén az OSM-ről letöltött pont geometriát tartalmazó shapefájl tisztításával állítottam elő. Mivel a 2011-es népszámlálás során még csak 3.154 településünk volt (Balatonakarattya csak 2015-ben vált ki Balatonalmádiból), így erre optimalizálva a rendszert a tisztított úthálózattal adatbázist építettem az *ArcMap (10.4) Network Analyst* segítségével, amiben teszteltem az egyes pontok elérhetőségét az *OD Cost Matrix* segítségével, majd javítottam a topológiai hibákat.

Az ingázási adatok alapján Borsod-Abaúj-Zemplén megye 358 településéről (lakóhely, mint forráscsúcs) összesen 750 egyéb településen végeznek munkavállalási célú tevékenységet az emberek (munkahely, mint célcsúcs), három településről nem történt elingázás (Csenyéte, Gagyapáti, Litka), vagyis a megyén kívül, Magyarországon belül még 395 település érintett Borsod-Abaúj-Zemplén megye foglalkoztatásában. Jelen vizsgálat a változó településen dolgozókat és külföldön munkát vállalókat figyelmen kívül hagyta, akik a munkavállalók 6,21, az ingázásban résztvevők 19 százalékát teszik ki.

Ezek alapján összesen 7.773 munkavállalási célú ingázási kapcsolat azonosítható. A vizsgálathoz az egyes települések közötti közúton mért távolságára volt szükség, amelyet az *ArcMap (10.4) Network Analyst Closest Facility* segítségével kalibráltam a lakóhelyek és a potenciális munkahelyek között.

Eredmények

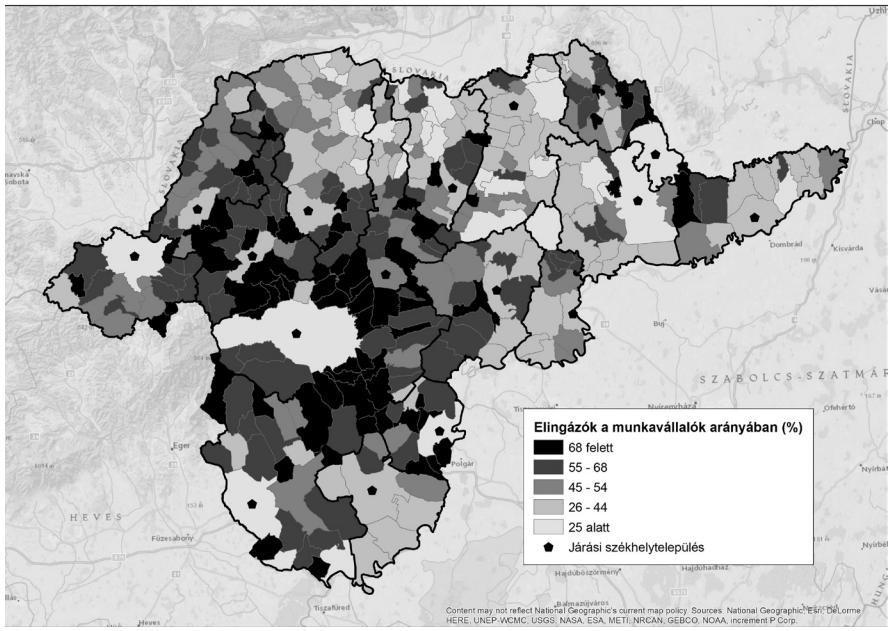
A megyében összesen 232.218 munkavállalót regisztráltak a 2011-es népszámlálás során. Vizsgálatba ebből 217.777 munkavállaló került bevonásra, amelynek közel 2/3-a helyben dolgozott (142.116 fő) és csak 1/3-a (75.661 fő) vett részt a belföldi ingázásban, amelyből csupán 3% ingázott a megyén kívülre (*1. ábra*). Vagyis megállapítható, hogy a Borsod-Abaúj-Zemplén megyében realizált jövedelem jórészt a megyén belül termelődik.



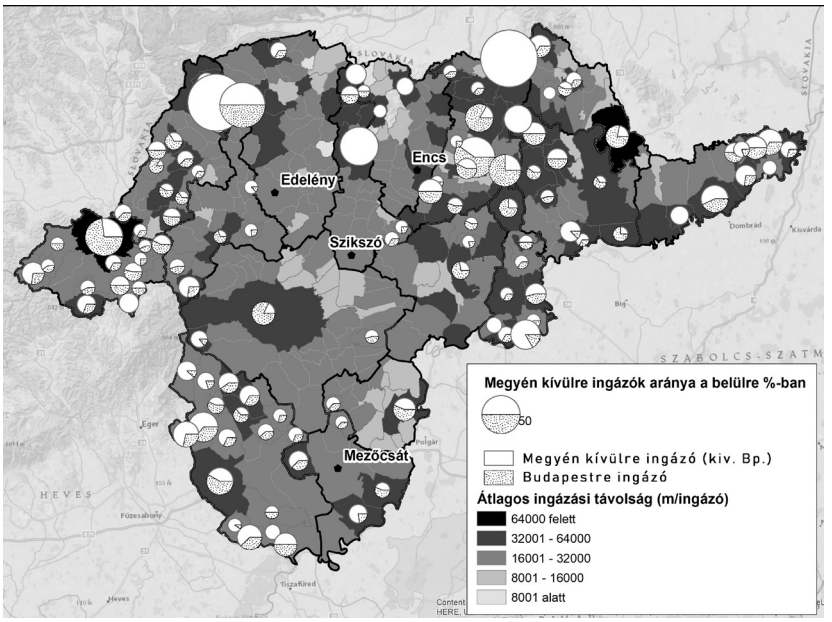
1. ábra A munkavállalók megoszlása ingázási jellemzőik alapján Borsod-Abaúj-Zemplén megyében a vizsgálatba bevont mintában. Adatforrás: TeIR

A munkavállalók arányában a járásszékhelyekről és a zempléni térségből ugyan alacsonyabb az ingázók aránya (*2. ábra*), azonban jellemzően e helyekről az ingázók nagyobb távolságokra ingáznak (*3. ábra*). A *3. ábrán* látható, hogy ahol a megyén kívülre ingázók aránya meghaladja a megyei átlagot – vagyis a 7 százalékot – elsősorban e térségekből kerülnek ki, kivételt képeznek ez alól az Edelényi, Szikszói, Encsi és Mezőcsáti járások székhelytelepülései.

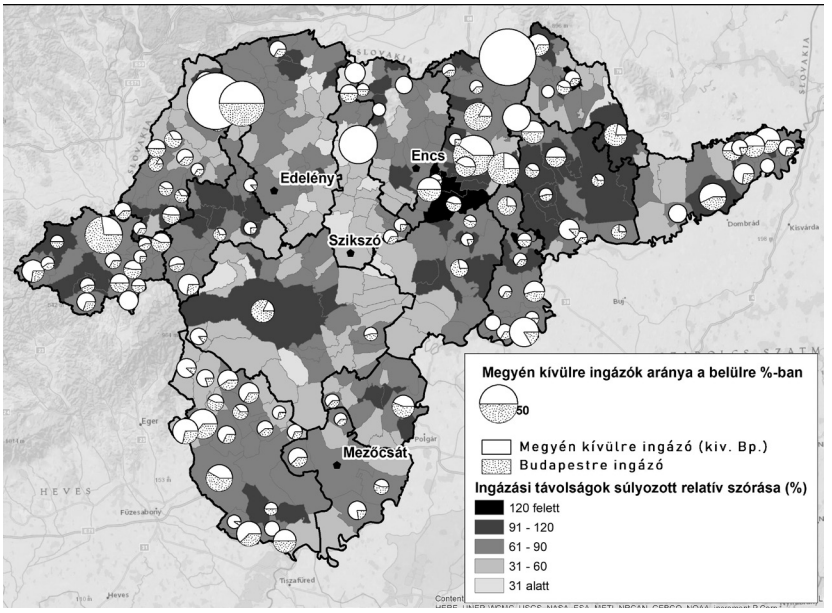
Jellemzően a székhelytelepülésekről a megyén kívülre ingázók között nagyobb a Budapestre ingázók aránya, de nem szignifikáns az összefüggés. A súlyozott relatív szórás is a nagyobb távolságú ingázásban résztvevők esetén nagyobb (*4. ábra*), vagyis nem feltétlenül jellemző az, hogy ahol inkább jellemző a hosszú távú ingázás, ott rövidebb távú nem valósulna meg.



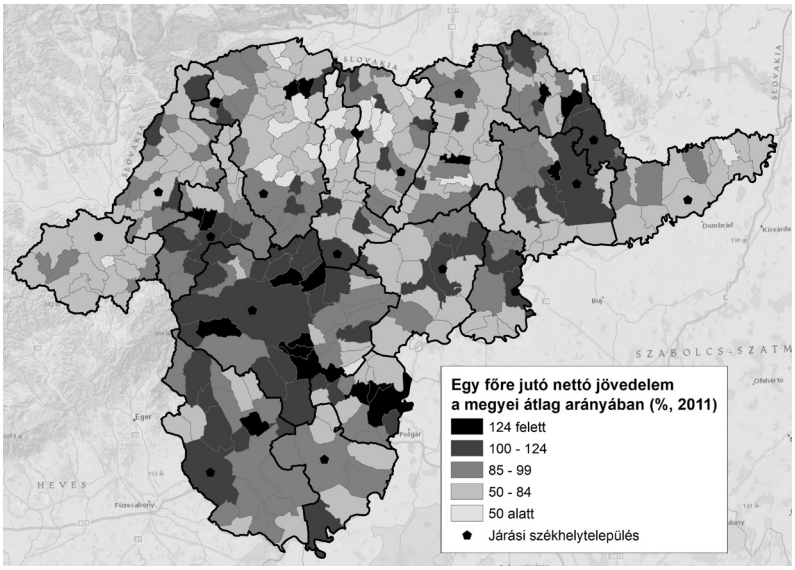
2. ábra A munkavállalók és az elingázók arányának területi egyenlőtlenségei Borsod-Abaúj-Zemplén megyében. Forrás: TeIR adatai alapján saját szerkesztés



3. ábra Borsod-Abaúj-Zemplén megye távolság alapú ingázási egyenlőtlenségei (kördiagramok azokon a településeken jelennek meg, ahol a megyén kívülre történő ingázás a megyén belülre történő ingázás százalékos részesedésében (kör nagysága) meghaladja a megyei átlagot). Forrás: TeIR adatai alapján saját szerkesztés



4. ábra Borsod-Abaúj-Zemplén megye távolság alapú ingázási egyenlőtlenségei (kördiagramok azokon a településeken jelennek meg, ahol a megyén kívülre történő ingázás a megyén belülre történő ingázás százalékos részesedésében (kör nagysága) meghaladja a megyei átlagot). Forrás: TeIR adatai alapján saját szerkesztés



5. ábra A jólét térbeli mintázata Borsod-Abaúj-Zemplén megye településein az egy főre jutó nettó jövedelem alapján. Adatforrás: TeIR adatai alapján saját szerkesztés

Feltételezve, hogy a hosszútávú ingázás csak akkor éri meg, ha nagyobb jövedelmet realizál megvizsgáltam, hogy a településen realizált egy főre jutó nettó jövedelmet (*5. ábra*) érdemben befolyásolja-e a települési ingázási jellemzők. Azonban tekintettel arra, hogy a nagy távolságra történő ingázás elenyésző azokon a területeken, amelyeken az egyáltalán nagyobb arányt képvisel az ingázókon belül, így a nagy távolságra történő ingázás nincs lényeges hatással az egy főre jutó nettó jövedelem alakulására, amit a korrelációszámítás eredményei is megerősítenek (*1. táblázat*). Inkább jellemző az – amit a szakirodalom is alátámaszt (Pénzes 2013) –, hogy a nagyobb népességet tömörítő településeken általában magasabb a településen realizált jövedelem, és itt magasabb a nagyobb távolságra történő ingázás is (lsd: székhelytelepülések), amitől általában csak a speciális helyi társadalmi szerkezetű és rétegződésű, vagy gazdasági szerkezetű (apró)falvak mutatnak eltéréseket (*5. ábra*).

1. táblázat Az ingázás és a jövedelem települési szintű összefüggései Borsod-Abaúj-Zemplén megyében (2011). Adatforrás: TeIR

	Elingázók a munkavállalók arányában (%)	Egy főre jutó nettó jövedelem (Ft/fő)	Lakónépesség (fő)	Nettó jövedelem (Ft)	Ingázók által megtett összes távolság a jövedelemhez (m)	Egy ingázóra jutó távolság átlaga (m/ingázó)	Egy ingázóra jutó távolság relatív szórása (%)
Elingázók a munkavállalók arányában (%)	1						
Egy főre jutó nettó jövedelem (Ft/fő)	***0,352***	1					
Lakónépesség (fő)	-0,181	0,160	1				
Nettó jövedelem (Ft)	-0,171	0,183	***0,995***	1			
Ingázók által megtett összes távolság a jövedelemhez (m)	-0,171	0,238	***0,976***	***0,968***	1		
Egy ingázóra jutó távolság átlaga (m/ingázó)	***-0,415***	0,045	0,159	0,147	0,165	1	
Egy ingázóra jutó távolság relatív szórása (%)	-0,102	0,038	0,053	0,053	0,049	0,168	1

Felhasznált irodalom

Hardi T. (2015): A munkaügyi ingázás területi mintái Észak-Dunántúlon. Területi Statisztika, 55(2), pp. 122–141.

Kiss J. P. – Szalkai G. (2014): A foglalkoztatás területi koncentrációjának változásai Magyarországon a népszámlálások ingázási adatai alapján, 1990–2011. Területi Statisztika, 54(5), pp. 415–447.

Kiss, J. P. – Szalkai, G. (2018): Az ingázás mobilitási jellemzői a legutóbbi népszámlálások adatai alapján. Területi Statisztika, 58(2), pp. 177–199. https://doi.org/10.15196/TS580203.

KSH [Központi Statisztikai Hivatal]. (é.n.): Munkaerőpiaci körzetek Magyarországon, 14.

Pálóczi G. (2016): A munkaerőpiaci ingázás vizsgálati lehetőségei komplex hálózatelemzéssel. Területi Statisztika, 56(2), pp. 118–138. https://doi.org/10.15196/TS560202.

Pénzes J. (2013): A foglalkoztatottság, az ingázás és a jövedelmi szint összefüggései Északkelet- és Északnyugat-Magyarországon. Területi Statisztika, 53(3), pp. 202–224.

Pénzes J. – Molnár E. – Pálóczi G. (2014): Helyi munkaerő-piaci vonzáskörzetek az ezredforduló utáni Magyarországon. Területi Statisztika, 54(5), pp. 474–490.

Telekocsi szolgáltatás adatainak elemzése

Varga Lola[1] – Gede Mátyás[2]

[1] BSc hallgató, ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, vargalola24@gmail.com
[2] Gede Mátyás, egyetemi docens, ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, saman@map.elte.hu

Absztrakt: A telekocsizás egy népszerű utazási forma a világ számos országában. Ebben a tanulmányban az Oszkár telekocsirendszer által rendelkezésemre bocsátott foglalási adatokat elemeztem, vizsgálva ezzel a telekocsis utazások térbeli és időbeli eloszlását. Összehasonlítottam a telekocsis fajlagos viteldíjakat belföldi és nemzetközi viszonylatok esetén, valamint összevetettem azokat a tömegközlekedés áraival is. Az eredményeket térképen és diagramokon ábrázoltam.

Bevezetés

A telekocsizás egy új alternatív utazási forma mind Magyarországon, mind nemzetközi viszonylatban. Több ember helykihasználtság végett egy személyautóban utazik, ezzel időt és költségeket csökkentve.

A carpooling néven elhíresült szolgáltatás Ny-Európában már régóta népszerű utazási forma. Az első telekocsi szolgáltatást Németországban alapították, és azóta is a lista élén állnak a kiközvetített utak számában (retailintelligencelab.com). Magyarországon az Oszkár telekocsi szolgáltatás terjedt el leginkább.

Az Oszkár egy olyan platform, amelyen a telekocsizás megvalósulhat városokon, de akár országokon is átívelő formában. Dolgozatom célja, hogy egy kis kitekintést adjon arról, hogy hogyan, mennyien, miért használják a városok (és országok) közötti közlekedésre ezen utazási formát. Mindezt megvalósítandó felvettem a kapcsolatot a céggel és adatbázisukat hívtam segítségül.

Elméleti háttér

Mindezek után biztosan sokakban felmerül a kérdés, hogy mi értelme is van foglalkozni az Oszkárral (**O**nline **Sz**emélyfuvar **K**özvetítő **R**endszer), mi vajon ennek a közlekedési platformnak az értelme? A 2007-ben életre hívott platform hivatásként, mottóként a következőt jelöli meg: „Célja, hogy az utazni kívánó autósok útitársat találhassanak költségeik csökkentése, vagy egy jó hangulatú közös utazás érdekében. Másrészt, az utasok találhatnak a lassú és "változatos" színvonalú tömegközlekedés helyett (mellett) olcsóbb, gyorsabb és rugalmasabb utazási formát! Ehhez nyújt segítséget a telekocsi rendszer.” (oszkar.hu, 2019) Ha azt vesszük alapul, hogy egy autóban hányan férnek el és mennyien használják valójában, akkor kihasználtsági

szempontokat alapul véve a közösségi közlekedés ezen formájának megjelenése alaposan indokolt. Ha megvizsgáljuk DeGroat (2014) cikkét, még inkább megerősítést kapunk, hiszen az egy autóban jelenlévő utasok száma utazásokra levetítve 1,38 fő. DeGroat cikkéből az is kiderül, hogy például a sugárhajtású repülőgépek is jóval hatékonyabbak és energiafelhasználás szempontjából is sokkal inkább környezetbarát az autós közlekedésnél, tehát azt is kijelenthetjük, hogy ilyen tekintetből is indokolt az Oszkár rendszerének megjelenése.

Amennyiben a gazdasági vonatkozásokat vesszük alapul, szintén megállapítható, hogy a közösségi közlekedésben helye van a telekocsizásnak is. Mindezt annak okán állítom, hogy a vonatjegyek kilométerre vetítve egy városközi utazás során átlagosan 14,6 forintba kerülnek (elvira.hu, 2019), míg a busszal ugyanez a helyzet (volanbusz.hu, 2019). Megvizsgáltam a legkevesebbet fogyasztó autók által hozott „kilométerdíjakat" is, ám ott is legjobb esetben is (autópályán, új autóval, konstans tempót véve) ez a díj 28 forint körül alakul. (origo.hu, 2018) Tekintve azt a tényt, hogy az autók javarészt nem tudják a tömegközlekedés statisztikáit hozni, részben hatékonyságuk, részben műszaki állapotuk miatt, kijelenthető, hogy a telekocsizás piaci értelemben is egy rést tölt be, és láthatjuk, hogy nem véletlenül működik napjainkban is. Miután bizonyítottam a telekocsizás létjogosultságát, rátérnék kutatásom eredeti céljára: A telekocsizás (ezen belül az Oszkár) adatainak elemzésére.

Adatok, módszertan

Kutatásomban a 2016-os év adatait vizsgáltam január 1-től december 31-ig, ami alatt összesen több mint 600 000 foglalás valósult meg. Minden kiindulóvárost, érkezővárost, időt és költséget kimutatva 602621 soros adatbázist kaptunk, melyeket tisztogatni kellett a helyesírási hibáktól, elírásoktól, hogy a későbbiekben a kapott eredményeket ne befolyásolják. Ilyen hibáknak tekinthetőek például a Budapset-Budapest, Sezged-Szeged és még számtalan hasonló. Az adatok tisztázása után azokat importáltam a QGIS térinformatikai rendszerben egy Spatialite adatbázisba. (A Spatialite nevű fájlformátum egy teljes térbeli adatbázist egyetlen fájlban tárol.) Különféle SQL parancsokkal kiválogattam az összes olyan viszonylatot, ahol a két város közt legalább 50 utazás történt egy év alatt. Ezek végpontjait geokódoltam a Geocode Sqlite plugin segítségével. Ezzel a pluginnel egy Sqlite/Spqtialite tábla rekordjait geokódolhatjuk az OSM Nominatim (Nominatim 2019) használatával. Ezután a végpontok között útvonalakat terveztettem a Route Sqlite pluginnal, ami pedig az OpenRouteService útvonaltervezőt (OpenRouteService 2019) használja. Bár az automatikusan tervezett útvonalak nem feltétlenül egyeznek meg a tényleges útvonalakkal, ezekre azért volt szükség, hogy meg lehessen becsülni az egyes viszonylatok hosszát az utazások fajlagos költségének kiszámításához.

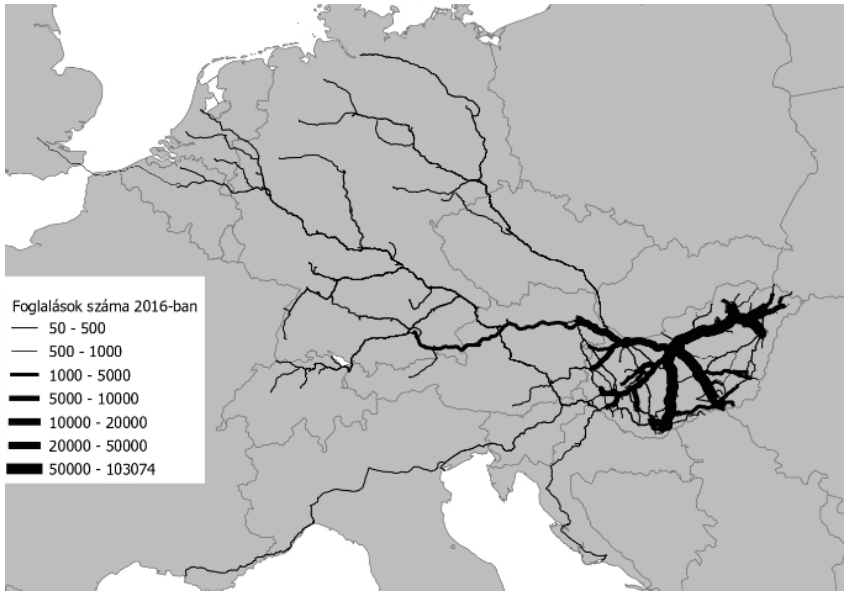
Mindezek után következhetett a tényleges adatok, eredmények kinyerése.

Eredmények ismertetése

Népszerű úticélok

Az *1. ábrán* azok a viszonylatok láthatók, amelyekhez legalább 50 utazás tartozott 2016-ban. Mint ahogyan a térkép is mutatja az Oszkár használóinak nagyobbik része Magyarországon belül koncentrálódik, Budapest centrummal. Ugyanakkor láthatjuk, van forgalom Nyugat-Európa irányába is. Először vizsgáljuk meg, mi a helyzet az itthoni utazásokkal, majd adjunk kitekintést a külföldi utakról is. Ahogyan az a térképen is feltűnik, a fővárosból és annak irányába történő utazások vonalai a leginkább frekventáltak, 6 fő iránycsapással: Az M3-as és társautópályáin Debrecen, Miskolc, valamint Nyíregyháza, az M6-os autópályán Pécs, az M5-ösön Szeged, az M1-esen Győr érintésével a nyugati határ, valamint az M7-esen keresztül a Balaton környéke adják az utasforgalom legjelentősebb részét. Mindebből két nagyon fontos következtetés is levonható: egyik oldalról az, hogy az Oszkár főleg a főváros és a legfontosabb megyeszékhelyek lakóit éri el, másik oldalról pedig az, hogy Magyarországon továbbra is Budapest a legmeghatározóbb közlekedési csomópont. Utóbbi információ a gazdasági-kulturális központ léte mellett nyilván a repülőtéri forgalomból is adódik. Mindemellett azt sem szabad elfelejteni, hogy tekintve a kisebb „ereket", azért a legnépszerűbb vonalak között gyakorlatilag a megyeszékhelyek mind ott vannak. Jó példa erre Békéscsaba, vagy éppen Szolnok.

A külföldi utakat vizsgálva azt tapasztaljuk, hogy az irány egyértelműen Nyugat-Európa. Sok országot sző át a hálózat, Csehországtól Svájcon át az Egyesült Királyságig, ugyanakkor a legkiemelkedőbb „erezettel" Németország és Ausztria jelenik meg a térképen.



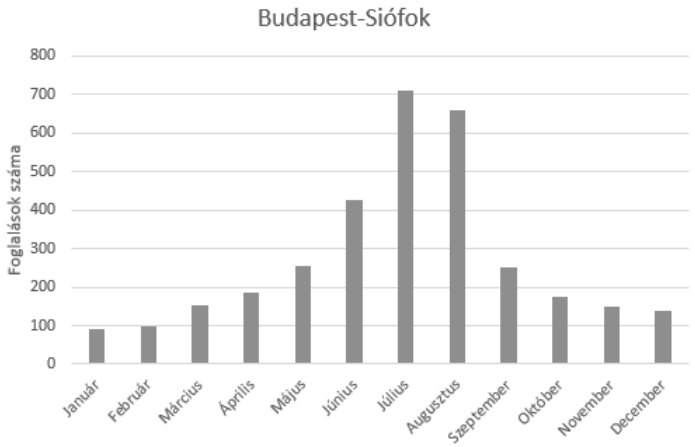
1. ábra Oszkár foglalások száma 2016-ban

Szezonalitás

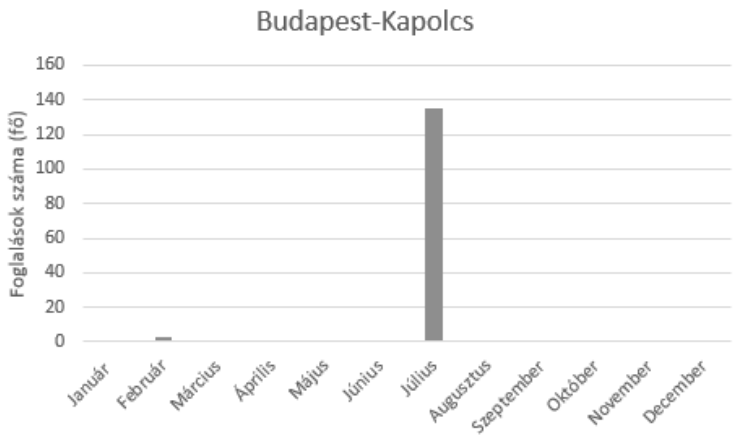
Rengeteg aspektust figyelembe véve számtalan számunkra lényeges adatot kiszűrhettem. Analizáltam a foglalások időbeli eloszlását napokra, hetekre, hónapokra nézve. Az eredmények azt mutatták, hogy heti szinten hétvégente és pénteken sokkal többen használják a telekocsi szolgáltatást. Ennek oka lehet például az egyetemisták hazautazása a fővárosból vidékre.

Több népszerű utazási célt néztem meg, melyek közül példának okán a Budapestről Siófokra tartó vonalon kiemelkedően látszik az eredmény.

A fővárosból Siófokra tartó helyfoglalások száma havi lebontásban (*2. ábra*) egyértelműen megmutatja, mikor a legfrekventáltabb környék a Balaton vidéke. Látható, hogy július-augusztusban havi 650–700 foglalás is történik a vonalon, ám azért az ottlakók, vagy éppen a nyaralókat karbantartó személyzet télen is használja a szolgáltatást, még ha jóval kisebb mértékben is.



2. ábra: Budapest-Siófok útvonalon foglalt helyek száma



3. ábra: Foglalások száma havi bontásban a Budapest-Kapolcs viszonylaton

A szezonalitást tovább vizsgálva szintén érdekesnek bizonyult a Budapest-Kapolcs viszonylat.

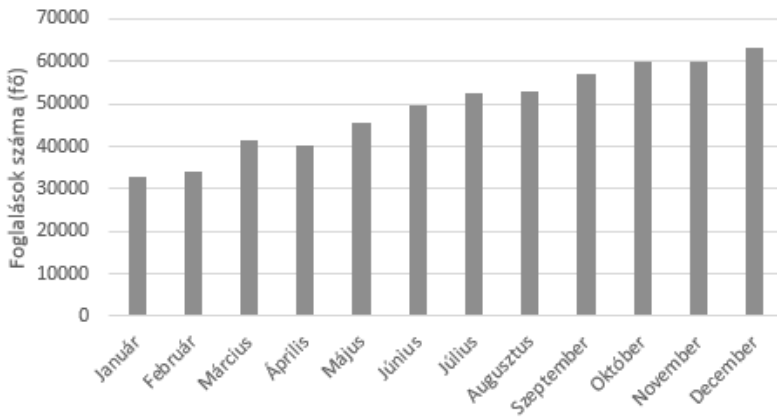
A *3. ábra* a 2016-os év fuvarjainak számát mutatja. Egy darab foglalás volt februárban ezen kívül egyértelműen látható az év melyik napján volt a Művészetek völgye fesztivál. Július 22 és 31-e között használták az Oszkárt a fesztivál ideje alatt. Ez valószínű annak köszönhető, hogy egyrészt Kapolcs máshogyan nehezen közelíthető meg, másrészt nyilvánvalóan ebben az időszakban számít ez a vidék népszerű úticélnak.

Árak

Éves szinten megnéztem, mennyibe kerül az Oszkár utak során egy km egy főre nézve és ezek változását, ha az út külföldre volt meghirdetve. Kimutatható, hogy Magyarországon belül az átlagos kilométer díj 9–10 Ft körül mozog, ez azonban a külföldi utakra nem mondható el. Azokon a viszonylatokon, ahol a kiinduló vagy az érkező város a határon kívül helyezkedik el, az egy főre jutó km díj már 15 Ft körül alakult. Összevetve az elméleti összefoglalóban felvetett árakkal mégis azt láthatjuk, hogy az Oszkáros utak Magyarországon belül kedvező árúnak mutatkoznak a többi közlekedési alternatívával szemben – még akár a kedvezményes diákjegyekkel is versenyképesek, a teljes árú jegyeknél pedig egyértelműen jóval olcsóbbak.

Időbeli változás

A *4. ábrán* megfigyelhető, hogy a 2016-os évben az idő előrehaladtával egyre többen választják az Oszkárt, mint közlekedési formát. A növekedést szemlélteti, hogy a januári 30 ezer főt alig meghaladó utasszám decemberre megduplázódott. A szinte folyamatos növekedést figyelembe véve elmondhatjuk, hogy a szezonalitás jelentősége országos átlagban elhanyagolható, a szolgáltatás a vizsgált évben folyamatosan bővült.



4. ábra: Foglalások éves eloszlása

Konklúzió

Kutatásunkban megfigyeltük és elemeztük a telekocsi szolgáltatás egyik legnagyobb magyar alkalmazásának adatbázisát. Az adatokat sokszori válogatás után lekérdezések alapján rendszereztük és figyelemre méltó eredményeket kaptunk a hazai telekocsizás térbeli és időbeli eloszlásáról, költségeiről. Ezeket térképen is megjelenítve egyértelmű képet kaptunk a modern társadalom által preferált új utazási forma használatáról, valamint arról, hogy a telekocsizás egy rendkívül dinamikusan bővülő szolgáltatás, melynek jelentőségét egyre nehezebb megkérdőjelezni.

Internetes források

DeGroat, B. (2014): Planes, trains and automobiles: Traveling by car uses most energy. Michigan News, January 9, 2014. https://record.umich.edu/articles/planes-trains-and-automobiles-traveling-car-uses-most-energy

elvira.hu (2019): vonatjegyekre vonatkozó információi. https://www.mavcsoport.hu/mav-start/belfoldi-utazas/arak-es-kedvezmenyek/teljesaru-menetdijak-egy-utra

OpenRouteService (2019): https://openrouteservice.org

Nominatim (2019): https://nominatim.openstreetmap.org/

origo.hu (2018): Ezek ma a legtakarékosabb autók, valódi forgalomban mérve. https://www.origo.hu/auto/20180123-legtakarekosabb-autok.html?pIdx=1

oszkar.com (2019): „Mi az Oszkár?" https://www.oszkar.com/telekocsi/

volanbusz.hu (2019): díjazási információk. https://www.volanbusz.hu/hu/utazasi-informaciok/dijszabas#mozTocId138916

Gondolatok a természettudományi tárgyak oktatásához

Varga Zsolt[1] – Czédli Herta[2]

[1] főiskolai docens, DE MK, Építőmérnöki Tanszék, vzs@eng.unideb.hu
[2] egyetemi docens, DE MK,Építőmérnöki Tanszék, hczedli@eng.unideb.hu

Abszrakt: Az elmúlt évek során számos hazai statisztikai kimutatás alátámasztotta azt a tényt, hogy mára középiskolás korosztály körében is egyre kevésbé népszerűek a természettudományos tárgyak, melyek iránt az érdeklődés sajnos csökkenő tendenciát mutat. Ez a tény pedig a felsőoktatási jelentkezések számára is hatást gyakorol.
A természettudományos tárgyak oktatása integrált szemléletet igényel. A diákok figyelmének felkeltése és fenntartása érdekes, korszerű, mindennapi életben is tapasztalható problémák-jelenségek, valamint gyakorlati szemléletű feladatok megoldásával valósítható meg leginkább.
Előadásomban szakmai tapasztalataim révén kívánok arra rávilágítani, hogy a geodézia, a földméréstan oktatása során korunk digitalizált világa milyen lehetőségeket nyit meg és ugyanakkor milyen, a régi mérnöki pálya hagyományaihoz kapcsolódó hasznos tudást és készségeket töröl el talán jóvátehetetlenül. Szeretnék néhány gondolat erejéig arról is szólni, hogy hogyan kelthetjük fel és hogyan összpontosíthatjuk a hallgatók érdeklődését a természettudományos-műszaki pályák iránt.

Bevezetés

Az ember sokféle módszerrel próbálja feltárni az őt körülvevő világ összefüggéseit. Ezen összefüggések megértése rendkívüli fontossággal bír számára, hiszen a természet ismerete minden ismeret forrása, mely ismeretek határozzák meg az emberiség technikai fejlődésének ütemét és annak mértékét is.

A természettudományi ismeretek révén vagyunk képesek a fejlődésre és innovatív termékek, alkalmazások létrehozására. Ezen összetett ismereteket viszont csak egy komplex látásmód kialakításával (vagy megléte mellett) tudjuk átadni a hallgatóknak.

De hogyan is közvetítsük ezeket a diákok felé? Mielőtt erre rátérnék, vessünk néhány pillantást a földméréstan oktatásának néhány releváns történelmi előzményére.

Mit tartottak fontosnak elődeink

A földmérés vagy geodézia oktatása Magyarországon III. Károly uralkodásának idejére nyúlik vissza, aki 1735-ben a bányászattal kapcsolatos technikai problémák megoldása céljából bányatisztképző iskolát alapított Selmecbányán (Tárczy-Hornoch 1938). A leendő mérnökök által elsajátítandó tananyag instrukciójának IX. szakasza szabályozta a bányamérés oktatását.

„A tárgyalt bányászati gyakorlathoz a bányamérés adja a legjobb felvilágosítást és a legrészletesebb útmutatást. Ezért mindegyik bányaiskolai tanulónak szíve ügyének kell tekintenie, hogy a bányaméréstant, vagyis a Geometria subterraneát perfectuálisan, azaz tökéletesen megtanulja. Az erre kijelölt instruensektől mindenkor megszabott, meghatározott időt a legnagyobb szorgalmatossággal és serénységgel kihasználja. Nemkülönben gondot kell fordítania arra, hogy az ehhez különösképpen megkívánt spekulatív tanulmányozást semmi esetre se mulassza el…" (Mihalovits 1938).

Megjelenik az oktatás instrukciójában a spekulatív szó, ami elmélkedőt, töprengőt jelent, vagyis hangsúlyozza a kreatív, önálló gondolkodásmód fontosságát, amit sajnos a mai iskolarendszer egyáltalán nem tolerál. Kreatívan gondolkodni csak nyugodt, kiegyensúlyozott környezetben lehet, ezen túlmenően az alá fölé rendeltségi viszony is akadálya a kibontakozásnak.

A bányatisztképző iskola Mária Terézia 1770. április 14-én királyi rendeletével Bányászati és Kohászati Akadémiává alakult. A három évfolyamos oktatási forma közel háromnegyed évszázadig fönnállott (Hiller 1985).

Az 1770-es Systema részletesen előírja az évfolyamokon oktatandó tananyagot, mindegyiket külön elméleti és gyakorlati részre bontva. A földméréstan oktatásával foglalkozó tananyag elméleti részéről a Systema III. rész rendelkezik: *„… A számolástól lépjünk tovább a geometria, a földméréstan, majd a sztereometria és a trigonometria felé, melyekből a professzor úgy végezze el a tananyag beosztását, hogy a praktikánsok ne tartassanak föl hosszú ideig az elméleti bizonyításokkal, viszont a fontos részeket se fussák át túl gyorsan, és szoktassa őket arra, hogy egy esetben se fogadjanak el ismert dolgokat kellő bizonyítás nélkül; továbbá: a matematikából a nevezetteknek csupán annyi elméletet kell csak tanítani, mint amennyi szükséges ahhoz, hogy a matematika szabályai szerint gondolkodjanak és következtessenek"* (Mihalovits 1938).

A tárgyakat az iskolákban manapság teljesen elszigetelten tanítjuk, a folyamatok viszont egymásra hatva jönnek létre, így elengedhetetlen azok egészként való szemlélése. Ezt a szemléletet követték a bányatisztképző iskolák is, ahol mindenekelőtt a kor igényeinek megfelelő hasznosítható ismeretek átadása volt a cél. Fontosnak tartották a diákok komplex látásmódjának kialakítását, ezen túlmenően nem az volt a célja pl. a matematika oktatásának, hogy "matematika professzorokat" neveljenek az aspiránsokból (aki az akar lenni, úgyis megtanulja), hanem inkább azt hangsúlyozták, hogy annyit tanuljanak amennyi szükséges.

Komplex oktatás, „a kevesebb több"

A geodézia napjainkra a felhasználók egyre szélesebb körével került és kerül kapcsolatba, továbbá egyre több szakterülettel van számos kapcsolódási pontja. Ennek eredményeképpen a geodézia, a távérzékelés és a térinformatika egyre inkább integrálódik az egyes szakterületekbe. Gondoljunk csak például a műholdas

helymeghatározásokra vagy a légi- és űrfelvételek igen széleskörű felhasználási lehetőségeire, melyeket az építészet, a térinformatika, út-, híd-, vasút-, vízépítés, erdészet, de olyan területek is, mint a rendőrség, a légiközlekedés, a turisztika is rendszeresen alkalmaz. Az integrálódás révén két dolog egészen bizonyos: az egyik az, hogy az előbbi tudományterületek előbb-utóbb elvesztik önállóságukat és átalakulnak, vagy megszűnnek, a másik pedig hogy az előbbiekből adódóan, az említett tárgyak oktatása is csak átfogó módon, komplex szemlélettel lehetséges. Nem célszerű külön tárgyként oktatni őket, egyrészt az előbbi látásmód kialakításának szükségessége, másrészt a rendelkezésre álló óraszám és tananyag terjedelme miatt sem.

A "kevesebb az több" elvének betartása mellett ugyan, de a korábbiakban felsorolt területeken dolgozó mérnököknek is feltétlenül rendelkezniük kellene egy geodéziai-térinformatikai és távérzékelési alaptudással. Sajnos manapság ennek a lehetősége is kezd bizonyos képzéseken teljesen megszűnni, hiszen éppen a tárgyak integrálásából adódóan a geodézia oktatását már több szakon is, egyszerűen eltörölték.

Elmélet kontra gyakorlat

A felsőoktatásban túlnyomórészt az elméleti oktatást helyezik előtérbe a gyakorlat rovására. Manapság minden diák kezében van egy okostelefon, amellyel "bármilyen" információ gyorsan elérhető. Többek között ezért is teljesen felesleges képletek biflázásával tölteni az időt, vagy olyan egyetemi jegyzeteket alkalmazni, melyek több száz oldalon levezetéseket és bizonyításokat mutatnak be. Ezen tudás 95 %-a úgyis elvész, tehát ne a felejtésnek tanítsunk!

Célszerűbb inkább azt megtanítani, hogy hogyan lehet ezeket a képleteket a gyakorlatban alkalmazni. S ami a legfőbb, elmagyarázni, hogy *mire lehet használni? Mi annak a feladatnak a gyakorlati haszna? Mit lehet azzal kiszámolni? Miért, mihez van nekem erre a képletre szükségem?* Véleményem szerint minden órát ezen kérdések megválaszolásával kellene kezdeni.

Ki tudja hitelesen megválaszolni az előbbi kérdéseket?

Nyilván az az oktató, aki a szakmájáról nem csak beszél, hanem azt a gyakorlatban is nap mint nap végzi. Ezen oktatók számára nyilvánvaló, hogy nem az elmélethez rendeljük a gyakorlatot, hanem éppen fordítva. A gyakorlatban elképzeljük, pl. lerajzoljuk, beillesztjük a környezetbe a tervezett épületet, utat, hidat, majd elméletet rendelünk hozzá, megtervezzük, azért, hogy megfelelő helyre kerüljön, ne dőljön össze stb.

Éppen ezért az oktatásban is meg kellene fordítanunk az elmélet és a gyakorlat arányát. Az előadáson leadott száraz tananyag sokkal hamarabb értelmet nyer, ha a diákok a gyakorlatban is kipróbálhatják a tanultakat. A homályos, vagy sötét foltok kitisztulnak, és az elméleti probléma a valóságban megoldott feladattal, eszközhasználat közben akár azonnal rögzülhet a diák elméjében. A munka során a hallgatók részéről olyan kérdések merülhetnek fel, melyek esetleg egy előadás alkalmával eszükbe sem jutnának, ráadásul egy kötetlenebb gyakorlati előadás

alkalmával bátrabban kérdeznek, és szívesebben hallgatják meg a szemléltetett tananyagot.

A magasabb óraszámban tartott gyakorlati oktatás nagyobb rutint és magabiztosságot ad a hallgatóknak. Ráadásul több pozitív visszajelzésre, sikerélményre van lehetőség mind a diákok, mind az előadó számára, ami további motivációs tényező lehet.

Kréta vagy prezentáció?

Manapság az oktatás gyakorlati területein, ugyanúgy, mint mérnöki munka során, számítógépes programokat, digitális térképeket használunk. Napjainkban az iskolapadban ülő generáció már úgy szocializálódott, hogy szinte zsigereiben van az informatikai eszközök magabiztos használata, így ezen eszközök alkalmazása számukra nem jelent problémát, sőt érdeklődést vált ki belőlük és bizonyos esetekben a digitális eszközök használatával még örömöt is szerezhetünk. A hallgatók motiválása szempontjából ezt akár célszerű lehet az oktatási folyamat során bizonyos mértékig kihasználni. Azért csak bizonyos mértékig, mert úgy tapasztalom, hogy ismét áteshetünk a ló túloldalára. Gondolok itt arra, hogy próbálunk mindent digitálisan, pl. tabletekkel megoldani és végrehajtani. Ebben az esetben valami elvész. Ez pedig nem más, mint a papír érintése és a toll használata, azaz az írás, ami egy másik, bizonyos értelemben minőségibb szint. Egy papírra írt házi feladat, jegyzet sokkal-sokkal finomabb, intellektuálisabb megoldás, mint egy e-mailen továbbított vagy feltöltött dolgozat.

Hasonló módon egy papírra kinyomtatott könyv, amelyben alá tudok húzni, megjegyzéseket tudok írni, egészen más élményt ad, mint egy elektronikus jegyzet.

Tehát, kréta, vagy prezentáció? Azt mondom, mindkettő. Munkánk során nem hagyhatjuk elveszni a hagyományos oktatási eszközök használatát.

Az igaz, hogy az informatika a kor nyelve, de egy impresszív személyiségű tanár egy szál krétával a kezében is képes magával ragadni a hallgatóság figyelmét, felkelteni az érdeklődést az adott téma iránt.

Szakbarbárok helyett igényes értelmiség

A digitális eszközök állandósult használatával eljutottunk odáig, hogy a hallgatóság nagy százaléka nem képes minőségi írásra, a szépírás pedig az előbbi okból, valamint valószínűleg a belső igényesség hiánya miatt, nagyrészt már teljesen a múlté. A fogalmazás, sőt a non verbális kommunikáció is a legtöbb esetben sok kívánnivalót hagy maga után. Köztudott, hogy amennyiben az írás elsajátítása alacsony szinten valósul meg, úgy a logikus gondolkodási séma is sérülhet.

A diákjaink nagy részének a verbális kommunikációs készsége gyakorlatilag messze elmarad egy felsőoktatásban tanuló, s majdan állásinterjúkra járó és

pályázatokat író mérnöktől elvárható kommunikációtól. A tanulók sajnos nem, vagy csak nehézkesen tudják megfogalmazni a saját gondolataikat, sokuk a vizsgákon nem tudja egész mondatokban kifejezni magát, a nyelvtani szabályok automatikus alkalmazása (alany állítmány tárgy) is sokszor nehézséget okoz, pedig a kommunikáció az idegennyelvtudás mellett a legfontosabb, ezáltal elengedhetetlen készség a boldoguláshoz. A gondolataikat a kortárscsoportok szintjén fogalmazzák és közlik, s miután ők is így beszélnek, ezért azt gondolják, hogy ez így megfelelő. Tanárként feltétlenül figyelmet kell fordítanunk ezekre a tényezőkre is, hiszen végzett diákjaink a világba szétszóródva, a jövőben hazánk értelmiségét képviselve, egyáltalán nem mindegy milyen példát és háttértudást visznek magukkal. A célunk nem lehet más, mint olyan nemzedék nevelése, amely méltón öregbítheti majd alma materük nevét.

Ezért is érdemes oktatóként ezekre a részletekre is odafigyelni, példát mutatni, és igényt támasztani a választékos kifejezésmód, valamint a precíz, szakmailag kifogástalan, ugyanakkor igényes küllemű munka megbecsülése iránt.

Ehhez, véleményem szerint olyan oktatókra van szükség a felsőoktatásban, akik pedagógiai, tanári végzettséggel is rendelkeznek. Ez nem csupán az oktatástechnikai, didaktikai szempontok miatt lenne előnyös, hanem egyfajta, a "régi iskola" szerinti tanár-diák viszony kiépítésében is hatalmas jelentőséggel bírna.

A tanár és hallgatói között ugyanis nem alá-fölérendeltségi viszonynak kell lennie, hanem egy kölcsönös tiszteleten alapuló kapcsolatnak, melynek egyetlen célja, hogy a felsőoktatási intézmény keretein belül az oktató az általa birtokolt tudást átadja oly módon, hogy azt a hallgató a lehető legnagyobb mértékben megértse, a gyakorlatban mindenkor alkalmazni tudja, s majdan a saját erejéből továbbfejleszthesse.

Összefoglalás

A geodézia és más természettudományos tárgyak iránti érdeklődés napjainkra a továbbtanulni vágyók körében sajnálatos módon folyamatosan csökken. Ahhoz, hogy a mérnöki pályákon a megfelelő utánpótlást megtartsuk, nekünk, tanároknak is tennünk kell. Már a középiskolában fel kell keltenünk a diákok érdeklődését a természettudományi tárgyak iránt, meg kell mutatnunk a mérnöki pálya szépségeit. Hangsúlyozni kell, hogy a mérnöki hivatás patinás hagyományai párhuzamba állíthatók a XXI. század technológiáival.

Oktatói pályámon szerzett tapasztalataim alapján, ezt leginkább a gyakorlati oktatás óraszámának jelentős emelésével lehetne elérni, ugyanis hallgatók jelentősen motiváltabbak a gyakorlatokon, ahol a száraz tananyag is, biflázás nélkül, azonnal megérthető, elsajátítható.

Az informatikai eszközök megfelelő arányban történő használata szintén hozzájárulhat ahhoz, hogy diákjaink szívesebben, lelkesebben vessék bele magukat a mérnöki munka rejtelmeibe, hiszen a digitális világ az ő komfortzónájuk. A

mértéktelen kütyühasználat azonban nem mehet annak a rovására, hogy hivatásunk szép hagyományai elvesszenek. Továbbá, tanárként a felsőoktatásban is figyelnünk kell arra, hogy a szakma oktatása mellett fejlesszük diákjaik általános intellektusát. A verbális és nonverbális kommunikáció ne csak az oktató részéről legyen megfelelő színvonalú, hanem legyen ez elvárás diákjaink felé is. Sőt, el kell érnünk azt, hogy önmaguk számára is elvárás legyen egyfajta kulturális igényesség nem csak szakmai téren, de az élet minden területén. Ezt nem csupán példamutatással, a tanórákon, a vizsgákon alkalmazott elvárásokkal, hanem megfelelő tanár-diák viszony kialakítása mellett, kötetlen beszélgetésekkel, szakma-kulturális rendezvényekkel lehet elérni.

Hiszen az eljövendő mérnök nemzedék formálása a mi feladatunk és mindannyian szeretnénk munkánk gyümölcsére büszkén tekinteni.

"Csak a jó minőségű tanár lehet mesterré, csak az a tanár, aki maga is élvezi, amit csinál, akinek a számára a tanítás, az együttlét a gyerekekkel, a világra való rácsodálkozás élmény és öröm. Aki nem a biztos, egyetlen válaszokat tudja, hanem akit a bizonytalan sokféleség csábít állandó továbbkutatásra."

Vekerdy Tamás

Köszönetnyilvánítás

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

Irodalom jegyzék

Hiller I. (1985): Erdészettörténet. (Fejezetek a magyar erdőgazdálkodás és faipar történetéből.) Kézirat. Sopron.

Mihalovits J. (1938): Az első bányatisztképző iskola alapítása Magyarországon. In: Bányászati, kohászati és erdészeti felsőoktatásunk története 1735–1935. 1. füzet, Sopron, pp. 5–24.

Tárczy-Hornoch A. (1938): Mikoviny Sámuel, a selmeci bányatisztképző tanintézet első tanára. In: Bányászati, kohászati és erdészeti felsőoktatásunk története 1735–1935. 1. füzet, Sopron, pp. 25–42.

A hullámtéri érdesség változásának kapcsolata a feltöltődéssel a Felső-Tisza mentén

Vass Róbert[1] – Takács Lívia[2] – Czomba Péter[3]

[1] főiskolai docens, Turizmus és Földrajztudományi Intézet Nyíregyházi Egyetem, vass.robert@nye.hu
[2] földrajz-biológia (egészségtan) osztatlan tanár szakos hallgató, Turizmus és Földrajztudományi Intézet Nyíregyházi Egyetem, tlivia944@gmail.com
[3] földrajz-természetismeret (környezettan) osztatlan tanár szakos hallgató, Turizmus és Földrajztudományi Intézet Nyíregyházi Egyetem, czpeter199@gmail.com

Absztrakt: Tanulmányunkban a Felső-Tisza Tarpa és Mátyus települések között fekvő négy, 1600–2100 m szélességű hullámtéri tágulatának növényborítottság változását vizsgáltuk meg az 1965/66–2017 között készült légifelvételek alapján. Emellett arra kerestük a választ, hogy az érdesség, a folyó esésviszonyai, valamint mederzátonyok anyagának szemcsemérete milyen összefüggést mutat a hullámtéri holt-medrek kitöltő anyagának mennyiségével és mechanikai összetételével. Megállapítottuk, hogy az 51–52 éves időtartam alatt, mind a négy mintaterületen egyértelműen nőtt a hullámtér növényborítottságból eredő érdessége. Folyás irányába, az esés csökkenésével jelentősen csökkent a mederzátonyok anyagának szemcseösszetétele. A hullámtéri medrek kitöltő anyagának szemcseösszetétele szintén csökkenést mutat, de jóval kisebb mértékben. A legnagyobb feltöltődést a legfelsőbb szakaszon mértük, ahol a folyó esése jelentősen csökken és a hullámtér érdessége is magas.

Bevezetés

A hullámterek kialakítása bő másfél évszázada fejeződött be a Tisza mentén. A beavatkozás következtében a folyó több ezer négyzetkilométeres ártere a mintegy 500 km^2 területű hullámtérre szűkült. Már a hullámterek kialakítását megelőzően vitákat folytattak arról, hogy a folyót két oldalról kísérő gátak milyen távolságra helyezkedjenek el egymástól (Lászlóffy 1982). Ahogyan az Cholnoky Viktor Vásárhelyi Pálról szóló, a Tisza látója című művében is olvasható: *„Ha a Tiszát szélesen épített gátakkal veszik körül, amelyek közé oda esik minden kanyarulata, akkor csak jobb módot nyújtanak neki a saját maga feliszapolására."* Tehát a feltöltődés gondolata, már annak bekövetkezte előtt megfogalmazódott a szakemberekben. A jelenség első kvantitatív leírása azonban csak mintegy hat évtizede történt meg Károlyi Zoltán (1960) A *Tisza mederváltozásai* című kutatási összefoglalójában. Munkájában a különböző időpontokban felvett hullámtéri keresztszelvények magassági értékeit hasonlította össze. Károlyi már ekkor felhívta a figyelmet a sűrű növényzet akkumulációt gyorsító hatására. A Szamos hullámterében az 1970-es árvíz után végzett üledékvizsgálati során Borsy Zoltán (1972) egyes helyeken 160 cm-es feltöltődéssel számolt a szabályozások után. A 2000-es évek fordulóján sorozatban levonuló, minden addig mért 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 gátépítések következményeként 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 környezetében, 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. A Maros és az Alsó-Tisza mentén végzett növényzeti érdesség vizsgálatok szerint egyértelmű összefüggés mutatható ki a dús növényzet és az áramló víz sebességének csökkenése között, aminek következtében jelentősen nő a feliszapolódás mértéke (Oroszi – Kiss 2006; Sándor – Kiss 2008; Sándor 2011).

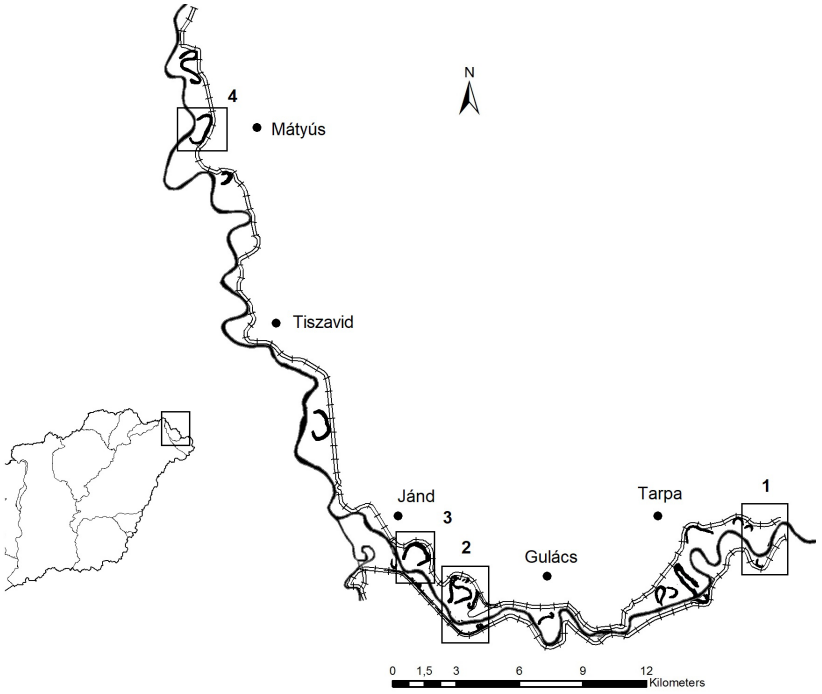
Munkánkban a Felső-Tisza hullámterének, több mint egy évtizede megkezdett hosszú távú hullámtér feltöltődési adatait egészítettük ki. A szedimentológiai szempontból már részben feltárt négy hullámtéri tágulat (öblözet) növényzeti érdesség-változását vizsgáltuk meg légifotók alapján, az 1960-as évek közepétől napjainkig. Összefüggést kerestünk az árvizek során lerakódott üledékek szemcseeloszlása és a hullámtér érdessége között, valamint, hogy a folyás irányába csökken-e a medreket kitöltő anyag és a mederzátonyok üledékeinek szemcseösszetétele.

Mintaterület bemutatása

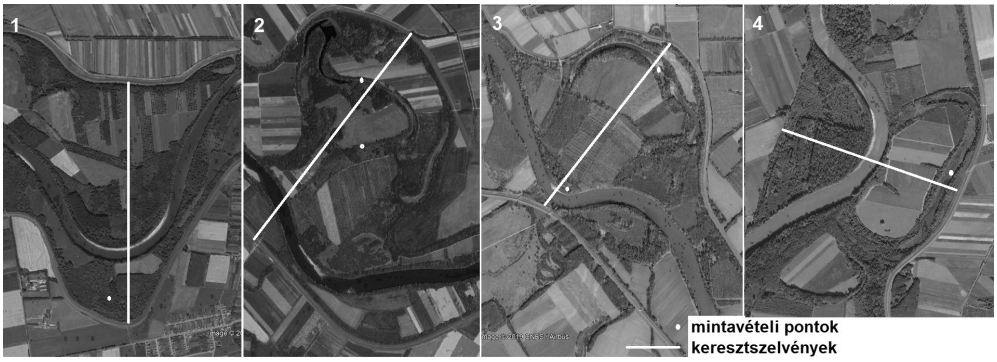
A Felső-Tisza mentén már a 18. század végén folytak kisebb-nagyobb árvízvédelmi munkálatok, de ezek többnyire helyi indíttatású, nem kellően összehangolt műveletek voltak. Az első katonai felmérés szelvényein látható, hogy a töltések általában nagyon közel futottak az élő mederhez. Ezeket a gátakat többnyire a folyóhátak fokainak elzárásával és magasításával alakították ki. A Bereg vármegyei Ármentesítő Társulat 1846-os megalakulásával kezdetét vették az összehangolt vízrendezési munkálatok. A Borza-torok és Tarpa közötti szakasz 1849-re, míg a Tarpa-Lónya szakasz 1856-ra készült el (*1. táblázat*). A Tisza 715,5 és 647 fkm-e között szakaszán megvizsgált mind a négy hullámtéri tágulat esetében a Tarpa és Badaló között lévő Badalói-szeg, a gulácsi Boroszló-kert, a jándi Foltos-kert, és mátyusi Rózsás-dűlő területeken a folyószabályozások keretében mederátvágás is történt (*1. ábra*). A folyó esése Tarpa településig 42 cm/km, majd innen Tivadarig 7 cm/km-re csökken. Tivadar és Tiszavid között ismét növekszik 15 km/cm-re, de Tiszavidtől Záhonyig megint lecsökken 5 cm/km-re. 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.

1. táblázat A vizsgálati területek jellemzői

Név	Szelvény szélessége (m)	Gátépítés/ *mederátvágás ideje*	Folyam km
Badalói-szeg, Tarpa	1973	1849/1859	715,5
Boroszló-kert, Gulács	2096	1856/ 1855	693
Foltos-kert, Jánd	1624	1856/ 1910	691
Rózsás-dűlő, Mátyus	1577	1856/ 1855	647



1. ábra A vizsgálati területek helyzete. 1, Badalói-szeg; 2, Boroszló-kert; 3, Foltos-kert; 4, Rózsás-dűlő



2. ábra A hullámtéri területek helyzete a mintavételi pontokkal, keresztszelvényekkel. 1, Badalói-szeg; 2, Boroszló-kert; 3, Foltos-kert; 4, Rózsás-dűlő

A nagyüzemi műveléssel a szántók, kaszálók fokozatosan szorították ki a hullámtéri gyümölcsösöket. Ennek következtében jelentősen csökkent a terület érdességi mutatója is. Az 1990-es rendszerváltozást követően, a téeszek felszámolásával erősen csökkent az intenzíven művelt területek aránya, emellett a vízügyi szervek 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. A vizsgált hirtelen kiszélesedő hullámtéri öblözetek szélessége 1600–2100 méter között változik (*2. ábra*). A jelentős szélesség oka a nagyméretű elő és holt-medreket körbefutó gátak vonalvezetésébe keresendő.

Anyag és módszer

A hullámtéri érdességvizsgálat alapjául a Földmérési és Távérzékelési Intézet jogelődje által 1965/66-ban 1982/87-ben készített, majd digitalizált fekete-fehér ortofotókat, valamint a GoogleEarth 2017-es felvételeit használtuk. A Badalói-szeg és a Foltos-kert területek esetében az 1980-as évekből nem álltak rendelkezésünkre megfelelő ortofotók, ezért itt csak az 1965/66-os és a 2017-es felvételekkel tudtunk dolgozni. A kiválasztott hullámtéri területek legnagyobb keresztmetszetében felvett egy-egy szelvény mentén készítettük el a felvételezést. A felszín és növényzettípusokhoz tartozó érdességi kategóriákat a Chow (1959) és Németh (1959) által kidolgozott szempontok szerint határoztuk meg (*2. táblázat*). Az egyes felszínborítási kategóriához tartozó érdesség értékeket megszoroztuk a szelvényben mért hosszával, így megkaptuk az adott növényzet, vagy felszíntípus súlyozott értékét, amellyel jobban kifejezésre juthat az áramló vízre kifejtett hatása. A szedimentológiai mintavételezést a hullámtéren kézifúró segítségével végeztük, a mederzátonyokon felszíni mintavételt alkalmaztunk. A minták szemcseösszetételét Köhn-pipettás iszapolással és száraz szitálással végeztük el.

2. 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
rövidfüvű gyep	0,03
hosszúfüvű gyep	0,035
holtág	0,05
fiatal telepített erdő	0,06
erdő gyér aljnövényzettel	0,12
nagyon sűrű erdő	0,2
Meder/zátony	0,03

Eredmények

A hullámtéri öblözetek közül a legfelsőbb folyószakaszon lévő Badalói-szegről 1965-ben és 2017-ben készült felvételeket tudtuk felhasználni. Az 1973 m hosszú keresztszelvény mentén számított súlyozott érdesség ebben az időszakban 160,17-ről 243,7-re nőtt (*3. táblázat*). A 66%-os érdesség növekedés főként a 0,2-es érdesség értékkel rendelkező nagyon sűrű erdő térnyerésének köszönhető, valamint annak hogy ez az egy nagyságrenddel kisebb érdesség értékkel rendelkező (0,03) szántó rovására történt. A mintaterület déli oldalán lévő erősen feltöltődött holt-mederben a szabályozásokat követően 460 cm-es feltöltődést mértünk, ami 2,9 cm/év fajlagos érték. A medret kitöltő anyag mintegy 60%-a iszap, 18% kőzetliszt és csak 10%-a agyag. Az élő folyó mederzátonyáról származó 6 db üledékminta átlaga 3,5%-ban tartalmaz 20 mm-nél nagyobb kavicsot, 70%-ban apró szemű kavicsot, valamint 8% és 12% között alakul benne az igen durva szemű és a durva közép szemű homok aránya.

3. táblázat Badalói-szeg érdességviszonyai 1966–2017 között

Badalói-szeg				
év	**hossz (m)**	**hullámtéri növényzet/ felszín típusa**	**érdesség értékek (n)**	**súlyozott érdesség**
1965	55	nagyon sűrű erdő	0,2	11
	650	szántó	0,03	19,5
	97	fiatal telepített erdő	0,06	5,82
	210	hosszúfüvű gyep	0,035	7,35
	340	szántó	0,03	10,2
	193	nagyon sűrű erdő	0,2	38,2
	258	nagyon sűrű erdő	0,2	51,6
	125	fiatal telepített erdő	0,06	7,5
	45	nagyon sűrű erdő	0,2	9
				160,17
2017	351	nagyon sűrű erdő	0,2	70,2
	305	szántó	0,03	9,15
	86	fiatal telepített erdő	0,06	5,16
	121	szántó	0,03	3,63
	294	fiatal telepített erdő	0,06	17,64
	287	nagyon sűrű erdő	0,2	57,4
	101	folyó	0,025	2,5
	25	szántó	0,03	0,75
	403	nagyon sűrű erdő	0,2	80,6
				247,3

4. táblázat A Boroszló-kert érdességviszonyai 1966–2017 között

Boroszló-kert				
év	**hossz (m)**	**hullámtéri növényzet/ felszín típusa**	**érdesség értékek (n)**	**súlyozott érdesség**
1966	233	nagyon sűrű erdő	0,2	46,6
	160	fiatal telepített erdő	0,06	9,6
	50	holtág	0,05	2,5
	170	fiatal telepített erdő	0,06	10,2
	320	szántó	0,03	9,6
	100	nagyon sűrű erdő	0,2	20
	100	szántó	0,03	3
	70	nagyon sűrű erdő	0,2	14
	489	szántó	0,03	14,67
	10	nagyon sűrű erdő	0,2	2
	117	folyó	0,025	2,93
	20	nagyon sűrű erdő	0,2	4
	257	szántó	0,03	7,71
				146,81
1982	163	nagyon sűrű erdő	0,2	32,6
	230	szántó	0,03	6,9
	50	holtág	0,05	2,5
	170	nagyon sűrű erdő	0,2	34
	320	szántó	0,03	9,6
	270	nagyon sűrű erdő	0,2	54
	480	szántó	0,03	14,4
	19	nagyon sűrű erdő	0,2	3,8
	117	folyó	0,025	2,93
	28	nagyon sűrű erdő	0,2	1,12
	249	szántó	0,03	7,47
				169,32
2017	163	nagyon sűrű erdő	0,2	32,6
	230	szántó	0,03	6,9
	50	holtág	0,05	2,5
	170	nagyon sűrű erdő	0,2	34
	320	szántó	0,03	9,6
	270	nagyon sűrű erdő	0,2	54
	464	szántó	0,03	13,92
	35	nagyon sűrű erdő	0,2	7
	117	folyó	0,025	2,93
	40	nagyon sűrű erdő	0,2	8
	237	szántó	0,03	7,11
				178,56

A gulácsi Boroszló-kert területéről az 1966, 1982 és a 2017-es felszínborítottsági értékeket is sikerült meghatározni a 2096 méteres szelvény mentén (*4. táblázat*). Az igen nagy kiterjedésű és változatos felszínű (több holt-meder generáció, folyóhátak, övzátonyok, sarlómedrek sorozata) és nehezen járható területen nem tapasztalható jelentős érdesség növekedés a vizsgálati időszakban. Az 1966-ban mért 146,81-es érték 1982-re 15,3%-al 169,32-re nőt, majd egy minimális 5,5%-os növekedés 2017-ig is bekövetkezett. A teljes időszakra számított növekedés 21,6%. A legnagyobb változás ezen a területen is a szántó csökkenésének és a nagyon sűrű erdő kiterjedésének tulajdonítható. A hullámtéri öblözet két erősen feltöltött holt-medrének kitöltő anyaga mindössze 130 és 90 cm vastagságú. Ezzel a fajlagos feltöltődés mindössze 0,84 cm/év, valamint 0,6 cm/év. A kitöltő anyag 70–80%-ban tartalmaz iszapot és agyagot.

A Foltos-kertben felvett 1624 m hosszú szelvény mentén csak 1965-ben és 2017-ben sikerült meghatározni a felszín érdességi viszonyait (*5. táblázat*). A két időpont között eltelt 52 évben igen jelentős, 60%-os érdesség növekedést mértünk, habár a 98,81-es kiindulási érték itt volt az egyik legalacsonyabb. Az érdesség ilyen nagyarányú növekedése szintén az erdőterületek, szántók rovására történő térnyerésben keresendő. Azzal a különbséggel, hogy itt a 2000-es évek elején és közepén folytattak jelentős területeken erdőtelepítést, így 2017-re a többi területen

5. táblázat Foltos-kert érdességviszonyai 1966–2017 között

Foltos-kert				
év	**hossz (m)**	**hullámtéri növényzet/ felszín típusa**	**érdesség értékek (n)**	**súlyozott érdesség**
1966	83	telepített erdő	0,06	4,98
	75	holtág	0,05	3,75
	630	telepített erdő	0,06	37,8
	464	szántó	0,03	13,92
	160	nagyon sűrű erdő	0,2	32
	132	meder/zátony	0,03	3,96
	80	szántó	0,03	2,4
				98,81
2017	83	nagyon sűrű erdő	0,2	16,6
	75	holtág	0,05	3,75
	96	nagyon sűrű erdő	0,2	19,2
	404	sarj/telepített erdő	0,06	24,24
	130	nagyon sűrű erdő	0,2	26
	464	sarj/telepített erdő	0,06	27,84
	160	nagyon sűrű erdő	0,2	32
	132	meder/zátony	0,03	3,96
	80	sarj/telepített erdő	0,06	4,8
				158,39

megfigyelt nagyon sűrű erdők helyett itt a nagyobb sortávolsággal jellemezhető, művelt sorközű tölgy és főként nyárfaerdőkről beszélhetünk. Emellett hozzájárult az érdesség növekedéséhez az 1966-ban még fiatal, telepített erdők kifejlődése. A területen létesített fúrásszelvények alapján a mederkitöltő anyag 60–80%-ban agyag és iszapfrakciót tartalmaz. Pár száz méterrel a Foltos-kert alatt lévő mederzátony 21 db mintáját átlagolva 65%-al az uralkodó frakcióként a durva középszemű homokot kapjuk, ezt követi 18%-al a finom középszemű homok. Jelentős még a durvaszemű (8,7%) és az aprószemű (4,5%) homok aránya.

A mátyusi Rózsás-dűlő 1577 méter széles szelvényében 1966-ban, az eddig mért legalacsonyabb 92,81 kiindulási érdesség értéket mértünk (*6. táblázat*). 21 évvel később egy mindössze 11,7%-os növekedést volt megfigyelhető, ami főként

6. táblázat A Rózsás-dűlő érdességviszonyai 1966–2017 között

Rózsás-dűlő				
év	**hossz (m)**	**hullámtéri növényzet/ felszín típusa**	**érdesség értékek (n)**	**súlyozott érdesség**
1966	75	sarj/telepített erdő	0,06	4,5
	117	holtág	0,05	5,85
	58	sarj/telepített	0,06	3,48
	484	szántó	0,03	14,52
	142	folyó	0,02	2,84
	30	sarj/telepített erdő	0,06	1,8
	225	nagyon sűrű erdő	0,2	45
	398	szántó	0,03	11,94
	48	sarj/telepített	0,06	2,88
				92,81
1987	70	sarj/telepített erdő	0,06	4,2
	5	sűrű erdő	0,2	1
	117	holtág	0,05	5,85
	58	sarj/telepített	0,06	3,48
	449	szántó	0,03	13,47
	35	sűrű erdő	0,2	7
	142	folyó	0,02	2,84
	255	sűrű erdő	0,2	51
	398	szántó	0,03	11,94
	48	sarj/telepített erdő	0,06	2,88
				103,66
2017	75	sűrű erdő	0,2	4,5
	117	holtág	0,05	5,85
	58	sarj/telepített erdő	0,06	3,48
	399	szántó	0,03	11,97
	85	sűrű erdő	0,2	17
	142	folyó	0,02	2,84
	603	sűrű erdő	0,2	120,6
	98	sarj/telepített erdő	0,06	5,88
				172,12

a fiatal erdők gyarapodásból ered. Ehhez képest jelentős 66%-os (172,12) érdesség növekedés volt megfigyelhető 2017-re. A változás egyik összetevője az újonnan telepített fiatal erdők további gyarapodása, a másik pedig a szántók helyét jelentős területeken elfoglaló sűrű erdők drasztikus növekedése. A teljes 51 éves időszakra mért érdesség növekedés 85,5%-ot tesz ki. A hullámtér jobb oldalán fekvő holt mederben 410 cm-es feltöltést találtunk, ez alapján a fajlagosan akkumuláció 2,54 cm/év. A kitöltő anyag iszaptartalma 50–70% és emellett 15–20% agyagot is tartalmaz, de 70–80 cm-es mélységben az aránya eléri az 50 %-ot. A mátyusi mintaterületünkhöz legközelebb Aranyosapáti térségéből tudtunk mintát venni a mederzátonyról. A 6 db minta átlagát véve a két domináns szemcseméret rajzolódott ki, a durvaszemű és a durva középszemű homok 32,17% és 60,83%-os eloszlásban.

Konklúzió

A négy hullámtéri terület vizsgálata során megállapítottuk, hogy azok érdessége a növényborítottság változása következtében jelentősen megnőtt. A legnagyobb mértékű növekedés a Badalói-szegben (65%) és a Rózsás-dűlőnél (85%) volt tapasztalható. Általánosan jellemző, hogy a 60-as években intenzíven művelt szántók és kaszálók napjainkra beerdősültek, illetve részben elvadultak. A hullámtéri holt-medrek feltöltődése is ezen a két területen volt a legnagyobb. A Badalói-szegben mért 460 cm-es érték magyarázata a hirtelen energiáját veszített folyó hordaléktöbbletében keresendő, illetve az igen magas érdességi viszonyokban. Az alsóbb szakaszokon fekvő Boroszló-kert és Folt-kert holt-medreinek kisebb mértékű feltöltődése a folyó kis esésében és fölsőbb szakaszokon lerakott – és a növényzet által zömmel kiszűrt – hordalékkal magyarázható. A Rózsás-dűlő esetében tapasztalt 410 cm-es feltöltődés a Szamos folyó hordaléktöbbletével hozható összefüggésbe. A másik, az előzőt nem kizáró magyarázat, pedig a magas érdességi érték lehet. A hullámtéri öblözetek közvetlen és közvetett közeléből begyűjtött mederzátony üledékek szemcsemérete jelentős finomodást mutat a folyás irányába. Habár a holt-medrek kitöltő üledékének szemcsemérete is csökkenést mutat, de ebben az esetben jóval kisebb léptékű változásról beszélünk. Ennek fő oka az, hogy a mederből kilépő víz elveszíti energiája jelentős részét, így csak a finomabb szemcséket képes a hullámtér belső zónáiba szállítani. Emellett nem elhanyagolható a növényzet hordalékszűrő hatása sem.

Köszönetnyilvánítás

Vass Róbert publikációt megalapozó kutatása a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Felhasznált irodalom

Babák K. (2006): A Hármas-Körös hullámterének feltöltődése a folyószabályozások óta. Földrajzi Értesítő, 55, pp. 393–399.

Borsy Z. (1972): Üledék- és morfológiai vizsgálatok a Szatmári-síkságon az 1970. évi árvíz után. Földrajzi Közlemények 96, 38–42. Geographica, 37, pp. 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), pp. 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, pp. 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, pp. 1–22.

Németh E. (1959): Hidrológia és hidrometria. Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 179–210.

Oroszi V. – Kiss T. (2006): Területhasználat-változás a Maros egy hullámtéri öblözetében a XIX. századtól napjainkig. Tájökológiai Lapok, 4(2), pp. 309–316.

Sándor A. – Kiss T. (2008): A területhasználat változás hatása az üledék-felhalmozódásra, közép-tiszai vizsgálatok alapján. IV. Magyar Földrajzi Konferencia (CD kiadvány), pp. 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), pp. 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, pp. 229–235.

Hipertemporális drónfelvételek szerkezet és tartalom alapú elemzésének természetvédelmi célú eredményei

Vastag Viktória Katica[1] – Enyedi Attila[2] – Berke József[3]

[1] CuDo project supporter, Nokia Solutions and Networks Kft., 1083 Bp., Bókay János u. 36-42., Magyarország, vastag.viktoria.k@gmail.com
[2] Tanulmányi hivatalvezető, informatikai munkatárs, Gábor Dénes Főiskola, 1119 Bp., Fejér Lipót u. 70., Magyarország, enyedia@gmail.com
[3] Főiskolai tanár, Gábor Dénes Főiskola, 1119 Bp., Fejér Lipót u. 70., Magyarország, berke64@gmail.com

Absztrakt: Az idegenhonos fajok főbb jellemzői, hogy ellenőrizhetetlen mértékű, gyors és megállíthatatlan szaporodásukkal jelentős károkat okoznak a természetes zöldfelületekben és a biodiverzitásban. Kutatásaink központjában a *Solidago gigantea* lágy szárú növény áll, amely Észak-Amerikából származó, már Magyarországon is meghonosodó, főként árvízi területeken található invazív faj. A 2018. évi vegetációs időszakban közel 75 időpontban készítettünk látható tartományú légifelvételeket, amelyekből ortofotók előállítása után a terület részletes ismerete alapján lehatároltuk a *Solidago* növény felszínborításait. A hiperspektrális görbékhez hasonlóan, hipertemporális görbéket készítettünk spektrális fraktálszerkezet és entrópia alapján a növényről, amelyeket jelen publikációban vezetünk be először. Vizsgálataink eredményeként megtudhatjuk, hogyan segíthető a természetvédő szakemberek, valamint agrármérnökök munkája a Solidago gigantea faj által okozott kár felmérésében a hipertemporális drónfelvételek fraktálszerkezet alapú feldolgozásával.

Bevezetés

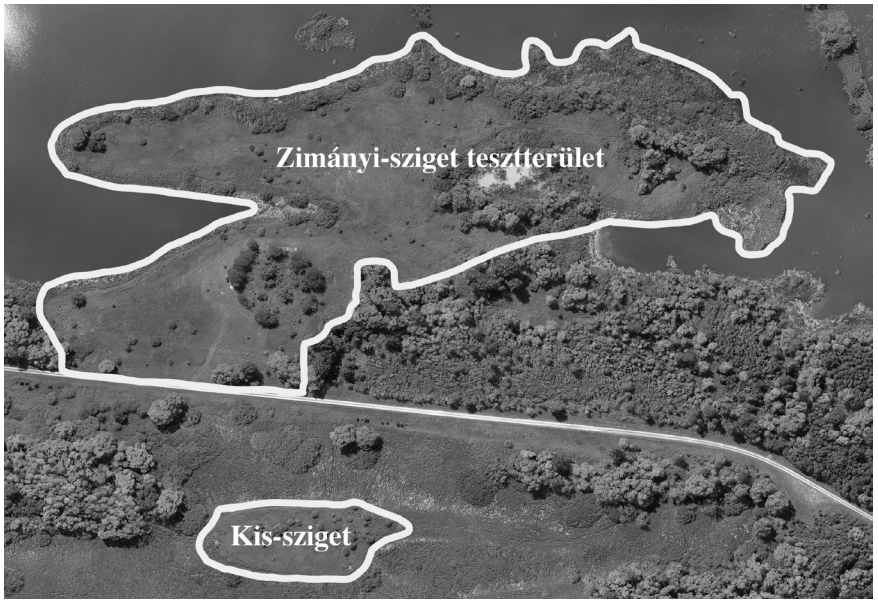
A Kis-Balaton Tájvédelmi Körzet szárazulatait is jelentős mértékben ellepte egy özönnövény, az aranyvessző, tudományos nevén *Solidago*, amely a fészekvirágzatúak (Asteraceae) családjába tartozik (Internet1). Világszerte megközelítőleg 100 fajtája van, de Európában a közönséges aranyvessző (*Solidago virga-aurea*) őshonos. Levelei elliptikus alakúak, enyhén fogazottak és hosszú nyelűek, méretei a szár mentén (virágzat felé haladva) fokozatosan csökkennek. Élénksárga virágzata 15–18 mm átmérőjű, körülbelül 30 tagú bugát alkot (Gray-Wilson 1996).

Vizsgálataink központjában a *Solidago gigantea* lágy szárú növény áll. Az *1. ábra* bal alsó oldalán látható, hogy jelentős mértékben kiszorította az ott élő növényeket (pl.: sás, nád) (Szabó et al. 1994; Botta-Dukát et al. 1998; Botta-Dukát – Dancza 2004). Az *1. ábra* jobb alsó oldalán pedig a növény csoportosan növő sűrű élénksárga virágzata látható. Az alsó felvételek (*1. ábra*) 2018. év októberében, a vegetációs időszak végén készültek. Míg a felső – a sziget D-i területét bemutató – légifelvétel június közepén készült.

Az idegenhonos fajok főbb jellemzői, hogy ellenőrizhetetlen mértékű, gyors és megállíthatatlan szaporodásukkal jelentős károkat okoznak a természetes zöldfelületekben (Pomogyi 1985; Martínez-López et al. 2014) és a biodiverzitásban



1. ábra A Kis-Balaton Zimányi-sziget területén található Solidago gigantea invazív növény június és október közepi állapotáról készült felvétel (felül: az összefüggő Solidago gigantea telepek, alul jobbra: a növény borítottsága, alul balra: az elvirágzott növény)



2. ábra A vizsgálatok teszterületei: Zimányi-sziget egy része (kékkel jelölve) és a Kis-sziget. A 2018.06.10-i illesztett 100 m magasságból készített látható tartományú légifelvételen (ortofotó) jól látható, hogy a világoszöld színű Solidago gigantea nagy területet foglalt el az őshonos növényektől

(Nagendra et al. 2013; Szeglet et al. 1998). Elfoglalják az őshonos fajok területét és gátolják más növények fejlődését (tápanyagelvonás, árnyékolás) (Zlinszky et al. 2012; Internet2). Emellett csökkentik vagy megszüntethetik az állatközösségek számára alkalmas élőhelyeket (Internet3). Az észak-amerikai eredetű, már Magyarországon is meghonosodó magas aranyvessző főként árvízi területeken található meg, de élőhelyei a nyílt erdők, rétek, száraz gyepek is lehetnek. Hazánkban és az Európai Unió több országában is elterjedt, így kiemelten foglalkoznak a *Solidago gigantea* invazív faj okozta károkkal. Az ilyen típusú növények szándékolt vagy véletlen bejuttatására vonatkozóan az 1143/2014. EU-rendelet az irányadó (Internet4), amely a fajok betelepítésének/behurcolásának és terjedésének megelőzéséről/kezeléséről szól. A jegyzékben szereplő idegenhonos fajokra szigorú szabályok vonatkoznak. Hazánkban 33 szárazföldi és 8 vízi, természetre veszélyes növényfaj található (Internet5).

A *2. ábrán* jól látható, hogy a Zimányi-szigeten különösen nagymértékben elszaporodott az ökológiai egyensúlyt veszélyeztető *Solidago gigantea*. Teszterületünk jelentős részét (világoszöld) borítja.

Előfeldolgozás

Az előfeldolgozás során elvégeztük a légifelvételek válogatását és illesztését az ortofotók készítéséhez. Majd a képek méretének minimalizálása következett, ahol a képeken kizárólag csak a további vizsgálatok szempontjából lényeges területek kerültek megtartásra. Az így kapott 75 darab GeoTiff képet egymáshoz képest is illesztettük. A *Solidago gigantea* manuális kijelölését grafikus tábla segítségével végeztük, a terepen bejárt területek ismerete alapján. Mindez lényegesen pontosabb kijelölést tett lehetővé, mint a korábban (Kozma-Bognár et al. 2016; Magyary 2016) végzett osztályozás alapú (Berke et al. 2018) lehatárolás, ugyanakkor jelentősen több időt vett igénybe.

Eredmények

Vizsgálataink során képfeldolgozási adatok és módszerek alapján több kérdésre kerestük a választ: a vegetációs időszakban mekkora területet foglal el az őshonos növényektől a vizsgált invazív faj, ezzel mekkora kárt okoz, és mindezek megállapítására melyik időszakban célszerű a légifelvételezéseket végezni. Az adatok feldolgozása során két alapvető paramétert számítottunk/mértünk – entrópiát és SFD értékeket. Mindezeket azért is tettük, mivel a multispekrális adatok osztályozására a leggyakrabban Maximum Likelihood osztályozási módszer kerül alkalmazásra, amely relatív gyakoriság alapú, mint az entrópia (Shannon 1948a, 1948b; Shannon 1951; Ocskai 2015). Ugyanakkor számos hiperspektrális esetben (Kozma-Bognár 2012; Kozma-Bognár – Berke 2013, 2015) szerkezet alapon osztályozunk, erre viszont az egyik legáltalánosabb mérési paraméter az SFD (Berke 2005, 2007, 2010; Berke et al. 2012, 2013).

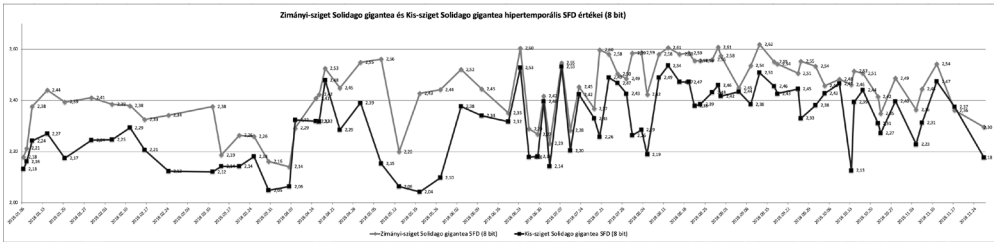
Hipertemporális SFD görbe

A legáltalánosabb képérzékelők a látható tartományon belül 3 spektrális sávban (RGB) rögzítik a felvételeket. A 149/2003/EK európai uniós rendelet szerint azokat a képeket, amelyek több mint húsz diszkrét sávval rendelkeznek, hiperspektrális felvételeknek nevezzük (Internet4). A multitemporális felvételek nem a spektrális sávok számától, hanem az eltérő időpontokban, de azonos területről készült sávok számától függnek. Kutatásunk során összesen 75 különböző időpontban készült felmérés a Zimányi-szigetről. Ezeknek az előfeldolgozott ortofotóknak a felhasználásával úgynevezett hipertemporális grafikonokat készítettünk. Ilyen nagy mennyiségű, eltérő időpontú felvételek együttes felhasználásával jóval több információhoz juthatunk a vizsgálatok során. Az elemzéseket az SFD és entrópia alapú hipertemporális görbék alapján végeztük. SFD alapú hipertemporális görbével eddig nem találkoztunk a szakirodalomban, először Vastag (2018) munkában került bevezetésre.

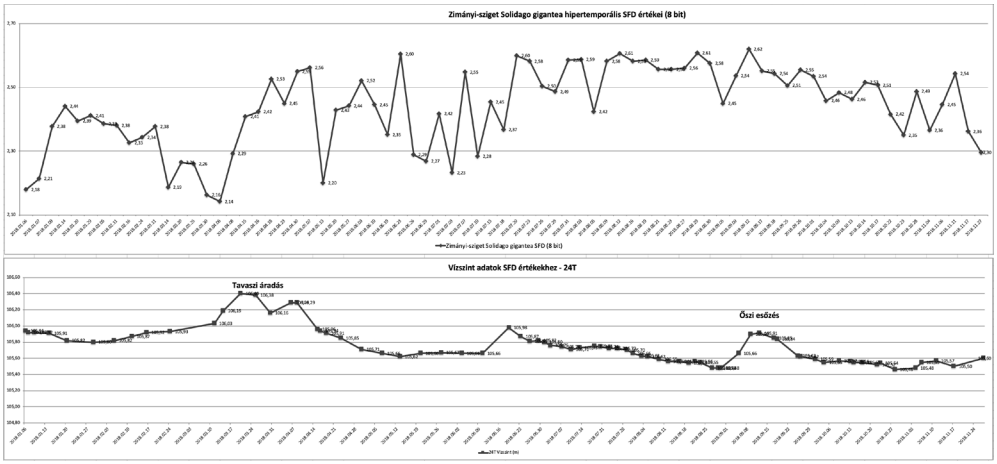
A *3. ábrán* SFD alapú hipertemporális görbék láthatók, amelyek jól szemléltetik a Zimányi-szigeten és a mellette lévő Kis-szigeten található magas aranyvessző időbeli változását 2018. január 6. és november 27. között. A Kis-sziget a vizsgált terület keleti oldalán fekszik. A Kis-szigeten található *Solidago gigantea* SFD értékei alacsonyabbak, mint a Zimányi-szigeten mért SFD értékek. Mindennek talán az a magyarázata, hogy a *Solidago gigantea* a Kis-szigeten homogén, vagyis nem keveredik más növényekkel, így a látható tartományú képi adatainak a szerkezete kisebb, mint a Zimányi-szigeten lévő magas aranyvesszőé. További elemzések során az is kiderült, hogy a Kis-szigeten található fák kizöldülése is látható az ilyen típusú SFD alapú szerkezeti görbéken (Vastag 2018a, 2018b).

Vízállás hatásának vizsgálata

Korábbi vizsgálatok folytak az időjárás (hőmérséklet és csapadékmennyiség) *Solidago giganteára* gyakorolt hatásával kapcsolatban, ahol megállapították, hogy a túl sok csapadék, valamint a száraz időszak egyaránt kedvezőtlen a növénynek (Kozma-Bognár et al. 2016; Magyary 2016). Feltételezték továbbá, hogy a vízszint magassága kapcsolatban áll a magas aranyvessző növekedésével, de nem tudták megállapítani a kettő közötti korrelációt. Vizsgálataink erre a kérdésre is megoldást kínáltak.



3. ábra Hipertemporális görbe a Zimányi-sziget Solidago gigantea és Kis-sziget SFD értékei alapján



4. ábra 2018. évi vízállás adatai (alsó grafikon) és a Zimányi-szigeten található Solidago gigantea SFD értékei (felső grafikon)

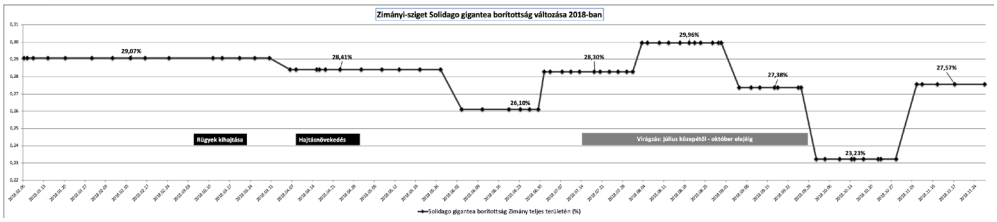
A Zimányi-szigethez tartozó vízszintmagasság időbeli eloszlását mért adatok alapján a *4. ábra* alsó grafikonja mutatja. A vízszint görbét elemezve láthatjuk, hogy két szakasz is egyértelműen kiemelkedik: a tavaszi áradás és az őszi esőzés. A vegetációs időszak kezdete után májusban az átlagos vízmagassághoz képest jelentősen megemelkedett a vízszint. Ennek *Solidago giganteára* gyakorolt hatását szemlélteti a Zimányi-szigeten található magas aranyvessző SFD értékeinek grafikonja (*4. ábra* felső grafikonja).

A *4. ábráról* egyértelműen látható, hogy a tavaszi áradás következtében a vízszint megemelkedett, ezzel párhuzamosan pedig a növényre mért SFD értékek jelentősen csökkentek. A tavaszi áradással ellentétben ezt a hatást nem tapasztaljuk az őszi esőzések idején. Amennyiben megnézzük az őszi esőzés vízmagasság adatait, láthatjuk, hogy a szeptemberi időszakban a vízszint átlagosan 105,8 méter (Adriai-alapszinthez mért (Internet6)) volt, de a tavaszi áradáson kívül nem érte el a 106 méter feletti szintet.

Ugyanakkor a tavaszi áradás esetén a vízszint 106 m feletti volt. Tehát a vízállás átlagmagasságához képesti jelentős emelkedésből, illetve az ehhez az időszakhoz tartozó SFD értékek csökkenéséből arra következtethetünk, hogy a vízmagasság csak 106 méter felett van jelentős hatással a *Solidago gigantea* növekedésére (Vastag 2018).

Solidago gigantea borítottság

Az, hogy a magas aranyvessző terjedése mekkora kárt tud okozni, nehezen ítélhető meg, ugyanis a vizsgálatok alatt kiderült, hogy néhány területen (telelő méhek, gyógyteák alapanyaga) hasznosítható a növény virágzata. Ettől függetlenül a Kis-Balaton területén nagymértékben elszaporodott a *Solidago gigantea* invazív faj ezzel veszélyeztetve az ottani ökológiai egyensúlyt. Vizsgálataink során arra is



5. ábra A Zimányi-szigeten található Solidago gigantea borítottságának változása 2018-ban

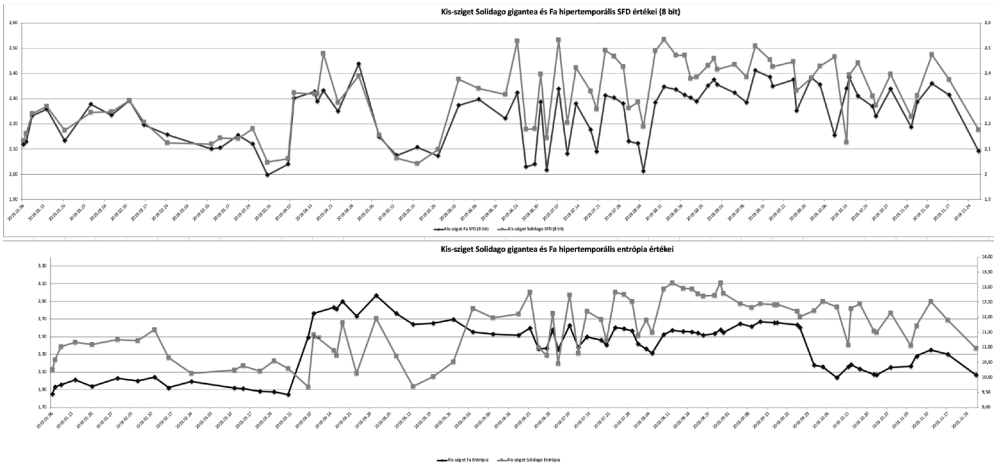
kerestük a választ, hogy a teljes teszterület hány %-át borítja be az invazív faj, vagyis mekkora területet foglal el az őshonos növényektől.

A teljes területen lévő *Solidago gigantea* borítottságát szemléltető grafikon az *5. ábrán* látható. Megítélésünk szerint a tavaszi áradás negatív hatással volt a növény vegetációs időszakban történő fejlődésére. Ennek eredménye nem azonnal jelentkezik, ezért csak pár hónappal később, júniusban látható jelentős visszaesés. Miután a növény regenerálódott, augusztusra elérte a legnagyobb borítottsági szintet, ami a teljes területnek közel 30%-a volt (Vastag 2018). A legkisebb borítottsági szintet pedig októberben érte el, ami egyben a vegetációs időszak végét jelenti.

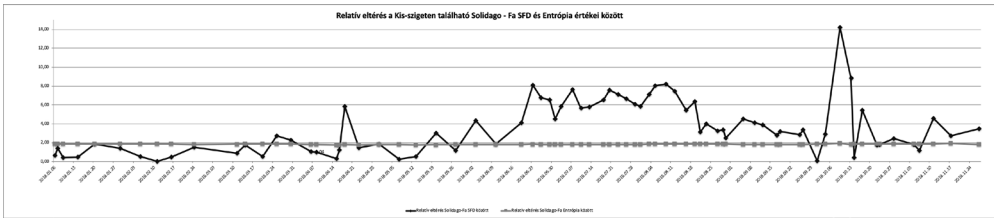
2018-ban a Zimányi-sziget teljes területét átlagosan 28,5% *Solidago gigantea* borítja, ennyivel kevesebb helyet biztosítva az ottani őshonos növények számára. Az, hogy ez az invazív faj jelen van a Zimányi-szigeten, ökológiai szempontból kárnak tekinthető, így a borítottságot mutató százalékos érték megfeleltethető az ökológiai kár mértékének.

Solidago gigantea elkülönítése

Az egy éves vizsgálati időszak alatt figyelemmel kísérhettük a Zimányi-szigeten található magas aranyvessző növekedését és változását a zöldhajtástól kezdve, a virágzáson keresztül, egészen az elszáradásig. Mivel a növény teljes életciklusára vonatkozóan keletkeztek adatok, ezért a feldolgozás után kiderült, hogy melyik időszakban lehet a leghatékonyabban elkülöníteni a *Solidago giganteát* a többi növénytől. Ehhez a Zimányi-sziget keleti oldalához közel fekvő Kis-sziget légifelvételeit használtuk. Ezt a területet csak fa és a vizsgált növény borítja. Megmértük mindkét faj SFD és entrópia értékeit hipertemporális drónfelvételek alapján. A görbék alapján kívántuk eldönteni, hogy melyik matematikai eljárás a hatékonyabb, és melyik ad több információt az elkülöníthetőségre vonatkozóan. A Kis-szigeten (*2. ábra*) található magas aranyvesszőre és fára mért SFD és entrópia értékeket a *6. ábra* szemlélteti. Az elkülöníthetőség számszerű megállapítására elkészítettük a görbék adott pontjában lévő eltérések átlaghoz viszonyított relatív értékeit, amelyek a *7. ábrán* láthatók (Vastag 2018). Az SFD alapú grafikont elemezve látható, hogy a vegetációs időszak elején a két görbe nagyon közel van egymáshoz, viszont a 6. hónaptól szétválnak, nincsenek átfedésben. Innentől kezdve jelentős eltérések mutatkoznak a fa és a *Solidago gigantea* között az SFD alapú görbéken. Az entrópia értékeken jól látszik, hogy március végén, április elején elkezdődik a vegetációs



6. ábra A Kis-szigeten található Solidago gigantea és fa SFD (fenti) és entrópia (lenti) grafikonja



7. ábra Solidago gigantea és fa közötti SFD és entrópia értékek átlaghoz viszonyított relatív eltérése a Kis-sziget területén

időszak, mert a növények információtartalma hirtelen emelkedést mutat. Azonban az SFD görbék májustól induló szétválása nem tapasztalható az entrópia értékeken, így a vegetációs időszak közepén inkább az SFD alapú hipertemporális mérések alapján érdemes dolgozni, mert jelentősebb eltéréseket mutat a növényre vonatkozóan. Az átlagos információtartalom alapján jól látható, hogy októbertől kezdve az értékek hirtelen csökkenést mutatnak és az év eleji állapothoz közelítenek. Ez a vegetációs időszak végét jelzi. Ezzel ellentétben a spektrális fraktáldimenzió eljárás a képek színszerkezetét méri, így a fa alatt maradt lehullott levelek miatt a görbe nem jelzi a növény fejlődési folyamatának végét. Ugyanakkor vannak olyan időszakok (nyugalmi időszak), amikor inkább az entrópia alapú vizsgálatokat érdemes figyelembe venni.

Így a spektrális fraktálszerkezet és átlagos információtartalom alapján végzett mérések kiegészítik egymást. A *7. ábrán* az SFD és entrópia értékek relatív eltérése látható, amely ugyanazt a folyamatot szemlélteti, amit a fentiekben vázoltunk.

Levonva a következtetéseket, a vegetációs időszak kezdetét megelőzően kevésbé érdemes felméréseket végezni. Bár az entrópia alapú mérések eltérést mutatnak már ebben az időszakban, mégis az invazív faj növekedési időszaka alatt a spektrális fraktálszerkezet alapján lehet a leghatékonyabban vizsgálatokat készíteni, amint a *7. ábrán* is látszik, a Kis-sziget SFD görbéje emelkedésnek indul a zöldhajtás

indulásától kezdve, így jelentős eltérést mutat, míg az entrópia görbe szinte vízszintes marad a teljes vizsgálati időszak alatt.

Összefoglalás

A vizsgálatok eredményeként megállapítható, hogy a spektrális fraktálszerkezet és az átlagos információtartalom alapú mérések/elemzések egyaránt lényegesek. A vegetációs időszakban jól elkülöníthető a magas aranyvessző az SFD alapú hipertemporális görbék alapján, míg a nyugalmi időszakban a tartalom alapú elemzések is megfelelőek. A Zimányi-sziget területét átlagosan 28,5%-ban *Solidago gigantea* borítja, ami egyben a kár mértékét is jelzi, hiszen a vizsgált invazív faj az őshonos növényektől ekkora területet foglalt el. Megállapítottuk, hogy a magas vízállás (106 m feletti) *Solidago giganteára* a vegetációs időszak kezdetén jelentős negatív hatással van. A közel egy éves vizsgálat alatt több mint 41 000 légifelvétel készült, mely 18,5 óra alatt került felvételezésre. A teljes vizsgálat alatt 3,4 terrabájtnyi adat került feldolgozásra.

Az elvégzett vizsgálatok alapját képezhetik egy mesterséges intelligencia alapú deep learning felismerő/osztályozó rendszernek, ahol a tanítás során a vegetációs időszak alatt elsősorban szerkezeti paramétereket célszerű figyelembe venni, míg a nyugalmi időszakban tartalom alapú paraméterekkel is konfigurálható lesz a deep learning rendszer.

Vizsgálati eredményeink közvetlenül bekerültek a mérnökinformatikus BSc, természetvédelmi mérnök MSc képzés, valamint a környezettudományi doktori programokba a korábbi alkalmazott képfeldolgozási eredmények (Csákvári et al. 2016, 2017, 2018; Major 2016) mintájára.

Javasoljuk, hogy – az EU Tanács 149/2003/EK rendeletének mintájára – a 20-at meghaladó, legalább 24 órában eltérő időpontban, ugyanazon területről készített légifelvételek együttesét hipertemporális légifelvételek egységes elnevezéssel használjuk.

Irodalomjegyzék

Berke J. – Bíró T. – Burai P. – Kováts L.D. – Kozma–Bognár V. – Nagy T. – Tomor T. – Németh T. (2013): Application of Remote Sensing in the Red Mud Environmental Disaster in Hungary, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 8(2), pp. 49–54.

Berke J. – Enyedi A. – Vastag V. – Óbermayer T. (2018): Képalkotó algoritmusok vizsgálata idősoros NDVI légifelvételeken, IX. Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában konferencia, pp. 37–44.

Berke J. – Kozma-Bognár V. – Tomor T. (2012): Entrópia alkalmazása a térinformatikában. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás „Az elmélet és gyakorlat találkozása". In: Lóki J. (szerk.) konferencia kiadvány, pp. 61–66.

Berke J. (2005): Spectral fractal dimension. Proceedings of the 4th WSEAS International Conference on Telecommunications and Informatics, pp. 23–26.

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

Berke J. (2010): Using Spectral Fractal Dimension in Image Classification, Innovations and Advances in Computer Sciences and Engineering, Springer Science and Business Media B.V.

Botta-Dukát Z. – Dancza I. – Szabó I. (1998): A kaszálás és az avar eltávolításának hatása a Solidago gigantea Ait. növekedésére, Természetvédelmi Közlemények, 7, pp. 65–73.

Botta-Dukát Z. – Dancza I. (2004): Magas aranyvessző és kanadai aranyvessző, Biológiai inváziók Magyarországon. Özönnövények. A KvVM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 9., TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest

Csákvári E. – Baktay B. – Gyulai F. – Berke J. (2016): Képi adatokra épülő környezettudományi kutatói munka szerepe az oktatásban. XXII. "Multimédia az Oktatásban" nemzetközi konferencia, pp. 28–32.

Csákvári E. – Gyulai F. – Baktay B. – Berke J. (2017): The role of environmental research in education based on digital image and metadata. Journal of Applied Multimedia, XII./1, pp. 1–5.

Csákvári E. – Gyulai F. – Berke J. (2018): Növényi stressztényezők vizsgálata multispektrális eszközökkel, XXIV. Multimédia az Oktatásban nemzetközi konferencia, pp. 185–188.

Gray-Wilson, C. (1996): Vadvirágok (Határozó kézikönyvek), Dorling Kindersley Kiadó, Budapest.

Kozma-Bognár V. – Berke J. (2013): Hiperspektrális osztályozó eljárások összehasonlítása felszínborítási kategóriák megállapításánál. Agrárinformatika Nemzetközi Konferencia, pp. 67–76.

Kozma-Bognar V. – Berke J. (2015): Determination of Optimal Hyper– and Multispectral Image Channels by Spectral Fractal Structure. T. Sobh and K. Elleithy (eds.) Innovations and Advances in Computing, Informatics, Systems Sciences, Networking and Engineering. Lecture Notes in Electrical Engineering (LNEE), 313, pp 255–262.

Kozma-Bognár V. – Magyary V. – Berke J. (2016): Ultranagy felbontású légifelvételek multitemporális elemzése. VII. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, pp. 271–277.

Kozma-Bognár V. (2012): Hiperspektrális felvételek feldolgozásának és mezőgazdasági alkalmazásának vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés. Pannon Egyetem Állat–és Agrárkörnyezet–tudományi Doktori Iskola.

Magyary V. (2016): Ultranagy felbontású légifelvételek illesztése és osztályozása. Szakdolgozat. Gábor Dénes Főiskola Mérnökinformatikus szak, Budapest.

Major K. – Kozma-Bognár V. – Enyedi A. – Váradi Á. – Berke J. (2016): Távirányítású drónok kutatási célú vizuális adatainak alkalmazása az oktatásban. XXII. "Multimédia az Oktatásban" nemzetközi konferencia, pp. 22–27.

Martínez-López J. – Carreño M.F. – Palazón-Ferrando J.A. – Martínez-Fernández J. – Esteve M.A (2014): Remote sensing of plant communities as a tool for assessing the condition of semiarid Mediterranean saline wetlands in agricultural catchments. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, pp. 193–204.

Nagendra H. – Lucas R. – Honrado J.P. – Jongman R. H.G – Tarantino C. – Adamo M. – Mairota P. (2013): Remote sensing for conservation monitoring: Assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity, and threats. Ecological Indicators, pp. 45–59.

Ocskai Zs. (2015): Entrópia alapú információtartalom mérés digitális képeken. Szakdolgozat. Gábor Dénes Főiskola, Mérnökinformatikus szak. Budapest.

Official Journal of the European Union, 2014. Regulation (EU) No 1143/2014 Of The European Parliament And Of The Council of 22 October 2014 on the prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species, Strasbourg, pp. 35–55.

Pomogyi P. (1985): Az elárasztás hatására bekövetkezett változások a Kis–Balaton makrovegetációjában, XXVIII. Georgikon Napok, pp. 709–716.

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

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

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

Szabó I. – Botta-Dukát Z. – Dancza I. (1994): Adatok a Solidago gigantea Ait. biológiájához, tekintettel a gyomirtási vonatkozásokra. – Növényvédelem 30. pp. 467–470.

Szeglet P. – Dömötörfy Zs. – Pomogyi P. (1998): A nádas határ változása a Kis–Balatonon az 1950–es évektől napjainkig. XL. Hidrobiológus Napok Tihany, pp. 386–387.

Vastag V. K. (2018): Multitemporális drónfelvételek elemzése képszerkezet és információtartalom alapján, Gábor Dénes Főiskola, szakdolgozat.

Vastag V. K. (2018): Solidago gigantea invazív faj digitális képfeldolgozással történő vizsgálata hipertemporális drónfelvételek alapján, Gábor Dénes Főiskola, TDK dolgozat.

Zlinszky A. – Mücke W. – Lehner H. – Briese C. – Pfeifer N. (2012): Categorizing Wetland Vegetation by Airborne Laser Scanning on Lake Balaton and Kis–Balaton, Hungary. Remote Sensing, pp.1617–1650.

Internetes források

Internet1 – A Balatonfelvidéki Nemzeti Park hivatalos honlapja, növényjegyzéke, https://www.bfnp.hu/hu/novenyjegyzek, 2018.10.14.

Internet2 – A Kis-balaton hivatalos weboldala, http://www.kisbalaton.hu/index.php/hu/, 2018.10.14.

Internet3 – Magyar Állami Természetvédelem hivatalos honlapja, http://www.termeszetvedelem.hu/idegenhonos-invazios-fajok, 2018.10.14.

Internet4 – Az Európai közösségek hivatalos lapja (2003): EU Tanács 149/2003/EK rendelet.

Internet5 – Magyar Állami Természetvédelem hivatalos honlapja, 2017.07.18 adatok alapján, http://www.termeszetvedelem.hu/termeszetes-allat-es-novenyvilagra-veszelyt-jelento-idegenhonos-invazios-fajok-hazai-tudomanyos-alapu-jegyzekei

Internet6 – Magyarországi Belügyminisztérium Vízügyi Főigazgatóság hivatalos vízügyi honlapja, https://www.vizugy.hu, 2018.10.14.

A tájkarakter alapú tájosztályozás természeti és komplex jellegindikátorainak kialakítása

Vaszócsik Vilja[1] – Schneller Krisztián[6] – Csőszi Mónika[2] – Csorba Péter[3] – Göncz Annamária[4] – Kiss Dániel[5] – Teleki Mónika[7] – Konkoly-Gyuró Éva[8]

[1] vezető szakértő, Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft., vilja.vaszocsik@lechnerkozpont.hu
[2] vezető szakértő, Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft., monika.csoszi@lechnerkozpont.hu
[3] egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, csorba.peter@science.unideb.hu
[4] osztályvezető, Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft., annamaria.goncz@lechnerkozpont.hu
[5] szakértő, Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft., daniel.kiss@lechnerkozpont.hu
[6] vezető szakértő, Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft., krisztian.schneller@lechnerkozpont.hu
[7] szakértő, Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft., monika.teleki@lechnerkozpont.hu
[8] egyetemi tanár, Soproni Egyetem, Tájműhely Kft. ügyvezető, konkoly-gyuro.eva@uni-sopron.hu

Absztrakt: Az Európa Tanács Táj Egyezménye a táj megőrzése, kezelése és fejlesztése érdekében célul tűzte ki a tájak számbavételét és értékelését, valamint ehhez kapcsolódóan a táj minőségére vonatkozó célkitűzések meghatározását. A feladat végrehajtása érdekében az Agrárminisztérium indított kutatást, melynek elsődleges feladata a hazai tájkarakter alapú tájtipizálási rendszer kialakítása. Jelen tanulmányban az első részeredményekből szemelvényeket adunk közre a tájkaraktertípusokat alakító fő tájjellemzők egyes indikátorainak bemutatásával. A nemzetközi módszertannak megfelelően a hazai kutatásban kidolgozott négy tematikus indikátorcsoport (természeti, antropogén, komplex és percepcionális) közül e helyen a természeti és a komplex indikátorcsoportot és azokból képzett jellegindikátorok kialakításának lépéseit mutatjuk be.

Bevezetés

2016-ban a Földművelésügyi Minisztérium (ma Agrárminisztérium) vezetésével országos kutatási projekt indult „Közösségi jelentőségű természeti értékek hosszú távú megőrzését és fejlesztését, valamint az EU Biológiai Sokféleség Stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok" címmel, amely négy fontos tematika mentén támogatja a stratégiai jelentőségű nemzetközi irányelvek végrehajtását. Ennek a tájkarakterrel foglalkozó fejlesztési eleme a kutatás előkészítési szakaszában két tanulmánnyal alapozta meg a tájkarakter alapú tájtipizálási rendszert (Konkoly-Gyuró et al. 2017; Vaszócsik et al. 2017), majd 2018-ban az Agrárminisztérium megbízásából a Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft, az Ormos Imre Alapítvány és a Tájműhely Kft. konzorciuma elindította a „Magyarország tájkarakter alapú rendszerezésének módszertani megalapozása" című kutatást.

A kutatás egyrészt az Európa Tanács Táj Egyezményéből (az Európai Táj Egyezmény kihirdetéséről szóló 2007. évi CXI. törvény) fakadó feladatok teljesítését szolgálja, másrészt hozzájárul a biológiai sokféleség megőrzésének 2015–2020

közötti időszakra szóló nemzeti stratégiájának (28/2015. (VI. 17.) OGY határozat) megvalósításához. A hazánk által is ratifikált Európa Tanács Táj Egyezménye végrehajtásából fakadó feladatok között szerepel a tájak számbavétele és értékelése, a táj minőségére vonatkozó célkitűzések meghatározása.

Anyag és módszer

Módszertani megalapozás

Számos európai országban (pl. Anglia, Franciaország) már az 1980-as évektől kezdődően készültek tájkarakter-elemzések (Countryside Agency 1999) és ma már kevés olyan ország van Európában, ahol a tájak karakterének meghatározása és leírása ne kezdődött volna el. A hazai tájkarakter-elemzést megalapozó tanulmány 2017-es megjelenése óta (Konkoly-Gyuró et al. 2017) több, a témában releváns publikáció, esettanulmány és áttekintő írás jelent meg (Fairclough et al. 2018; Simensen et al. 2018). Közülük a legfontosabbakat felhasználva készült el a hazai tájkarakter elemzési munka első fázisát segítő módszertani összefoglaló (Tirászi – Konkoly-Gyuró 2018), amely az országos és a nagytérségi, tematikus térképek, űrfelvételek, valamint a statisztikai adatok térinformatikai módszerekkel történő elemzésén nyugvó példákat mutatja be.

A tájkaraktertípus-képzés lényege a vizsgált szempontok alapján és a vizsgált léptékben homogénnek tekinthető „tájfoltok" azonosítása, ahol a tájalkotó tényezők jellemzői azonos kombinációban fordulnak elő. A vizsgált jellemzőket megjelenítő tematikus térképek rétegeinek egymásra helyezése és „összemetszése" a korai módszertanokban még manuálisan történt és a homogénnek tekintett tájfoltok lehatárolása jelentős részben szakértői ítéleten alapult, majd a térinformatika fejlődése által lehetővé vált a nagy téradatbázisok automatizált, számítógépes feldolgozása az objektivitásra törekvés jegyében is.

A magyarországi elemzéshez a térinformatikai és térstatisztikai módszereket a szakértői megítéléssel kombináltuk. Alátámasztja ezt a módszertani összefoglaló tanulmány (Simensen et al. 2018) ajánlása, amely szerint a matematikai és a térinformatikai, azaz a szakértői megítéléstől független parametrikus módszer és a holisztikus szakértői megítélés, valamint a terepi tapasztalatok ötvözete adja a legjobb megoldást a tájkarakter-elemzések esetében.

Indikátorok meghatározása

A különböző tájkaraktertípusokat a kulcsjellemzők meghatározott kombinációi hordozzák, a kutatás feladata ezen kombinációk feltárása, majd a típusok térbeli előfordulása alapján a tájkarakter-területek azonosítása és leírása. A kulcsjellemzők előfordulását indikátorok segítségével térképezhetjük. A térképezés folyamata több lépésből állhat, attól függően, hogy az indikátortérképeket milyen módszerrel

összesítjük, metsszük össze, egyenrangú elemként kezeljük-e az egyes indikátorokat, vagy szakértői döntés alapján kiemelünk néhány jellemzőt.

Az első lépés tehát a kulcsjellemzőket reprezentáló indikátorok meghatározása. A hazai és nemzetközi gyakorlatot követve a magyarországi tájkarakter alapú tájtipizáláshoz használt indikátorokat is természeti, antropogén, komplex és percepcionális csoportban kezeltük. Az indikátorokat a Belgiumban alkalmazott gyakorlatnak megfelelően (van Eetvelde – Antrop 2009) további két típusba soroltuk aszerint, hogy az adott indikátor a típushatárok azonosításához, vagy a lehatárolt típusok leírásához szolgál adatként, információként. Az előbbi csoport elemei a lehatároló indikátorok, míg az utóbbi csoport elemei a leíró indikátorok.

A lehatároló indikátorok számát a térinformatikai feldolgozás értékelhető végeredménye érdekében a szükséges minimális szinten célszerű tartani. A módszertan első változata szerinti verzióban az alábbi lehatároló indikátorokat elemeztük:

- természeti: tszf. magasság szerinti domborzattípus, talaj, alapkőzet,
- antropogén: beépített területek térszerkezete,
- komplex: felszínborítás-dominancia és -változatosság,
- percepcionális: beláthatóság és vizuálisan releváns szegélyek sűrűsége.

Első lépésben minden lehatároló indikátor alapján képeztünk egy-egy indikátortérképet, majd ezeket tematikus indikátorcsoportonként összesítettük, így keletkeztek az ún. jellegindikátor-térképek. A feldolgozás minden esetben az alapadatok tájkarakter-alakító elemeinek kiválasztásával, illetve a tájkarakter-alakító hatás szempontjából homogén elemeinek összevonásával kezdődött.

A kutatásunkhoz felhasznált alaptérkép Budapest Főváros Kormányhivatalának Földmérési, Távérzékelési és Földhivatali Főosztályán, az MTA Ökológiai Kutatóközpont közreműködésével, a kutatás egy másik tematikus eleme, a „Nemzeti ökoszisztéma szolgáltatás-térképezés és -értékelés" (a továbbiakban NÖSZTÉP) fejlesztési elem keretében készült. Az indikátorok térinformatikai elemzése a NÖSZTÉP alaptérképpel összhangban ETRS89 / LAEA Europe vetületi rendszerben 20x20 m-es vagy annál kisebb felbontású raszteres állományokkal történt. A feldolgozás során a tematikus indikátorcsoportokon belül a minimális térképi egység a 16 ha volt.

Jelen cikkben a kutatás két részeredményét, a természeti jellegindikátor és a komplex jellegindikátor kialakítását mutatjuk be.

Eredmények

Természeti jellegindikátor kialakítása

A tájkarakter-alakító kulcsjellemzők meghatározó csoportja a természeti adottságok köre. Különösen igaz ez az országos léptékű tipizálás esetén. A természeti jellegindikátor kialakításához a tengerszint feletti magasság, a talajtípus és a

kőzettípus jellemzőinek térbeli eloszlását vizsgáltuk annak megfelelően, hogy mely területeken milyen indikátor tekinthető tájkarakter-alakító tényezőnek:

1. Magassági övek (az ország teljes területén)

A digitális domborzati modell magassági adatainak tartományában négy kategóriát különítettünk el. A kategóriák meghatározása során alapvetően a tájkarakter kialakításában betöltött szerepre fókuszáltunk, így bár vizsgáltuk a Magyarország Nemzeti Atlaszában (Csorba et al. 2018) szerepelő genetikus tájtípus térkép felhasználási lehetőségét, végül olyan kategóriarendszert alakítottunk ki, amely jobban differenciálja hazánk síksági területeit. A lehatárolásokat már a tájkarakter szempontjából kutatott területek, pl. Fertő-medence esetében ellenőriztük. Az alkalmazott domborzati kategóriák: 1) síkság <115; 2) magas teraszsíkság: 115–150; dombság és hegységperem: 230–350; középhegység: 350–500 m.

Az indikátor elemzéséhez használt adatforrás az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) által előállított és használt digitális domborzatmodell (HydroDEM) volt.[1]

2. Talajtípus (síksági területeken)

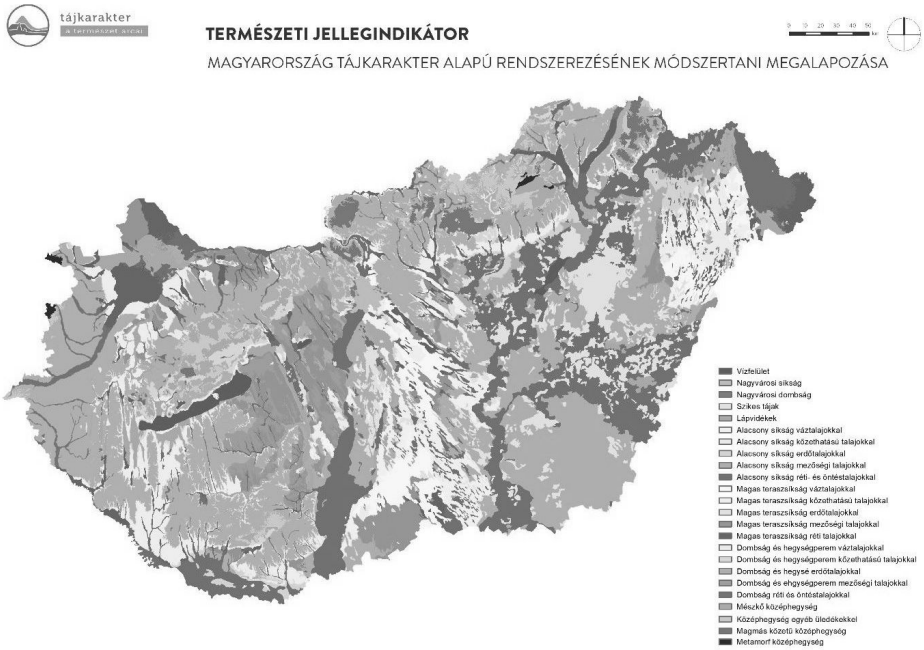
Az indikátor elemzéséhez felhasznált alapadat az M=1:100 000-es agrotopográfiai térkép (MTA-ATK-TAKI) genetikus talajtípus rétege volt. Az eredeti genetikus talajtérkép 31 talajtípust és altípust megjelenítő kategóriarendszeréből szakértői döntéssel 7 kategóriát alakítottunk ki, amelyek nagyrészt a talaj főtípusaihoz illeszkednek. Ezek a következők: 1) váztalajok, 2) kőzethatású talajok, 3) barna erdőtalajok, 4) mezőségi (csernozjom) talajok, 5) szikes talajok, 6) réti és öntéstalajok, 7) láptalajok.

3. Kőzettípus (hegységi területeken)

Az indikátor kialakításához felhasznált alapadat az agrotopográfiai térkép alapkőzet rétege volt. Az eredeti 9 típusból a hegységi területek differenciálásához szükséges 4 kategóriát alakítottunk ki: 1) mészkő és dolomit, 2) egyéb üledékes kőzet, 3) vulkanikus kőzet, 4) metamorf kőzet.

Első lépésben a három forrásindikátor (magasság, talajtípus, kőzettípus) térképét összevontuk, ami 63 db valós kombinációt eredményezett. A kialakult kombinációk számának csökkentése érdekében szakértői döntéssel (a kombinációk térbeli megjelenését is elemezve) megvizsgáltuk a forrásindikátorokat, és megállapítottuk, hogy melyek a típusképzők, azaz a karaktert leginkább meghatározó indikátorok. A magasság minden esetben típusképző, emellett pedig a síkon és a dombvidéken a talaj, a hegységekben pedig az alapkőzet típusképző. Ennek megfelelően indikátorpárok alakították ki a természeti jelleget.

[1] A HydroDEM eredeti felbontása 2 m/pixel, hat decimális magassági felbontású, amely átlagoló (MEAN) újra-mintavételezési technikával készített (MEAN) 20 m/pixel raszteres állomány formájában áll a projekt rendelkezésére.



1. ábra Természeti jellegindikátor

Komplex jellegindikátor kialakítása

A komplex indikátorcsoport a természeti és az antropogén folyamatok kölcsönhatásának következtében kialakult felszínborítás-jellemzőket mutatja meg. A felszínborítási adatokat a NÖSZTÉP V2 ökoszisztéma alaptérképből (AM, 20x20m-es raszter) nyertük. Az ebben térképezett 62 féle felszínborítást, illetve élőhelyet hat felszínborítás-kategóriába vontuk össze: 1) beépített felszín, 2) szántó, 3) ültetvény, 4) gyep, 5) erdő, 6) vízhatású terület, vízfelület.

A jellegindikátor kialakításához vizsgáltuk a felszínborítás változatosságát, a domináns felszínborítást és az emberi (antropogén) hatásintenzitást.

1. Felszínborítás változatossága

Az elemzés során meghatároztuk minden 20x20 m-es pixel 1 km sugarú környezetében a felszínborítás változatosságát. Első lépésben az ArcGIS for Desktop Focal Statistics (Variety) parancsával kiszámoltuk az előforduló felszínborítás-típusok számát a vizsgálati körben, így a variancia számától függően hat osztályt kaptunk. Az eredménytérkép részletezettsége meghaladta az országos szint kívánalmait, ezért a 16 ha-nál kisebb területeket a Nibble parancs segítségével összeolvasztottuk a szomszédos területekkel. A végső indikátorhoz az eredményeket három változatossági kategóriába soroltuk: 1) jellemzően homogén terület (1, 2 vagy 3 felszínborítási kategória fordul elő); 2) mérsékelten mozaikos terület (4 vagy 5 felszínborítási kategória fordul elő); 2) mozaikos terület (6 felszínborítási kategória fordul elő).

2. Felszínborítás-dominancia

Az elemzés célja egy adott területre leginkább jellemző felszínborítás meghatározása a felszínborítási típusok területaránya alapján. Az elemzéshez szintén az alaptérkép hat kategóriás osztályozását használtuk, és a vizsgálati terület is megegyezett a változatosságvizsgálatunkban használt területtel. Az ArcGIS for Desktop Focal Statistics (SUM) parancsával kiszámoltuk, hogy egy pixel körül 1 km sugarú körben mekkora a pixelértékek (felszínborítás-kódok) összege. Ugyanezt a vizsgálatot elvégeztük egyenként, külön-külön minden felszínborítási kategóriára, mert arra voltunk kíváncsiak, mekkora egy-egy kategória pixelértékeinek összege egy adott pixel körül. Ezt követően QGIS-ben a Raster Calculator parancs segítségével megállapítottuk, mekkora egy adott felszínborítási kategóriára kiszámolt pixelértékeknek az összes felszínborítási kategóriára kiszámolt pixelértékekhez viszonyított aránya. Minden kategóriára megnéztük, melyek azok a pixelek, ahol az arány 50% feletti, s ahol ez teljesült, azokat a területeket tekintettük domináns felszínborításnak. Az 50%-ot el nem érő pixelek alkotta foltokat dominancia nélküli területnek minősítettük.

3. Antropogén hatásintenzitás mértéke

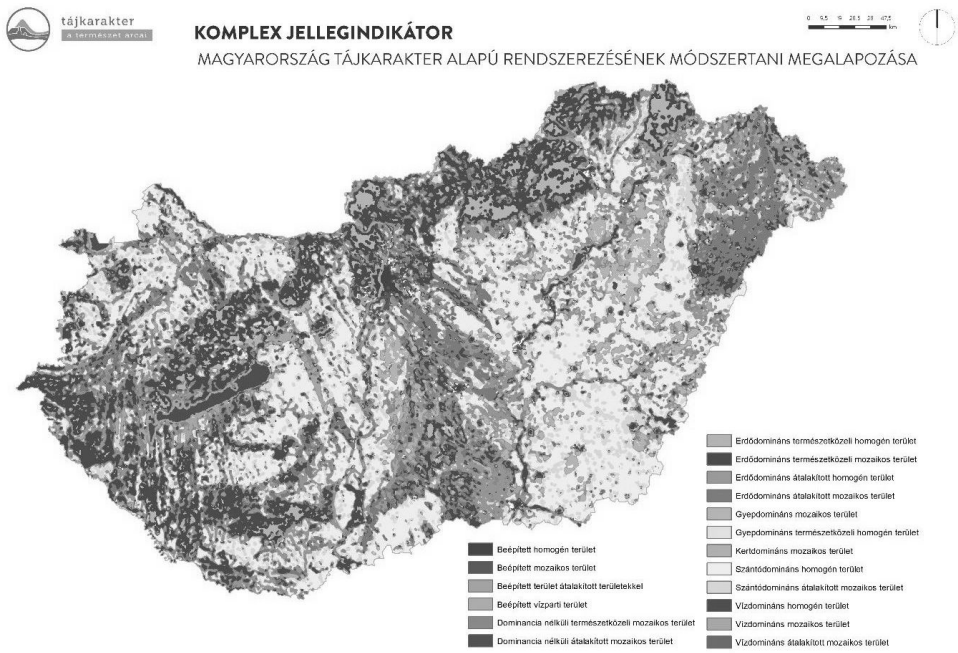
Az ökoszisztéma felszínborítási térkép kategóriáit – szakértői döntéssel, illetve korábbi természetességi kategóriarendszereket (pl. Konkoly-Gyuró – Nagy 2005) is figyelembe véve – 3 átalakítottsági osztályba soroltuk:

- beépített vagy burkolt területekhez soroltuk a NÖSZTÉP alaptérkép szerinti mesterséges felszíneket a zöldfelületek kivételével;
- az átalakított területekhez soroltuk a zöldfelületeket, az agrárfelületeket és a faültetvényeket;
- a természetszerű, mérsékelten átalakított területekhez pedig a gyepeket, az erdőket, kivéve a faültetvényt, a felszíni vizeket és a vizes élőhelyeket.

A komplex jellegindikátor kialakításához a három fenti indikátortérképeket ArcGIS for Desktop Combine parancsával összevontuk. Végül 63 elméleti elemszámból 45 valós elemszámú térkép keletkezett, amelyet szakértői döntéssel részben tartalmi, részben geometriai összefüggések alapján 18 kategóriára szűkítettünk. Az elhanyagolható méretű kategóriákat a jelentősebb, szomszédos osztályba soroltuk, amennyiben ezek tájkarakter szempontjából országos léptékben nagyon hasonlónak tekinthetők.

Konklúzió, további lépések

Hipotézisünk szerint a fenti két indikátorcsoport elemzésének eredményeit a további két csoport eredményeivel összevonva lehatárolhatók az országos tájkaraktertípusok. A kutatási folyamat során az összesítés több módszertani megoldásával kísérleteztünk. Az eddigi tapasztalatok alapján az első ütem elemzéseit felülvizsgáljuk, meghatározzuk az összesítés leghatékonyabb megoldását, és



2. ábra Komplex jellegindikátor

kidolgozzuk a módszertan térségi léptékű elemzési lépéseit. Ezzel együtt az itt bemutatott folyamatok is változhatnak. Az eredmények terepi ellenőrzését az biztosítja, hogy egyrészt a projektben részt vevők néhány mintaterületen évek óta végeznek különféle tájkutatási vizsgálatokat, másrészt ennek a projektnek a keretében is lesz terepi azonosítás, korrekciós lehetőség. A térségi léptékű elemzéseket mintaterületeken végezzük, amelynek tapasztalatai alapján az országos módszertant ismét felülvizsgáljuk. Mindezek eredményeként a tájkarakter alapú tájtipizálási kutatás végleges eredményei 2020 áprilisára várhatók.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a közreműködést a Tájműhely Kft., az Ormos Imre Alapítvány, a Lechner Tudásközpont és a BFKH további munkatársainak, akik a „Tájkarakter-alapú tájtipizálási rendszer hazai megalapozását szolgáló módszertani kutatásban” aktívan közreműködtek, és ezzel hozzájárultak az előadásban bemutatott eredmények megszületéséhez: Dr. Belényesi Márta, Dr. Grónás Viktor, Hamar József, Dr. Illyés Zsuzsanna, Jaschitzné Cserni Tímea, Dr. Jombach Sándor, Dr. Kollányi László, Dr. Lehoczki Róbert, Máté Klaudia, Pataki Róbert, Dr. Podmaniczky László, Sain Mátyás, Sárdi Anna, Dr. Szilassi Péter, Dr. Tirászi Ágnes, Tóth Péter, Varga Dalma.

Felhasznált irodalom

Countryside Agency 1999: Countryside Character: The character of England's natural and man-made landscape. Volume 1-8. Cheltenham.

Csorba et al. (2018): Tájak in: Kocsis Károly (főszerk.) Magyarország Nemzeti Atlasza: Természeti Környezet. Magyar Tudományos Akadémia, Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földrajztudományi Intézet, Budapest.

Konkoly-Gyuró É. – Kollányi L. – Csorba, P. – Tirászi, Á. – Balázs P. – Máté K. (2017): Tájkarakter alapú tájtipizálás - A tájkarakter alapú tájtipizálási rendszerek felhasználásával kapcsolatos hazai és nemzetközi módszertanok elemzése, Tájműhely Kft., Ormos Imre Alapítvány. Projekt Megalapozó Tanulmány. Budapest. http://www.termeszetvedelem.hu/_user/browser/File/KEHOP/TK_tanulmany_final_2.pdf

Simensen, T. – Halvorsen, R. – Erikstad, L. (2018): Methods for landscape characterisation and mapping: A systematic review. Land Use Policy, 75, pp. 557–569. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.022.

Tirászi Á. – Konkoly-Gyuró É. (2018): A tájkarakter meghatározás, tájtipizálás módszerei országos és nagytérségi tanulmányok alapján. Tájműhely, p. 44.

Van Eetvelde, V. – Antrop, M. (2009): A stepwise multi-scaled landscape typology and characterisation for trans-regional integration, applied on the federal state of Belgium. Landscape and Urban Planning, 91(3), pp. 160–170. http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.12.008.

Vaszócsik V. – Faragóné Huszár Sz. – Göncz A. – Hamar J. – Sain M. – Sárdi A. – Árgay Z. – Csőszi M. – Dr. Grónás V. – Kincses K. – Pádárné dr. Török É. – Dr. Podmaniczky L. – Tóth P. (2017): A hazai tájkarakter alapú tájtipizálás célrendszerének és a gyakorlati alkalmazás lehetséges területeinek előzetes meghatározása. Lechner Tudásközpont Nonprofit Kft. Projekt Megalapozó Tanulmány. Budapest. http://www.termeszetvedelem.hu/_user/browser/File/KEHOP/TK_tanulmany_final_1.pdf

Jogszabályok

2007. évi CXI. törvény az Európai Táj Egyezmény kihirdetéséről

28/2015. (VI. 17.) OGY határozat a biológiai sokféleség megőrzésének 2015–2020 közötti időszakra szóló nemzeti stratégiájáról

Közösségi közlekedés tervezése nyílt adatbázisok alapján

Zékány Szabina

Junior kutató, Smart divízió, Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft., Miskolc,
sz.zekany@gmail.com

Absztrakt: Mindennapjaink egyik fontos részét képezi a közlekedés. Sokaknak nem áll rendelkezésére gépjármű, esetleg testi képességei lehetetlenné teszik a vezetést. Különösen nehéz a közösségi közlekedés használata vakok és gyengénlátók számára. Ezért szükség van egy olyan alkalmazás elkészítésére, amely egy teljes ajtótól ajtóig terjedő biztonságos navigációs szolgáltatást képes nyújtani a felhasználói számára. Ehhez több rendszer együttes működése szükséges: beltéri navigációs, kültéri gyalogos navigációs és közösségi közlekedés tervezésére képes alkalmazások együttesen képesek a feladat megoldására. Ezen cikk elsősorban a közösségi közlekedési rendszer tervezési és implementációs kérdéseinek bemutatásával foglalkozik. Az adatforrások többsége szabadon elérhető, nyílt forrású. Ezek segítségével és a megfelelő algoritmusok kidolgozásával elkészíthető a navigációs rendszer kültéri modulja.

Bevezetés

Az útvonaltervezés ötletét egy olyan probléma adta, amely Magyarország lakosságából 251 ezer embert érint. Országunkban közel 9,5 millió ember él, ebből 0,3% vak (33 000 fő) és 2,2% látássérült (238 000 fő). Vak, illetve gyengénlátó emberek számára eljutni egyik helyről a másikra igazi kihívást jelent nap mint nap beltéren és kültéren egyaránt.

A VUK (Visionless sUpporting frameworK – Látássérült embereket támogató keretrendszer) (Árvai 2018) szolgál segítségül a beltéri navigáció és lokalizáció tekintetében. Ám a beltéren kívül a kültéren is akad nem kevés nehézség. Ennek köszönhető az ötlet, hogy legyen egy olyan összetett rendszer, amelynek egy részét a beltéri navigáció teszi, ki a másikat pedig a kültéri.

Természetesen a program nemcsak vakok és gyengénlátó emberek számára nyújthat segítséget, hanem bármilyen felhasználó számára, aki nem ismeri ki magát az adott városban, épületben, bevásárlóközpontokban.

Ehhez rendelkezésre áll a közlekedési vállalatok által publikusan elérhetővé tett útvonalakat és menetrendjeiket leíró Google által létrehozott szabvány (GTFS) (Internet1), az ennek megfelelő adatbázisok, illetve a kültéri gyalogos navigációhoz az OpenStreetMap adatbázisai (Internet2). Maga a tömegközlekedési hálózat gráf formájában kerül letárolásra és Dijkstra algoritmus segítségével keressük meg az utak költségének kiszámításával a legmegfelelőbb útvonalat.

A cikk a kültéri útvonaltervezés témájával foglalkozik, mégpedig a közösségi közlekedés módját veszi alapul, hisz egy látássérült ember számára a gépjárművezetés lehetősége nem adatik meg, a gyalogos közlekedés pedig természetesen rövid távokra kínál megoldást.

Anyag és módszer

GTFS

A General Transit Feed Specification (röviden GTFS) egy egységes formátumot biztosít a tömegközlekedés menetrendjének és geográfiai adatainak tárolására. A GTFS nyílt forráskódú, így lehetőséget biztosít a közlekedési vállalatok számára, hogy közzétegyék járataikkal és menetrendjeikkel kapcsolatos adataikat. Ennek köszönhetően pedig fejlesztők világszerte útvonal- és menetrendtervező alkalmazásokat írhatnak felhasználva a GTFS formátumot.

Az adatok sima szöveges fájlokban vannak eltárolva. Ezek a szöveges fájlok ZIP fájlba vannak összegyűjtve, és ilyen formátumban tölthetőek le.

Egy közlekedési vállalat GTFS leírója felfogható úgy mint egy adatbázis, a szöveges fájlok pedig megfeleltethetőek az adatbázisban lévő táblák összességének.

A szöveges fájl felépítése a következő:

- Fejléc: A fájl első sora. Az adatbázis-kezelésben megszokott oszlop névnek, attribútumnak felel meg. A fejlécben megtalálható attribútumok vesszővel vannak elválasztva.
- Adatok: A fejléc után, a második sortól a fájl végéig tart. Csak úgy mint az adatbázis-kezelésben, a fejléc egy attribútuma alatt megtalálható elemek a mezőt jelentik, az egy sorban elhelyezkedő, vesszővel elválasztott adatok pedig egy rekordnak felelnek meg, amelyek egymással összefüggő adatokat képeznek.

Ennek a hasonlóságnak köszönhetően a fájlokban található nyers adatokat fel is lehet dolgozni, és le lehet menteni adatbázistáblákba. A tanulmány elkészítéséhez nem használtam adatbázist. Az egyik továbbfejlesztési lehetőség, hogy valamilyen adatbázisba mentjük az adatokat, és azokkal dolgozunk. Egyelőre viszont a szöveges fájlokból beolvasott adatokat a memóriában tároljuk.

GeoJSON

A GeoJSON (Internet3) egy speciális JSON formátum, amely geometriai formák leírására szolgál. Az alábbi geometriai típusokat támogatja:

- Point: egy darab egyszerű pont,
- LineString: pontokat összekötő vonal, egyenes vagy tört vonal,
- Polygon: zárt törtvonal (az első és utolsó pontjának meg kell egyeznie, így biztosítva a poligonra jellemző alaptulajdonságot),
- MultiPoint: pontok halmaza,

- MultiLineString: vonalak halmaza,
- MultyPolygon: több poligon, akár lyukas poligon is létrehozható.

A geometriai formákhoz tudunk definiálni teljesen szabad tulajdonságokat. Ezeket akár saját formátumként is egységesíthetjük, hogy a programunk determinisztikus módon tudja feldolgozni az adatokat. A szerializációhoz elengedhetetlen, hogy pontosan ismerjük az adatok tárolásának formáját, hisz csak így juthatunk hozzá a megfelelő információkhoz.

A pontoknak, vonalaknak és poligonoknak tehát tudunk nevet, méretet, területet, kerületet is adni a 'properties' objektumon belül.

Építmények, létesítmények beltereit is leírhatjuk a GeoJSON formátummal. Megjeleníthetünk a térképen épületeket szobákkal, ajtókkal, folyosókkal, lépcsőházakkal, liftekkel stb. Ezeknek is adhatunk tulajdonságokat, így meg tudjuk adni, hogy az egyes poligonok hányas szobát reprezentálják vagy hogy hányadik emeleten találhatóak.

Leaflet

A Leaflet (Internet4) egy nyílt forráskódú JavaScript könyvtár interaktív térképek készítéséhez. A Leaflet GeoJSON formátumot támogat. Tehát bármilyen geometriai formát, pontot, vonalat, poligont szeretnénk megjeleníteni a térképen, át kell konvertálnunk az adatokat GeoJSON formátummá. A Leaflet fogja tudni feldolgozni a GeoJSON formátumban megadott geometriai pontokat, majd megjeleníteni a térképen, valamint hozzátársítani az adott tulajdonságokat.

Az alap leaflet könyvtáron kívül létezik egy leaflet-indoor könyvtár is, amely az épületek belsejének kirajzolására szolgál. A könyvtár segítségével akár ikonokat is társíthatunk a szobákhoz, így könnyebben felismerhetővé téve a felhasználók számára, hogy például egy plázán belül az adott helyiség toalett, üzlethelyiség, iroda vagy butik-e.

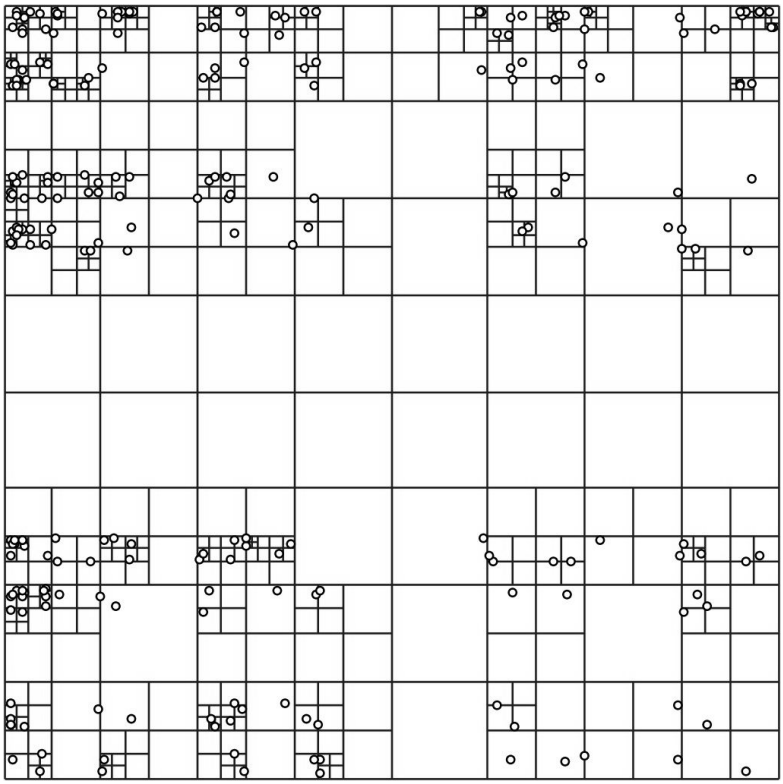
A fentiekben megemlített technológiák felhasználásával jött létre a program, ami C# programozási nyelven és .Net Core 2.0 keretrendszerben íródott. Figyelembe véve, hogy a program megírásához elengedhetetlen a GTFS formátum, ami szabvány alapján tárolja a közlekedési vállalatok által közzétett adatokat a járatok megállóinak földrajzi elhelyezkedéséről, így szinte magától értetődik, hogy a megállók, útvonalak keresése, kirajzolása és bármely féle feldolgozása vagy kezelése gráfelméleten alapuló összeköttetéseket igényel.

Alapvetően a megállókat az őket leíró földrajzi koordinátákkal tudjuk megadni és elhelyezni a térképen mint a gráf csomópontjait. A megállók közötti összeköttetés légvonalban pedig a gráf éleinek feleltethető meg. Ezzel kapcsolatban viszont felmerül egy probléma, miszerint a megállók között logikusan nem vagy legalábbis az esetek túlnyomó részében nem légvonalban közlekedik a busz, hisz az út kanyarodik. Az viszont megoldható, hogy két megálló között az út kap egy költségértéket annak megfelelően, hogy mekkora a fizikai távolság

a két megálló között (ez a táv szintén tárolva van a GTFS fájljaiban), így jelölve a gráfon méretarányosan a két csomópont közötti megtett út költségét. A költségek kiszámítása segítséget nyújthat majd az optimális útvonal megkereséséhez. Ha egy kiindulási és végpont között több lehetséges útvonal található, az útiköltségek kiszámításának köszönhetően megkereshető a legrövidebb út.

Az útvonal megtervezésének egyik legalapvetőbb és legelső fázisa a kiindulási és a célállomáshoz legközelebb található megállók megkeresése. A kiindulási és érkezési cím megadása után a keresés quadtree segítségével történik 1 kilométeres körzetben. Az *1. ábrán* látható a quadtree térbeli felosztása, ahogyan rekurzívan megnegyedeli az alapterületet. A kereső algoritmus a címhez a 10 legközelebbi megállót keresi meg. A kívánt megállók száma és a keresést behatároló terület mérete állítható a programban.

A közelben megtalált megállók tehát külön eltárolásra kerülnek, és a program a továbbiakban ezekkel a megállókkal dolgozik. Ezek után történik a gráf felkutatása. A megkeresett megállók mindegyikéből el kell kezdeni megkeresni az útvonalat, hogy eljutunk-e egyáltalán a célállomás közelében megtalált útvonalak valamelyikébe. A GTFS formátumban megtalálható a járatok iránya is, így ki tudjuk zárni azokat a megállókat a potenciális útvonalak listája közül, amelyek a célállomással teljesen ellenkező irányba közlekednek, ezzel szűkítve a kört.



1. ábra Quadtree – rekurzív térfelosztás

```
function Dijkstra(Graph, s):
    for each vertex v in Graph:     // inicializáció
        dist[v] := infinity         // kezdetben minden pont távolsága ismeretlen
        previous[v] := undefined
    dist[s] := 0                    // a source csúcsból a source csúcsba 0 út megtételével jutunk
    Q := copy(Graph)                // meg nem látogatott csúcsok halmaza
    while Q is not empty:
        u := extract_min(Q)         // kivesszük a számunkra legjobb csúcsot a prioritási sorból
        for each neighbor v of u:
            alt = dist[u] + length(u, v)
            if alt < dist[v]        // ha ebből a csúcsból kedvezőbben juthatunk el v csúcsba,
                dist[v] := alt      // akkor frissítünk
                previous[v] := u
```

2. ábra Dijkstra algoritmus pszeudokódja

Dijkstra algoritmus segítségével egy kijelölt kezdő megállóból végigmegyünk a gráf pontjain, míg el nem érünk a célállomás közelében megkeresett megállók egyikébe. Az algoritmus rövid pszeudokódja a *2. ábrán* szemlélteti sorról sorra a szükséges műveleteket. A keresési műveletet megismételjük minden olyan részgráfra, mely része a lehetséges útvonalak listájának. Ezek után a működő útvonalak közül a legrövidebb lesz kiválasztva és megjelenítve a térképen.

A buszos útvonal tervezése megtörtént, ám valamilyen módon a kiindulási címtől a megállóig el kell vezetni a felhasználót. Ehhez a gyalogos útvonaltervezéshez jelen pillanatban Google API-t használunk, de az OpenStreetMap API vagy akár más API is segítségünkre lehet.

Konklúzió

Egy ilyen útvonaltervező alkalmazás tehát a beltéri navigációs rendszerrel egybekötve egy komplett rendszert alkot, amelynek segítségével otthonról megtervezhető egy út a város valamely épületéig, azon belül pedig a beltéri navigációs rendszerrel például plázákban, boltok között tudunk eligazodni. Vakok és látássérültek számára újkori lehetőséget nyújthat a mindennapi közlekedésben, főként abban az esetben, ha ki van hozzá fejlesztve egy speach-to-text és text-to-speach lehetőség az alkalmazás használatára, megkönnyítve a felület kezelését.

Felhasznált irodalom

Árvai L. (2018): Mobile phone based indoor navigation system for blind and visually impaired people: VUK – Visionless supporting frameworK. 19th International Carpathian Control Conference (ICCC), Szilvasvarad, 2018, pp. 383–388.

Internetes források

Internet1 – Google – General Transit Feed Specification (GTFS) https://developers.google.com/transit/gtfs/ [Elérhető: 2019.04.06.]

Internet2 – Open Street Map (OSM) https://www.openstreetmap.org [Elérhető: 2019.04.06.]

Internet3 – GeoJSON http://geojson.org/ [Elérhető: 2019.04.06.]

Internet4 – Leaflet https://leafletjs.com/ [Elérhető: 2019.04.06.]

Updating geovisualization in HDTR – Migrating from Google Earth API to CesiumJS

Marianna Zichar

associate professor, University of Debrecen, zichar.marianna@inf.unideb.hu

Abstract: The possibility of visualizing geospatial information embedded in web pages has become rather attractive several since several years. The aim of this paper is to give an insight how the geovisualization component of HDTR was moved to CesiumJS API to restore the functionality of this component. The migration could not be avoided because the support of Google Earth API was stopped causing the block of rendering of customized geospatial information for HDTR.

Introduction

The Hungarian Digital Toponym Registry (mdh.unideb.hu/en) was born in the frame of an international cross-disciplinary collaboration (*Fig. 1*). The basic idea originates from linguists who are interested in research related to toponyms (Zichar – Tóth 2011). The term toponym refers to name forms/variants of settlements, settlement parts (e.g. meadow, valley, main road), and different objects (e.g. pumps, canals, chapels) located in a given settlement. These forms can vary during the decades and centuries increasing the volume of the data. Analysis of name variants and their structure is of high interest among linguists. Traditionally, books were used to collect toponyms for centuries, but they cannot be regarded appropriate data sources any more in the 21st century. So the reason for giving birth to HDTR is quite simple: build a digital database for storing and analyzing toponyms.

This large dataset is hosted on 4D (4th Dimension from 4D Inc.), which is a powerful database and application development platform for small to medium businesses, on the desktop and client/server, Mac or Windows as well. The product family includes 4D Server, 4D Web Application Server, 4D SQL Desktop, 4D OEM Desktop and many other deployment expansions, so it is really suitable to host also the web-based interface of our dataset providing the access for public. Besides, it is perfect to maintain robust databases which property was significant, when this product family was selected (Zichar 2012).

Original geovisualization modul of HDTR

Among the different properties of toponyms there are several ones that are specific to linguists, but there are some that can form a link towards another discipline. The core data of HDTR can be classified into two groups: descriptive attribute data, and geometry data that determine the location of a toponym. This latter type of data

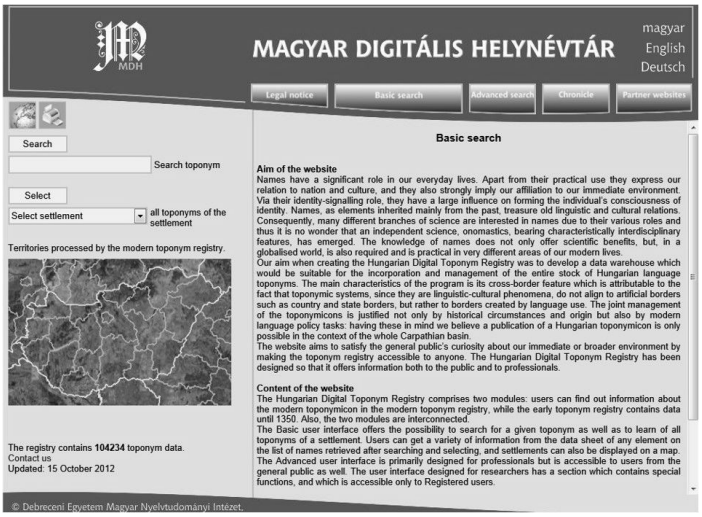


Figure 1. The main page of HDTR



Figure 2. Toponyms of a settlement

makes it possible to add a geovisualization component to HDTR with a functionality of representing the different objects on a map (*Fig. 2*). Since some features of HDTR, including its geovisualization modul, was planned to be accessible for public on internet, the solution we looked for had to meet the following requirements:

- provide online map resource,
- customized information representation with the help of small-sized files,
- capability of event handling,
- flexibility in maintaining.

Furthermore, linguists had a special requirement: they wish was to see only labels on the map. After overviewing the possibilities, Google Earth API was selected to be used to embed a map (in this case a 3D map) into the website hosting HDTR (Zichar 2013).

4D is a general purpose data base handling system, which means that traditional relational data tables are used to store geospatial data as well (Rigaux et al. 2002). Location of the different objects are stored in coordinate pairs of latitude and longitude values. The primarily data source for the geovisualization component is kml files. Keyhole Markup Language is an XML based language to describe entities (with point, polyline or polygon geometry) in internet based two-dimensional maps or three-dimensional Earth browser (Wernecke 2009). The KML Version 2.2 with the name of OpenGIS KML 2.2 Encoding Standard, has been adopted as an OGC (Open Geospatial Consortium) implementation standard for presenting geographic information visually (Wilson 2008). The OGC has developed a broad Standards Baseline and having kml fit within that family has encouraged many users and developers to work with it more frequently. Since a kml file is a simple plain text file it is not hard to generate it even on the fly.

Unexpected issue

In 2014, Google announced officially that Google Earth Plugin API would become deprecated on 12th December 2014. The GE API was built on a technology called the NPAPI plugin framework. Both Chrome and Firefox announced that they were going to remove support of this framework for security reasons. These security reasons, combined with dwindling cross-platform support (particularly on mobile devices), had made building applications that leverage the Earth API untenable for developers.

Although the API continued to work on supported browsers until one more year, finally it was shut down without replacing it with any other solutions. The simplest idea could be to move our application to Google Maps API. Unfortunately, this opportunity was dropped soon because of the following reasons:

- Rendering of icons was still undesirable and the default appearance of markers in GM API is restricted in representing only icons.
- The support of KML elements in Google Maps API was (and still is) modest.
- The range of processing kml files is rather limited.

Finally, the decision was postponed, and although the visual experience of the visualization component became less impressive after the deadline, it was still functional.

Another argument against GM API

At that time there was a shorter break in data collecting and developing of HDTR due to some difficulties, although it was clear that we have to find the appropriate API or something else to bring HDTR back to life. Different forums were browsed to look for solutions other developers selected, and to get to know experience others shared.

Meanwhile Google has changed the licensing of GM API. To use Maps JavaScript API it is mandatory to request an API key and to register a credit or debit card to facilitate the billing, because the API uses a pay-as-you-go pricing model. This was the reason why Google services became excluded from the range of possible solutions, and gave a final boost to try CesiumJS API that was recommended by many developers.

CesiumJS API

CesiumJS is a JavaScript library providing a modern plugin-free technology that is cross-platform, cross-browser, open-source, and actively developed by a real large community (Internet1). A Cesium app can embed a WebGL–based virtual globe into a webpage, and its most well-known application is the website: Flightradar24.com. Although Cesium's default view is a 3D globe with a perspective view, users can change to 2D map and Columbus view as well. The default imagery is Bing Maps Aerial, but other ones (such as Sentinel-2, Bing Maps Roads, Mapbox Satellite, etc.) are also available (Chaturvedi et al. 2016).

As a data source we can select among several possibilities when customized information are needed to be represented. Cesium has its own language called CZML that is a JSON schema for describing dynamic scenes in virtual globes and maps (Cozzi 2013). Even an open source python library is now available to read and write czml files. The relationship between Cesium and CZML is similar to that of between Google Earth and KML. Both data formats describe scenes in their respective clients and are meant to be generated by a wide variety of applications and possibly even written by hand (Zhu et al. 2018). Of course, CZML has a number of important characteristics, some of which distinguish it from KML.

A really large number of professionals have selected Cesium to migrate their applications, while others have collected design considerations (Nim et al. 2017). There were also some researchers who were interested in making thematic maps with CesiumJS (Gede 2016a, 2016b) and in visualizing data thematically in 3D (Gede 2017a, 2017b).

Usage of Cezium API requires a web server just like any other web applications. With the help of Node.js this constraint can be resolved easily and your computer can be turned to a web server for CeziumJS quickly.

Our experience with CesiumJS

The kml files that were used for visualization with GE API could be reused, but restructuring of the file set will be required due to the increasing number of the placemarks. The visual appearance of placemarks' bubble containing the description differ significantly (*Fig. 3*). The rectangular area is rendered in the right top corner of the window, it is not connected to its placemark icon or label, but can host HTML



Figure 3. Description of the selected placemark

formatted text and the placemark is highlighted with a light green frame. Replacing kml files with czml files is not feasible for us currently because of the following reasons:

- HDTR makes is possible to download the hits of a research in kml format that can be rendered with desktop Google Earth easily.
- Kml files are used as a possible type of data source for geospatial data too.
- Kml files are applied to increase the geographical accuracy.

Unfortunately, Cesium API does not support all of the KML elements like GE API did not do either, but it makes it possible to add further placemarks from a kml file to the view, the visibility of the placemarks can be controlled from codes, a text variable can contain kml formatted string to be parsed, and icons can be hidden totally without any restrictions.

Conclusions and future works

Getting to know a new programing language or API is always a challenge for the developer just like looking for a new tool to replace the previous one. Behind the Cesium API there is a really large community, several online forums contain questions with answers and the number of sample applications (in the sandbox) is also remarkable. The pilot application of geovisualization modul for HDTR was developed using CesiumJS API which solution seems promising. Next step will be to finalize the application and to embed CesiumJS into 4D server application. Since the amount of data tends to increase dramatically in the future, some redesigning steps for balancing the performance have to be considered as well.

Acknowledgement

The work was supported by the OTKA grant K 128270.

References

Chaturvedi, K. – Yao, Z. – Kolbe T. H. (2016): Browser based 3D Geovisualization, URL:https://www.gis.bgu.tum.de/fileadmin/w00bov/www/Dokumente/Projekte/3DCityDB/3DCityDB_V3.3_Tutorial_-_Browser-based_3D_Geovisualization.pdf downloaded March 2019.

Cozzi, P. (2013): Cesium: 3D Maps on the Web. FOSS4G NA, 05/2013. URL: http://cesiumjs.org/presentations/Cesium3DMapsOnTheWeb.pdf downloaded March 2019.

Gede, M. (2016): Tematikus térképek Cesiummal. In: Balázs, Boglárka (ed.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VII.: Theory meets practice in GIS Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 169–175.

Gede, M. (2016): Tematikus térképek virtuális glóbuszokon, Geodézia és Kartográfia, 1–2 (68. évf.).

Gede, M. (2017): Using Cesium for 3D Thematic Visualizations on the Web. In: Cynthia, Brewer (Ed.): Proceedings of the 28th International Cartographic Conference Washington, USA: International Cartographic Association, Paper: 6201.1, 7 p.

Gede, M. (2017): 3D tematikus vizualizációk lehetőségei QGIS-sel és Cesiummal. In: Balázs, B (ed.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII.: Theory meets practice in GIS, Debrecen, Magyarország : Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 29–34.

Nim, H. T. – Sommer, B. – Klein, K. – Flack, A. – Safi, K. – Nagy, M. – Fiedler, W. – Wikelski, M. – Schreiber, F. (2017): Design considerations for immersive analytics of bird movements obtained by miniaturized GPS sensors. In: Proceedings of the Eurographics Workshop on Visual Computing for Biology and Medicine, pp. 27–31.

Rigaux, P. – Scholl, M. – Voisard, A. (2002): Spatial Databases with application to GIS, Morgan Kaufmann.

Zichar M. – Tóth V. (2011): Informatika a nyelvtudomány szolgálatában. In Proc. Informatika a felsőoktatásban 2011 konferencia, pp. 843–848.

Zichar, M. (2012): Geovisualization based upon KML, Journal of Agricultural Informatics, 3(1), pp. 19–26.

Zichar, M. (2013): Geovisualization-related issues with cognitive aspects. In Baranyi, P. – Esposito, A. – Niitsuma, M. – Solvang, B. (Ed.): IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications: CogInfoCom 2013, pp. 503–508.

Zhu, L. – Li, Z. – Wang, Z. (2018): Representing time-dynamic geospatial objects on virtual globes using CZML – Part II: Impact, comparison, and future developments. International Journal of Geo-Information, 7(3), 102.

Wernecke, J. (2009): The KML Handbook. Addison-Wesley, Boston.

Wilson, T. (Ed.) (2008): OGCKML.OGC07-147r2. Project Document, Open Geospatial Consortium Incorporation, (portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=27810 accessed 25.03.2019)

References from Internet

Internet1 – Cesium API Reference. URL: https://cesiumjs.org/refdoc.html, downloaded: March 2019.

POSZTEREK

Detecting fluvial terraces in semi-arid environment using different DTMs

Bernadett Dobre[1] – Titusz Bugya[2] – István Péter Kovács[2]

[1] University of Pécs, Doctoral School of Earth Sciences
[2] University of Pécs, Institute of Geography and Earth Sciences, Department of GIS and Cartography

Nowadays, analyzing Earth's surface is easier than ever, since the various remote sensing techniques provide a wide range of openly accessible digital terrain models. Based on these DTMs we are able to detect and classify numerous geomorphological forms and features. Our research field is located in the middle part of the Desatoya Mountains in central Nevada as a part of the Great Basin. Throughout the qualitative and quantitative evaluation methods our goal was to find the most appropriate DTM to detect the last state of terrace remnants.

To reach our aim we used two types of geomorphometric GRASS GIS module, the r.param.scale and the r.geomorphon. While those modules use different methodology, both of them are worthy to examine. Each module is able to detect peaks and summits, as the final condition of terraces. To find the most adequate DTM we use an openly accessible 1 meter resolution Lidar dataset as validation. After the proper filtering and careful interpolation method the outcome is a high resolution DEM.

Firstly, we used r.param.scale and r.geomorphon modules on the validation DEM to identify as much terraces as possible. After that we run the same modules on the following DTMs with various resolution: Lidar (30 m), Aster GDEM (30 m), SRTM1 (30 m), TDX (30 m and 12 m). As one part of our methods we analyzed the modules' outcome using different statistical approaches, as RMSE, MAE, R^2, SD and histogram plotting. On the other hand, we evaluated the result also with visual interpretation.

A bányászat hatásainak vizsgálata Magyarországon CORINE felszínborítási adatbázisok felhasználásával

Juhász Dániel

BSc hallgató, Földtudományi Intézet, Debreceni Egyetem, juhaszdaniel0798@gmail.com

A különböző idősíkokban (1990, 2000, 2006, 2012, 2018) készült CORINE (CLC) felszínborítási adatbázisok felhasználásával meghatároztam azokat a magyarországi területeket, amelyek a bányászati tevékenységhez kapcsolódó nyersanyag-kitermelés vagy lerakóhelyek, meddőhányók tematikus kategóriákba tartoznak. Meg kell jegyezni, hogy utóbbi felszínborítási osztály a bányák meddőhányói mellett az ipari és a kommunális hulladéklerakó helyeket is magában foglalja. Az elemzés időhorizontjában bekövetkezett változások – mely felszínborítási kategóriák mozaikjai alakultak át nyersanyag-kitermelő vagy lerakóhelyekké, illetve a bányaterületeken a tevékenység megszüntetése után milyen más felszínborítású foltok jöttek létre – irányainak kimutatására a felszínborítás-változási (CLCC) adatbázisokat alkalmaztam. A téradatelemzéseket és a tematikus térképeket QGIS szoftverben készítettem el.

A nyersanyag-kitermelés területe 1990-től 2012-ig (6067,29 hektárról 9598,69 hektárra) növekedett, utána lassú csökkenés ment végbe (2018-ban 9266,48 ha). Szántóföldeken, legelőkön, cserjés és/vagy lágyszárú növényzettel (gyep) fedett felszíneken hoztak létre elsősorban homok- és kavicsbányákat az infrastrukturális beruházásokhoz, építkezésekhez kapcsolódóan. A felhagyott bányák helyén általában spontán gyepesedő-cserjéserdő területek, állóvizek alakultak ki, vagy lerakóhelyekként hasznosították ezeket a területeket.

A lerakóhelyek, meddőhányók esetében 1990 és 2000 között területnövekedés (5078,91 hektárról 5583,41 hektárra) figyelhető meg, azóta enyhe területi csökkenés ment végbe (2018-ban 4570,46 ha). Új objektumokat elsősorban a szántóföldeken, a cserjés és/vagy lágyszárú növényzettel és az erdőkkel borított területeken, nyersanyag-kitermelő helyeken létesítettek. A felhagyott/rekultivált lerakóhelyeken és meddőhányókon megfigyelhető a spontán gyepesedés-cserjésedés.

A kutatás a Debreceni Egyetem Tehetséggondozó Program (DETEP) és az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 „Debrecen Venture Catapult program” támogatásával valósult meg.

A földhasználat-változás elemzése egy kárpátaljai mintaterületen (Beregszászi-dombság)

Kinárov Krisztián[1] – Túri Zoltán Krisztián[2] – Gönczy Sándor[3]

[1] BSc hallgató, Földtudományi és Turizmus Tanszék, II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, kinarov.k@gmail.com
[2] adjunktus, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, turi.zoltan@science.unideb.hu
[3] docens, Földtudományi és Turizmus Tanszék, II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, gonczysanyi@gmail.com

A legtöbb szakirodalom Beregszászi-dombság alatt azt a bádeni-szarmata korú vulkáni képződménysort érti, amely Kárpátalján a magyar–ukrán államhatár közelében húzódik. Jelen kutatásban csak a Beregszász melletti mintegy 46,7 km^2-nyi területű tájrészletet vizsgáltuk.

A földhasználat-változás elemzéséhez nagy és szuper nagy geometriai felbontású, a vegetációs időszakban készült műholdfelvételeket használtunk fel. A felvételek kiválasztásánál fontos volt számunkra, hogy az űrtávérzékelt adatok a mintaterület egészét lefedjék.

Az elemzéshez egy a Bing Maps-en elérhető 2012-es és egy a Google Föld virtuális földgömbön megtekinthető 2017-es műholdképet töltöttünk le, melyeket a feldolgozás során az UTM vetületi rendszer 34N zónájában kezeltünk. A hagyományos pixel alapú feldolgozás helyett a műholdfelvételek többfázisú szegmentálását végeztük el, amelyhez az eCognition Developer szoftvert alkalmaztuk. A szegmentálás előtt bizonyos felszínborítási típusokat (elsősorban vonalas létesítmények) vektorizáltunk, s ezeket tematikus rétegekként használtuk fel a szegmentálás során. A különböző hierarchiaszinteken képzett szegmenseket a spektrális, szerkezeti, geometriai, alaki, szomszédsági, topológiai és egyéb tulajdonságok alapján küszöbértékek megadásával osztályoztuk. Az objektumokat vektorosan exportáltuk és tematikus térképeken jelenítettük meg.

Térképészet és GIS a földtani örökségvédelem szolgálatában

Pál Márton[1] – Albert Gáspár[2]

[1] MSc hallgató, ELTE IK Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, marchello@map.elte.hu
[2] Egyetemi docens, ELTE IK Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, albert@ludens.elte.hu

A tudományos tartalmat hordozó szabadidős programok közé tartozik a geoturizmus, amely bemutatóhelyek, túrák és rendezvények segítségével Földünk geológiai és geomorfológiai örökségét ismerteti meg a közönséggel. A fenntarthatóság szempontját szem előtt tartva a földtani örökségvédelem is szerepet kap a geoturizmus fejlesztése során. Ennek fő célja az egyedi képződmények megőrzése, valamint az általuk közvetített tudásanyag látogatók felé történő átadása. E munkát egyre inkább a geoparkok végzik, amelyek európai (Európai Geopark Hálózat, EGN) és globális (Globális Geopark Hálózat, GGN) szinten is szervezeteket alkotnak. A geoparkok olyan szabadon látogatható nyílt területek, amelyekben több különleges földtani képződménnyel, geohelyszínnel találkozhatunk. A két magyarországi geopark – Bakony–Balaton és Novohrad-Nógrád Geopark – az UNESCO globális hálózatának tagja.

A térképtudomány és GIS interdiszciplináris jellegéből adódik, hogy a legtöbb tudományterület munkájában részt vesz, segíti azt. A XX. század végén több környező országban is jelentek meg olyan térképkiadványok, amelyek a jelentősebb geológiai látnivalókat ábrázolták. Az így kialakult földtani túratérkép műfajának sajátossága, hogy az általános turistatérképi jelkulcs mellett egyszerűsített földtani tematikát is alkalmaz. Kiemelten ábrázolja a geohelyszíneket, a fontosabb túraútvonalakat, tanösvényeket (Albert 2004). E komplex ábrázolás nehézzé teszi a területek olvasható bemutatását, de kellő odafigyeléssel különlegesen szép térképeket kaphatunk.

2018 tavaszán megjelent Csopak és környéke geotúratérképe (Albert et al. 2018), amely megkapta a Szép Magyar Térkép 2018 verseny 1. díját. Ez Magyarország első nagy méretarányú földtani túratérképe, mely a Bakony–Balaton UNESCO Globális Geopark keleti részét mutatja be. A térkép készítése során nagy szerepe volt a geoinformatikának, ugyanis nem grafikus, hanem térinformatikai környezetben, QGIS 2.18 szoftverrel készült. Mindössze a nyomdai előkészítés történt grafikus szoftver segítségével. A bemutatott geohelyszínek értékelése, kiválasztása is térinformatikai módszerekkel történt oly módon, hogy a földtani örökségvédelem és a turisztikai szempontok egyaránt érvényesüljenek (Pál – Albert 2018). Annak érdekében, hogy webes környezetben is elérhető legyen hasonló tartalmú térkép,

elkészült a Bakony–Balaton Geopark Android rendszerű mobilalkalmazása, valamint egy OpenLayers alapú webtérkép. Így akár túra közben okostelefonunkon is elérhető a nyomtatott kiadványhoz hasonló tartalmú geotúratérkép.

A földtani örökségvédelem és a hozzákapcsolódó térképész munka célja tehát kettős. A térkép segítségével hatékonyan tudjuk népszerűsíteni a különleges geológiai képződményeket, látnivalókat, de ezzel párhuzamosan a tudatosság kialakításával és az ismeretanyag átadásával az élettelen természeti környezet védelmére is igyekszünk felhívni a figyelmet.

Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

Felhasznált irodalom

Albert, G. (2004): Földtudományok eredménye „kézzelfoghatóan": a földtani túratérkép. Geodézia és Kartográfia LVI(7), pp. 27–30.

Albert, G. – Pál, M. – Schwarcz, Gy. (2018): Csopak és környéke geotúratérképe. 1:30000, Schwarcz Térkép.

Pál, M. – Albert, G. (2018): Identifying outcrops for geological hiking maps. In: Temenoujka, Bandrova; Milan, Konečný (szerk.) 7th International Conference on Cartography & GIS: Proceedings, 1, pp. 103–108. Szófia, Bulgária: International Cartographic Association.

Okos város - 3D GIS fejlesztés Szeged városi mintaterületekre

Szatmári József – Tobak Zalán – Varga Ákos

Szegedi Tudományegyetem TTIK, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, e-mail: szatmari@geo.u-szeged.hu

A 3D városmodellek a Föld felszínének, és az ahhoz kapcsolódó objektumok digitális reprezentációi, melyek georeferált térbeli városi adatokat tartalmaznak, és amelyek általánosságban magukban foglalják a terepmodelleket (DTM – Digital Terrain Model), az épületek modelljeit, a vegetáció modelljeit, utak és egyéb közlekedési rendszerek, az infrastruktúra modelljeit. A 3D-városmodell lehetővé teszi a heterogén forrásból származó geoinformációk egy kereten belül történő integrációját, ezzel elősegítve a komplex városi információs terek létrehozását és kezelését. A háromdimenziós modellek egyre fontosabb szerepet játszanak a társadalom és az emberek mindennapi életében, olyan területeken, mint például a várostervezés, a navigáció és a katasztrófakezelés, stb.

A virtuális 3D városi modellekre vonatkozó követelmények a különböző alkalmazási módoknak megfelelően változnak. Attól függően, hogy mi a célunk vele, választhatjuk meg a modell részletességi szintjét (LoD 0-4 – Level of Detail). A projektben alkalmazott LoD2-ben lévő épületeken már megkülönböztetünk tetőszerkezetet és a textúrát is.

Munkánk során számos, különböző típusú bemeneti adattal dolgozunk. A LoD0, LodD1 és LoD2 részletességi szintű modellek elkészítéséhez Szeged város területén kijelölt két mintaterületre 2019-es év első negyedévében elkészülő 5 cm-es terepi felbontású légifelvételsorozat fotogrammetriai térkiértékeléséből származó pontfelhőt és ortofotósorozatot állítunk elő. A bemenő adatok másik forrása az OpenStreetMap adatbázis, amelyből szabadon letölthetőek, szerkeszthetőek és felhasználhatóak azok a vektoros állományok, melyek 2D-ben tartalmazzák a terület épületpoligonjait, út és egyéb vektorait.

Az általunk használt környezet alapelve a modellezés procedurális megközelítése, a lehető legjobb hatékonyság elérésének érdekében. Az alkalmazott megoldás során a számítógép egy a felhasználó által megfogalmazott kód-alapú „eljárást", végrehajtási módot kap, mely több, geometriai parancsból áll. A felhasználó nem közvetlen módon szerkeszti a térmodellt, hanem az elvégzendő feladatot attól elvonatkoztatva, szabályokkal egy rule-fájlban fogalmazza meg. A program a szabályokat a CGA (Computer Generated Architecture) shape grammar, azaz egy alakzatokra vonatkozó programozási nyelv alkalmazásával értelmezi és hajtja végre, melyet 3D-s építészeti objektumok létrehozására terveztek. Az geometriai alakzatok

egésze egy helyileg orientált lehatárolt térbeli test (bounding box) terében jelenik meg (scope), a szabályok ezekre vonatkozóan működnek A felhasználó a nyelvnek megfelelő módon megfogalmazza ezen szabályokat, amely aztán iteratív módon egyre több és több részletet generál.

A 3D-ós városmodellek (két mintaterületre) létrehozásával és felhasználásával választ kívánunk kapni arra a kérdésre, hogy egy 3D-s városi környezetet reprezentáló modell hogyan fejleszthető és használható input adatként numerikus időjárás-előrejelzési modellek (Numerical Weather Prediction– NWP) alkalmazásakor, annak érdekében, hogy a meteorológia és a városi környezet interakcióit modellezhessük. Fő célunk egy integrált eszköz létrehozása a helyi éghajlat modellezésére városi környezetekben, a jövőbeli változások közötti kapcsolatok megértése a regionális és lokális klíma tekintetében, valamint ezek hatásainak vizsgálata az épületek energiaigényére vonatkozóan.

A Tiszafüred-Kunhegyesi-sík antropogén felszínváltozása

Szopkó Anikó[1] – Lóki József[2]

[1] BSc hallgató, Földtudományi Intézet, Debreceni Egyetem, szopkoaniko97@gmail.com
[2] témavezető, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, loki.jozsef@science.unideb.hu

A választott mintaterület az Alföldön a Nagykunságban található, a Hortobágytól Ny-ra helyezkedik el a Tisza bal partján. Területi kiterjedése 919 km^2. Tszf-i magassága 87–98 m. A relatív relief a kistáj jelentős részén 1 m/km^2, de a változatosabb buckás felszínen sem haladja meg a 4 m/km^2-t. Az ármentesítések előtt a lapos síkvidék jelentős részét víz borította, a változatosabb felszínen a magasabb részek időszakosan, a mélyebb részek állandóan víz alatt voltak. A szolnoki Damjanich János Múzeum régészeti adatbázisa arról tanúskodik, hogy a vizes, mocsaras területből kiemelkedő felszíneket ősidők óta lakja az ember. Ezt igazolják a területen nagy számban megtalálható kunhalmok.

Célkitűzésünk közt szerepelt egyrészt az összegyűjtött és feldolgozott adatokból egy olyan adatbázis létrehozása, amelyből egy általános képet kaphatunk a terület antropogén átalakításáról, másrészt lekérdezésekkel a különböző történelmi időszakok eltéréseinek a kimutatása.

Továbbá a célok közt szerepelt olyan térinformatikai alapú tematikus térképek szerkesztése, amelyek segítségével a felszín antropogén változása korszakonként nemcsak szemléltethető, hanem számszerűsíthető is.

A konkrét, számszerűsített értékeket, eredményeket a poszteren a térképek jelmagyarázatában lehet megtekinteni.

A jelenlegi kutatáshoz a szakirodalmi, régészeti leírásokon, adatokon túl az I. katonai felvétel térképeit (1: 28 800 ma), a második világháborús térképeket (1: 50 000 ma) és a 10 000-es topográfiai térképeket használtuk fel.

A mintaterületünkön a legjelentősebb antropogén felszíni átalakítást az ármentesítés jelentette. Először a Mirhó-gát megépítésével (1754-ben) szűnt meg a rendszeres évi elöntés, majd az eredményes vízgazdálkodást a csatornahálózat kiépítése jelentette a XIX. század második felében.

Az ármentesítések előtti állapotot szemléltető térkép digitalizálásával megállapíthatjuk, hogy a mintaterületünkön az állandóan vízzel borított terület 149 km^2, az időszakosan vízzel borított terület 351,7 km^2 volt.

A kutatás a Debreceni Egyetem Tehetséggondozó Program (DETEP) és az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 „Debrecen Venture Catapult program” támogatásával valósult meg.

A beépített autós navigációs rendszerek és a felhasználói felületek vizsgálata

Vörös Fanni[1] – Tompos Zoltán[2] – Kovács Béla[1]

[1] Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, ELTE, Budapest
[2] NNG Ltd., Budapest

Az elmúlt évszázadokban ahhoz, hogy valaki A-ból B-be eljusson, analóg módszereket (papír alapú térképeket, szóbeli útbaigazítást) kellett használnia. Manapság, ha eltévednénk, elég csak a navigációs rendszert megkérdezni aktuális helyzetünkről és célunkról. Ez a navigációs felület lehet mobil alkalmazás, PDA/PNA vagy beépített GPS rendszer. Az, hogy valaki milyen „segítséget" választ, függ a közlekedés módjától, illetve az illető pénztárcájától. Természetesen az autós navigációhoz teljesen más fajta UX (user experience = felhasználói élmény) és más felhasználói felület és térkép tartozik, mint a navigáció egyéb formáihoz. A biztonságos vezetés érdekében a sofőr maximum 2–3 másodpercig nézi a kijelzőt, így nagyon meg kell tervezni, hogy a sofőrnek milyen és mennyi információt lehet és kell átadni.

A célunk az volt, hogy a magyar felhasználók navigációs szokásait és esetleges igényeit egy kérdőív segítségével feltérképezzük. Ehhez segítséget az NNG LLC-től kaptunk, amely egy olyan globális vállalat, amely a jövő infotainment technológiáit fejleszti a még teljesebb felhasználói élmény érdekében. A világ tíz vezető autógyártójából hét használja a megoldásaikat, és így több mint 30 autómárkában vannak jelen. Az NNG egy hasonló kérdőívet készített már 8 évvel ezelőtt, akkor 109 személynek tettek fel 153 kérdést. Ezen tanulmány és személyes konzultációk segítségével hoztuk létre saját kérdőívünket. A legtöbb ember számára ismerős felület a Google űrlap, így mi is azt használtuk.

A kérdőív három részből állt: általános információk, használja-e a sofőr vagy pedig nem a beépített GPS-t. Az általános részben személyes adatokat (kor, végzettség, lakóhely stb.) és általános információkat kérdeztünk a vezetési szokásokkal kapcsolatban (mikor vezetnek, milyen környezetben általában stb.). Attól függően, hogy használ-e a kitöltő beépített GPS-t, változtak a kérdéseink. Ha nem, akkor csak néhány további dologra voltunk kíváncsiak: miért nem, és akkor használ-e/mi mást használ helyette. A felmérés lényegi része azokra vonatkozott, akik használnak beépített rendszert. Kíváncsiak voltunk arra, hogy mely közlekedési szituációkban, hogyan használják, milyen funkciókat tartanak fontosnak a sofőrök, mely gombokat, információkat akarnak a navigációs ablakban látni.

Elmondható, hogy a Magyarországon használt autók többsége több mint 10 éves, és a járművezetők több mint 60%-a használt autót vezet. Ezek alapján nem meglepő, hogy csak körülbelül 15 százalékuk rendelkezik beépített GPS-szel az

autóikban, és csak mintegy 60 százalékuk használja azt. A kérdőív szerint a beépített GPS-t használó válaszadók 10%-a rendszeresen és nagy bizalommal teszi ezt, legtöbbjük tisztában van a különböző funkciókkal. 2/3-a viszonylag rendszeresen frissíti az adatbázist.

EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001: Tehetséggondozás és kutatói utánpótlás fejlesztése autonóm járműirányítási technológiák területén – A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Nagypontosságú GNSS használata az autonóm vezetés során

Vörös Fanni[1] – Pál Márton[1] – Kovács Béla[1] – Elek István[1]

[1] Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, Budapest

Az önjáró autók képesek érzékelni környezetüket és a radarok, lézerek, illetve a GNSS és a számítógépes látás segítségével navigálhatnak benne. Az észlelt információkat az útvonalak megtervezésére, és a különböző közlekedési elemek közti navigálásra használják.

A GPS eszközök megkönnyítik a navigálást a járművezetők számára. Bár segítségünkre vannak abban, hogy elérjük úticélunkat, manapság a rendszerek többméteres hibával működnek. Ezen pontatlanság miatt a nyers GNSS adatok maximum csak kiegészíthetik az önjáró autó érzékelőinek munkáját. Az autonóm rendszerek a tesztelési fázisban némi komplikációval szembesülnek sűrűn beépített városok esetében: a rendkívül magas DOP értékek általában az épületek által blokkolt jelek hiányából illetve a reflexiókból adódnak. A forgalomban lévő autók számára azonban fontos a minél pontosabb információ a jármű aktuális helyzetéről. Jelenleg az emberi tényező az, ami kiegészíti a nagy pontosságú GPS hiányát a közlekedési szabályok és jelek ismeretében. A környezet érzékelő alapú értékelése egy sérülékeny, sebezhető folyamat az autonóm forgalomban, de a nagypontosságú (differenciális) GNSS és a GIS háttéradatbázis biztonságosabbá teheti.

Projektünkben RTK GPS rendszert alkalmaztunk, amely képes elérni a centiméteres pontosságot. A mintaterület Budapest belvárosának egy része volt: a forgalmas területen a legtöbb releváns közlekedési tábla, lámpa és gyalogos átjáró megtalálható. Ezen felmért pontokból egy előzetes adatbázist hoztunk létre. Mivel az önjáró autóknak a lehető legpontosabb helyadatokra van szüksége ezekről az objektumokról, igyekeztünk a felmérés során deciméteres pontosságon belül mérni.

Adatainkat Postgres/Postgis térbeli adatbázis-rendszerbe helyeztük. Ennek segítségével tervezzük megoldani a különböző hirtelen és veszélyes közlekedési szituációkat: ha a jármű kamerája nem lát egy közlekedési táblát pl. egy másik objektum miatt, akkor az adatbázisban elérhető a tábláról információ. Ha egy gyalogos átkelőhely alig látható, és az érzékelő nem ismeri azt fel, a háttér GIS adatok figyelmeztetik az autót, hogy legyen körültekintőbb; előfordulhatnak gyalogosok. Elkezdtünk kifejleszteni egy olyan alkalmazást is, amely képes lesz a GPS pontosságának figyelésére a megjelölt jelek ismeretében a mintaterületen történő közlekedés során.

A kutatás fő célja a biztonságosabb autonóm vezetési körülmények elérése: a frissíthető térképi GIS adatbázis az autómemóriában egy további eszköz, amely elősegíti a kisebb emberi életveszély létrejöttét. Ezen adatrendszer jövőbeni karbantartása szintén a mi kezünkben van: az emberi munka helyettesíthető pontfelhő-elemzéssel, később pedig az önjáró autók frissítésével.

EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001: Tehetséggondozás és kutatói utánpótlás fejlesztése autonóm járműirányítási technológiák területén – A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

MELLÉKLETEK

CAD+Inform

CAD+Inform Kft. tevékenységének bemutatása

A CAD+Inform Kft. 25 éve van jelen a hazai grafikus műszaki tervezői, digitális térképkészítési és térinformatikai szoftverpiacon. A cég egyaránt foglalkozik CAD/GIS szoftverek értékesítésével, egyedi megoldások kifejlesztésével, digitális térképek feldolgozásával és térinformatikai adatelőkészítéssel. Az alkalmazott feldolgozási technológia alapját az Autodesk grafikus alapszoftverei képezik, amelyek hazai bevezetésében és elterjesztésében a cég mindvégig jelentős szerepet vállalt.

A CAD+Inform Kft. az Autodesk egyik legrégebbi hivatalos magyarországi partnere. Fejlesztőként tagja a regisztrált Autodesk alkalmazásfejlesztők hálózatának (ADN) is.

Digitális térképkészítés, térinformatikai adat előkészítés, egyedi fejlesztések

A CAD+Inform Kft. a műszaki térinformatikára, azon belül elsősorban a közmű szakági nyilvántartások területére szakosodott. Legjellemzőbb vállalkozói tevékenysége a nyilvántartások alapjául szolgáló szakági és térképi adatok feldolgozása, digitális előállítása és átalakítása, attribútumokkal való feltöltése, a szakmai és az alkalmazott térinformatikai szoftver igényeinek megfelelő struktúrálása, topologizálása és adatbázisba történő migrálása, a változások átvezetése, továbbá az ehhez szükséges szoftver eszközök kifejlesztése.

A cég több hazai nagy közműszolgáltató hagyományos szakági nyilvántartásának digitális átalakítását, és térinformatikai felhasználásra való alkalmassá tételét végezte el az elmúlt időszakban. A nyilvántartói munka zökkenőmentes átállásához és a szakági térképek vállalaton belüli felhasználásához biztosította azt a felhasználói szoftver környezetet, karbantartó és publikáló eszközöket is, amellyel a nyilvántartás digitálisan is tovább üzemeltethető, az adatállományok konzisztenciájának és naprakészségének megtartásával, a változások szakszerű átvezetésével.

A cég tevékenységén belül speciális részterület a földhivatali térképek információ technológiai javítása, hibaszűrése, és strukturálása a szakági nyilvántartásban történő számítógépes felhasználhatóság biztosítása érdekében.

Az utóbbi évek gyakori jogszabályi változásainak következtében, a közmű vállalatokkal szemben támasztott változó – sokszor egyedi – adat igények kiszolgálására, az ügyfelek gyakran bízzák meg a céget speciális elemzésekkel, célirányos adatfeldolgozásra alkalmas fejlesztésekkel, amire az alkalmazott nyilvántartói rendszer eredetileg nem volt felkészítve.

Mindezen tevékenységek és fejlesztések elsődleges alapszoftver az AutoCAD Map 3D és az adatok térinformatikai megjelenítést támogató Autodesk Infrastructure Map Server szoftverek.

Grafikus nyilvántartások szkennelése, archiválása

A CAD+Inform Kft. a szakági nyilvántartások digitális átalakítása előtt, vagy annak részeként, vállalkozik a hagyományos papír alapú nyilvántartások átalakítás kori állapotának rögzítésére, archiválására, és az archívum tartalom szerinti kereshetőségének biztosítására. Az archiválás fontos lépés a digitális nyilvántartásra történő zökkenőmentes áttérés, és az adat elérés folytonosságának fenntartása érdekében. A folytonosság kiterjed a digitális állapot előtti időszakra is. Az archiválás közben, az ügyfél kérésére megtörténik a hagyományos raszter állományok georeferálása is, ami állományi szinten biztosítja az archívum földrajzi helyhez kötött kereshetőségét és megjelenítését is.

Építőmérnöki szakirány

A CAD+Inform Kft. saját fejlesztésű szoftver termékkel is jelen van a hazai építőmérnöki szoftver piacon. Az AutoCAD Map 3D és AutoCAD Civil 3D grafikus alapkörnyezetre kifejlesztett C+I Közműhálózat Tervező Rendszer, a hazai építőmérnökök számára ma már meghatározó eszköz a víz-, gáz-, csatorna- és csapadék közműhálózatok tervezésében.

Oktatás

A CAD+Inform Kft. teljes körű képzést biztosít az általa forgalmazott Autodesk szoftverekhez. A kurzusok egy részét a nagyobb felhasználó vállalatok foglalják le, saját szakembereik szakmai képzésére. A zártkörű képzések mellett a cég rendszeresen indít hirdetett tanfolyamokat is, melyekre a kisebb felhasználók is jelentkezhetnek.

CAD+Inform
Mérnöki, Szoftverfejlesztő, Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.
4031 Debrecen, István út 6.
Tel: 52-522-730, Fax: 52-452-685
cad.inform@cadi.hu
www.cadinform.hu

GeoSLAM

GeoSLAM is a global market leader in 3D geospatial technology solutions. Our unique "go-anywhere" technology is adaptable to all environments especially spaces that are indoor, underground or difficult to access, providing accurate 3D mapping without the need for GPS.

We design and manufacture world-leading technology solutions that deliver rapid results and save customers time and money. Easy to install and use, within minutes you can build a highly accurate 3D model of any environment.



GeoEdu Magyarország Kft.

Cégünk elsősorban geoinformatikai technológiák gyártó független oktatásával, terméktámogatásával foglalkozik. Szaktanácsadást nyújtunk geodéziai vállalkozások számára műszerbeszerzéseikhez, vállaljuk az eszközök szakszerű betanítását, testreszabott felhasználói kézikönyvek összeállítását, illetve biztosítjuk új belépők felkészítését a már meglévő műszerflotta eszközeire. Tartunk előadásokat és szakmai gyakorlatokat közép- és felsőoktatási intézmények számára.





- Űrfelvételek forgalmazása: DigitalGlobe, WorldView, GeoEye, RapidEye, Planet Labs, RADARSAT
- Képfeldolgozó szoftverek: ENVI szoftvercsalád, SARscape
- Fotogrammetria: Trimble INPHO, UASMaster termékek
- Képszegmentálás: Trimble eCognition szoftverek
- Digitális térképek: HERE Platform és térképek
- Adatkonverzió: Safe Software, FME eszközök

www.geoiq.hu

+36 26 346 019
+36 30 931 0626
2098 Pilisszentkereszt, Kakashegy utca 56.

Szolíd árak, transzparencia, s az iparág vezető szoftverei.


GEODÉZIA
GEODÉZIAI ÉS TÉRKÉPÉSZETI ZRT.
SINCE 1951
SZOLGÁLTATÁSOK
3D Városmodellek
Mobil Térképező Rendszer
Álló szkenner, LIDAR
Térinformatikai rendszerek
Klasszikus földmérés
67 ÉV FÖLDMÉRÉSI TAPASZTALAT

PROFESSZIONÁLIS DRÓNOK
MEZŐGAZDASÁGI ÉS IPARI ALKALMAZÁSA



TANÁCSADÁS - BÉRLÉS - ÉRTÉKESÍTÉS - SZERVIZ

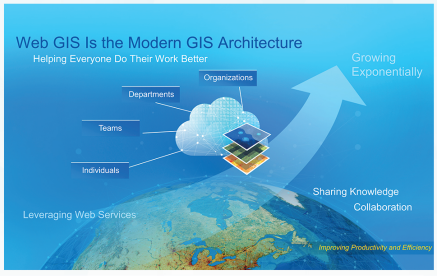
MyActionCam Magyarország Kft.
1095 Budapest, Lechner Ödön fasor 2.
Tel: +36 1 788 82 46 | E-mail: info@myactioncam.hu
www.myactioncam.hu

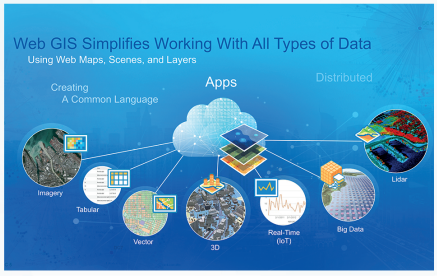
esri

Teljeskörű GIS megoldások

Smart City, Big Data, Ipar 4.0







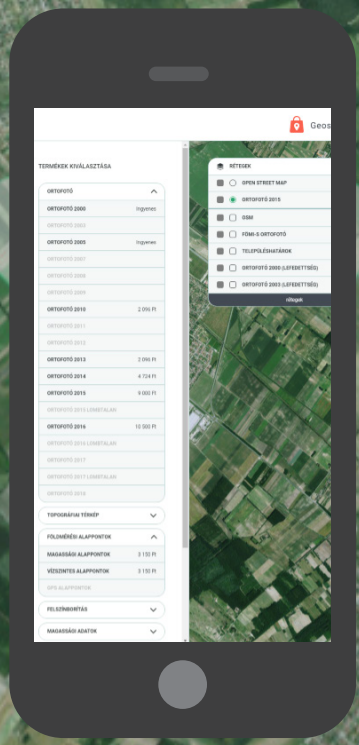
www.esrihu.hu

GDi esri

Kapcsolat
GDi Magyarország
1134 Budapest, Váci út 33.
9. emelet

+36 1 428 8040
+36 1 428 8042
sales@esrihu.hu
www.esrihu.hu

MEGÚJUL A GEOSHOP



geoshop

- Megújuló arculat
- Felhasználóbarátabb környezet
- OSM és ortofotó alaptérképen is
- Területalapú termékválasztás
  - rajzolással
  - fájl feltöltésével
- Elérhető termékek listája árakkal
- Még több téradat
- Gyorsabb megrendelés
- Rugalmasabb ügyintézés

SZÉCHENYI 2020

MAGYARORSZÁG KORMÁNYA

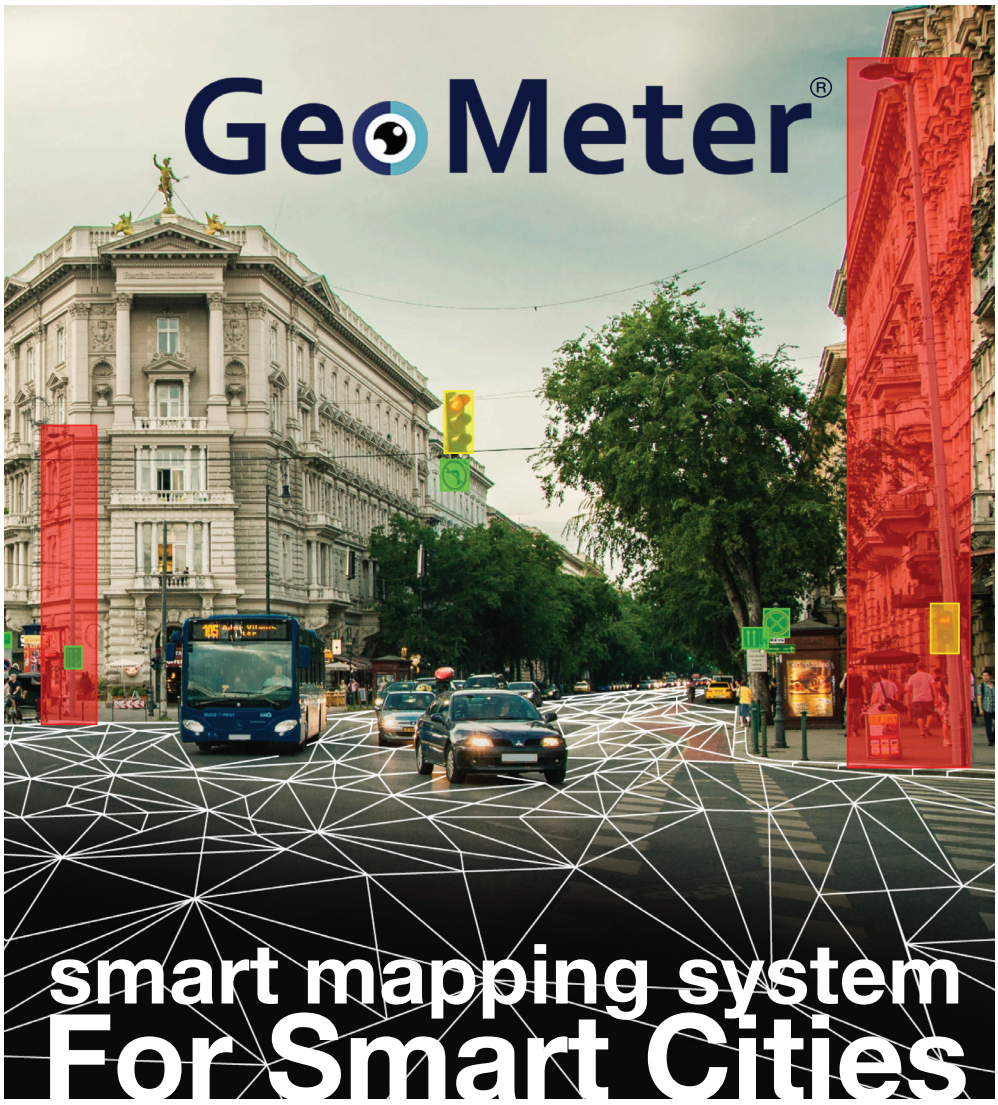
Európai Unió
Európai Szociális Alap

BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A Mezőgazdasági vízhasználat információs és ellenőrzési keretrendszer (VIZEK) kialakítása KÖFOP-1.0.0-VEKOP-15-2016-00023 projekt keretein belül kifejlesztve

LECHNER TUDÁSKÖZPONT

LECHNER TUDÁSKÖZPONT TERÜLETI, ÉPÍTÉSZETI ÉS INFORMATIKAI NONPROFIT KFT.
1149 Budapest, Bosnyák tér 5. / 1592 Budapest, Pf. 585.
Telefon: +36 1 222 5101 // **Fax:** +36 1 222 5112
E-mail: geoshop@geoshop.hu // **Honlap:** www.geoshop.hu



Extremely efficient in Collecting 3D data of public spaces

-Infrastructure maintenance and management
-Road quality inspections, records
-Road signs, public furniture, street lighting record
-Building frontage monitoring
-Public space reservations
-Park maintenance

-Cutting costs in city management while reducing field work, and inspections

intermap.hu

InterMap

Explore the world of PhoDar

aka Photogrammetric Detection and Ranging. Collecting 3D data has never been easier and more cost efficient. While developing GeoMeter, we came to a point, when laser based sensors became an uneccesary, cost increasing element.

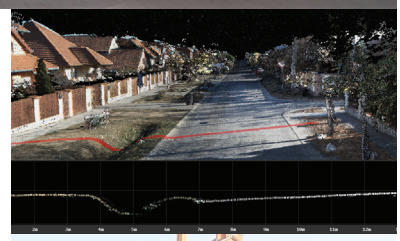
Mapping with GeoMeter is easier, the device itself is lighter, since using only high resolution cameras, while the data you get is more detailed, and results more outputs. Geopositioned photos, pointclouds, ortophotos are generated easier and cost efficient.

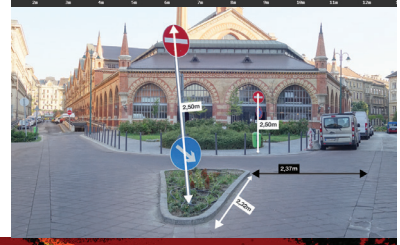
Features

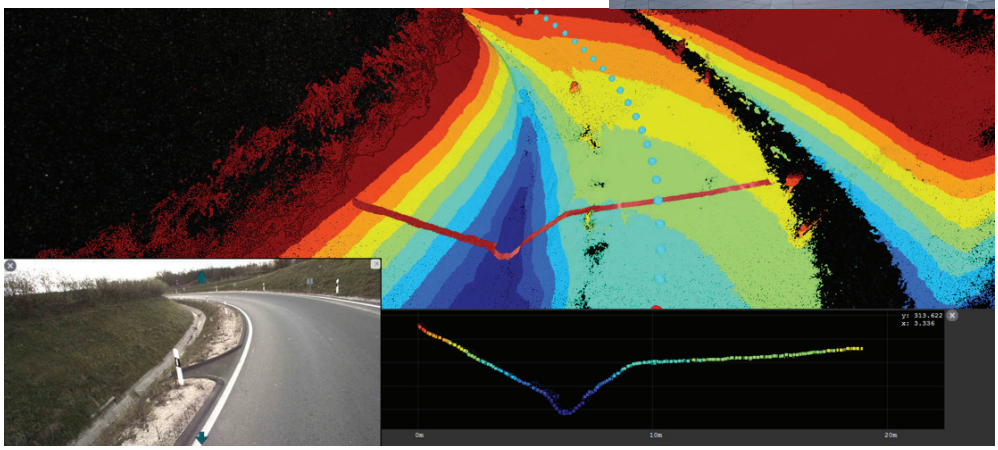
Pointcloud

Measure any dimension of your assets.
Detect errors visually, without field work!

- Viewer
- Cross section
- Elevation model
- Measure
- AI based object location
- Ortophoto
- Area and volume calculation







intermap.hu



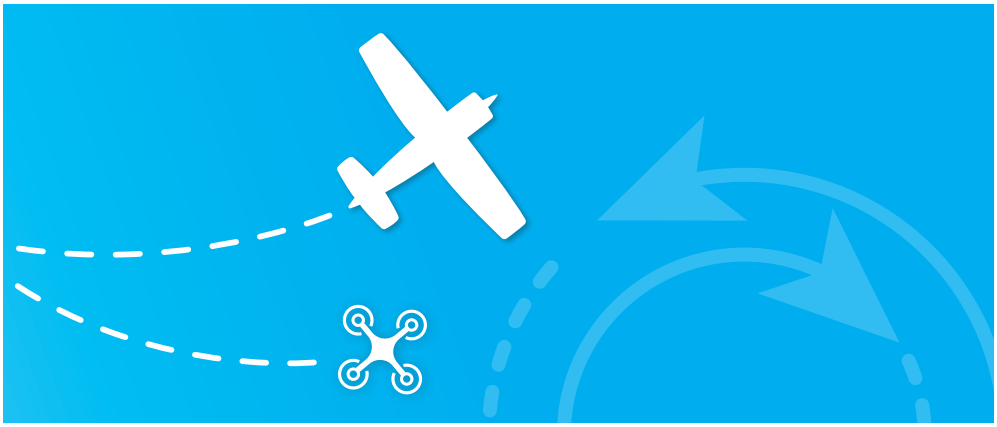
FOTOTERKEP.HU

A fotótérkép a valóság 3 dimenziós, pontos és naprakész modellje

Légi-, vagy földi fényképezéssel készített felvételekből, fotogrammetriai eljárással állítjuk elő a felmérendő helyszín, vagy tárgy méretarányos, 3 dimenziós fotótérképét. A felvételeket a levegőből drónnal, vagy nagyobb terület esetén, pilótás repülőgéppel és saját fejlesztésű kamerarendszerrel készítjük. A fotótérképezés módszerével elérhetővé válik a nagy felbontású, naprakész, pontos környezet- és tárgymodell. Modelljeink felhasználói például vonalas létesítmény tervezők, önkormányzatok, földmérők, bányamérők, vagy éppen muzeológusok, restaurátorok.

Bővebb információk:

www.fototerkep.hu



légtér.hu

A Légtér.hu a légtérfelhasználók támogatása céljából fejleszti és üzemelteti a **terkep.legter.hu** térinformatikai rendszert.

A térképen az állandó és az eseti légterek mellett Magyarország repülőterei is megtalálhatók. A térkép fő funkciója, hogy az eseti légtér igénylők tájékozódhatnak a kérelmezni kívánt eseti légtér kijelöléséhez szükséges dokumentumokról. A felhasználók továbbá információt kaphatnak a légtérigénylők által megosztott, elbírálás alatt lévő eseti légtér kérelmek paramétereiről.
A **Légtér.hu** az ingyenesen elérhető rendszer üzemeltetése mellett légiközlekedési tanácsadói tevékenységet folytat.

Bővebb információk:

www.legter.hu

SZPONZOROK ÉS KIÁLLÍTÓK





















