

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

XI.

THEORY MEETS PRACTICE IN GIS



Szerkesztette:
Molnár Vanda Éva

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

Lektorálták:
Dr. Négyesi Gábor,
Dr. Túri Zoltán Krisztián

ISBN 978-963-318-886-6

A kötet a 2020. október 29–30. között online 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
2020

Tartalomjegyzék

Program	7
Előadások	
Abriha Dávid – Szabó Loránd – Kwanele Phinzi – Szabó Szilárd: Városi zöldfelületek osztályozása nagy felbontású PlanetScope és SkySat felvételek alapján	13
Abriha Dávid – Szabó Szilárd: A képosztályozás során fellépő területi autokorreláció vizsgálata Python programozási környezetben	17
Ashraf AlDabbas – Zoltán Gál: Change Detection of the Cassini Orbit Based on Data Dissimilarity	23
Árvai László: Beltéri helymeghatározás pontosságának javítása geometriai kényszerek használatával	31
Ayoub Barkat – György Szabó – Ramzi Benhizia – Tamás Mester – Zakaria Rahal: Groundwater Quality Assessment of Oued Souf Valley Using GIS	39
Bekő László – Burai Péter – Kiss Alida – Lénárt Csaba – Tomor Tamás – Schinogl Péter – Holb Imre – Szabó Szilárd: Vetésszerkezet meghatározása különböző multispektrális műholdfelvételek alkalmazásával	47
Czibalmos Róbert – Fazekas Mónika Éva – Murányi Eszter – Nagy Attila – Harangi Attila: Térinformatika a karcagi növénynevelés szolgálatában	55
Csordás László: A magánüdülők állományának alakulása Magyarországon (1960–2019)	63
Csordás László: Üdülőépítés Magyarországon és az Alföldön (1981–2015)	71
Eke Zoltán: Járatoptimalizálás a hulladékgyűjtésben	79
Ficsor Johanna – Halmai Ákos – Nagyvárad László – Kiss Kinga – Czigány Szabolcs – Pirkhoffer Ervin – Liptay Zoltán Árpád – Balogh Richárd – Gradwohl-Valkay Alexandra: A Dráva hordalékviszonyainak térinformatikai vizsgálata	85
Gerzsenyi Dávid – Albert Gáspár: Lejtős tömegmozgások helyének becslése a Gerecse északi részén	93
Gyenyizse Péter – Morva Tamás – Ortmanné Ajkai Adrienne – Lóczy Dénes – Halmai Ákos – Pirkhoffer Ervin: Az Alsó-Dráva-ártér felszínborításának vizsgálata távérzékelési és geoinformatikai módszerekkel	101
Hegedűs László Dávid – Péntes János – Apáti Norbert: Debrecen belső szuburbanizációjának vizsgálata térinformatikai módszerekkel – lehetőségek és korlátok	109
Kiss Levente – Eke Zoltán: Árvízi védekezés GIS támogatással	115

Konkoly Enikő Bianka – Szilágyiné Czimre Klára – Túri Zoltán Krisztián: INTERREG IVC – Az Európai Unió interregionális együttműködéseinek vizsgálata 2007–2013 között	119
Kóti Tibor: Munkaerő-piaci folyamatok modellezése térinformatikai módszerekkel	127
Kovács Béla – Magyar Máttyás – Vörös Fanni: Gépkocsivezetők vs. autós navigációs felületek	135
Kovács Dániel Márton: Városnövekedés nyomon követése Sentinel-2 műholdfelvételek alapján	143
Kovalcsik Tamás – Boros Lajos: A földrajzi/politikai polarizáció mérési lehetőségei	151
Lavaj Marcell – Utasi Zoltán – Cs. Nagy Ádám – Sütő László – Molják Sándor – Túri Zoltán Krisztián – Benkhard Borbála: Természetjáró adottságok felmérése a Bükkben turisztikai döntéstámogató mobilapplikáció fejlesztésének megalapozásához	159
Lógó János Máté – Barsi Árpád: Fedélzeti kameraképek automatikus kiértékelése önvezető járművek számára készülő térképhez	165
Mészáros Márk: Az európai autóipar térszerkezetének vizsgálata geoinformatikai módszerekkel	173
Németh Gergő – Gyenizse Péter – Lóczy Dénes: A Tabi járás Natura 2000-es területeinek vizsgálata Sentinel-2 műholdfelvételek osztályozásával	181
Ocsovainé Steinbach Cecília: Újgenerációs hiperspektrális kamerák a Specim kínálatában	189
Pecsmány Péter – Szabó Norbert Péter: Vízfolyások kanyarulat- fejlettségének vizsgálata feltáró faktoranalízis segítségével	193
Kwanele Phinzi – Szilárd Szabó: NDVI-based land-use/cover change detection in a mountainous heterogeneous landscape	201
Potó Vivien – Lógó János Máté – Tettamanti Tamás – Barsi Árpád – Krausz Nikol: Térképi formátumok értékelése az önvezetés szempontjából	207
Md Mostafizur Rahman – György Szabó: Exploring urban sustainability dimension through land use optimization	217
Schneck Tamás – Telbisz Tamás – Zsuffa István – Magyar Sándor István: Radarmérésen alapuló csapadékadatok földfelszíni állomásokkal történő korrekciója Magyarország területén	223
Soltész Emese – Gyenizse Péter: Pécs lakott területének részletes fényszennyezés térképe	229
Steinmann Vilmos: Földi eróziós modell alkalmazási lehetősége marsi körülmények között	237
Stenzel Sándor: Felhajtított pászmavezetéssel készülő hídgerendák torzulás vizsgálata geodéziai módszerekkel	243

Szabó Andrea – Odunayo Adeniyi David – Tamás János – Nagy Attila: Búzatermés előrejelzés lehetőségének értékelése Landsat 8 idősoros adatok	249
Szabó Gergely – Schlosser Aletta Dóra – Nagy Loránd Attila: RTK- alapú fotogrammetriai modell pontosságvizsgálata különböző felszínborításoknál	257
Szabó Loránd – Szabó Szilárd: Városi területek felszínborításának osztályozása különböző felbontású műholdfelvételek felhasználásával debreceni mintaterületen	263
Szikszainé Hegyi Zsuzsanna – Pődör Andrea: A bünözéstől való félelem térbeli elemzése, valamint az elkövetett tényleges bűncselekmények térbeli elhelyezkedésének vizsgálata települési szinten	269
Szutor Péter: Pontfelhő karcsúsítás – simplification	275
Török Zsolt Győző: A téri referenciakeret és a térképek északi tájolása	283
Utasi Zoltán: Szakterületek és országok közötti adatszabványosítás lehetőségei a földrészlet- és épületkataszterben	291
Orsolya Gyöngyi Varga – Zoltán Kovács – Szilárd Szabó: Comparison of characteristics of CLC2018 categories concerning NDVI and SAVI values derived from Sentinel-2 images	297
Vass Róbert – Túri Zoltán: Hullámtéri érdességvizsgálat egy felső-tiszai mintaterületen	305

Posztterek

Juhász Dániel: A lignitbányászat területi változásának vizsgálata geoinformatikai módszerekkel a bükkábrányi mintaterületen 1990- től napjainkig	311
Kinárov Krisztián: A felsőgerebeni erődítményrendszer (Árpád-vonal) háromdimenziós modellezése hagyományos geodéziai módszerekkel	312
Pál Márton – Albert Gáspár: Térképi kommunikáció a földtudományokban	313
Szopkó Anikó – Lóki József: A felszínborítás változásai a Tiszafüred- Kunhegyesi síkon	314
Takáts Tünde – Albert Gáspár: Szőlőterületek talajerózió változásának megfigyelése UAV technológiával a Gerecse területén	315

Mellékletek	317
Szponzorok és kiállítók	323

Program

2020. október 29.

10:00 – 11:30

**MEGNYITÓ – PLENÁRIS ELŐADÁSOK
(SZEKCIÓ 1)**

Juhász Anikó (*Agrárminisztérium, agrárgazdaságért felelős helyettes államtitkár*):
Térinformatika jelentősége az agrárgazdaságban

Csiszér Gábor (*ITM Info-kommunikációs Infrastruktúra- és Szolgáltatásfejlesztési
Főosztály, főosztályvezető*):

Mesterséges intelligencia: túl az algoritmus alapú számítástechnikán

Sik András (*Lechner Tudásközpont, Térbeli Szolgáltatások Igazgatóság, igazgató*):
A Lechner Tudásközpont által kezelt téradatvagyron elemei

Barkóczy Zsolt (*HUNAGI, elnök*) – **Szabó György** (*HUNAGI, főtitkár*):
Térinformatika a változó világban – Jövőkép a Covid-19 árnyékában

11:30 – 12:30 EBÉDSZÜNET

12:30 – 16:20 SZEKCIÓÜLÉSEK

Párhuzamosan futó szekciók (SZEKCIÓ 1 – SZEKCIÓ 2)

SZEKCIÓ 1

1/A: Városi térinformatika

Moderátor: Pénzes János

- 12:30–12:50 **Hegedűs László – Pénzes János – Apáti Norbert:** Debrecen belső szuburbanizációjának vizsgálata térinformatikai módszerekkel – lehetőségek és korlátok
- 12:50–13:10 **Kovács Dániel Márton:** Városkiterjedés nyomon követése Sentinel-2 műholdfelvételek alapján
- 13:10–13:30 **Soltész Emese – Gyenizse Péter:** Pécs lakott területének részletes fényszennyezés térképe
- 13:30–13:40 **Szabó Loránd – Szabó Szilárd:** Városi területek felszínborításának osztályozása különböző felbontású műholdfelvételek felhasználásával debreceni mintaterületen
- 13:40–13:50 **Enyedi Péter – Takács-Szilágyi László – Gregory Lucas:** Korszerű légi távérzékelési technológiák alkalmazása a beépített területek térképezésében
- 13:50–14:10 **Konkoly Enikő Bianka – Szilágyiné Czimre Klára –Túri Zoltán Krisztián:** INTERREG IVC – Az Európai Unió interregionális együttműködéseinek vizsgálata 2007–2013 között

1/B: Távérzékelés modern módszerei

Moderátor: Szabó Gergely

- 14:30–14:50 **Ocsovainé Steinbach Cecília:** Újgenerációs hiperspektrális kamerák a Specim kínálatában
- 14:50–15:00 **Kukár Manó:** A Phase One Industrial légi megoldásai
- 15:00–15:10 **Vízhányó József:** Új trendek az ArcGIS-ben
- 15:10–15:30 **Bekő László – Burai Péter – Kiss Alida – Lénárt Csaba – Tomor Tamás – Schinogl Péter – Holb Imre – Szabó Szilárd:** Vetésszerkezet meghatározása különböző multispektrális műholdfelvételek alkalmazásával
- 15:30–15:50 **Abriha Dávid – Szabó Szilárd:** A képosztályozás során fellépő területi autokorreláció vizsgálata Python programozási környezetben

SZEKCIÓ 2

2/A: Geoinformatika a hidrológiában

Moderátor: Túri Zoltán Krisztián

- 12:30–12:50 **Pecsmány Péter – Szabó Norbert Péter:** Vízfolyások kanyarulat-fejlettségének vizsgálata klasszikus faktor analízis segítségével
- 12:50–13:10 **Kiss Levente – Eke Zoltán:** Árvízi védekezés GIS támogatással
- 13:10–13:30 **Ficsor Johanna– Halmi Ákos – Nagyvárad László – Kiss Kinga – Czigány Szabolcs – Pirkhoffer Ervin– Liptay Zoltán – Balogh Richárd – Gradwohl-Valkay Alexandra:** A Dráva hordalékviszonyainak térinformatikai vizsgálata
- 13:30–13:40 **Vass Róbert – Túri Zoltán Krisztián:** Hullámtéri érdességvizsgálatok Felső-Tiszai mintaterületeken
- 13:40–14:00 **Gyenezse Péter – Morva Tamás –Ortmanné Ajkai Adrienne – Lóczy Dénes – Halmi Ákos – Pirkhoffer Ervin:** Az Alsó-Dráva-ártér felszínborításának vizsgálata távérzékelési és geoinformatikai módszerekkel
- 14:00–14:20 **Schneck Tamás – Telbisz Tamás – Zsuffa István – Magyarai Sándor István:** Radarmérésen alapuló csapadékadatok földfelszíni állomásokkal történő korrekciója Magyarország területén

2/ B: Alkalmazott térinformatika

Moderátor: Szabó György

- 14:30–14:40 **Czibalmos Róbert – Fazekas Mónika Éva – Murányi Eszter – Nagy Attila:** Térinformatika a karcagi növénynevelés szolgálatában
- 14:40–15:00 **Németh Gergő – Gyenezse Péter – Lóczy Dénes:** A Tabi járás Natura 2000-es területeinek vizsgálata Sentinel-2 műholdfelvételek osztályozásával
- 15:00–15:20 **Gerzsenyi Dávid – Albert Gáspár:** Lejtős tömegmozgások helyének becslése a Gerecse északi részén
- 15:20–15:40 **Szabó Andrea – Odunayo Adeniyi David – Tamás János – Nagy Attila:** Búza terméshajlás lehetőségének értékelése Landsat 8 idősoros adatok alapján
- 15:40–16:00 **Szatmári Gábor – Laborci Annamária – Pásztor László:** Országos szénkészlet térképezés módszertani kihívásai
- 16:00–16:20 **Kovalcsik Tamás – Boros Lajos:** A földrajzi/politikai polarizáció mérési lehetőségei

2020. október 30.

08:30 – 13:20 SZEKCIÓÜLÉSEK

Párhuzamosan futó szekciók (Szekció 1 – Szekció 2)

SZEKCIÓ 1

1/A: Geodézia, pontfelhők

Moderátor: Pajna Sándor

- 08:30–08:50 **Stenzel Sándor:** Felhajlított pászmavezetéssel készülő hídgerendák torzulás vizsgálata geodéziai módszerekkel
- 08:50–09:10 **Szutor Péter:** Pontfelhő karcsúsítás – simplification
- 09:10–09:30 **Péter Tamás – Sáfár Tamás:** A 3D pontfelhő adatgyűjtés Svájcibicskája – minden feladatra specializált megoldás
- 09:30–09:50 **Árvai László:** Beltéri helymeghatározás pontosságának javítása geometriai kényszerek használatával
- 09:50–10:10 **Gombás László:** Még mindig pontról pontra sétálva mérsz? Ejnye. Elkerült a jövő.
- 10:10–10:30 **Hepp Iván:** BIM: mit jelent, és miért jó nekünk
- 10:30–10:50 **Varga Zoltán:** Nagy pontosságú GIS adatgyűjtők

1/B: Tér és adat

Moderátor: Kozma Gábor

- 11:00–11:20 **Török Zsolt Győző:** A téri referenciakeret és a térképek északi tájolása
- 11:20–11:40 **Pődör Andrea – Szikszainé Hegyi Zsuzsanna:** Bünözés és bünözéstől való félelem településszintű vizsgálatának lehetőségei
- 11:40–12:00 **Csordás László:** Üdülőépítés Magyarországon és az Alföldön (1981–2015)
- 12:00–12:20 **Csordás László:** A magánüdülők állományának alakulása Magyarországon (1960–2019)
- 12:20–12:40 **Timár Gábor – Varga Norbert:** A trianoni szerződés szerinti határtérképek és koordináta-rendszereik
- 12:40–13:00 **Braunmüller Péter:** Az online téradatszolgáltatások újdongásai

SZEKCIÓ 2

2/A: Térképek és smart alkalmazásai

Moderátor: Négyesi Gábor

- 08:30–08:50 **Lógó János Máté – Barsi Árpád:** Fedélzeti kameraképek automatikus kiértékelése önvezető járművek számára készülő térképhez
- 08:50–09:10 **Potó Vivien – Lógó János Máté – Tettamanti Tamás – Barsi Árpád – Krausz Niko:** Térképi formátumok értékelése az önvezetés szempontjából
- 09:10–09:30 **Utasi Zoltán:** Szakterületek és országok közötti adatszabványosítás lehetőségei
- 09:30–09:50 **Kovács Béla – Magyarai Máttyás – Vörös Fanni:** Gépkocsivezetők vs. autós navigációs felületek
- 09:50–10:10 **Eke Zoltán:** Járatoptimalizálás a hulladékgyűjtésben
- 10:10–10:20 **Lavaj Marcell – Utasi Zoltán – Cs. Nagy Ádám – Sütő László – Molják Sándor – Túri Zoltán Krisztián – Benkhard Borbála:** Természetjáró adottságok felmérése a Bükkben turisztikai döntéstámogató mobilapplikáció fejlesztésének megalapozásához

2/B: Angol szekció

Moderátor: Varga Orsolya Gyöngyi

- 10:50–11:10 **Orsolya Gyöngyi Varga – Zoltán Kovács – Szilárd Szabó:** Comparison of characteristics of CLC2018 categories concerning NDVI and SAVI values derived from Sentinel-2 images
- 11:10–11:30 **Md Mostafizur Rahman – György Szabó:** Exploring urban sustainability research through land use optimization
- 11:30–11:50 **Gashaw Gismu:** Impacts of climate Change on stream flow of Gumara watershed, upper Blue Nile basin, Ethiopia under Representative Concentration Pathway Climate change Scenarios
- 11:50–12:10 **Kwanele Phinzi – Szilárd Szabó:** NDVI-based land-use/cover change detection in a mountainous heterogeneous landscape
- 12:10–12:30 **Ayoub Barkat:** Groundwater quality assessment with GIS
- 12:30–12:50 **Zoltan Gal – Ashraf AIDabbas:** Change Detection of the Cassini Orbit Based on Data Dissimilarity

13:30 – 13:45 A TÉRINFORMATIKAI KONFERENCIA ZÁRÓÉRTÉKELÉSE (SZEKCIÓ 1)

Városi zöldfelületek osztályozása nagy felbontású PlanetScope és SkySat felvételek alapján

Abriha Dávid¹ – Szabó Loránd² – Kwanele Phinzi³ – Szabó Szilárd⁴

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

² tudományos segédmunkatárs, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, szabo.lorand@science.unideb.hu

³ PhD-hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, Kwanelep48634@gmail.com

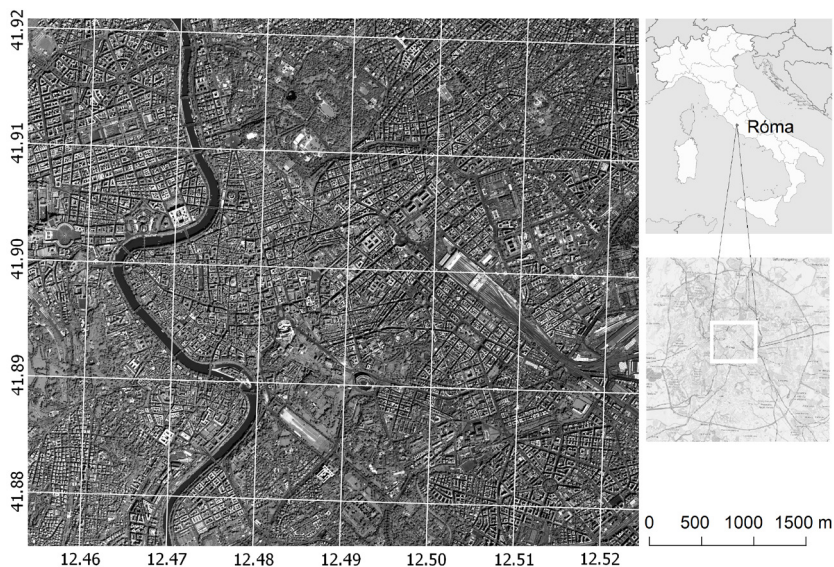
⁴ tanszékvezető egyetemi tanár, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, szabo.szilard@science.unideb.hu

Absztrakt: Jelen tanulmányban a nagy felbontású multispektrális PlanetScope és SkySat műholdak felvételei alapján vizsgáltuk a városi zöldfelületek osztályozhatóságát római mintaterületen. A 3 és 0,8 méteres térbeli felbontású felvételeket Random Forest módszerrel osztályoztuk. Az osztályozás során egyrészt a spektrális csatornákat vettük alapul, másrészt ezek mellé bevontuk az NDVI vegetációs indexet. Az eredményterképek validációjához tízszer ismételt ötszörös keresztvalidációt használtunk, így a végső eredményeket 50 modell pontossági értékeiből vezettük le. A PlanetScope és SkySat esetében az általános pontosságok 89,8%, valamint 93,9% lettek. Az NDVI bevonásával mindkét esetben javulást értünk el az általános pontosságot tekintve. A PlanetScope esetében több, mint 4%-os, a SkySat esetében mindössze 1%-os javulás mutatkozott.

Bevezetés

A távérzékeléssel nyert adatok segítségével hatékonyan tudjuk monitorozni a Föld felszínét és annak változásait. A vegetáció megfigyelése az egyik legjelentősebb területe a távérzékelés adatok felhasználásának (BURAI ET AL. 2015; MUCSI ET AL. 2017). Az erdők, gyepek, mezőgazdasági, illetve beépített területek megfigyelése, változásuk vizsgálata az egyik leggyakoribb alkalmazása a távérzékelés adatok hasznosításának. Az elemzésekhez gyakran ingyenesen elérhető adatbázisokat használunk a kutatások során és ehhez a legnagyobb időbeli átfogású konzisztens távérzékelés adatsort a Landsat műholdcsalád szolgáltatja az 1970-es évektől egészen napjainkig (SZABÓ ET AL. 2020). A Landsat multispektrális felvételei 30 méteres térbeli felbontásúak 16 napos visszatérési idővel. A másik jelentős ingyenesen elérhető adatbázist az ESA Copernicus program keretében működtetett Sentinel-2 A és B műholdak szolgáltatják. Ezek a multispektrális felvételek részben 10, részben pedig 20 m térbeli felbontásúak és a két műhold együttesen 5 napos visszatérési időt biztosít (SZABÓ ET AL. 2019).

A városi vegetáció, városi zöldfelületek vizsgálata a városvezetés, és várostervező mérnökök számára fontos feladat és a legkézenfekvőbb megoldást ez esetben is a távérzékelés adatok bevonása jelenti. Az ingyenesen elérhető adatbázisok



1. ábra A mintaterület elhelyezkedése a SkySat felvételen

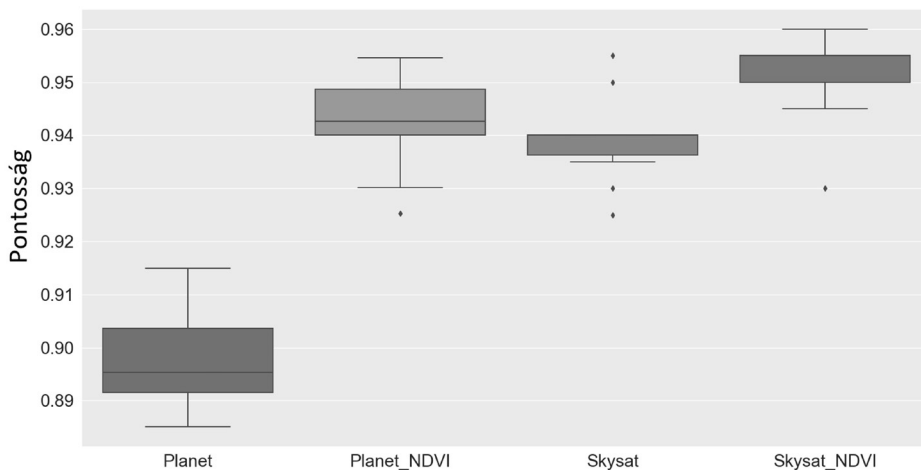
10–30 méteres térbeli felbontása viszont városi területek esetében kevésbé jelent precíz és eredményes megoldást a vegetáció vizsgálatához.

A probléma megoldását a nagyfelbontású műholdfelvételek jelenthetik. A © Planet Labs Inc. (PLANET TEAM 2017) több nagyfelbontású szenzor felvételét biztosítja a felhasználók számára. Ezek közül az oktatási és kutatási felhasználásra ingyenesen elérhető PlanetScope felvételei a legjelentősebbek. A 3 m térbeli felbontású 4 csatornás multispektrális PlanetScope konstelláció kb. 130 műholdból áll, melyek időbeli felbontása napi szintű. A © Planet Labs Inc. másik jelentős képviselője a SkySat konstelláció. A SkySat 4 csatornás multispektrális szenzora 1 méteres térbeli felbontású, a pankromatikus szenzora pedig 0,8 méteres térbeli felbontású, így a pansharpened multispektrális adatokat 0,8 méteres térbeli felbontással tudjuk használni. A SkySat felvételei kereskedelmi forgalomban kaphatók, néhány mintafelvétel elérhető az adatbázisukból.

A következő esettanulmányban bemutatjuk ennek a két műholdnak a felhasználhatóságát városi vegetáció osztályozása során. A vizsgálat során arra keressük a választ, hogy a nagyobb térbeli felbontás szignifikánsan pontosabb eredményt ad-e az osztályozás során, illetve megvizsgáljuk az osztályozás pontosságát NDVI index bevonásával is.

Esettanulmány

Jelen tanulmányban mintaterületnek az olasz főváros, Róma belvárosát választottuk. A 30 km²-es terület túlnyomó részén sűrű beépített terület található, emellett zöld parkok, és a Tevere folyó a meghatározó. A vegetáció nagy rész a parkokban, illetve a főutak és a folyó mentén helyezkedik el (1. ábra).



2. ábra A keresztvalidációval végzett pontosságvizsgálat eredményei

Mindkét felhasznált felvétel 2018. augusztus 28-án készült. A PlanetScope 3 méteres, míg a SkySat 0,8 méteres térbeli felbontású. A felvételek egyaránt 4 csatornásak (kék, zöld, vörös és közeli infravörös) és geometriai, valamint atmoszférikus korrekcióval ellátottak. A képosztályozáshoz a referenciaadatok két kategóriából kerültek ki: vegetáció és egyéb osztály. A vegetáció osztályba fák és lágyszárú vegetáció pixelei kerültek, míg az egyéb osztályba került minden más kategória (pl. épületek, utak, vízfelületek, stb.).

A képosztályozást a Random Forest (RF) algoritmussal végeztük el. A RF napjaink egyik legszélesebb körben alkalmazott klasszifikációs eljárása, az együttes osztályozók csoportjába tartozik: meghatározott számú különálló döntési fát hoz létre, amelyek mindegyike besorolja a pixeleket az osztályok valamelyikébe (ABRIHA ET AL. 2018). Az algoritmus aszerint végzi el a végső kategorizálást, hogy melyik kapta a legtöbb "szavazatot" (BREIMAN 2001; SCHLOSSER ET AL. 2020). A vizsgálatunk során a modelleket 100 döntési fával építettük.

A pontosságvizsgálat k-szoros keresztvalidáció (CV) alkalmazásával történt. Ennek lényege, hogy az adatokat k egyenlő részre osztjuk, amiből k-1 részt tanításra, a fennmaradó 1-et pedig tesztelésre használjuk. A folyamat k-szor ismétlődik és minden részhalmaz egyszer szerepel tesztként (ANGUITA ET AL. 2009). Jelen tanulmányban tízszer ismételt ötszörös CV-t használtunk, így a végső eredményeket 50 modell pontossági értékeiből vezettük le.

Az 2. ábra szemlélteti az elért pontosságokat a két felvétel, valamint ezek NDVI-vel kibővített változatainál. A Planet és SkySat esetében az általános pontosságok 89,8%, valamint 93,9% lettek, azonban az NDVI bevonásával mindkét esetben javulást értünk el. A SkySat tekintetében ez a növekedés csekély volt, az általános pontosságokat tekintve mindössze 1%, míg ezzel szemben a Planetnél több, mint 4%-os javulás mutatkozott: 94,2%-os általános pontosságával megelőzte az NDVI nélküli SkySat-et.

Összességében tehát elmondható, hogy ha csak az azonos adatok bevonásával végzett osztályozásokat tekintjük, akkor a jobb térbeli felbontású SkySat (0,8 m) felhasználásával mindkét esetben pontosabb eredmények születtek, azonban az NDVI-vel kibővített Planet-tel (3 m) is lehet hasonlóan jó általános pontosság értékeket elérni.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- 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(4), pp. 375–392.
- ANGUITA, D. – GHIO, A. – RIDELLA, S. – STERPI, D. (2009): K-Fold Cross Validation for Error Rate Estimate in Support Vector Machines. *Proceedings of The 2009 International Conference on Data Mining (DMIN)*, pp. 291–297
- BURAI, P. – DEÁK, B. – VALKÓ, O. – TOMOR, T. (2015): Classification of Herbaceous Vegetation Using Airborne Hyperspectral Imagery. *Remote Sensing*, 7(2), pp. 2046–2066.
- BREIMAN L. (2001): Random Forests. *Machine Learning*, Volume 45 Issue 1, pp. 5–32.
- MUCSI L. – LISKA C. M. – HENITS L. – TOBAK Z. – CSENDES B. – NAGY L. (2017): The evaluation and application of an urban land cover map with image data fusion and laboratory measurements. *Hungarian Geographical Bulletin*, 66(2), 145–156.
- PLANET TEAM (2017): Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA. <https://api.planet.com>.
- SCHLOSSER A.D. – SZABÓ G. – BERTALAN L. – VARGA Z. – ENYEDI P. – SZABÓ S. (2020): Building Extraction Using Orthophotos and Dense Point Cloud Derived from Visual Band Aerial Imagery Based on Machine Learning and Segmentation. *Remote Sensing*, 12(15), 2397.
- SZABÓ, 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*, 40(13), pp. 5192–5215.
- SZABÓ, L. – DEÁK, B. – BÍRÓ, T. – DYKE, G.J. – SZABÓ, S. (2020): NDVI as a Proxy for Estimating Sedimentation and Vegetation Spread in Artificial Lakes—Monitoring of Spatial and Temporal Changes by Using Satellite Images Overarching Three Decades. *Remote Sensing*, 12(9), 1468.

A képosztályozás során fellépő területi autokorreláció vizsgálata Python programozási környezetben

Abriha Dávid¹ – Szabó Szilárd²

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

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

Abstract: In our study we investigated how spatial autocorrelation affects the accuracies of image classifications. Our goal was to develop a method which eliminates the effects of autocorrelation thus helps avoiding unduly high accuracies. We classified roofing materials with Random Forest in Debrecen using WorldView-2 imagery. Accuracy assessment was performed with repeated stratified k-fold cross validation. We concluded that if the reference data is assorted based on spatial location by setting a sufficiently large distance (10 meters in our case) then the negative impacts of autocorrelation can be eliminated.

Bevezetés

A távérzékelés hatékonyan képes kiterjedt területekről rövid idő alatt nagy mennyiségű adatot gyűjteni, ami elősegítette, hogy napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő tudományágává váljon (BERTALAN ET AL. 2016). Kezdetben a felvételezéseket repülőkről végezték, és azok leginkább katonai célokat szolgáltak, mára azonban a fő platform a műholdakra tevődött át, és bárki számára akár ingyenesen is hozzáférhető nagyfelbontású adatbázis érhető el (SZABÓ ET AL. 2019).

A képosztályozás jelenti a távérzékelte adatok feldolgozásának egyik legjelentősebb szegmensét. Ennek során a felvételen azonosítjuk, majd csoportokba (osztályokba) soroljuk az egyes objektumokat. Amennyiben ellenőrzött osztályozási módszerekkel dolgozunk, úgy kiemelt figyelmet kell szentelni a referenciaadatok helyes megválasztására (reprezentativitás, megfelelő mennyiségű és minőségű adat, átfedés-mentesség stb.) (BURAI ET AL. 2015).

A pontosságvizsgálat a képosztályozás elengedhetetlen részét képezi, melynek segítségével képet kaphatunk a modellek klasszifikációs hatékonyságáról. Ehhez számos módszert dolgoztak ki, melyek közül a legkorábbi, napjainkban is széleskörben használt eljárás az adatok két csoportra (tanító, ellenőrző) történő véletlenszerű felosztása (CONGALTON 1991). Ennek a módszernek az alapvető hibája a véletlenszerűségével magyarázható: az egyszerű tanító- és teszterületekké való felosztás egyszerű pontosságellenőrzést tesz lehetővé. Előfordulhat, hogy egy újabb véletlenszerű felosztása az adatoknak jelentősen eltérő eredményt generál. Ennek a problémának a kiküszöbölésére egy lehetséges megoldás az egyre népszerűbb

k-szoros keresztvalidáció (k-fold cross-validation, KFCV), melynek során az adatokat k egyenlő részre osztjuk (általában 5 vagy 10), amiből $k-1$ részt tanításra, a fennmaradó 1-et pedig tesztelésre használjuk, és ezt addig folytatjuk, amíg minden egyedi adathalmaz nem szerepelt egyszer tesztként. A módszernek egyfajta továbbfejlesztése az ismételt (repeated) KFCV, melynek során a teljes folyamatot többször megismételjük úgy, hogy az eredeti adathalmazból minden ismétlésénél véletlenszerűen új részhalmazokat hozunk létre (ANGUITA ET AL. 2009).

Amennyiben az adatokban nagymértékű pozitív területi autokorreláció van jelen, úgy a pontosságvizsgálat hamisan jó eredményeket adhat (IBRAHIM – BENNETT 2014). Az autokorreláció jelensége igen gyakori a távérzékelte adatok esetében, ugyanis a felvételek szomszédos pixelei általában hasonlóak egymáshoz. Mivel az egymás melletti adatsorokból hiányzik a véletlenszerűség, azaz egy pixel értéke függ egy másiktól, így az ilyen adatokon futtatott pontosságellenőrzés jelentős túlbecslést fog eredményezni.

Jelen munka célja egy olyan módszer kidolgozása volt Python programozási környezetben, amely képes megszüntetni az adatokban fellépő területi autokorreláció jelenségét, ezzel elkerülve az osztályozott felvétel pontatlan validálását.

Anyag és módszer

Mintaterületként Debrecen egyik keleti városrésze, a Csapókert szolgált. A klasszifikációk alapját az itt előforduló, különböző tetőfedő anyagok jelentették. A területen 1–2 kivételtől eltekintve kertes házak találhatóak. A leggyakrabban előforduló tetőfedő anyag a cserép, ezen belül is a vörös, illetve sötét színű cserepeket lehet kiemelni. A cserepek mellett igen nagy számban fellelhető még azbesztcement-tartalmú tetőfedő is, amely rákkeltő hatása miatt jelent komoly egészségügyi kockázatot.

A referenciaadatokat terepi bejárás során gyűjtöttük mintegy 300 házról. A klasszifikációhoz 3 osztályt jelöltünk ki: vörös cserép, sötét cserép, illetve azbeszt. Bár a területen előfordultak egyéb anyagok (pl. fém), valamint különböző színű cserepek (zöld, kék), ezek olyan kis gyakorisággal voltak jelen, hogy nem alakítottunk ki nekik külön csoportokat.

Az elemzéseket a Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszékén rendelkezésre álló WorldView-2 műholdfelvétel alapján végeztük el. A felvétel 2016.07.24-én készült, 8 multispektrális és 1 pankromatikus csatornából áll. Előbbi geometriai felbontása 2 m, míg utóbbié 50 cm. A Gram-Schmidt féle pansharpening módszert felhasználva a multispektrális sávok felbontását a pankromatikus segítségével feljavítottuk.

Az osztályozáshoz a széles körben elterjedt Random Forest (RF) algoritmust használtunk, mely az együttes tanulók (ensemble learning) csoportjába tartozik (SCHLOSSER ET AL. 2020). Az RF pontosságát leginkább befolyásoló paraméter az egyes döntési fák csomópontjainál véletlenszerűen kiválasztott változók számát

jelölő „mtry” jelenti. Ezt „trial and error” módszerrel optimalizáltuk, és végül az „mtry = 4” értéket választottuk ki. A döntési fák száma 300 volt.

A modellek kiértékelése keresztvalidáció (cross-validation – CV) segítségével történt. Az adatok elemzése kis mértékű egyenlőtlenséget mutatott ki az egyes osztályokhoz tartozó referenciapixelek számában, ezért a CV-nek egy speciális változatát a rétegzett keresztvalidációt (stratified cross-validation – SCV) alkalmaztuk. Az SCV az adatok k egyenlő részre történő felosztása során biztosítja, hogy minden részhalmaz reprezentatív legyen a teljes adatsokaságra nézve, azaz egyenlő arányban kerüljön bele mintaszám minden osztályból.

Eredmények

A 95%-os konfidenciaintervallumok 50 modell alapján kerültek kiszámításra. A train/test felosztás esetén minden modellfuttatás előtt véletlenszerűen felosztottuk a teljes adatbázist 70–30% arányban tanító- és tesztadatokra, míg a többi esetben a kiértékeléshez 10-szer ismételt 5-szörös SCV-t használtunk. A táblázatban feltüntetett független teszteléshez új adatbázist hoztunk létre, amelybe a korábbiaktól eltérő tetőkről gyűjtött mintákat válogattunk be.

Ahogy az *1. táblázat* is mutatja, a klasszikus tanító- és ellenőrzőterületekké való felosztással, valamint a sima SCV módszerrel végzett validációk jelentősen túlbecsülnek: az általános pontosságok (OA) 99% feletti, amelyekhez szűk konfidenciaintervallumok (CI) tartoznak. Annak érdekében, hogy az SCV módszer a modellünk tényleges, ne pedig az autokorrelációval terhelt hamisan jó eredményeket tükrözze, Python programozási környezetben egy olyan módszert fejlesztettünk, amely területi alapon, egy meghatározott minimum távolság szerint szelektál a bemenő adatok között. Kiválasztottunk három küszöbértéket (2, 5, 10 m), és az így kapott adatokkal is elvégeztük a validációt SCV-vel: minél magasabb értéket állítottunk be a távolsági paraméternek, annál közelebb került az SCV által becsült pontosság a ténylegeshez (független tesztterületekkel végzett validálás – 89.7% OA), azonban a CI is egyre szélesebb tartományok között vett fel értéket, mely az

1. táblázat A validációk során elért pontosságok

	Általános pontosság (%)	95%-os konfidencia-intervallum
Train/test	99.5	99.1– 99.8
SCV	99.4	99.2 – 99.7
SCV 2m	96.9	95.5 – 97.6
SCV 5m	94.3	92.7 – 95.3
SCV 10m	92	86.3 – 95
Centroid	94.3	92.1 – 94.9
Független teszt	89.7	

egyre csökkenő elemszámmal magyarázható. Leteszteltük az SCV-t aszerint is, hogy a referenciaadatokként felvett polygonok centroidjait vettük, ez az 5 m-es területi szétválogatáshoz hasonló eredményt adott.

Az adatok 10 méteres területi szegmentációja alapján futtatott modell volt az egyetlen, amely átfedett a független teszteléssel kapott eredménnyel. Bár itt a CI tartománya tág volt, a referenciaadatok számának bővítésével ez szűkíthető.

Konklúzió

A keresztvalidáció hatékony eszköz a modellek pontosságának a kvantitatív kiértékelésére, az ismétlések minimalizálják a véletlen hatását és nincs szükség külön tesztadatbázis létrehozására, elegendő a referencia adatokat használni, ennek azonban a távérzékelésben következményei lehetnek a pixelek közötti térbeli autokorreláció miatt, mely a képosztályozási műveletek során végzett validáció esetében jelentős pontosságbeli túlbecsléshez vezethet. Annak érdekében, hogy a keresztvalidációt, mint napjaink egyik legjelentősebb pontosságbecslő technikáját az ilyen esetekben is alkalmazni tudjuk, szükség van az inputadatok területi síkon történő szelekciójára.

A területi szelekció csökkenti az elemszámot, ami így az egyes osztályokhoz tartozó referenciapixelek számában egyenlőtlenséghez vezethet. Amennyiben túlreprezentált osztály is jelen van, úgy a legtöbb algoritmus a klasszifikáció során hajlamos torzítani ezek felé (túl nagy súlyt kapnak), így rosszabb eredményeket kapunk. A rétegzett keresztvalidáció alkalmazása biztosítja az egyenlő arányban történő tanítást és tesztelést, ezzel kiküszöböli ezt a problémát.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Felhasznált irodalom

- ANGUITA, D. – GHIO, A. – RIDELLA, S. – STERPI, D. (2009): K-Fold Cross Validation for Error Rate Estimate in Support Vector Machines. Proceedings of The 2009 International Conference on Data Mining (DMIN), pp. 291–297.
- 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.
- BURAI, P. – DEÁK, B. – VALKÓ, O. – TOMOR, T. (2015): Classification of Herbaceous Vegetation Using Airborne Hyperspectral Imagery. Remote Sensing, 7(2), pp. 2046–2066.
- CONGALTON, R.G. (1991): A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. Remote Sensing of Environment, , 37, pp. 35-46.

- IBRAHIM, A.M. – BENNETT, B. (2014): The Assessment of Machine Learning Model Performance for Predicting Alluvial Deposits Distribution. *Procedia Computer Science*, 36, pp. 637–642.
- SCHLOSSER A.D. – SZABÓ G. – BERTALAN L. – VARGA Z. – ENYEDI P. – SZABÓ S. (2020): Building Extraction Using Orthophotos and Dense Point Cloud Derived from Visual Band Aerial Imagery Based on Machine Learning and Segmentation. *Remote Sensing*, 12(15), 2397.
- SZABÓ, 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*, pp. 1–24.

Change Detection of the Cassini Orbit Based on Data Dissimilarity

Ashraf AlDabbas¹ – Zoltán Gál²

¹ University of Debrecen (Doctoral School of Informatics), Ashraf.Dabbas@inf.unideb.hu

² University of Debrecen (Faculty of Informatics), Gal.Zoltan@inf.unideb.hu

Abstract: Remote sensing methods in change detection have influenced numerous domains also the research path we fulfill. Concerning GIS and spatial scope of study several approaches have been developed such as data remote sensing. This research paper provides a systematic approach for detecting changes among Cassini spacecraft orbit. GIS incorporate various data provenance into change detection, as the prime usefulness of utilizing status information in the scope of provisioning considerable sight of the intended domain. Mainly, change detection make practical and effective use of multi-temporal datasets to commensurately construe the temporal impacts of the observed facts. As such, our research seeks to offer a unique perspective of the substantial processes requested concerning change detection of the Cassini orbiter evaluated in the last 13.2 years of its mission around planet Saturn.

1. Introduction

The technology headway in remote sensing field cause extremely large volume of data. Remote sensing can be defined as gathering information concerning an object in the absence of any corporeal palpate with that object. The merit of this concept "remote sensing" is not just extremely miniature the expenditure of geospatial analysis, besides the robust reference data it provides remote sensing has turned into machine-driven Geographic Information System (GIS) data viable via drawing out features from images. Cassini devices of remote sensing gathered data remotely from immense distances (ALDABBAS – GAL 2020). Geospatial analysis assists individuals to establish improved resolutions; as it has the ability to answer pivotal inquiries. So, we can recognize it as management shell of spatial information (ALDABBAS ET AL. 2018). GIS provides extraordinary aspects that do not exist in the conventional methods which are used in the planetary methodical analysis (ALDABBAS – GÁL 2019a).

Change detection utilizes spatiotemporal data with the purpose of recognizing the status modification which has been spotted through a time interval at a specific location. The detection of a change is the action of automatically recognizing variations; as it is commonly a layer that points out parts which have modified among two or even more intervals of times beside the change of magnitude or direction. Cassini spent about 20 years touring within an elliptical path which had put it on

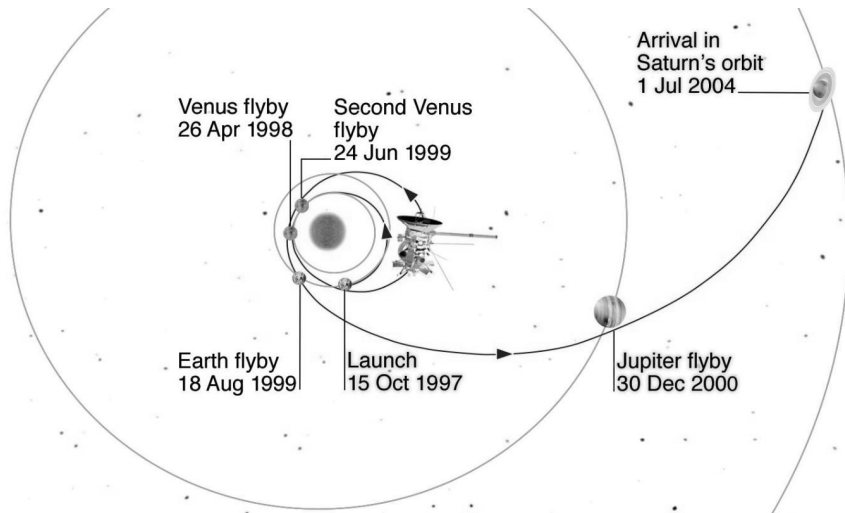


Fig. 1. First seven-year journey Phases of the interplanetary mission Credits Nasa, JPL/ Caltech, Esa, Getty Images, Topfoto, Alamy, BBC

a duty to plunge dozens of thousands of kilometers per hour into and out of (2,400 kilometer) wide extent across the space separating Saturn and its rings, at which no probe had traveled there before.

Fig. 1 shows the interplanetary mission Phases of Cassini-Huygens. Cassini dataset is a set of remotely sensed projections. This includes sensed data, photos taken by the orbiter and the related label, which comprises image-particular metadata. It should be mentioned that regarding the analyzed Cassini dataset we are interested with volumes that extends between [Volume 1 – Volume 116] (National Aeronautics and Space Administration), which was indexed by NASA (National Aeronautics and Space Administration of the USA).

The rest of this research document is organized as follows: related work is given in section 2. Time-recurrence maps in section 3, and Cassini orbit change detection technic are provided in section 4. Section 5 encompasses conclusions of this paper and possible continuation of the research work.

2. Related work

Remote sensing is distinctly a wide domain. Its analysis and scrutiny are among the highest illuminating task which an individual would perform. Several researchers are upscaling themselves with sophisticated model acumen to prosper ahead in their related domains. Below are some of the related research works published in the scientific literature.

An approach established on object change detection technique utilizing rotation forest and the analysis of the coarse to fine uncertainty has been put forward by (FENG ET AL. 2018). Proportionate objects are specified, segmented also vicinity

interconnections are computed (FENG ET AL. 2018). Diverse techniques of machine learning have engaged in disclosing the perception of data produced by outer space expeditions via learned features. Another research team proposed a detection approach by utilizing the decision tree method, which has been exploited to detect changes within several hierarchies of visually descriptive figurative (LEVIEN ET AL. 1999). Researchers investigated nearest neighbor and decision tree techniques and also made a comparison among object correlation images approach and neighborhood correlation images approach. It was found that the classification method of object-based change accompanied by object correlation images or with neighborhood correlation images achieved an additional precise for the classes of change detection (TANG ET AL. 2015). Recent research proposed an approach concerning structured learning and reasoning prediction via revealing event complexity. They mapped out structured prediction by disclosing a large-scale volume of events related to velocity magnitude change and carried out the needed complexity analysis via utilizing Long Short-Term Memory Recurrent Neural Networks (ALDABBAS – GÁL 2020).

3. Time-Recurrence maps

Usually, events within time could be considered as a unique appearance in time, while the composite event is specified depending on a determined pattern (FLOURIS ET AL. 2017) and interval, at which every interval is clearly identified based on metadata interconnection (ALDABBAS – GÁL 2019b). We can learn much regarding a stochastic process via the comprehension of its recurrence times. Pattern recognition can be characterized as a teach of producing a conclusion come to on the premise of proving and reasoning from the perceptual investigation, by utilizing a few apparatuses such as computational calculation and machine learning. In this way, it is adjusting to a standard to undertake to discover an appropriate plan and learning approach that can recognize patterns. *Fig. 2* shows the pattern categorization process.

The broadscale point of time pattern classification is to postulate the denomination of a model and to construe the detected information to overlook clamor in arrange to attain the specified fit of demonstrating complexity. Categories are identified by a fully in agreement that the event is acknowledged depending on the level of the fact of existing of a specified attribute (ALDABBAS – GÁL 2019c).

The kind of path that would exist by a spacecraft that has no propulsion, the onset at a specific location would count on its velocity. The velocity of escape can be described as the velocity that is needed at a particular location to set up a parabolic orbit. The bigger escape velocities will generate a hyperbolic orbit, while the least velocities produce an elliptical orbit.

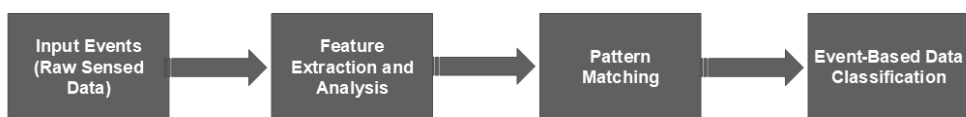


Fig. 2. Classification of sampled patterns

4. Cassini orbit change detection

The efficient analysis of any framework entails the empirical observations reference in the time domain. The proposed approach is an amalgamated framework, which can specify trajectory modifications among the mission of the C-H expedition. The analysis of trajectories gives the opportunity to acquire information, not just about the spacecraft motion, but allows gaining a better view about far objects. Our framework captures the trajectories as inputs and analyses them temporally and spatially depending on the number and timing of that samples beside the spacecraft velocity. The input to the proposed model are sequence of sample ID $i \in \{1, \dots, N-1 = 393,976\}$, sampling intervals $\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$, modification of the coordinates $(\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta z_i)$ and modification of the velocity components $(\Delta v_{x,i}, \Delta v_{y,i}, \Delta v_{z,i})$ among the last 13.2 project years of the studied time interval. The input is a $7 \times (N-1)$ type matrix, which conforms to the formula below:

$$X = [X_1, X_2, \dots, X_{N-1}], \quad (1)$$

where the column vectors X_i have following elements:

$$X_i = [\Delta t_i, \Delta x_i, \Delta y_i, \Delta z_i, \Delta v_{x,i}, \Delta v_{y,i}, \Delta v_{z,i}]^T \in \mathcal{M}_{7 \times 1} \quad (2)$$

To provide an illustration of the change that is happening within Cassini velocity, we represent the Cassini spacecraft maneuver around the time moment of Saturn Orbit Insertion (SOI).

During the insertion process, an engine firing was initiated to decrease Cassini velocity. The maneuver of SOI took roughly 90 minutes, allowing the spacecraft to be caught via gravity of Saturn and enter an orbit in 5 months period. *Fig. 3* gives details of the SOI process.

The trajectory in a smaller distance scale is a helicoid with an ellipse in cross-section view to the Saturn orbit. It should be mentioned that no coordinate data values exist in the NASA database small vicinity around the SOI. The red circle is the starting moment of the interval. The diamond mark on *Fig. 4* represents the insertion point (SOI) of the Cassini around Saturn. The difference of consecutive position values is

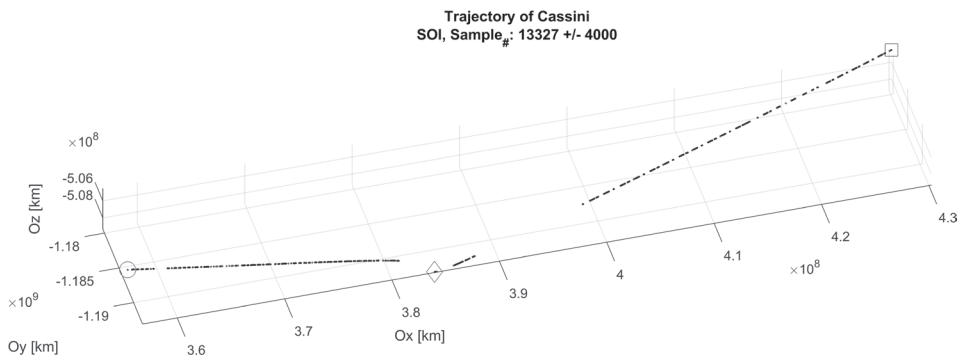


Fig. 3. Large-scale trajectory of Cassini around SOI process

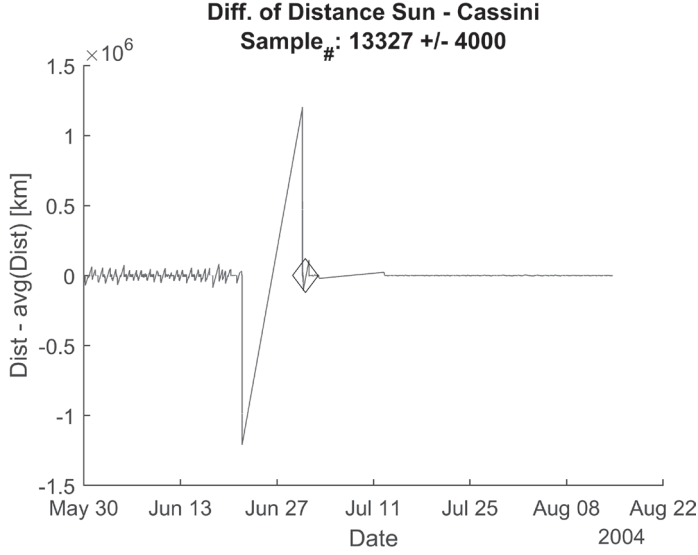


Fig. 4. Distance from the Sun during SOI process

high before SOI because just very rare data were saved into the NASA database in this period.

Data capturing were executed in different phases and sub-phases of the project. Each sub-phase has several sequences where each sequence has a number of observations depending on the decision of project leaders. An observation contains a set of samplings where the set size depends on technological events of the spacecraft or astronomical conditions around Saturn.

First possible metric to detect modification of the trajectory is the velocity of the angle modification $\Delta\phi_i$ between consecutive velocity vectors v_i and v_{i+1} . This metric is given by the following formula:

Second possible metric is modification in time of the velocity vector given by the

$$\frac{\Delta\phi_i}{\Delta t_i} = \frac{\arccos\left(\frac{v_{i+1} \cdot v_i}{\|v_i\| \cdot \|v_{i+1}\|}\right)}{t_{i+1} - t_i}, \quad i = 1, 2, \dots, N - 1 \quad (3)$$

following formula:

$$a_i = \frac{\|\Delta v_i\|}{\Delta t_i} = \frac{\|v_{i+1} - v_i\|}{t_{i+1} - t_i}, \quad i = 1, 2, \dots, N - 1. \quad (4)$$

If $\frac{\Delta\phi_i}{\Delta t_i} \geq Th_\phi$ or $a_i \geq Th_a$ we consider dissimilarity in the time series and we name it as complex event in the trajectory. The corresponding sampling indexes are saved in sets I_ϕ and I_a respectively. To determine the thresholds Th_ϕ and Th_a we used dependence of the cardinality of sets I_ϕ and I_a on the magnitude of these thresholds. Based on the two conditions mentioned has been identified $EC = 324$ extreme cases, corresponding to the trajectory modifications of the Cassini orbiter (*Fig. 5.*).

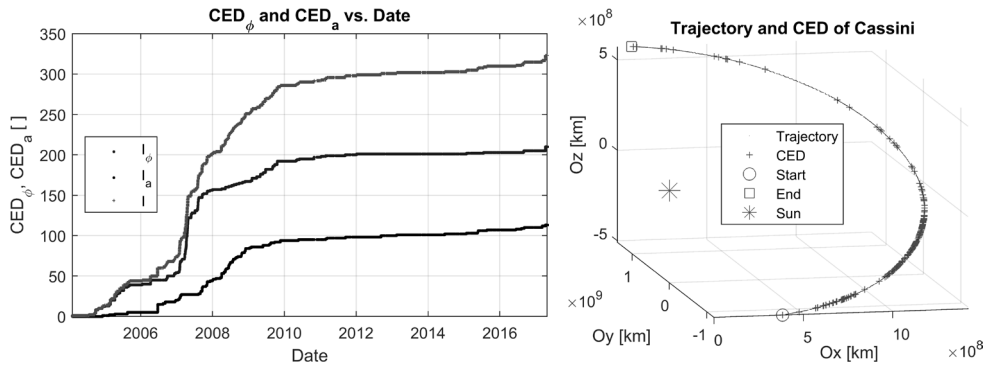


Fig. 5. Complex events of the Cassini trajectory vs. date

The physical position of Complex Event Detections (CED, right plot), the Sun, first and last sample analysed are marked with star, circle and square characters, respectively. We mention that majority of manoeuvres were executed in the first mission, named Prime of the Cassini interplanetary project.

5. Conclusions

The adopted detection technique has the ability to take a paramount part in change detection of the spacecraft orbiter trajectory. Consequently, carefully choose the most suitable representative quantitative detection approach would be the pivotal procedure among the change detection process. We are providing a novel approach that can increase the veracity of the change in time detection solutions. Tiny variations within the pre-encounter trajectory may cause extraordinarily various post-encounter trajectories based on the faced distance and velocity. Deterministic method is required to find the right threshold values in the next research phase.

Acknowledgement

This work was supported by the construction EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00002. The project was supported by the European Union, co-financed by the European Social Fund. The paper has been supported by the QoS-HPC-IoT Laboratory, as well.

References

- ALDABBAS, A. – GAL Z. (2020): Cassini–Huygens mission images classification framework by deep learning advanced approach. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 11(3). DOI: 10.11591/ijece.v11i3.pp%25p
- ALDABBAS, A. – GÁL Z. (2019a): Getting Facts about Interplanetary Mission of Cassini–Huygens Spacecraft. In: 10th Hungarian GIS Conference and Exhibition, Debrecen, Hungary. pp. 27–34.

- ALDABBAS, A. – GÁL Z. (2019b): On the Complex Event Identification Based on Cognitive Classification Process. 10th IEEE International Conference on Cognitive Info communications CogInfoCom 2019: Proceedings. Ed.: Péter Baranyi, Anna Esposito, Nelson Mauro Maldonato, Carl Vogel, IEEE, Piscataway, pp. 29–34.
- ALDABBAS, A. – GÁL Z. (2019c): Complex Event Processing Based Analysis of Cassini–Huygens Interplanetary Dataset. In: Jain L., Peng SL., Alhadidi B., Pal S. (eds) Intelligent Computing Paradigm and Cutting-edge Technologies. ICICCT 2020. Learning and Analytics in Intelligent Systems, 9. Springer, Cham. pp. 51–66. doi:10.1007/978-3-030-38501-9_5
- ALDABBAS, A. – GÁL Z. (2020): Learning and Reasoning with structured Prediction Based on Revealing Event Complexity. International Journal of Advanced Science and Technology, 29(3), pp. 13816–13828. Retrieved from: <http://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/31723>
- FENG, W. – SUI, H. – TU, J. – HUANG, W. – XU, C. – SUN, K. (2018): A novel change detection approach for multi-temporal high-resolution remote sensing images based on rotation forest and coarse-to-fine-uncertainty-analyses. Remote Sensing, 10. <https://doi.org/10.3390/rs10071015>
- FLOURIS, I. – GIATRAKOS, N. – DELIGIANNAKIS, A. – GAROFALAKIS, M. – KAMP, M. – MOCK, M. (2017): Issues in complex event processing: Status and prospects in the Big Data era. The Journal of Systems and Software, 127, pp. 217–236.
- LEVIEN, L.M. – ROFFERS, P. – MAURIZI, B. – SUERO, J. – FISCHER, C. – HUANG, X. (1999): A machine-learning approach to change detection using multi-scale imagery. American Society of Photogrammetry-and Remote Sensing. Annual conference, Portland, Oregon.
- NASA: National Aeronautics and Space Administration of the USA, Cassini ISS Online Data Volumes, Imaging Science Subsystem (ISS), Saturn EDR Data Sets (Volume 1 – Volume 116): <https://pds-imaging.jpl.nasa.gov/volumes/iss.html>
- TANG, Z. – TANG, H. – HE, S. – MAO, T. (2015): Object-based change detection model using correlation analysis and classification for VHR image. IEEE international geoscience and remote sensing symposium (IGARSS), pp. 4840–4843.

Beltéri helymeghatározás pontosságának javítása geometriai kényszerek használatával

Árvai László

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

Absztrakt: A beltéri helymeghatározási technológiák egyre szélesebb körben kerülnek felhasználásra. A kézenfekvő felhasználási területeken kívül, mint például beltéri navigáció vagy helyfüggő adatok, reklámok megjelenítése vagy eszközök, termékek, csomagok követése, speciálisabb felhasználások is előtérbe kerülnek. Az egyik ilyen terület az idősek otthoni felügyelete, ahol a beltéri helymeghatározás segítségével az idős ember viselkedésére, aktivitására vonatkozó információk nyerhetők ki, melyek alapján például a demenciában szenvedő betegek esetén az elköborlás veszélye előre jelezhető. Ahhoz, hogy ezt az idős emberek könnyen tudják használni, viselhető eszközt célszerű biztosítani számukra. A legkönnyebben megszokható viselhető eszköz egy okosóra, hiszen az óra viselése, illetve fel- és levétele jól megszokott folyamat számukra. Az okosórák általában korlátozott erőforrásokkal rendelkeznek beltéri helymeghatározás szempontjából, ezért fontos, hogy a megfelelő algoritmusok, módszerek kerüljenek alkalmazásra a beltéri helymeghatározás megvalósítása során. Egy ilyen rendszer megvalósításának részleteit ismerteti ez a cikk.

Beltéri helymeghatározás

A beltéri helymeghatározási módszereket több szempont szerint csoportosíthatjuk. Az egyik fontos csoportosítási szempont a szükséges infrastruktúra. Vannak olyan megoldások, ahol szükséges kifejezetten a beltéri helymeghatározás számára infrastruktúra kiépítése, jeladók, markerek elhelyezése, illetve a használatához speciális hardvereszközök, vevők szükségesek. Ezek a megoldások általában nagyobb pontosságot biztosítanak, lehetővé téve akár a 10 cm körüli pontosságú helymeghatározást. Viszont a szükséges infrastruktúra kiépítése és karbantartása idő- és költségigényes lehet. A másik csoportba tartozó megoldások valamilyen más céllal kiépített infrastruktúrát használnak. Az egyik leggyakrabban használt ilyen infrastruktúra a Wi-Fi kommunikációs hálózat. A Wi-Fi kommunikációs hálózatot biztosító hozzáférési pontok térereje függ az adott helytől, vagyis a térerősség egyedi, helytől függő mintázatot alkot. Ezt a mintázatot előzőlegesen fel kell térképezni (mérésekkel) majd a geometriai adatokat tartalmazó térképpel együtt tárolni. Ez után a helymeghatározás elvégezhető úgy, hogy a meghatározandó helyen éppen mért térerősség mintához leginkább hasonlatos tárolt mintázatokat keresünk és a leginkább egyező minták helyéből meghatározható az aktuális mérés helye. Ez a mintaillesztés (fingerprint) alapú beltéri helymeghatározás, melynek előnye, hogy

nem igényel külön erre a célra kiépített infrastruktúrát, a már meglévő vezeték nélküli kommunikációs hálózatot használja. Hátránya azonban a mérsékelt pontosság és megbízhatóság, az éppen aktuális rádiófrekvenciás csillapítások nagy mértékben befolyásolják a módszer pontosságát. Ezért egyéb mérési módszerekkel szokás kombinálni, mint például a mozgáselemzés (lépésdetektálás). Így több modalitás kombinációjával a helymeghatározás pontossága és főleg a stabilitása lényegesen javítható, ehhez azonban olyan eszközre van szükség mely képes az adott modalitások megvalósítására. Egy mobiltelefon például rendelkezik minden szükséges szenzorral az előbb említett funkciók megvalósítására. Azonban, ha idős emberek gondozására kívánjuk használni az okostelefonok használata problémás lehet, hiszen sok idős ember idegenkedik a használatától.

Okoseszközök az idősgondozásban

A beltéri helymeghatározás sokat segíthet az idősek önálló életvitelének támogatásában is. A WHO adatai szerint (INTERNET1) jelenleg 50 millió ember él a demencia valamelyik súlyosságú változatával és évente 10 millió új eset várható. A demencia súlyosságának bizonyos fokáig ezek az emberek képesek az önálló életvitelre, azonban fontos valamilyen felügyelet biztosítása számukra. Ha ez IT eszközökkel megvalósítható, akkor az ember ápolási erőforrások más, súlyosabb esetekre fordíthatók. A demencia egyik következménye az időskori elkóborlás vagyis amikor a beteg kimegy a lakásából és céltalanul kóborol az utcán. Mivel ebben az állapotában képtelen hazatalálni, eltéved és amennyiben nem kap segítséget megsérülhet odakint.

Az elkóborlás általában nem hirtelen következik be, vannak előzmény tünetei. A beteg aktivitásából, mozgásából és a lakás egyes helyein történő tartózkodás idejéből előre jelezhető az elkóborlás veszélye. Az aktivitás, mozgás és a beteg helyének meghatározásához beltéri helymeghatározási módszerre van szükség.

Azonban csak olyan módszer használható, mely nem kíván jelentős átalakítást az idős ember környezetében és részéről nem kívánja bonyolult eszközök használatát. Tehát célszerű a saját infrastruktúrát nem kívánó beltéri helymeghatározási módszerek használata és az idős emberek számára pedig valamilyen viselhető eszköz biztosítása. Számukra az óra viselése egy megszokott tevékenység és a manapság elterjedőben lévő okosórák ideális platformot nyújtanak egy ilyen megoldás kifejlesztésére.

Az így előálló platformmal szemben számos követelmény támasztható (FRÉDÉRIC – CHRISTIAN 2014). Ezek közül a legfontosabb az alacsony ár és az egyszerű felhasználói felület. Ezen kívül fontos, hogy ezen rendszerek felhasználói nem csak maguk a gondozottak, hanem a gondozók is, akár formálisak (ápolók, idősgondozók), akár informálisak (családtagok). Számukra is szükséges, hogy a rendszer hasznos szolgáltatást tudjon nyújtani.

Léteznek már ilyen céllal készült rendszerek például (ZHIHUA – ZHAOCHU 2017) ismertet egy olyan rendszert, amely többféle egészségre jellemző paramétert



1. ábra Kingwear KW88 okosóra

mér a helymeghatározás mellett, azonban ez több viselhető szenzor használatát igényli, melyek helyes felvétele, csatlakoztatása problémás lehet külső segítség nélkül.

Többféle – elsősorban sportolást – támogató okosóra érhető el (MARIAN – DENYS 2018), azonban ezek funkcionalitása erősen korlátozott, alkalmasak ugyan bizonyos egészségügyi paraméterek (pl. pulzusszám mérésére) vagy a szintén nagyon fontos elesés detektálására, de nem rendelkeznek beltéri helymeghatározási funkcióval.

Az Apple okosóra terméke az Apple Watch is képes támogatni az idősek felügyeletét (INTERNET2), azonban annak magas ára kérdésessé teszi a széleskörű elterjedését.

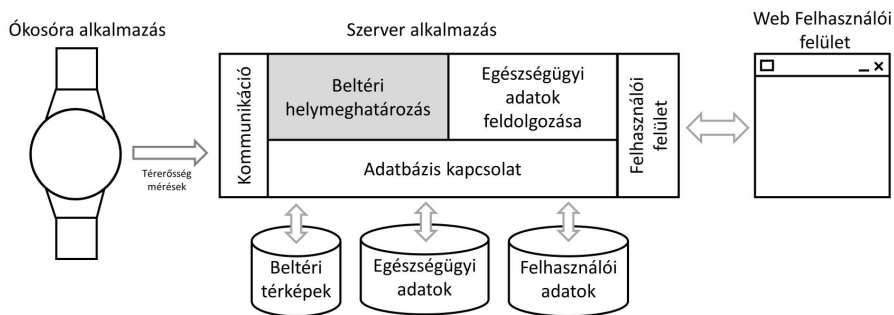
Célszerűnek látszott tehát egy általános célú okosórát választani, amelyre tetszőleges alkalmazás telepíthető és egy saját alkalmazásban megvalósítani a szükséges funkciókat. Esetünkben a választásunk a KingWear KW88 típusú okosórára esett (1. ábra), amely alacsony árával, szenzoraival és a rajta futó Android operációs rendszerrel együtt alkalmas platform egy idősgondozásban használható megoldás kifejlesztésére.

Az okosóra rendelkezik Wi-Fi kommunikációs interfésszel, így a bevezetőben említett mintaillesztés (fingerprint) alapú helymeghatározási algoritmus megvalósítható a segítségével. Azonban a kiegészítő modalitás – lépésdetektálás – már csak korlátozottan valósítható meg. A csuklón viselt óra szenzorainak (gyorsulásszenzor) segítségével ugyanis nem érzékelhető megfelelő biztonsággal a mozgás (lépés) nagysága és mivel az óra nem tartalmaz iránytűt, a lépés iránya sem határozható meg. Ezért a kiegészítő modalitást másképpen kell megvalósítani.

Okosóra alapú beltéri helymeghatározás

A helymeghatározás alapja, hogy rendelkezünk egy beltéri térképpel (alaprajzzal) az adott épületről. Esetünkben az alaprajz egy mérethelyes, vektoros formában tárolt rajz, amelyet az Open Street Map nyílt forráskódú rendszer segítségével készítettünk el (ÁRVAI 2019). Ehhez kapcsolódóan szükséges a helymeghatározás szempontjából fontos területen elvégezni a térerősség méréseket, melyhez egy okostelefonra és a rajta futó általunk fejlesztett alkalmazásra van szükség. A mérések együttesen az elektronikus alaprajzzal kerülnek tárolásra.

A teljes rendszer egy kliens-szerver architektúrában került megvalósításra (2. ábra), elsősorban azért, hogy az óra erőforrásai (akkumulátor, processzor, memória) ne korlátozzák az algoritmus bonyolultságát, illetve minél hosszabb működési idő legyen elérhető egy akkumulátor feltöltéssel.



2. ábra A rendszer felépítése

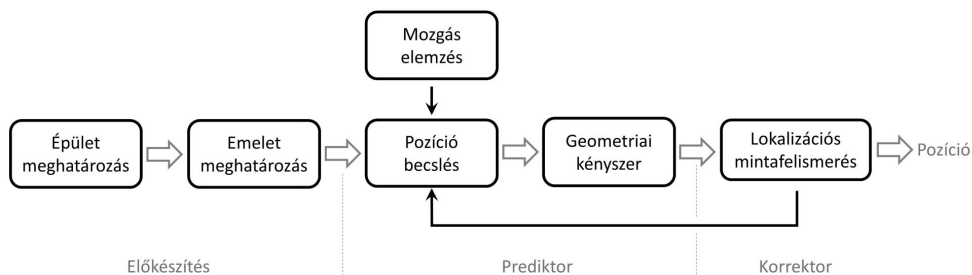
Az óra beltéri helymeghatározásban betöltött szerepe így elsősorban a Wi-Fi térerősség mérések elvégzésére korlátozódik. Az óra másodpercenként begyűjti az elérhető Wi-Fi hozzáférési pontok azonosítóit és térerősség értékeit, illetve a szenzorai segítségével meghatározza, hogy a viselője mozog vagy egyhelyben tartózkodik. Ezeket az információkat elküldi egy szerver alkalmazás részére, melyen a további feldolgozás megtörténik.

Az óra emellett egészségügyi adatokat is gyűjt, amely elsősorban a pulzusszám periodikus mérésére, elesés érzékelésére, illetve a megtett lépések számának gyűjtéséből áll. Ezek az adatok szintén a szerver alkalmazásban kerülnek tárolásra és későbbi feldolgozásra.

A gondozók, családtagok számára a rendszerben tárolt adatok egy böngésző alapú felhasználói felület segítségével érhetők el, illetve a szükséges riasztások SMS vagy mobil hívás kezdeményezésével valósíthatók meg.

A beltéri helymeghatározás az óra által érzékelt Wi-Fi térerősség értékeken alapul, amely kiegészül az aktivitás (mozgás) érzékelésével is. Az algoritmus három fő lépésből áll (3. ábra).

Az előkészítés első lépése az épület meghatározása, mivel a rendszer több okosórát és épületet tud kezelni. Az épület kiválasztása úgy történik, hogy az óra által érzékelt Wi-Fi hozzáférési pont (access point, AP) adatok összehasonlításra kerülnek az adatbázisban tárolt – egyes épületekhez tartozó – AP adatokkal. Amelyik épületben a legtöbb egyező AP van, az az épület lesz a rendszer által kiválasztott.



3. ábra A helymeghatározási algoritmus felépítése

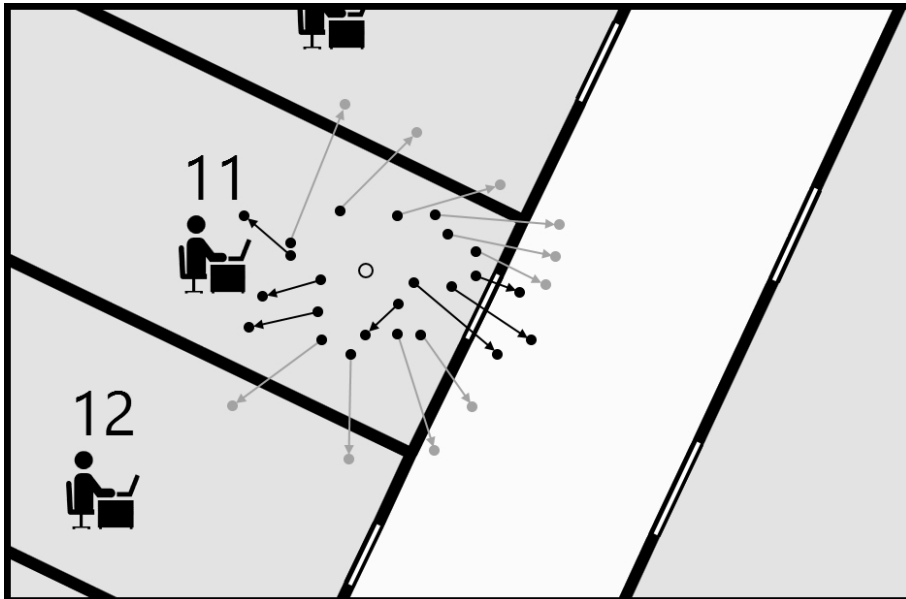
Az épület adatai ez után betöltésre kerülnek a memóriába a gyorsabb feldolgozás miatt. Az emelet meghatározásához a mért Wi-Fi télerősség értékekhez legközelebb álló korábbi méréseket választja ki a rendszer, majd az ezek többségéhez tartozó emelet kerül kiválasztásra.

A kiválasztott emelethez betöltésre kerül az összes korábbi télerősség mérési adat. Az adatok szűrésen mennek át, ahol egyrészt kiszűrésre kerülnek a virtuális AP-k és a lokalizáció szempontjából kevésbé jelentős AP-k.

A helymeghatározó algoritmus alapja egy részecske szűrő (particle filter) algoritmus. Az algoritmus pozíció feltételezésekkel dolgozik (particles) és egy kétlépéses prediktor-korrektor módszert valósít meg. A predikciós lépésben az óra viselőjének mozgása alapján aktualizálja a pozíció becsléseket. Mivel az óra csak a mozgás tényét továbbítja, az irányát és a megtett távolságot nem, ezért a becslés normális eloszlású véletlenszerű irányokkal és távolságokkal dolgozik. Azonban mozgás esetén a véletlenszám generáláskor felhasznált szórás és várható érték nagyobb, mint nyugalmi helyzet esetén.

A pozíció becslés után az új helyzetek elemzésre kerülnek az alaprajz alapján. Ehhez rendelkezésre áll a vektoros tárolású alaprajz, a megfelelő kiegészítő információkkal együtt. Ezek segítségével alkalmazhatók olyan geometriai kényszerek melyek kiszűrik a fizikailag nem lehetséges pozícióbecsléseket (4. ábra)

Amennyiben a mozgás nem lehetséges, mert például falon kellene átmenni az új pozíció eléréséhez, a megfelelő részecske alacsony valószínűségi értéket kap. Az ábrán tömör fekete ponttal jelzett pozíciók az aktuális becslések (particles), a nyilak a következő becslést jelzik, amelyek mozgás esetén véletlenszerű irányú és nagyságú



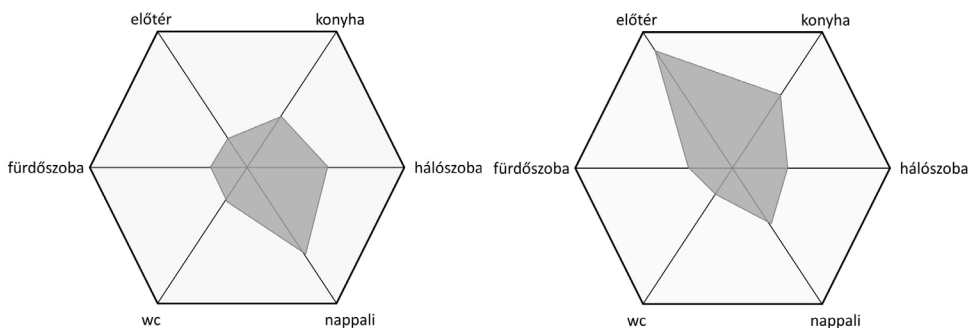
4. ábra Geometriai kényszerek alkalmazása

becslések, mivel pontos mozgásinformáció nem áll rendelkezésre az óra megfelelő szenzorainak hiánya miatt. Ezen becslések közül azonban jó néhány nem lehetséges, hiszen az adott pozícióból nem léphetünk közvetlenül (egy másodperc alatt) az új becsült helyre. Ezeket az eseteket szürke nyilak jelölik az ábrán, az algoritmus pedig alacsony valószínűséggel használja a továbbiakban ezeket a becsléseket, vagyis nagyrészt figyelmen kívül hagyja. A fekete nyilakkal jelölt mozgások azonban lehetségesek az alaprajz alapján, hiszen vagy szabad térben vezetnek, vagy például ajtókon, lépcsőn át, amelyek szintén lehetséges mozgási irányok.

Az algoritmus ezután a korrektor lépéssel folytatódik. A korrektor lépés lényege, hogy minden egyes részecskéhez egy valószínűségi értéket rendeljen az alapján, hogy a Wi-Fi télerősség mérések az adott pozícióban mennyire lehetségesek, vagyis mennyire egyeznek az adott pozícióhoz tartozó korábbi mérési adatok az aktuális mérési adatokkal. A mérések közötti távolságmetrikával fordított arányos valószínűségek kerülnek meghatározásra, vagyis minél jobban egyezik az adott mérés annál nagyobb valószínűségi értéket kap. A valószínűségekkel ellátott részecskék alapján kerül meghatározásra a becsült pozíció. Ehhez a legnagyobb valószínűségű részecskék 70%-a kerül kiválasztásra, majd a koordinátaik valószínűségük segítségével súlyozott átlaga adja a becsült helymeghatározási koordinátákat (az ábrán üres körrel jelölve). Az utolsó lépésként a részecskék újramintavételezése történik meg. Az új részecske kollekció véletlenszerű mintavétellel az aktuális kollekció elemeiből kerül kiválasztásra. A mintavétel véletlenszerű, de az egyes részecskék mintavételi valószínűségét az adott részecskéhez tartozó a pozíció becslés valószínűségét leíró változó adja meg.

Beltéri helymeghatározás felhasználása

A beltéri helymeghatározás használható egyrészt egészségügyi vészhelyzet (rosszullét, elesés) esetén, riasztáskor a pontos hely megadására, de a tartózkodási hely, időtartam és a mozgás elemzésével további funkciók is megvalósíthatók.



5. ábra Az egyes helységekben töltött idő átlagos esetben és elkőborlás veszélyének fennállása esetén

Az idős gondozott mozgásának, tartózkodási helyének és az ott töltött idő ismerete alapján előre jelezhető az elkóborlás veszélye (KIM – HASSAN 2009). Normál esetben az idős emberek egy vagy néhány helységben töltenek jelentős időt, a többi helységet ritkábban veszik igénybe (5. ábra, bal oldal), azonban elkóborlás egyik első tünete a folytonos helyváltogatás, helykeresés, kijáratok közelében töltött jelentősebb idő (5. ábra, jobb oldal).

Ezek az esetek jól megkülönböztethetők és előfordulásuk esetén az ápoló személyzet, vagy egy hozzátartozó értesíthető és esetleg még az előtt beavatkozhatnak, mielőtt maga az elkóborlás megtörténne.

Összefoglalás

Beltéri helymeghatározási megoldások egyik speciális felhasználása az idősgondozás. Ebben az alkalmazásban segítséget nyújthatnak vészhelyzet esetén a pontos hely megadásában, de a mozgások elemzésével, az egyes helységekben töltött idő segítségével viselkedés változások, demencia esetén az elkóborlás veszélye is előre jelezhető.

Ehhez azonban az idősek számára is elfogadható szenzort kell biztosítani, mint például egy okosóra, amely óra jellegénél fogva könnyen elfogadható az idős emberek számára, viszont egy megfelelő alkalmazás segítségével mind bizonyos egészségügyi adatokat, mind a beltéri helymeghatározáshoz szükséges adatokat képes szolgáltatni. A beltéri helymeghatározás megvalósítható a már létező Wi-Fi infrastruktúra jeleinek felhasználásával, azonban az okosóra szenzorainak korlátos képességei miatt más helymeghatározási modalitás nem valósítható meg egyszerűen. Azonban a megfelelő vektoros formátumban tárolt térkép lehetőséget nyújt geometriai kényszerek bevezetésére, amelyek segítségével a helymeghatározás pontossága és megbízhatósága lényegesen javítható.

Az ismertetett alkalmazás segítségével egy általános célú, olcsó okosóra hasznos segítő eszköz lehet az idősgondozásban, különös tekintettel a demencia korai stádiumában élő gondozottakra.

Felhasznált irodalom

- ÁRVAI L. (2019): Beltéri navigációs rendszer fejlesztése nyílt forrású alapokon. Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X., pp. 35-40, Debrecen 2019, ISBN 978-963-318-054-9
- FRÉDÉRIC, E. – CHRISTIAN, L. (2014): Supporting elderly homecare with smartwatches: advantages and drawbacks. *Studies in Health Technology and Informatics*, 205, pp. 667–671, doi: 10.3233/978-1-61499-432-9-667.
- KIM, K. – HASSAN, M.M. – NA, S. – HUH, E. (2009): Dementia Wandering Detection and Activity Recognition Algorithm Using Tri-Axial Accelerometer Sensors, *Proceedings of the 4th International Conference on Ubiquitous Information Technologies & Applications*, Fukuoka, pp. 1 –5. doi: 10.1109/ICUT.2009.5405672

- MARIAN, H. – DENYS, M. – KARTHIK, S. – GERALD, B. (2018): Mobile assisted living: Smartwatch-based fall risk assessment for elderly people. doi: 10.1145/3266157.3266210.
- ZHIHUA, W. – ZHAOCHU, Y. – TAO, D. (2017): A review of wearable technologies for elderly care that can accurately track indoor position, recognize physical activities and monitor vital signs in real time. Sensors, 17. doi:10.3390/s17020341.

Internetes források

- INTERNET1 – WHO: Dementia, Online: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>
- INTERNET2 – J. Ong, “Apple watch health features for the elderly”, Smartwatch News, November 28. 2019, <https://www.smartwatches4u.com/apple-watch-health-features-for-old-people/>

Groundwater Quality Assessment of Oued Souf Valley Using GIS

Ayoub Barkat¹ – György Szabó² – Ramzi Benhizia³ – Tamás Mester⁴ –
Zakaria Rahal⁵

¹ PhD Student, University of Debrecen, Department of Landscape Protection and Environmental Geography, ayoub.barkat@science.unideb.hu

² Associate Professor, University of Debrecen, Department of Landscape Protection and Environmental Geography, szabo.gyorgy@science.unideb.hu

³ PhD Student, University of Debrecen, Department of Landscape Protection and Environmental Geography, benhizia.ramzi@science.unideb.hu

⁴ Assistant Lecturer, University of Debrecen, Department of Landscape and Environmental Geography, mester.tamas@science.unideb.hu

⁵ PhD Student, Don State Technical University, Department of water supply and sanitation, zakariarhl@yahoo.com

Abstract: The anthropogenic pollution of the phreatic aquifer of *Oued Souf valley* plays an axial role for detecting its suitability for drinking water purposes. Therefore, in this study, we evaluated and assessed water quality parameters (EC, BOD₅, NH₄⁺, NO₂⁻) affected by anthropogenic activities according to WHO and Algerian standards. 100% of the monitored wells indicate high electrical conductivity due to high mineralization caused by evaporation in shallow areas. High BOD₅ concentrations indicates the presence of organic pollution from communal wastewater. We observed that the majority of monitored wells are contaminated by ammonium (88%), and by nitrite (64%). Based on our results, we may conclude that the phreatic groundwater aquifer is strongly contaminated due to anthropogenic activities.

Introduction

In the Algerian Sahara, the scarcity of precipitation and the economic development requires the use of deep groundwater resources (the terminal complex and continental intercalary). As a result of the intensive pumping of deep groundwater aquifers and the discharge of these quantities directly into the environment which returns to the unconfined aquifer without sufficient treatment, the absence of a sanitation network and the natural outlet has resulted to the rising of groundwater until the surface or near to the surface (REMINE 2006). The phenomenon of rising waters affected most of the regions of *El Oued*, the consequences of this phenomenon is harmful to humans and the environment, such as the flooding of palm groves and their asphyxia, the flooding of septic tanks which allows the spread of bacteriological pollution in the superficial aquifer and contamination of water by nitrates of domestic and agricultural origins (BOUSELSAL – KHERICI 2014). Also, the strong mineralization of water caused by intense evaporation from open water bodies and the dissolution of salts. Today the surface aquifer is less used by the population because of its degraded quality over time, all these problems make the region in vulnerable state with much water (BOUSELSAL – BELKSIER 2019). In order to block this phenomenon, The Algerian authorities have intervened by releasing a megaproject in 2005 by releasing

a megaproject for fighting rising of groundwater and the spread of pollution .This project is structured by four schemes Sewerage Plan, Purification Plan, Evacuation Plan, and Drainage Plan (KHECHANA ET AL. 2016).

Since the problem has not been solved yet, it is important to perform regular groundwater monitoring to evaluate and assess the contamination level of the phreatic groundwater aquifer caused by anthropogenic activities. In our study, we assessed the groundwater contamination and the spatial distribution of the pollution based on four parameters (EC, BOD₅, NH₄⁺, NO₂⁻) effected by human activities using GIS technique.

Materials and Methods

Study area

Oued souf valley is located in the north-east of Algeria, it is considered as a unit for water resources in the country (*Figure 1*). It is common that *Oued Souf valley* is named by low-lying-Sahara because of its low altitude in a central large synclinal basin. *Oued souf valley* has an area of 11,738 km². It is home for 500.000 inhabitants spread over 18 municipalities in 2009 (KHECHANA – DERRADJI 2012).

The study area characterized by dry climate and temperature (from 36 to 37°C) in the summer and variate in the winter from 15.3 to 18.8 °C, which is considered as pretty cold. The annual average temperature is 27°C. The precipitation is about 5.9 mm.

The main agricultural activities in the regions are date palms cultivation where the palm trees are planted in large craters dug by hand, a method of palm tree cultivation known as “*Ghout*” in the local vernacular (*Figure 2*). Because of the capillary action, this method of cultivation allows water from the phreatic aquifer to ascend to the date palm roots which provides for the farmers to avoid the costly irrigation systems (REMINI – KECHAD 2011).

Hydrogeology of the study area

Oued souf valley belongs to the sedimentary basin of the northern Sahara, which area is divided between Algeria (70%), Tunisia (24%) and Libya (6%) thus it covers an area of one million km² totally. This basin constitutes an important topographical depression, which rests on a structural basin in the form of an asymmetric syncline (BG 2002).

At the base we find Paleozoic marine formations surmounted in unconformity by continental formations of the secondary and the tertiary several thousand meters thick. The Quaternary succeeds it. It is essentially made up of dune sands, the thickness of which can reach a few hundred meters.

The study area consists of three aquifers (one free aquifer, and two captive aquifers, the *Terminal Complex* “CT” and the *Continental Intercalaire* “CI” (OSS

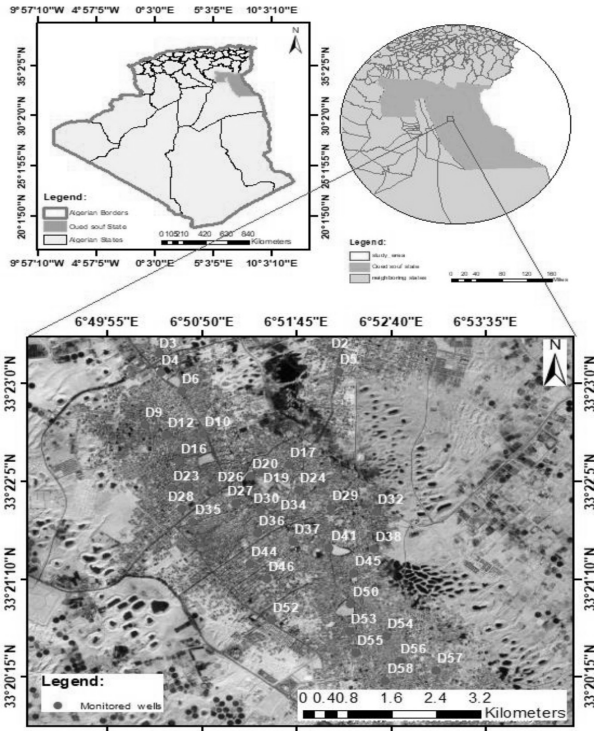


Figure 1. Location of the study area and the monitored wells

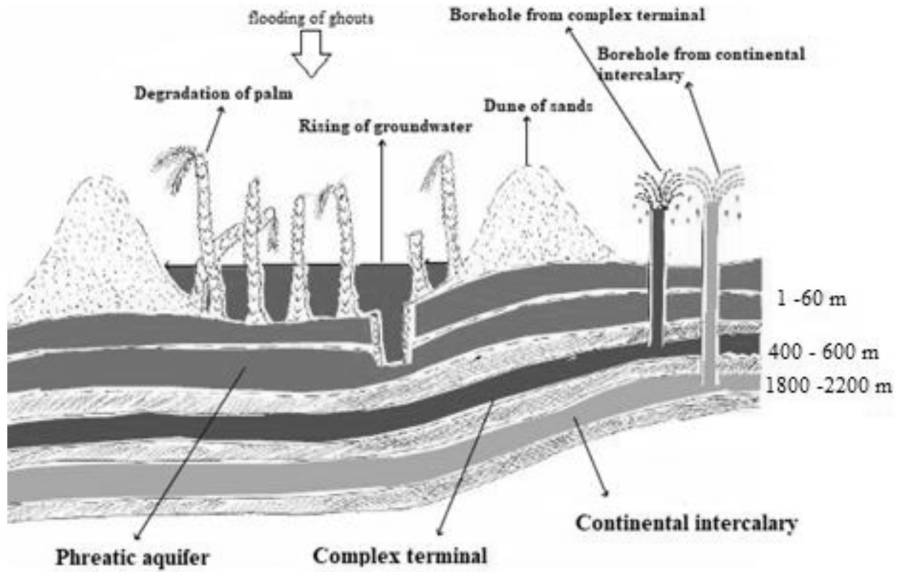


Figure 2. Ghout system and Hydrogeology of the study area modified from (REMINI – SOUACI 2019; KHEZZANI – BOUCHEMAL 2018)

2003) (*Figure 2*). The free aquifer consists of detrital formations of Quaternary age represented by sands, sandstones, clayey sands, and sandy clays with a substratum consisting of clay. The average depth of the substratum is around 60 m (MEZIANI ET AL. 2011).

Pollution of the phreatic groundwater aquifer

The phreatic water of *Oued Souf valley* has a strong degraded chemical quality and strong mineralization. The predominant chemical faces are sulphated in sodium chlorides, typical of evaporate regions and are distributed diffusely throughout the valley. The indicator of pollution is present strongly in the region, especially nitrates which came originally from agricultural activities and organic nitrogen in the soil as well as untreated domestic wastewater. However, some points characterized by low nitrates: Plantations irrigated by Terminal complex boreholes in the *Daouia* area, in *Foulia* and *Hobba* by diluting the nitrates with water from deep aquifers, also in the flooded *ghouts* covered with reeds at the level of *Oued Souf valley* discharge due to the use of nitrates by reeds, just a few localized points where denitrification could have taken place correctly (GUENDOUZ ET AL. 2006).

Data collection

The research covered 40 monitoring wells located in *Oued Souf valley* which were sampled during April 2016 from *Algerian National Sanitation Organization* and measured the EC and the concentration of ammonium, nitrite and BOD₅ according to the standard methods described in (APHA 2005). The monitoring wells belong to the vertical drainage system which consists of evacuating excess agricultural water through a network of 58, (51 of which are functional) wells drilled from 21 to 40 meters deep equipped with submersible pumps capable of delivering 6 l/s, at a distance of 500 m in general.

GIS Analysis

Geovisualization techniques are widely used for data assessment in the environmental sciences (BALLA ET AL. 2016). The data were spatialized using ArcGIS 10.4.1 software by interpolation for generating spatial distribution maps of each parameter. The used interpolation method is inverse distance weighting (IDW), which provides comprehensive satisfactory results when the data is distributed on the area uniformly (MUZENDA ET AL. 2019). The concept of this method is to determine the value of an unsampled point from the weighted average of the sampling point values of its nearest neighbors whereas these weights proportional to the distances inversely between the sampled points and the prediction point (ESRI 1992).

Categories were created according to WHO standards for drinking water purposes. Normal statistics (mean, median, minimum, maximum, standard deviation) have been conducted using SPSS 22 software. We excluded some points from each parameter which does not contains measurements.

Table 1. Statistical summary of our investigated water quality parameters with world health organization (2006) and Algerian standards for drinking.

	EC at 25 °C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	BOD ₅ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)
Mean	5039.25	4.92	3.15	0.86
Min	3950.00	1.00	0.08	0.01
Max	8100.00	10.00	7.80	6.09
Median	4880.00	5.00	3.10	0.22
SD	839.35	2.31	1.91	1.52
WHO (2006)	500	6	0.5	0.1
Algerian	3000	30	0.5	0.2

Results and discussions

Statistical summary of our investigated water quality parameters compared to World Health Organization (2006) and Algerian standards for drinking water purposes are presented in *Table 1*.

The conductivity is the measurement of an aqueous solution to hold the electrical current depending on the existence of ions, mobility, valance, total concentration and on its temperature (NAEEM ET AL. 2004). Since the electrical conductivity is the manifestation of dissolved salts, it represents as a water pollution indicator which has been found very high in the study area. The conductivity fluctuates between 3950 and 8100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, which means that 100% of our samples are very high compared to WHO and Algerian standards for drinking water (*Table 1*). The high mineralization can be justified as effluent discharge and high evaporation in shallow areas, especially in the northeast of the city, and this appears clearly in the well number D5 (*Figure 3*).

BOD₅ indicates the presence of organic pollution and the microbial activities, which leads to determining the content of oxygen-depleted by microorganisms which measured in the fifth day or generally determining the relative waste and its degree. The recorded values show that 69.23% of our samples are under the limits of WHO standards, while 25.64% are above the limits, and 5.13% are with the limit. Meanwhile, all the samples are below to the Algerian limits, which are 30 mg/l. However, a lot of drains are near the limit, which indicates an anthropogenic effect (*Figure 3*) again.

The presence of nitrite is considered toxic to human health. High nitrite concentrations can be observed because of the biological transformation of ammonium to nitrates or, under anaerobic conditions during the denitrification of nitrates to NO₂⁻ or N₂ gas. Our nitrite concentrations varies from 0.01 to 6.09 mg/l. Around 35.14% of our samples are under the limit of WHO for drinking water, while 64.86% of them exceeds the limit of WHO for drinking water. On the other hand, 43.24% of our samples are under the Algerian limit for drinking water, and 51.35% has exceeded the limits while 5.41% are totally compliant to the standards (*Table 1*). While ammonium

concentration varies in the range of 0.08 to 7.8 mg/l (*Table 1*). We observed that the majority of wells (88%) are contaminated by ammonium, on the other hand, 8% of drains are under the limits (D5, D58) and 8% are near to the limits of WHO and Algerian for drinking water (*Figure 4*). The high content of ammonium indicates fresh wastewater discharge (the first stage of nitrification).

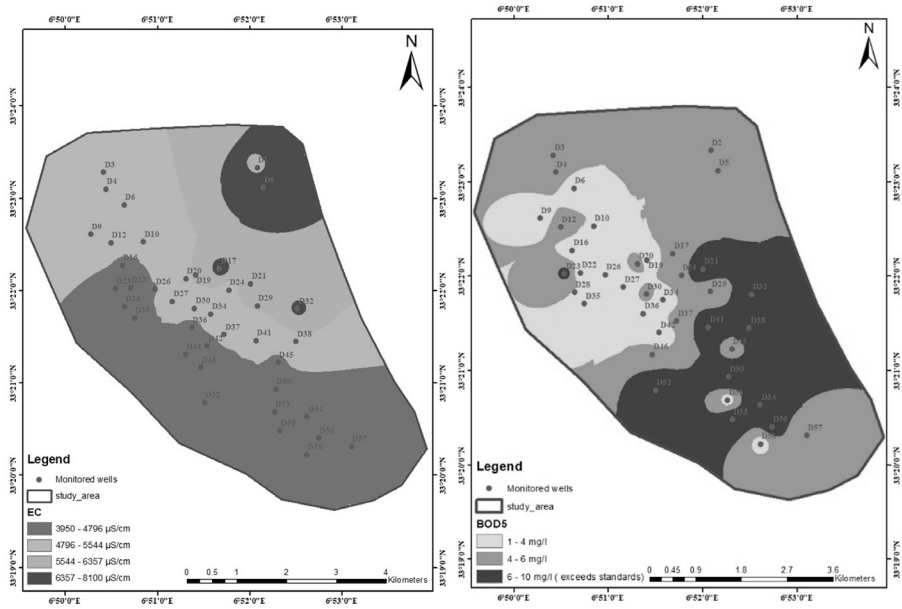


Figure 3. Spatial distribution of EC and BOD₅ in 2016

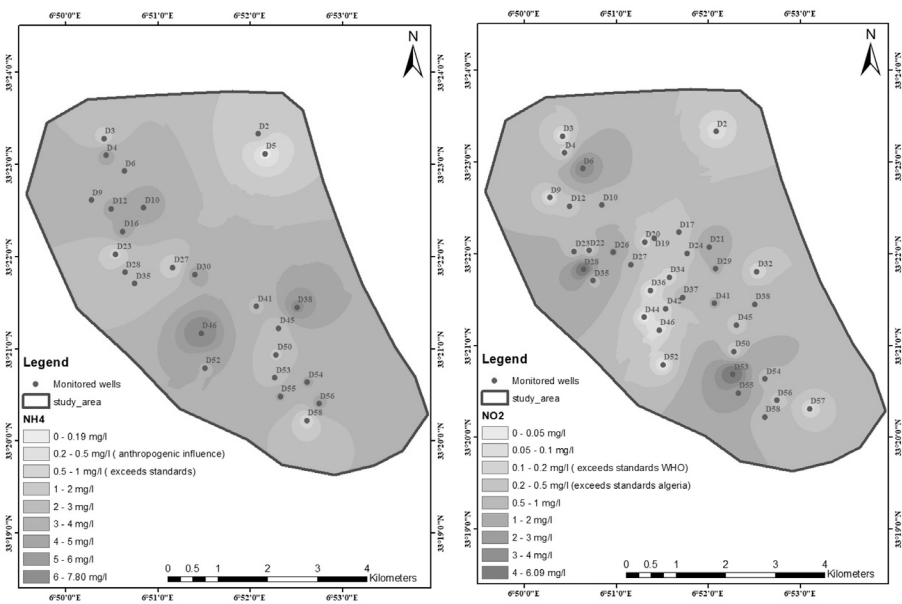


Figure 4. Spatial distribution of NH₄⁺ and NO₂⁻ in 2016

Conclusions

Despite our study is not sufficient to obtain a comprehensive overview of groundwater aquifer pollution we may conclude that after the investigation on different boreholes from the vertical drainage system that the phreatic groundwater aquifer is strongly contaminated due to anthropogenic activities.

References

- APHA (2005): Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association 21st ed. Washington D.C.
- BALLA D. – VARGA O. – BARKÓCZI N. – NOVÁK T. – BODROGINÉ ZICHAR M. – KARIKA A. (2016): Methods of processing and geovisualization of soil profiles. *Journal of Agricultural Informatics*, 7(2), pp. 11–18.
- BG (Bureau D'étude Bonard Et Gardel) (2002): Vallée Du Souf: Etudes D'assainissement Des Eaux Résiduaire, Pluviales Et D'irrigation, Mesures Complémentaires De Lutte Contre La Remontée De La Nappe Phréatique. Mission Ii. 111p.
- BOUSELSAL, B. – KHERICI, N. (2014): Effets De La Remontée Des Eaux De La Nappe Phréatique Sur L'homme Et L'environnement: Cas De La Région D'el-Oued (Se Algérie). *Afrique Science: Revue Internationale Des Sciences Et Technologie* 10.3.
- BOUSELSAL, B. – BELKSIER, M.S. (2019): Gestion du phénomène de la remontée des eaux dans la région d'El Oued (SE Algérie) et la possibilité d'utilisée les eaux usées épurées en irrigation.
- ESRI (1992): ARC/INFO user's guide: cell-based modelling with GRID. Analysis, display and management, 2nd ed.
- GUENDOZ, A. – MOULLA, A.S. – REMINI, B. – MICHELOT, J.L. (2006): Hydrochemical and isotopic behaviour of a Saharan phreatic aquifer suffering severe natural and anthropic constraints (case of Oued-Souf region, Algeria). *Hydrogeology Journal*, 14(6), pp. 955–968.
- KHECHANA, S. – DERRADJI, E. (2012): Management of Water Resources in A Hyper-Arid Area: Strategy and Issues (Case Of Oued-Souf Valley-South Eastern Of Algeria).
- KHECHANA, S. – MILOUDI, A. – GHOMRI, A. – GUEDDA, E.H. – DERRADJI, E.F. (2016): Failure of a Vertical Drainage System Installed to Fight the Rise of Groundwater in El-Oued Valley (SE Algeria): Causes and Proposed Solutions. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 16(2), pp. 216–224.
- KHEZZANI, B. – BOUCHEMAL, S. (2018): Variations in groundwater levels and quality due to agricultural over-exploitation in an arid environment: the phreatic aquifer of the Souf oasis (Algerian Sahara). *Environmental earth sciences*, 77(4), 142.
- MEZIANI, A. – DRIDI, H. – KALLA, M. (2011): The Aquifer System of the Souf Valley Algerian Northern Sahara. *European Journal of Scientific Research* ISSN, pp. 416–423.
- MUZENDA, F. – MASOCHA, M. – MISI, S.N. (2019): Groundwater quality assessment using a water quality index and GIS: A case of Ushewokunze Settlement, Harare Zimbabwe. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 112(2019), pp. 134–140.

- NAEEM, M. – KHAN, K. – REHMAN, S. – JAVED, I. (2004): Environmental Assessment of Ground Water Quality of Lahore Area, Punjab, Pakistan. *J. Applied Sci.*, 7, pp. 41–46.
- OSS (Observatoire Sahara Et Sahel) (2003): Système Aquifère Du Sahara Septentrional: Gestion Commune D'un Bassin Transfrontière. Rapport De Synthèse. Oss, Tunisie.
- REMINI, B. – SOUACI, B (2019): Le Souf: quand le forage et le pivot menacent le Ghout. *Larhyss Journal*, (37), pp. 23–38.
- REMINI, B. – KECHAD, R. (2011): Impact Of The Water Table Razing On The Degradation Of El Oued Palm Plantation (Algeria) Mechanisms And Solutions. *Geographia Technica* 13.1.
- REMINI, B. (2006): La disparition des ghouts dans la region d'el oued (Algérie). *LARHYSS Journal* P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-97825.

Vetésszerkezet meghatározása különböző multispektrális műholdfelvételek alkalmazásával

Bekő László¹ – Burai Péter² – Kiss Alida³ – Lénárt Csaba⁴ – Tomor Tamás⁵ –
Schinogl Péter⁶ – Holb Imre⁷ – Szabó Szilárd⁸

¹ tudományos segédmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ,
beko.laszlo@unideb.hu

² tudományos főmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ,
burai.peter@unideb.hu

³ tudományos segédmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ,
kiss.alida@unideb.hu

⁴ tudományos tanácsadó, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ,
lenart.csaba@unideb.hu

⁵ tudományos főmunkatárs, Debreceni Egyetem, Távérzékelési Szolgáltató Központ,
tomor.tamas@unideb.hu

⁶ műszaki igazgató, Silicon Computers Kft., peter@silicon.hu

⁷ egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar, Kertészettudományi Intézet, holb@agr.unideb.hu

⁸ egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Földtudományi
Intézet, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, szabo.szilard@science.unideb.hu

Abstract: A cikk két multispektrális műholdcsalád adatait vizsgálja és hasonlítja össze a kora tavaszi vetésszerkezet meghatározásában, egy Nyugat-dunántúli mintaterületen. A két adatbázis különbözik a terepi felbontásban, a multispektrális csatornák számában és a lefedett hullámhossz tartományban. A Random Forest osztályozás alkalmazásával a kisebb terepi felbontású, de több multispektrális csatornát tartalmazó Sentinel-2 felvételekkel magasabb osztályozási pontosságot (OA=83,03%) kaptunk, mint a nagyobb terepi felbontású Planet adatokkal (OA = 67,76%).

Bevezetés

A különböző távérzékelési alkalmazásokhoz használható műholdas kép- és adatgyűjtési eljárások több, mint fél évszázados múltra tekintenek vissza. A technológia előnye, hogy az adatok összehasonlíthatóságát nagy kiterjedésű földrajzi régiókra helyszíni mintázás és az abból esetlegesen származó destruktivitás nélkül is biztosítja (LIAGHAT 2010). A műholdas adatok hatékonyan használhatók a különböző mezőgazdasági alkalmazásokhoz (KARAKIZI ET AL. 2016). A távérzékelte adatok térben és időben is folyamatos információt szolgáltatnak a növényzettel borított felszínéről, és hasznosak a termőterület hozamának és térbeli mintázatának pontos monitoringjához is (YUAN ET AL. 2016). A műholdas távérzékelés mezőgazdaságban való alkalmazása az 1970-es években indult. Az alkalmazásában rejlő lehetőségekről számos szerző publikált és publikál napjainkban is.

Földünk felszínének körülbelül 12%-a művelt termőföld. Ez a 12% biztosítja az emberi élelmiszer-előállítás meghatározó részét. A népesség növekedése pedig egyre nagyobb nyomást gyakorol a mezőgazdaságra (RAY ET AL. 2012). Így,

a termesztett növények monitoringjának megvalósítása alapvető fontosságú a mezőgazdálkodásban, az élelmiszerbiztonságban, az élelmiszerkereskedelemben és a karbon körforgás kutatásban is (TILMAN ET AL. 2011). Továbbá, a vetésszerkezet előrejelzése fontos lehet például a mezőgazdasági növénybiztosításban az előzetes készpénzátutalások vagy korai előrejelző rendszerek terén (Global Commission on Adaptation 2019).

1. táblázat Napjainkban elérhető műholdas adatok főbb paraméterei

Műhold család	Térbeli felbontás	Visszatérési idő	Spektrális csatornák	Elérhetőség
AVHRR	1 km	1 nap	NDVI	Publikus
CBERS	10 m-ig	26 nap	B, G, R, Nir	Kérésre
COSMO	1 m-ig	16 nap	SAR	Kérésre (publikus)
Deimos	22 m	2-3 nap	G, R, Nir	Kérésre (kereskedelmi)
Formosat	8 m	1-2 nap	B, G, R, Nir	Kérésre (kereskedelmi)
KOMPSAT	4-6 m	14 nap	B, G, R, Nir	Kérésre
Landsat	30 m	16 nap	B, G, R, Nir, SWIR, TIRS	Publikus
MODIS	250 m-ig	1-2 nap	36 csatorna	Publikus
Pleiades	2 m	napi szintig	B, G, R, Nir	Kérésre (kereskedelmi)
Probe-V	0,3-1 km	1-2 nap	NDVI	Publikus
Radarsat	1-100 m	napi	SAR C-csatorna	Kérésre
RapidEye	6,5 m	napi szintig	B, G, R, RE, Nir	Kérésre (kereskedelmi), részben publikus
PlanetScope	3 m-ig	napi szintig	B, G, R, Nir	Kérésre (kereskedelmi)
ResourceSat-1/2	6-70 m	5 nap	G, R, Nir, SWIR	Kérésre
Sentinel	5 m-ig (SAR), 10 m-ig (optika)	5-15 nap	SAR, 13 csatorna	Publikus
SPOT	6-20 m	napi szintig	B, G, R, Nir	Kérésre (kereskedelmi)
TerraSAR, TanDEM	< 1 m - 40 m	11 nap	SAR	Publikus
WorldView	< 1 m	néhány nap (régiónál függően)	B, G, R, Nir, + 4 további csatorna	Kérésre (kereskedelmi)

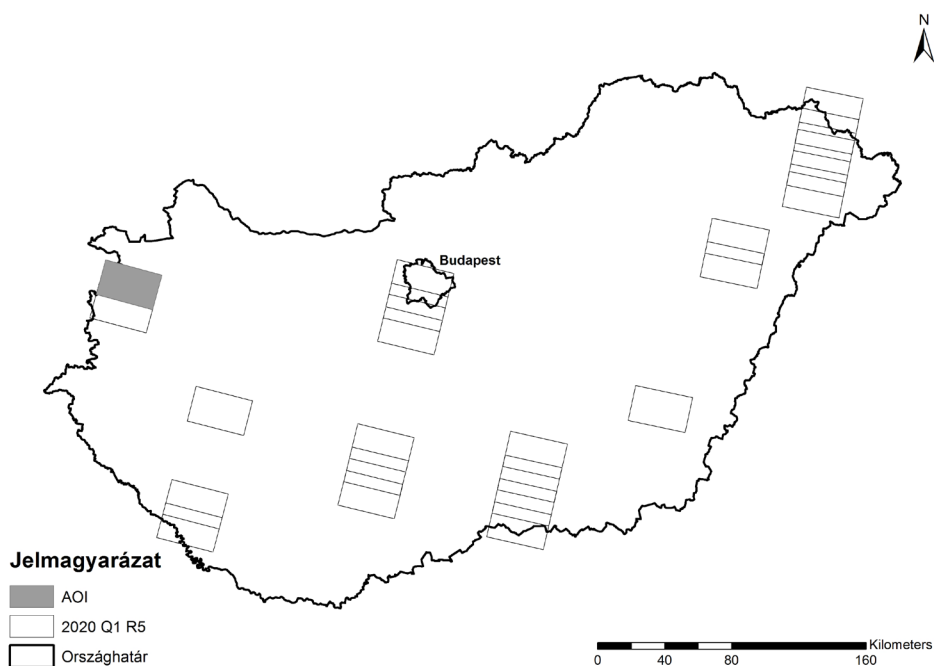
Forrás: SCHAUBERGER ET AL. 2020

A vetésszerkezet meghatározásában és a hozambecslésben egyre inkább népszerűek az ingyenesen elérhető műhold adatok alkalmazása. Az eredmények pontosságának meghatározásában nagyon fontos szerepet tölt be a műholdas felvételek térbeli és spektrális felbontása. (HIVELY ET AL. 2018; SIBANDA ET AL. 2017; SCHAUBERGER ET AL. 2020). A napjainkban elérhető műholdas adatok főbb tulajdonságait az *1. táblázat* foglalja össze.

Jelen munkánkban a széles körben alkalmazott Sentinel-2 műhold multispektrális csatornáit, és a Planet által a 2020 Q1 R5 adatsomagjában magyarországi mintaterületekről előállított 8 csatornás multispektrális mintaadatait alkalmaztuk a mintaterület vetésszerkezetének meghatározására.

Anyag és módszer

A Planet multispektrális mintaadat készletben összesen 23 db csempe állt rendelkezésre, a felvételek készítésének időszaka 2020.03.17. – 2020.04.24. között volt. A csempék elhelyezkedését az országban az *1. ábra* jelöli. A vetésszerkezet meghatározáshoz a térképen szürkével jelölt Nyugat-Dunántúlon elhelyezkedő 21x35 kilométeres kiterjedésű csempét választottuk, mivel innen rendelkezünk terepi információkkal az őszi vetésű szántóföldi növényekre vonatkozóan. A Planet adatok közül a felszíni reflektancia (Surface reflectance) információkat tartalmazó felvételeket alkalmaztuk.



1. ábra A vetésszerkezet meghatározásához kiválasztott Planet csempe

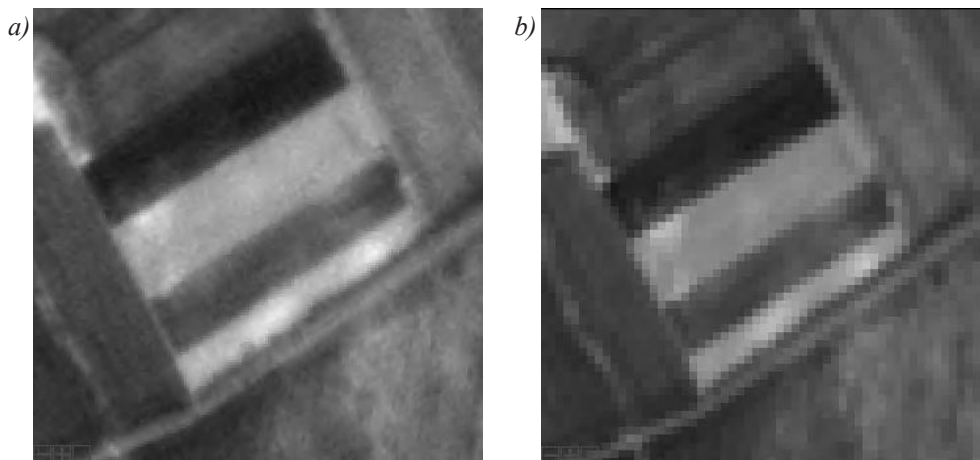
2. táblázat A teszt során felhasznált multispektrális csatornák

Sentinel-2 csatornák	Planet csatornák
1 -Coastal Blue	1 – Coastal Blue
2 – Blue	2 – Blue
3 – Green	3 – Green 1
4 – Red	4 – Green 2
5 – Vegetation Red Edge	5 – Yellow
6 – Vegetation Red Edge	6 – Red
7 – Vegetation Red Edge	7 – Red Edge
8 - Nir	8 - Nir
8A – Vegetation Red Edge	
11 – SWIR	
12 - SWIR	

Az adatok összehasonlításához a Planet 7 darab, 3 méteres terepi felbontású, a Sentinel-2 10 darab, 10 méteres felbontásra újrámintavételezett csatornáit használtuk (2. táblázat). Az osztályozás során az 1-es csatornát kihagytuk az osztályozásból.

A kiválasztott mintaterületről a Planet felvétel 2020.03.19-én készült, így ehhez az időponthoz legközelebb lévő (2020.03.18.) felhőmentes Sentinel-2 felvételt választottuk ki az összehasonlításához (2. ábra).

A vetésszerkezet meghatározása során a térképezett növények: az őszi káposztarepce, őszi búza, őszi árpa és lucerna voltak. A teszt során kettő, pixel alapú véletlen erdő (Random Forest) osztályozást végeztünk: az egyik során csak a repcét és kalászosokat különítettük el, a másik során pedig mind a négy szántóföldi növényt. A tanító és ellenőrző területek méretét a 3. táblázat szemlélteti.



2. ábra Planet (a.) és Sentinel-2 (b) RGB csatornák nagyított részlete

3. táblázat Alkalmazott tanító és ellenőrző területek

Sorszám	Osztály	Tanító (ha)	Ellenőrző (ha)
1	őszi káposztarepce	147,79	125,75
2	őszi búza	68,01	56,68
3	őszi árpa	25,95	17,86
4	lucerna	39,64	52,29

4. táblázat Az osztályozások előállítói és felhasználói pontosságai

Osztály	Planet		Sentinel-2	
	Prod. Acc.	User Acc.	Prod. Acc.	User Acc.
	(Percent)	(Percent)	(Percent)	(Percent)
őszi káposztarepce	94,65	99,35	99,17	99,87
őszi búza	51,26	43,30	47,59	81,09
őszi árpa	40,55	43,76	42,67	68,00
lucerna	30,35	32,31	100,00	56,69

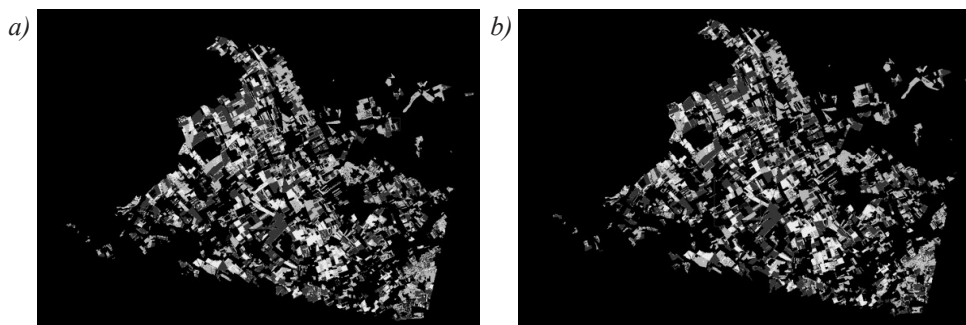
A Random Forest egy nem parametrikus osztályozási algoritmus, amely egy bináris döntési fát épít fel, s ezeken a döntéseken egyesével végig haladva helyezi egyre homogénebb osztályokba az adatokat (RICHTER ET AL. 2016). Az osztályozó kevésbé érzékeny a tanító területek minőségére. Az algoritmus paraméterezése során két változót szükséges megadni: az első, a kialakítandó fák száma, a második pedig, a választott attribútumok száma. Az osztályozást azonos tanító adatbázissal és paraméterekkel alkalmaztuk mindkét adatbázisra.

Eredmények

A Random Forest osztályozás eredményeit klasszikus tematikus pontosság mutatókkal értékeltük. A két kategóriás osztályozás során, ahol az őszi vetésű kalászosokat és az őszi káposztarepcét különítettük el, a Planet felvételek esetében a teljes pontosság 98,22% (Kappa=0,897) volt, míg a Sentinel-2 esetében 97,617% (Kappa=0,86).

A négy szántóföldi növény elkülönítése során a Sentinel-2 felvételeken elvégzett Random Forest osztályozás teljesített jobban (OA=83,03%, Kappa=0,736), míg a Planet adatok esetében a teljes pontosság 67,76% (Kappa= 0,511) volt. Az osztályozások pontosság vizsgálatának eredményeit a 4. táblázat szemlélteti részletesen.

A 4. táblázatban jól látható, hogy a Planet felvételeken a lucerna találati pontossága jóval alacsonyabb volt, mint a Sentinel-2 esetében. A lucerna esetén alacsony előállítói és felhasználói pontosság arra utal, hogy az algoritmus alacsony pontossággal találta meg a valóban lucerna pixeleket, és sok más területet is lucernának sorolt be. A két adatkészlet között ennél az osztállynál tapasztalható a legnagyobb



3. ábra Osztályozott Planet felvétel (a.) és Sentinel-2 (b.) felvételek (zöld: őszi búza, kék: őszi árpa, piros: őszi káposztarepce, sárga: lucerna)

különbség, a két kalászos kategória esetében az előállítói pontosság közel azonos, viszont a Planet esetében más kategóriákat nagyobb valószínűséggel osztályozott a két kalászos közé. A két osztályozás eredményeit a 3. ábra szemlélteti.

Következtetések

A munkánk során azt az eredményt kaptuk, hogy a Sentinel-2 10 db multispektrális csatornáján elvégzett Random Forest osztályozás pontossága a négy szántóföldi növény szétválasztása esetében magasabb lett, mint a Planet 7 db multispektrális csatornáján. A Planet 6 csatornájának hullámhossz tartománya egyezik meg a Sentinel-2 csatornáinak hullámhossz tartományával, a Planet 5. (Yellow) csatornája által lefedett hullámhossz tartományban (590–630 nm) a Sentinel-2 nem készít felvételeket. A Sentinel-2 6.; 7.; 8.; 11. és 12. csatornáinak hullámhossz tartományában pedig a Planet nem rögzít adatokat. Ezek közül a vegetációs vörös él tartományban (6.; 7.) és a közeli infravörös tartományban (8.) készített felvételek nagy mértékben járulnak hozzá a különböző vegetáció típusok elkülönítéséhez, ami magyarázhatja az osztályozási pontosság különbséget a két adatbázis között. A Planet multispektrális adatok nagy előnye a 3 méteres terepi felbontás az egész hullámhossz tartományban, mely lehetővé teszi a kisebb kiterjedésű és részletesebb felszíni formák elkülönítését is. A vetésszerkezet meghatározás során a nagyobb terepi felbontás lehetővé teszi a kis méretű, szűk, „nadrágszűj” parcellák növénykultúráinak meghatározását is.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- Global Commission on Adaptation, 2019. WEB: https://cdn.gca.org/assets/2019-09/GlobalCommission_Report_FINAL.pdf; Letöltés: 2020.03.11.
- HIVELY, W.D. – LAMB, B.T. – DAUGHTRY, C.S.T. – SHERMEYER, J. – MCCARTY, G.W. – QUEMADA, M. (2018): Mapping crop residue and tillage intensity using WorldView-3 satellite shortwave infrared residue indices. *Remote Sensing*, (10), pp. 1–22.
- KARAKIZI, C. – OIKONOMOU, M. – KARANTZALOS, K. (2016): Vineyard detection and vine variety discrimination from very high resolution satellite data. *Remote Sensing*, 8, pp. 1–25.
- LIAGHAT, S. (2010): A review: the role of remote sensing in precision agriculture. *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 5(1), pp. 50–55.
- RAY, D.K. – RAMANKUTTY, N. – MUELLER, N.D. – WEST, P.C. – FOLEY, J.A. (2012): Recent patterns of crop yield growth and stagnation. *Nature Communications*, (3), pp.1–7.
- RICHTER, R. – REUA, B. – WIRTHA, C. – DOKTOR, D. – VOHLAND, M. (2016): The use of airborne hyperspectral data for tree species classification in a species-rich Central European forest area. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 52, pp. 464–474.
- SCHAUBERGER, B. – JÄGERMEYR, J. – GORNOTT, C. (2020): A systematic review of local to regional yield forecasting approaches and frequently used data resources. *European Journal of Agronomy*, 120, pp. 126–153.
- SIBANDA, M. – MUTANGA, O. – ROUGET, M. – KUMAR, L. (2017): Estimating biomass of native grass grown under complex management treatments using Worldview-3 spectral derivatives. *Remote Sensing*, 9, pp. 1–21.
- TILMAN, D. – BALZER, C. – HILL, J. – BEFORT, B.L. (2011): Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, pp. 20260–20264.
- YUAN, W. – CHEN, Y. – XIA, J. – DONG, W. – MAGLIULO, V. – MOORS, E. – OLESEN, J. E. – ZHANG, H. (2016): Estimating crop yield using a satellite-based light use efficiency model. *Ecological Indicators*, 60, 0pp. 702–709.

Térinformatika a karcagi növénynevelés szolgálatában

Czibalmos Róbert¹ – Fazekas Mónika Éva² – Murányi Eszter³ –
Nagy Attila⁴ – Harangi Attila⁵

¹ tudományos főmunkatárs, DE AKIT Karcagi Kutatóintézet, rczimb@agr.unideb.hu

² tudományos segédmunkatárs, DE AKIT Karcagi Kutatóintézet, fazekas.monika@agr.unideb.hu

³ tudományos segédmunkatárs, DE AKIT Karcagi Kutatóintézet, emuranyi@agr.unideb.hu

⁴ egyetemi docens, DE MÉK Víz és Környezetgazdálkodási Intézet, attilanagy@agr.unideb.hu

⁵ Dyntell Software Kft., hariattila@gmail.com

Abstract: Plant varieties bred by the Hungarian breeding houses in different agro-ecological conditions can bear the unfavourable factors of the regions with greater tolerance, so they provide advantages and yield stability for the farmers who choose from these varieties. The Farmers can contribute to the genetic potential of the planted seeds with only the applied agricultural technology. The stable genetical background (the high quality seeds) is provided by plant breeding to the farmers. Breeding is a long and tiring task: the classical breeding process, which usually takes 8–10 years, starts with selecting variety assignments and its growing. Finally new, stable varieties are produced which can provide balanced, high yield and also have good or significant qualitative features among extreme conditions. They can bear the unfavourable conditions of the region with greater tolerance, so provide significant yield stability for the farmers. In Karcag plant breeding introduces and uses space IT methods (remote sensing, precision agriculture) and soil-friendly agro-technical methods, which greatly support the aims of breeding. The main goal is to provide harmonical growing of the nursery, the large punctuality and to decrease the number and cost of agricultural operations. In this study, the new methods and technologies applied in plant breeding in Karcag are introduced.

Bevezetés

A növénynevelés célkitűzése olyan új fajták előállítására, amelyek nagyobb termőképességűek, fokozott betegség-ellenállósággal rendelkeznek és biztos biológiai alapot biztosítanak a növénytermelés részére (BRAUN ET AL. 1997). A helyi adottságokhoz alkalmazkodni képes fajták nevelése adott agroökológiai viszonyok között a legkisebb környezeti terhelést jelenti, az adott tájfajta gazdaságosan, nagyfokú stabilitással termeszthető. Egy adott tájkörzethez alkalmazkodó tájfajta nevelése hozzájárul a környezeti fenntarthatósághoz is. A magyar búzatermesztés és nevelés komparatív előnye, hogy a termelési feltételek alkalmasak mind a magas fajlagos hozamok, mind a jó minőség előállítására (BEDŐ –LÁNG 2019). Globálisan a fenntartható intenzifikáció terjedése várható, ez a fajlagos hozamnövekedéssel csökkenti az ÜHG-kibocsátás mértékét, mert az így „megtakarított” területen hozzájárul a biodiverzitás növeléséhez (POPP 2020). A klímaváltozás évtizedeiben csak a nagy plaszticitású, magas fokú abiotikus és biotikus stressztűrő-képességgel rendelkező fajták perspektivikusak, így az ilyen típusú tájfajták nevelése jelenünk egyik nagy kihívása és a nevelők hosszú távú célkitűzése kell legyen (CZIBALMOS 2016). A magyarországi növénynevelés és vetőmagtermesztés helyzete az utóbbi három évtizedben jelentős változáson ment keresztül. A vetőmag-előállító terület az

országban 1980-ban 313 ezer hektár volt, ez az ezredfordulóra 150 ezer hektár alá csökkent (BEDŐ 2004). Habár a terület csökkent, örvendetes, hogy a fémzárolt vetőmag mennyisége viszont alig, ez jelzi a vetőmag előállítás és szaporítás minőségi javulását. Mivel a vetőmagszektor megőrzése és fejlesztése nemzeti érdek, kiemelt figyelmet érdemel. A piacok átjárhatóságával az ágazat lehetőségei bővültek, de ugyanakkor a verseny is erősödött. A multinacionális cégek tenyészkertjeikkel, vetőmagüzemeikkel itt vannak az országban és ebben a kiélezett piaci környezetben hosszú távon csak azok a magyar nemesítőházak, vetőmagtermesztők maradnak talpon, amelyek a még meglévő komparatív előnyeiket jól kamatoztatják fajtáik előállításakor. A XXI. század elhozta a hagyományos vetőmag-előállítás mellett az ökológiai vetőmagtermesztést és a genetikailag módosított növényfajták szaporítását. E három irányzat közül az utóbbi törvényileg tiltott, moratórium alatt áll hazánkban. Ezt a kegyelmi állapotot minél hosszabb ideig ajánlott megőriznünk, mert a multinacionális cégek GMO kukorica és gabonahibridjeikkel néhány év alatt letarolhatják a magyar nemesítést és vetőmagipart (HESZKY 2008). Amennyiben a még élő moratórium megszűnik, csak a hibridkukorica vetőmagpiacán mintegy évi 300 milliárd Ft-os veszteségre számíthat az ágazat (BALLA 2009). Melyek is azok a komparatív előnyök, amelyeket ki kell használnunk? Elsősorban a kedvező ökológiai adottságok, a tájfajták, a hazai évszázados nemesítői, termelői tapasztalatok, ismeretek. Ide kell sorolnunk még a legújabb termesztési rendszerek, geostatistikai és térinformatikai alkalmazásokat (MESTERHÁZI 2018) és a precíziós gazdálkodás (továbbiakban PG) és az ehhez kapcsolódó technológiákat, mint a talajnedvesség-megőrző (BERÉNYI ET AL. 2018) és aszálykárt csökkentő új művelési rendszerek (CZIMBALMOS 2017a,b). Az agrárszakma egyetért abban, hogy a növény-nemesítésben, a termesztésben a PG napjainkra már megkerülhetetlen lett (TAKÁCS 2017). A klímaváltozás hatása évtizedek óta hazánkban is egyre jobban tetten érhető és mérhető. Mit okoz ez? A talaj termőképessége sérül (STEFANOVICS ET AL. 1999), termőtalajainkat erodálja, a szélviharok az értékes feltalajaink termőrétegét koptatják, a talaj szervesanyag készletei ezáltal csökkennek (MÁTAI 2016). A klímaváltozás negatív hatásainak kivédése mellett egyre nagyobb figyelmet kapnak a precíziós elképzelések, az informatikai alapú műszaki megoldások, a szenzorok és drónok szerepe még inkább megnő (SZELLŐ 2018). A rendelkezésünkre álló nyers műholdfelvételek elemzésével a növényi állomány – a változó klorofilltartalom alapján – egészségi állapotára lehet következtetni (NDVI¹, Vörös Él Index). A műholdfelvételekből megfelelő transzformációs folyamatok után a várható termésre nagy pontosságú becslés is adható (HARANGI 2017). A 40-30-30-as arany szabály² maximális kihasználására kell

¹ A távérzékelésben a Normalizált Vegetációs Index (NDVI - Normalised Difference Vegetation Index) egy első generációs index, a fotoszintetikusan aktív vegetációt mutatja. A vegetáció elemzésére elsősorban a növények szöveti sajátosságaiból adódó tulajdonságok miatt, a látható fény 400 és 700 nm közötti tartománya, valamint a közeli infravörös 700 nm-től 1300 nm-ig terjedő tartománya a legalkalmasabb spektrális elemzésre.

² Egy növénytermesztő gazdaság hozamait 40%-ban az ökológiai adottságok, 30%-ban a felhasznált vetőmag genetikai háttere és 30%-ban az agrotechnika határozza meg.

törekednünk, hisz egy nemesített fajta értékes vetőmagjának genetikai potenciálját csak így közelíthetjük meg. Egy növénynemesítő intézetnek az utóbbi két évtized térinformatikai vívmányait, a már elérhető fejlesztéseket is alkalmaznia kell a komplex nemesítői feladatai ellátásakor (törzsanyag előállítás, fajtafenntartás, nemesítés, talajművelés és betakarítás, törzsanyag, fajtajelöltek megfelelő kezelése és tárolása, a törzskeverékek, a szuperelit és elit anyagok felszaporítása). Egy PG technológiával támogatott termelés 7–10 százalékos terméstöbbletet ad, de a helyesen megválasztott vetőmag még mindig 25–30 százalékos többletet jelent (CSURJA 2020)! A megfelelő szaktudás, ismeretek megszerzése alapkövetelmény, az összes nemesített fajta többéves összetett adatbázisának kialakítása megkerülhetetlen, a teljes nemesítés és művelés vertikumában a humán oldal megfelelő képzettségén vagy képzetlenségén múlik a siker (GÖNCZI 2020). Annak ellenére, hogy pl. Jász-Nagykunszolnok megye gazdálkodóinak jó egynegyede rendelkezik a PG bevezetéséhez, alkalmazásához és a mulcsműveléshez szükséges erő- és munkagép parkkal, ezeket nem rendszerbe szervezve használják (CZIMBALMOS 2017b). Célunk bemutatni azokat az általunk használt elsődleges és másodlagos adatnyerési forrásokat, GIS alkalmazásokat amelyek nagyban támogatják a növénynemesítés, a szuperelit és az elit szaporítóanyag előállítás folyamatait. Ezek technikai, szoftveres- és hardveres háttere már két évtizede kidolgozottak, ennek ellenére robbanásszerű elterjedésük még mindig nem következett be. A szűk keresztmetszet már nem ezen rendszerek bekerülési értéke, hanem a megfelelő szaktudás és a szűkösen mért nemzeti és uniós célzott támogatások hiánya (TAKÁCSNÉ 2015).

Anyag és módszer

A DE AKIT Karcagi Kutatóintézet Növénynemesítői és Fajtafenntartási Osztályának tenyészkertjei az Alföld legszélsőségesebb táján találhatóak, erősen száraz klímával, ahol az évi átlagos csapadék 400–550 mm. Az őszi búza, őszi árpa, tritikále és az alternatív növényfajok fajtafenntartása, fajtaelőállító nemesítése, a törzskeverékek és a magas szaporulati fokú vetőmagok előállítása az Intézet jobb minőségű (B1, B2, I2 és H2 jelű) tábláin zajlik, mélyben szolonyeces réti csernozjom talajokon (*1. ábra*). A nemesítés területigénye 10–12 hektár, az izolációs távolság megtartása miatt a cirokfélék elhelyezése évente még plusz területeket igényel. A szuperelit és elit és elsőfok tételeinek évenkénti előállításának területigénye már nagyobb, 5–30 hektár között is lehet. Elsődleges célkitűzés a nemesítés során a kiváló alkalmazkodóképesség és kedvező beltartalmi mutatók (magas fehérjetartalom, kedvező aminosav-összetétel), a koraiság, valamint a kiváló aszály- és fagyűrész elérése. A nemesítési programunk módszere a kalászkiválogatáson alapuló pedigre szelekció.

Nemesítési célunk korai, bőtermő, jó szárszilárdságú, a kedvezőtlen klimatikus és talajtani adottságoknak ellenálló fajták előállítása. Nemesítési programunkban a kiválóan bizonyult alapanyagok felhasználásával állítunk elő olyan törzseket, melyek megfelelnek a termesztők igényeinek (CZIMBALMOS 2019).



1. ábra A 2019/2020-as időszak nemesítői tenyészkerjének elhelyezkedése
(Forrás: saját szerkesztés)

A karcagi nemesítésű fajtasortiment – 14 faj 38 fajtája – nemesítése hagyományos módszerekkel történik, szerény területi és humán erőforrás-kapacitás mellett, ezért kiemelt fontossággal bír a jó minőségű agrotechnika mellett a rendelkezésre álló szűkös erőforrások minél hatékonyabb kihasználása. Ebben segít – a nemesítés és az Intézet akkreditált laboratóriumának eszköztára mellett – a vetőmag előállítás sajátos agrotechnikája, a térinformatika – ezen belül a távérzékelés, a PG – a Debreceni Egyetemen és az Intézetben kiépített eszköztára. A GIS alkalmazások és a precíziós gazdálkodás RTK vezérlésű erőgép parkja a speciális GIS szoftverek futtatására alkalmas irodai (ArcGIS 9.2, WayQuest, Digiterra Explorer v4, GoogleMaps), a terepi, nagy pontosságú GPS eszközök (Thales MobileMapper, Trimble RTK) és az intézet forgatás nélküli művelési rendszerén belül kialakított és alkalmazott erő- és munkagépi háttér (CZIMBALMOS ET AL. 2017c).

Eredmények

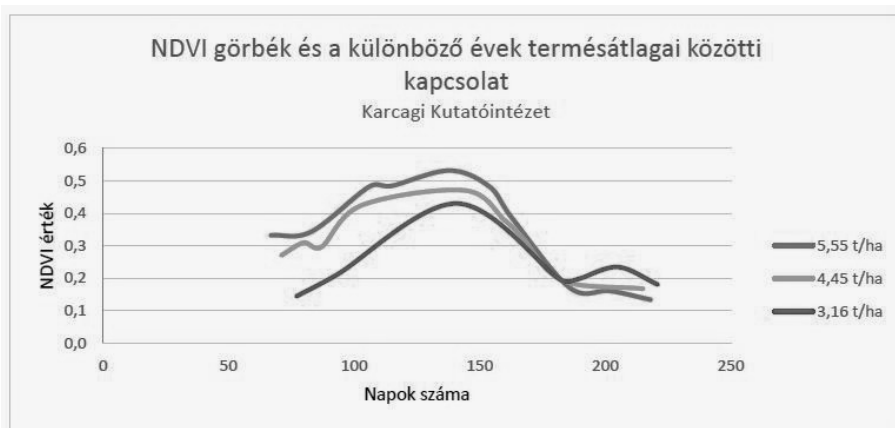
A PG adaptív módon alkalmazza a térinformatika, a geostatistika és a távérzékelés innovációs eredményeit. A kutatások eredményei üzemi szinten alkalmazásra kerültek, a nemesítés területén is megjelentek: nagy pontosságú (DGPS) talajmintavételek, vizsgálatok, majd az ezek alapján kialakított differenciált tápanyagutánpótlási terv, táblán belüli, heterogén módon kivitelezett periodikus mélyművelés, RTK-val támogatott vetés, növényápolás, forgatás nélküli

műveléstechnológia. A növénytermesztés paradigmaváltása – a műveléstechnológiai váltás, a digitalizáció és a PG hármasa – nem érte váratlanul az Intézetben zajló GIS kutatásokat. Csak ezzel a komplex technológiával csökkenthető az egységnyi területre jutó tüzelőanyag, műtrágya, vetőmag és élőmunka felhasználás, hozam- és minőségcsökkenés nélkül. A nemesítési tevékenységek a nemesítői tenyészkert szakszerű kiválasztásával, majd a terület igényes talajelőkészítésével kezdődik, figyelembe véve a megfelelő izolációs távolságokat, a megfelelő előveteményeket. Az adatgyűjtésnél **elsődleges** (saját mérések, drága) és a fajlagosan olcsóbb, **másodlagos forrásokat** (GIS adatbázisok, műholdfelvételek, attributív adatbázisok) használunk. A tenyészkert tervezésekor a helyismeret, a szakmai szempontok betartása mellett a terepi mérések, a parcellák kimérése hagyományos módszerrel időigényes feladat.

- Ezt gyorsítják, pontosítják – az **elsődleges adatgyűjtés** keretein belül – a nagy pontosságú kézi GPS készülékek, amelyekkel a következő feladatokat végezzük: szabályos és szabálytalan alakú poligonok kimérése, a sarokpontok rögzítése, terepakadályok, pontszerű létesítmények kimérése, ellenőrző hossz- és területmérések, vis maior események által sújtott területfoltok felmérése, talajmintavételezési pontok megtervezése, rögzítése, mintavételek kivitelezése, tápanyagellátottsági és egyéb tematikus térképek készítése, meghatározott pontokra navigálás, évenként ismétlődő területmérési feladatok végzése stb. A szubméteres pontosságú terepi felmérés után a tenyészkertek vetésterveinek kialakítása irodai körülmények között folytatódik, a terepen rögzített adatok felhasználásával, de már centiméter pontossággal. Első körben táblázatkezelőn elkészülnek a tenyészkertek vetéstervei az összes fajra és fajtára, amelyek az esetleges terepi akadályok figyelembevételével a szegélyek, művelőutak, magasfeszültségű oszlopok betervezésével kerülnek kivitelezésre. A kataszteri térképfedvények adják a térképi alapot, ezeken jelenítjük meg, pontosítjuk a saját szerkesztésű térképlapjainkat. Ezekre kerül rávezetésre a mérethelyes, aktuális tenyészkert, amely így már az adott évet tartalmazó, új tematikus térkép (jelen írásban a 2019/2020-as tenyészidőszak térképi és attributív adatbázisa). A tematikus térkép az irodai kivitelezés után nyersanyagként szolgál a kutatók és az asszisztencia számára, akik a terepen végzik a parcellák kimérését és a szezonális nemesítési feladatokat. A szükséges talajelőkészítés után következik az őszi fajták vetése speciális kisparcellás, számítógép vezérelt, nagy pontosságú önjáró vetőgépekkel. A tavaszi fenofázisban a parcellák sarokpontjait és poligonjait GPS-el újra rögzítjük, szerkesztjük, így megkapjuk a tenyészkertek végleges, tematikus térképi adatbázisait (*1. ábra*). Itt már részletesen és cm pontosan jelennek meg a parcellák, a forgók, a kimaradt területrészek és a tavaszi vetésűek parcellái, az új kísérletek poligonjai a szükséges alapinformációkkal (név, méret, kezelések, kép- és videóanyagok adatbázisai; ezek az elsődleges adatnyerés forrásai). Az őszi és a tavaszi talajművelés, talajelőkészítés lehetőségek szerint minél kevesebb menetben és jó minőségben kerül kivitelezésre, a forgatás nélküli művelés protokollját követve.

- A **másodlagos adatgyűjtés** keretein belül a késő tavaszi-kora nyári időszakban, amikor a terméskötődés és a vegetatív tömeg fejlődésének legintenzívebb fázisába lépünk, elkezdhető a LANDSAT műholdképek felhasználásával a táblaszintű NDVI vizsgálata. A képelemzés célja termés nagyságának, az esetleges termésveszteségnek a becslése. A ROUSE ÉS MUNKATÁRSAI (1973) által kifejlesztett index a növényzetborítás biofizikai állapotának jellemzésére használatos (GULÁCSI – KOVÁCS 2015). Az NDVI korrelál a területet takaró növényzet fajlagos klorofill tartalmával. (MIKA ET AL. 2011). Az index magasabb értéke a levélzet nagyobb életerejét és fotoszintetikus kapacitását jelzi, vagyis az egészséges, nagyobb biomasszájú vegetációnak nagyobb a közeli infravörös és a vörös tartomány reflektancia értékek közötti hányadosa, mint a kisebb biomassza tömegű állományok esetében (BURAI – TAMÁS 2005). Ebből következően ez a vegetációs index jól használható a biomassza vizsgálatokhoz. Az Intézet ilyen jellegű kutatásai – a DE oktatóival együttműködve – már 2016-ban elkezdődtek és elsősorban az NDVI vizsgálatra koncentrálnak.

A 2013–2016 közötti őszi búza termésadatok, az éves meteorológiai adatok, a letölthető műholdfelvételek előfeldolgozása után egy szakdolgozatban rögzített módszertan szerint (HARANGI 2007) a következő eredményeket adták: Az NDVI értékek alapján elkészített reflektancia görbékkel követhetjük a növények életciklusát a szárbaindulástól az aratásig. A görbék legmagasabb értékei a búza teljes érési fázisának kezdetét jelzik, amikor a növényállomány magas víztartalommal rendelkezik. Ezen a ponton már következtetni lehet a várható termésmennyiségre. Az NDVI értékek csökkenése az év 150. napja körül (május vége – június eleje), a klorofilltartalom fokozatos fogyatkozását mutatja, ekkor a növény veszít nedvességtartalmából. A görbék egészen a betakarítás idejéig zuhannak, majd az aratás után a különböző görbék értékei kis eltéréssel, de hasonló értéket mutatnak. Az összehasonlított időszakban az Intézet búzáinak átlagos terméshozamai (2. ábra) hasonlóságot mutatnak a mért NDVI értékekkel.



2. ábra *Eltérő búza termésátlagok és az NDVI éves alakulása közötti összefüggés*
(Forrás: Harangi)

Következtetések, javaslatok

A klasszikus nemesítési eljárások során alkalmazott térinformatikai eljárások, a talajkímélő-, nedvességmegőrző, forgatás nélküli agrotechnikai eljárások bevezetésével a növénynemesítési feladatok optimális körülmények között, jobb minőségben, kisebb élőmunka ráfordítással és alacsonyabb költségek mellett kerülnek kivitelezésre. Megfogalmazott következtetéseink:

- A jó genetikai adottságú vetőmag mellett a térinformatika – ezen belül a PG és távérzékelés – alkalmazásával tovább növelhető a hozam, a termésbiztonság, csökkenthető a termelési költség és hosszú távon fenntartható gazdálkodás folytatható.
- Az elsődleges és egyben a drágább, nagyobb élőmunka igényű adatnyerési eljárások megkerülhetetlenek, de ezeket mindenképpen ki kell egészíteni a másodlagos adatnyerési eljárásokkal.
- Az egyik alkalmazott másodlagos eljárás műholdfelvételek használata termésbecsléshez: jelen esetben az adott növényfajára jellemző egyedi NDVI reflektancia görbe segítségével becsülhető a várható termésátlag a betakarítás megkezdése előtt.
- Az osztályon belül kialakított GIS rendszer megbízhatóságának javításához, pontosabb elemzések elvégzéséhez még több adatra van szükség, ennek forrását a másodlagos adatnyerési eljárások biztosíthatják.
- A térinformatikai rendszer kialakításához, működtetéséhez, a geometriai és az attributív adatbázisok feldolgozásához megfelelő szakmai ismeretekkel rendelkező térinformatikus humán háttér szükséges.

Felhasznált irodalom

- BEDŐ Z. (2004): A vetőmag születése. Agroinform Kiadó, Bp., pp. 26–27.
- BEDŐ Z. – LÁNG L. (2019): Fajtahasználat a magyar búzatermesztésben. *Gazdálkodás*, 63 (4), pp. 278–289.
- BERÉNYI J. – TÁNCZNÉ ÓVÁRI Cs. (2018): Csökkenthető az aszálykár? *AgroNapló*, 22(2), pp. 17–18.
- CSURJA Zs. (2020): Precíziós, pontos és fontos: sok pénzt ér a helyes mérés. *Agronapló*, 2020.02.sz., 27. p.
- CZIMBALMOS Á. (2016): Az évjárat hatása az őszi búza egyes értékmérő tulajdonságaira a Nagykunságban. Doktori értekezés. Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Debrecen. 166. p.
- CZIMBALMOS R. (2017a): Helyspecifikus gazdálkodás alkalmazásának tapasztalatai a forgatás nélküli művelésben Karcagon. Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában. Debrecen Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 73–80.
- CZIMBALMOS R. – KOVÁCS GY. (2017b): Experiences of introduction of reduced tillage – an answer for the negative effect of climate change – and spreading in Jász-Nagykun-Szolnok county. II East-West Cohesion International Conference, Abstract Volume, pp.22.

- CZIMBALMOS R. – KOVÁCS GY. – TUBA G. (2017c): Alacsony termelési költségeket és magas hozamokat biztosító új talajvédő művelési rendszer alkalmazásának tapasztalatai Karcagon. Magyar vidék – Perspektívák, megoldások a XX. században, I. Vidékfejlesztési Konferencia, Szarvas, pp. 54–59.
- CZIMBALMOS Á. – CZIMBALMOS R. – MURÁNYI E. – FAZEKAS É.M. (2019): A karcagi őszi árpa nemesítés eredményeiről, valamint a legújabb fajta (KG Nagykun) bemutatása. In: Növénynevelés a 21. század elején: kihívások és válaszok: XXV. Növénynevelési Tudományos Nap, 2019, Budapest, Magyarország, Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának Növénynevelési Tudományos Bizottsága, 262–265.p.
- HARANGI A. (2017): Termésbecslés lehetőségének becslése LANDSAT 8 műholdfelvételek alapján. DE MÉK Víz- és környezetgazdálkodási Intézet, Diplomamunka, Informatikus és szakigazgatási agrármérnök szak, 53.p.
- HESZKY L. (2008): A GMO kukoricahibridek termesztésének előnyei és hátrányai. AgroNapló, 2008.4.sz.
- MÁTAI B. (2016): Éghajlatváltozás, megelőzés és alkalmazkodás, Herman Ottó Intézet, Budapest, pp. 9.
- MESTERHÁZI P.Á. (2018): A térinformatika és a geostatistika szerepe a pre-cíziós növénytermesztésben. Precíziós Gazdálkodás, Agroinform Média Kft. Bp. ISBN 978-615-00-3043-2, 24.p.
- STEFANOVICS P. – FILEP GY. – FÜLEKY GY.(1999): Talajtan, Mezőgazda Kiadó, Bp.
- SZELLŐ G. (2018): Izgalmas 25 év, kihívásokkal teli jövő. Vetőmag, XXV. évfolyam, 4. sz., pp. 6–7.
- POPP J. (2020): A fenntartható élelmiszerellátás kihívásai az élelmi-szer&bioüzemanyag és a biodiverzitás & monokultúra kérdéseire kihegyezve. AgroNapló, 2020.2.sz., 31–33. p.
- TAKÁCSNÉ K. (2015): Agrárinnováció a gyakorlatban, avagy miért ilyen lassú a helyspecifikus növénytermelés terjedés? Gazdálkodás, 6, pp. 517–526.

Internetes források

- BALLA L. (2010): Növénynevelés és génmódosítás. Letöltés ideje: 2020.02.21. <https://www.biokontroll.hu/novenynemesites-es-genmodositas/>
- BRAUN, H.J. – ALTAY, F. – KRONSTAD, W.E. – BENIWAL, S.P.S. – MCNAB, A. (1997): Breeding priorities of winter wheat programs. In: Wheat: Prospects for Global Improvement. Developments in Plant Breeding, vol 6. Springer, Dordrecht. Letöltés ideje: 2019. március 20. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-4896-2_72#citeas
- GÖNCZI K. (2020): Lebutítható az okos farm a dolgozó szintjére? Így látják a termelők. Agrárszektor portál, Letöltés ideje: 2020.02.21. <https://www.agrarszektor.hu/noveny/lebutithato-az-okos-farm-a-dolgozo-szintjere-igy-latjak-a-termelok.19709.html>

A magánüdülők állományának alakulása Magyarországon (1960–2019)

Csordás László

CSc, tudományos főmunkatárs, Nemzetközi Gazdaságtan Tanszék, Neumann János Egyetem
Gazdaságtudományi Kar, Kecskemét, csordas.laszlo@gtk.uni-neumann.hu

Abstract: The holiday stock of Hungary increased from 11 thousand to 265 thousand from 1960 to 2019. At the time of the 2001 census data, 252,295 holiday buildings were counted in Hungary, today we can count on about 265,000. There are holiday homes in 1454 settlements, and in the 2001 census the largest number was counted in Siófok (6113), followed by Balatonkenese and Gárdonyi (5250, 5111). The settlements with holiday homes beautifully outline the surroundings of Lake Balaton, Lake Tisza and in some sections the Danube and the Tisza, places with attractive facilities and the most popular thermal and spa baths, as well as agglomerations. There were 3 districts in the country (Balatonfüredi, Balatonalmádi and Gárdonyi) and 87 settlements where the number of holiday buildings exceeded that of dwellings.

Bevezetés, célkitűzés

A XX. század utolsó harmadában a munka- és lakóhelyek mellett egyre nagyobb jelentőségre tettek szert a szabadidő eltöltésének színterei, melynek legfontosabb települési jegyei az üdülő-pihenő térségek megjelenése, elterjedése, térbeli bővülése, valamint a második lakások, ezen belül is az egyre növekvő szabadidőben használt szabadidő-lakások számának ugrásszerű és tömegmértű emelkedése (RUPPERT 1973; ENYEDI 1988; KOWALCZYK 1994; CSORDÁS 1995).

A második lakás egy magántulajdonban, vagy tartós használatban lévő ingatlan, amely olyan személy (család) alkalmankénti szállásul szolgál, aki azt nem tekinti állandó lakásának. Szabadidő-lakásnak a második otthonok közül azok nevezhetők, amelyeket túlnyomóan szabadidőben és csak átmenetileg (hétköznapokon a munkaidő után, hétvégéken vagy a szabadság ideje alatt) elsősorban szabadidős célokra használnak (RUPPERT 1973, 1994; COPPOCK 1977; BAUMHACKL 1989; MARTONNÉ ERDŐS 1990; CSORDÁS 1992, 1995, 1999).

A KSH 2001. évi üdülő-összeírása szerint Magyarországon a magántulajdonú üdülésre használt épületek száma meghaladja a negyedmilliót, a 4,3 millió darabos nemzeti lakásvagyon 5,9%-át, a bennük kialakított férőhelyek száma többszörösét teszi ki a kereskedelmi szállásférőhelyekének, fontos a szerepük a hazai (és részben a külföldi) népesség üdülési igényének kielégítésében, ezért a velük való foglalkozás különösen indokolt.

A tanulmány célja, hogy bemutassa Magyarország üdülőállományának időbeli alakulását, az adatokban meglévő esetleges ellentmondások okait, valamint a 2001. évi népszámlálás üdülő-összeírásának adatai alapján a szabadidő-lakások térbeli, települési képét.

Anyag és módszer

Mivel hazánk üdülőállományáról pontos képet adni igen nehéz, így annak bemutatásához a KSH, a népszámlálások, valamint (1990-re) a TAKEH (Tanácsai Költségvetési Ellátó Hivatal) adatait is felhasználtam.

A statisztikai gyűjtés 1980-ig nem közölt részletes adatokat sem az egyes megyékről, sem a településekről, illetve a lakásépítés adatai között szerepeltek az üdülők is, mint csak nyári/ esetleg időszakos használatra épített lakások. Az 1970-es évek nyaralóépítései a Területi Statisztikai Évkönyvben, illetve zsebkönyvekben érhetők el.

1981-től azonban minden évben külön közölték a megyei statisztikai évkönyvekben a "felépített magánüdülők" számát. Az adatokat a KSH felé a helyi tanácsok küldték meg. Azok az épületek kerültek ugyanis "épített magánüdülők száma" megjelöléssel a megyei KSH-nak küldött év végi adatközlő lapra, amelyeket a helyi tanács építési osztálya akként tartott nyilván, amikor a használatbavételi engedélyt az épületre megadta. Azon ugyanis nyilatkozni kell, hogy az épület – rendeltetését tekintve – lakás, üdülő, szerszámos kamra, vagy egyéb építmény. Valószínűsíthető ugyanakkor az is, hogy a KSH – a Földhivatalhoz hasonlóan – csak az üdülőterületen felépített épületeket tartja nyilván nyaralóként.

A TAKEH ugyanakkor mindazon épületeket üdülőként tartotta nyilván, amelyekre a helyi tanácsok az üdülőépület-adót kivetették. Így ebben az adatbázisában szerepelnek a települések üdülőterületén kívüli bel-, kül- és zártkerti területen létesített mindazon hétvégi házak, amelyek a folyó- és csatornaparton, a holtágak mentén épültek, valamint a falvakban, tanyákon a funkcióváltás következtében alakultak ki. Tekintettel a törvény adta lehetőségekre, még így is előfordult, hogy különböző okok miatt (adózási kedvezmény, kedvezőbb örökösödési illeték, stb.) az üdülőépületeket nem rendeltetésük alapján tartják nyilván a településeken, s így ez az adatbázis sem teljes. Annyi nyaralótulajdonos azonban biztosan volt az országban, ahányan a TAKEH nyilvántartásában szerepeltek.

Eredmények

Magyarország üdülőállománya a népszámlálások, a TAKEH és a KSH továbbszámított adatai szerint

Az első teljes körűnek tekinthető, 1960-ban végzett összeírás szerint 11059 időszakosan használt lakás (nyaraló) volt Magyarországon, és 100 lakásra átlagosan 0,4 üdülő jutott. Az 1970. évi népszámláláskor már országosan 32245-öt írtak össze,

és a fajlagos mutató 1-re emelkedett. Az 1980. évi népszámlálást megelőző 1979. évi üdülőépület-összeírásakor 127,6 ezer nyaralót vettek fel a jegyzékbe és a következő évi népszámlálás alkalmával mintegy 116 ezret „vallottak be”, azaz 100 lakásra 3,6 üdülő esett.

Sajnos 1990-ben – elsősorban a személyiségi jogokra hivatkozva – nem történt meg az üdülésre használt épületek összeírása, így a nyaralótulajdonosok adóztatásával foglalkoztató önkormányzatok adatait kezelő és összesítő Tanácsi Költségvetési Ellátó Hivatal (TAKEH) adatait használtam az állomány becsléséhez. E szerint 1990-ben 171595 fő fizetett valamilyen alapon adót az országban lévő üdülője után. Ekkor a 100 lakásra jutó üdülők száma 4,4 lehetett.

A 2001. évi népszámlálási adatfelvételkor Magyarországon 252295 üdülőépületet (ebből 6470 lakott üdülőt), valamint 15184 üdülőként használt lakást írtak össze (BAÁR – GRATZL 2004). A 100 lakásra jutó üdülőépületek száma közel 6 volt.

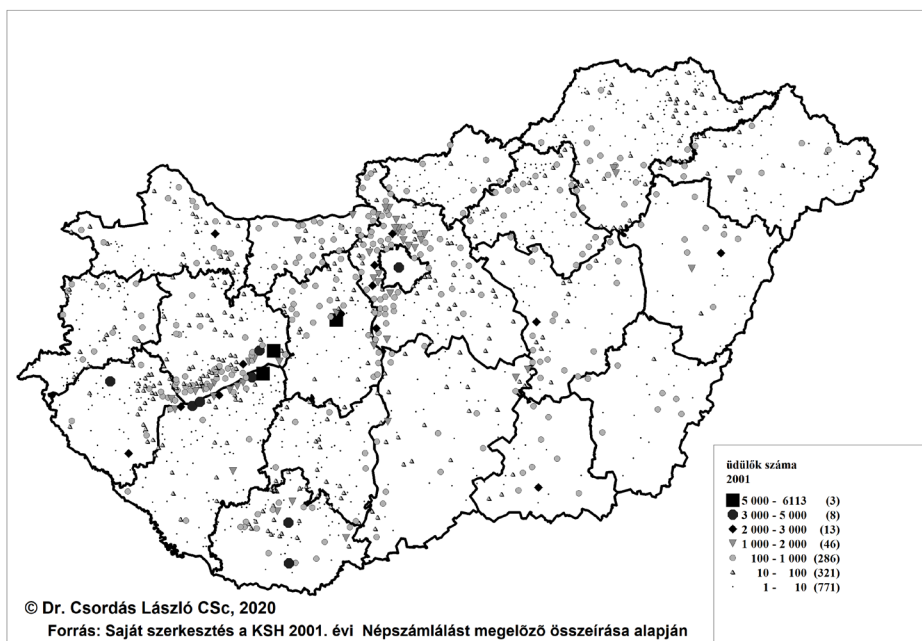
Sem 2011-ben nem készült részletes összeírás az üdülőkről, de 2021-ben sem tervezik ezt a népszámlálás keretében. Amennyiben a 2001. évi népszámlálást megelőző összeírástól (2000-től) számítjuk és becsüljük meg a napjainkban meglévő üdülők (üdülésre használt épületek) számát, akkor az az 1999 óta felépült szabadidő-lakások számával biztosan növekedhetett. Az ezredforduló elejétől 2019 végéig fokozatosan csökkent az évente felépített nyaralók száma: az évezred első két évében még az ezret is meghaladta, de 2012 óta még az 500-at sem éri el, 2019-ben pedig minden idők legalacsonyabb értékére, 257-re esett. Az elmúlt 20 évben összesen csak 12609 volt a kialakított üdülőegységek száma a KSH adatai szerint.

Azt azonban nem tudhatjuk, hogy a 2001 óta a belterületen üdülővé átminősített egykori lakóházakból, vagy az 1994 előtt létrejött zártkertekben, esetleg egyéb külterületen ideiglenes kialakított épületekből valójában még hányat számíthatnánk ehhez a körhöz, így napjainkban Magyarországon mintegy 265 ezer üdülővel biztosan számolhatunk, ami a 4474 ezres lakásállománynak az 5,9%-át teszi ki. Mindez azt is jelenti, hogy az üdülőállomány 1960-től napjainkig 11 ezerről 265 ezerre, mintegy 24-szeresére növekedett.

Magyarország üdülőállományának településenkénti képe, problémás esetei

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

A legjelentősebb üdülőtelepekkel rendelkező településeket tartalmazó *1. ábrán* megfigyelhető, hogy 1454 településen fekszenek nyaralók, s a 2001. évi üdülő-összeírásakor Siófokon számlálták össze a legtöbbet (6113 db), amit Balatonkenese és Gárdony (5250, 5111 db), majd Balatonfenyves és Fonyód (4243, 4004) követ.



1. ábra Az üdülőépületek száma Magyarország településein, 2001
 (Forrás: Saját szerkesztés a KSH 2001. évi népszámlálási adatai alapján)

Hat településen haladja meg számuk a 3000-et (Balatonalmádi, Budapest, Harkány, Zalaegerszeg, Pécs, Zamárdi), 13 helyen 2–3 ezer, 46 másikon 1–2 ezer közötti az épületek száma. A 100–1000, illetve a 10–100 nyaralóépülettel rendelkező helységeké nagyságrendileg hasonló (286–321), míg az eddig érintett összes település számát több mint százszal (771) múlja felül azoké, ahol csupán 1–10 üdülőépület található. A legnépesebb csoportban, közel 1800 településen persze egyáltalán nincs üdülő. A nyaralóval rendelkező települések szépen kirajzolják a Balaton – az első 11 közül 6 itt fekszik (MICHALKÓ 2007) –, a Tisza-tó, valamint bizonyos szakaszokon a Duna és a Tisza futását, emellett az agglomerációkhoz tartozó, s vonzó adottságokkal rendelkező, illetve a legkedveltebb termál- és gyógyvizes fürdőiről nevezetes helységeket is. A településállomány közel 46%-án lévő üdülők arra utalnak, hogy megvalósult az elmúlt évtizedekben ezek térbeli elterjedése, diffúziója is.

Az 1960-as és 1970-es években meghozott jogszabályoknak, valamint a „kádári aranykornak” köszönhetően – a 2001. évi népszámlálás összeírásáról készült kiadvány szerint (BAÁR – GRATZL 2004) a létező 252,3 ezer üdülőépületéből – 1970–79 között 83 ezer, majd a már problémákkal terhelt 1980–89 között 88 ezer, míg a rendszerváltás első évtizedében már csak 35 ezer nyaralót épít(h)ettek. Erre lehet következtetni az összeírt épületek építési évéből. Bár e rövid tanulmány keretei között nem lehet feladatomban, hogy a KSH népszámláláskori üdülő-összeírás, illetve évenkénti üdülőépítési módszertanait kritizáljam, az mégis figyelemreméltó, hogy a 2001-et megelőző 30 évre vonatkozó adatok egyáltalán nincsenek összhangban. Erre

utal az is, hogy az évenkénti üdülőépítési adatok összesítése szerint 1970–79 között 36 ezer, 1980–89 között 39,3 ezer, míg 1990–2000 között 16,5 ezer üdülő használatba vételét jelentették a települések a KSH felé. A különbség tehát igen tetemes, mintegy 120 ezernyi, azaz a jelenlegi állomány közel felét teszi ki, amelyért döntő mértékben a vonzó természeti környezetben és a városok közelében lévő zártkertekben kialakított hétvégi házak a „felelősek”, de a nyolcvanas évektől kisebb mértékben szerepet játszhat a falusi lakóházak megvétele és üdülőként való használata is. Nem hagyható ugyanis figyelmen kívül az a gyakorlat, hogy a rendeletek előírásai szerint a hétvégi házakat üdülőknek lehet számítani, ám az építési engedélyek kiadásakor valószínűleg nem hétvégi ház/üdülő építését kezdeményezték (hanem szerszámoskamráét), így az egyes évek végén az adatközléskor azokat nem tudták üdülőként figyelembe venni, míg a népszámlálások idején az üdülő-összeírásakor e funkciója alapján a nagyobbakat beleszámol(hat)ták az állományba. Ékesen bizonyítja ezt az is, hogy 2001. évi népszámlálás 15. – az üdülők adatait tartalmazó – kötetének a megyékre, a kistérségekre és a megyei jogú városokra vonatkozó adatai szerint a Debrecenben lévő 2821 üdülőépületből 383 darab épült 1990-2001 között, míg a KSH Hajdú-Bihar megyére vonatkozó évenkénti települési adatokat tartalmazó statisztikai évkönyvei szerint egyetlen darabot sem alakítottak ki.

Megjegyezhető azonban, hogy a 2001. évi népszámlálást megelőző üdülő-összeírással kapcsolatban olyan „ellentmondások” is kiderültek, hogy Debrecenben 2821, funkcióját tekintve üdülést szolgáló épületet írtak össze – mivel a zártkertekben kialakított hétvégi házakat is beszámították –, miközben a KSH évkönyvei szerint ott 1980-2000 között egyetlen üdülőépületet sem építettek. Hasonlóan „kirívó” különbségek több „kertes város”, pl. Nagykanizsa (2269 üdülőépület), Nyíregyháza (1943 üdülőépület) stb. esetében is kimutatható, holott az 1980–2000 közötti időszakban hivatalosan nem, vagy alig épült üdülőépület ezeken a településeken.

Azt is meg kell jegyezni, hogy a népszámláláskori állományértékek is „problémásak”. Az 1980. évi üdülő-összeírásakor közölt rövid elemzés alapján megállapítható, hogy „... az első teljes körűnek tekinthető, 1960-ban végzett összeírás szerint 11.059 időszakosan használt lakás (nyaraló) volt Magyarországon” (KSH 1981). A 2001. évi népszámlálás szerint viszont – amelyik az üdülők építési idejére vonatkozik – legalább 20 ezret építettek a kezdetektől 1959-ig, s még azzal nem is számoltunk, hogy meg is szünhettek nyaralók, de utólagosan arra az időszakra vonatkozóan aligha épülhettek. „Az 1970. évi népszámláláskor már országosan 32245-öt írtak össze” – írják 1980-ban, ám a 2001-ben közölt összeírás szerint, az adott időszak építési éveire 45 ezer adódik (KSH 1981; BAÁR – GRATZL 2004). Ez azt mutatja, hogy 1970-ben ve(he)tték figyelembe először a zártkertekben kialakított hétvégi házakat a népszámláláskor.

Az üdülők fajlagos mutatója: a 100 lakásra jutó üdülők száma

Az üdülők elsősorban egy-egy településhez kötődnek, ám tömeges megjelenésük bizonyos területen szemmel láthatóvá válik és településeken átívelő

övezetet is kialakíthatnak. Erre jó példát jelenthetnek a Balaton, a Velencei-tó, sőt folyók, csatornák melletti, több település határában összefüggően húzódó üdülőövezetek. Sok olyan település van már Magyarországon, ahol az üdülők száma régóta meghaladja a lakásokét, s azok néha időszakosan lakott övezetektől akár állandóan lakottakká is átalakulhatnak, sőt akár önállóssá is. Mindezek miatt van jelentősége annak is, hogy az üdülők sűrűségét is elemezzük, mert ezeken a helyeken előbb-utóbb fejlesztési problémák is keletkezhetnek.

A 100 lakásra jutó üdülők számának országos átlaga a 2001. évi népszámláláskori üdülőkkel és lakásokkal számolva 6,22. Ez régiós szinten Közép-Dunántúlon 14,15-ra, a Dél-Dunántúlon 13,73-ra, míg megyei szinten Somogyban 27-re, Veszprémben 24-re emelkedik, de még Pest, Fejér (15, illetve 12,5) és Zala, Baranya és Komárom-Esztergom megyében (9,6, 9,4, illetve 7,2) is meghaladja az országos átlagot.

Az országban 52 olyan járás volt, amelyben a 100 lakásra jutó üdülők száma az országos átlag feletti: a sort a balatonfüredi járás vezette (123,5), amit a balatonalmádi és a gárdonyi követett (123,4, ill. 101,9), ami azt jelenti, hogy ezekben járási szinten is meghaladta az üdülők száma a lakásokét. Ezek mellett további 49 járásban található még az országos átlag feletti érték, közülük 5-ben (a fonyódi, a siófoki, a ráckevei, a szobi és a tapolcai) 50-nél is magasabb. Mindössze két járásban nem volt üdülő 2001-ben: a bácsalmásiban és a záhonyiban.

Igazán érdekesnek azonban a települési szint nevezhető, hiszen 87 helységben adódott az országos átlag feletti érték. Tömegesen elsősorban a Balaton mellett fordultak elő olyan települések, ahol az üdülőházak száma messze meghaladta a lakásokét, lakóházakét. A sort Balatonmáriafürdő vezeti, ahol 273 lakóházat és 2.436 üdülőházat írtak össze, tehát 100 lakásra 877 üdülő jutott 2001-ben. Balatonudvari és Balatonszepezd 500 feletti értékkel büszkélkedhet, de 400-at felülmúlta a számuk Szántódon, Orfűn, Ábrahámhegyen, Balatonfenyvesen és Mátraszentimrén is, azaz feltűnnek a Balatontól távolabbi települések is. Számuk a 300-as (Sukoró, Pócsmegyer), majd a 200-as kategóriában egyre bővül (Kulcs, Szigetmonostor, Harkány, Bánk).

Konklúzió

Magyarország üdülőállománya 1960-tól 2019-ig 11 ezerről kb. 265 ezerre, mintegy 24-szeresére növekedett. A magánüdülők száma 2001-ben – amikor a népszámlálás keretében utoljára számolták össze az üdülőket – meghaladta a negyedmilliót. A legtöbb szabadidős célra használt épületet a legvonzóbb természeti adottságokkal rendelkező területeken találjuk: a Balaton és a Velencei-tó, nagyobb folyóink, elsősorban a Duna és a Tisza mellett, a fővárosban és környékén, valamint termál- és gyógyvizes fürdőink közelében. A nagyvárosokban és környékükön a zártkertekben kialakított hétvégi házak szerepe a meghatározó. Az országban 87 olyan település volt, ahol az üdülőépületek száma meghaladta a lakásokét. A népszámláláskori összeírások arra utalnak, hogy a legjelentősebb üdülőtelepeken és

a nagyvárosi agglomerációkban, valamint a nagyobb városok zártkertes területein megkezdődött a funkcionális váltás: sok üdülőből állandó lakás, máshol a zártkerti épületekből üdülő, esetleg lakás alakult ki ennek összes problémájával.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni a feleségemnek és az 5 éves kislányomnak, hogy a COVID-19 járvány időszaka alatt lehetővé tették számomra a konferencia-kötetbe készülő tanulmányok elkészítését. Hálásan köszönöm Szemenyei Gyulának, az MTA RKK volt munkatársának, valamint Farkas Jenőnek, az ELKH KRTK RKI tudományos főmunkatársának, hogy az elmúlt évek során a kutatóintézetben hozzáférhető TEIR-ből adatokat válogattak le.

Felhasznált irodalom

- BAÁR L-NÉ – GRATZL F. (2004): 2001. évi népszámlálás: 15. Az üdülők adatai. KSH, Budapest.
- BAUMHACKL, H. (1989): Die Aufspaltung der Wohnfunktion. Manuskript. Wien. p. 453.
- COPPOCK, J. T. (ed.) (1977): Second Homes: Curse or Blessing. Pergamon, Oxford.
- CSORDÁS L. (1992): Magánüdülők a Dél-Alföldön. Alföldi Társadalom, pp. 72–91.
- CSORDÁS L. (1995): Szabadidő-lakások az Alföldön. Kandidátusi értekezés, p. 154. + p. 260 melléklet + 275 térkép.
- CSORDÁS L. (1999): Second homes in Hungary. In: Duró A. (ed.) Spatial Research in Support of the European Integration. MTA RKK, Pécs. (Discussion Papers, Special), pp. 145–160.
- ENYEDI GY. (1988): A városnövekedés szakaszai. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- KOWALCZYK, A. (1994): Geograficzno-spoeczne problemy zjawiska "drugich domów". Warszawa.
- MARTONNÉ ERDŐS K. (1990): Az egyéni rekreáció lehetőségei és megvalósulásai Miskolc környékén. Kandidátusi értekezés. Kézirat. KLTE Debrecen. 158 p.
- MICHALKÓ G. (2007): Magyarország modern turizmusföldrajza. Dialóg Campus Kiadó, Pécs-Budapest.
- RUPPERT, K. (1973): Der Zweitwohnsitz – geographisches Faktum und landesplanerisches Problem. Geographische Aspekte der Freizeitwohnsitze. WGI-Berichte zur Regionalforschung, 11, pp. 1–54.
- RUPPERT, K. (1994): Zweitwohnsitze. Wohnstandortsspaltung als Bestandteil der Raumorganisation. Manuskript, p. 5.
- Az 1980. évi népszámlálás üdülő összeírása. KSH, Budapest. 1981.

Üdülőépítés Magyarországon és az Alföldön (1981–2015)

Csordás László

CSc, tudományos főmunkatárs, Nemzetközi Gazdaságtan Tanszék, Neumann János Egyetem
Gazdaságtudományi Kar, Kecskemét, csordas.laszlo@gtk.uni-neumann.hu

Abstract: According to the data of the CSO per settlement, the number of holiday resorts created in Hungary between 1981 and 2015 exceeds 63 thousand, of which only 10 thousand can be connected to the six counties of the Great Plain. Examined by settlements, most holiday homes in Hungary were built between 1981–90 in Gárdony, Siófok, Balatonkenese, and from 1991 to the present in Szentendre, Budapest and Ráckeve. In the Great Plain in the decade before the change of regime in Gyula, Tiszakécske, Békésszentandrás and Tiszacsege, and in the following 25 years most leisure homes were built in Szolnok, Kiskunmajsa, Békésszentandrás and Abádszalók.

Bevezetés, célkitűzés

A XX. század utolsó harmadának gazdasági, társadalmi, technológiai fejlődése jelentős változásokat eredményezett a modern társadalmak életében. A lakó- és munkahelyek mellett egyre nagyobb jelentőségre tettek szert a szabadidő eltöltésének színterei. Ennek települési jegyei az üdülő-pihenő térségek térbeli bővülése, és az egyre növekvő szabadidőben használt szabadidő-lakások (üdülők) számának ugrásszerű és tömegmértetű emelkedése (RUPPERT 1973; ENYEDI 1988; KOWALCZYK 1994; CSORDÁS 1995). A szabadidő-lakás egy olyan második otthon, amit túlnyomóan szabadidőben és csak átmenetileg (a napi munkaidő után, a hétvégén, vagy a szabadság ideje alatt) elsősorban szabadidős célokra használnak (COPPOCK 1977; BAUMHACKL 1989; MARTONNÉ ERDŐS 1990; CSORDÁS 1992, 1995, 1999).

A turizmus, s ezen belül a hazai turizmus évtizedek óta dinamikusan fejlődik. Ugyanakkor nem ismerjük pontosan az üdülésben résztvevők teljes körét, mivel a „hivatalos turizmus” csak a kereskedelmi szálláshelyek forgalmát méri pontosan. A KSH a 2001. évi Népszámlálást megelőző összeírása szerint Magyarországon az üdülők összes száma meghaladta a negyedmilliót (BAÁR L-NÉ – GRATZL 2004; MICHALKÓ 2007), s ezek többségét üdülési célra is használják. A téma jelentőségét leginkább az mutatja, hogy a negyedmillió magyarországi szabadidő-lakásban kialakított férőhelyek (ágyak) száma többszörösét teszi ki a kereskedelmi szállásférőhelyekének, és a belföldiek, de részben a Magyarországot felkereső külföldiek pihenésében évtizedek óta fontos szerepet játszottak/játszanak, ezért a téma kutatása különösen indokolt.

E tanulmány célja, hogy a KSH adatainak felhasználásával bemutassa az üdülőépítés alakulását Magyarországon és azon belül az Alföldön országos, megyei és települési szinten 1981-től napjainkig, valamint keresse annak okait különösen a rendszerváltoztatást megelőző és azt követő időszakban.

Anyag és módszer

A kutatás során a hazai és a nemzetközi szakirodalom tanulmányozásán túl a KSH üdülőkkel kapcsolatos adatait adatbázisba rendeztem, táblázatokat, ábrákat, térképeket szerkesztettem. Alföld alatt – elsősorban statisztikai és lehatárolásbeli megfontolások miatt – a hat alföldi megyét értem.

Az 1970–1980 közötti időszakra csak megyénkénti éves adatok álltak rendelkezésemre a megyei statisztikai évkönyvekből, míg 1981-től a megyei évkönyvekből már az egyes településekre vonatkozó üdülőépítés adatokat is ki tudtam gyűjteni, mert az is elérhető volt. Ez jól mutatja a szabadidő-lakások (magánüdülők, nyaralók) akkori jelentőségének növekedését. A fentiek miatt a már települési adatokkal is alátámasztható 1981–2015 közötti éveket választottam vizsgálatom időszakául, elsősorban azért, mert az üdülőket egy-egy településen alakítják ki, előnyös és hátrányos hatásaiak leginkább helyi, települési szinten érezhetőek.

A vizsgált intervallumot elsősorban a felépített üdülők száma, részben pedig a politikai korszakhatár alapján két, különböző hosszúságú időszakra osztottam. Az első szakaszban – amely 1981-től 1990-ig tartott, azaz a rendszerváltoztatás évével zárult – meghaladta az évente kialakított nyaralók száma a 2400 darabot, és az épületek 61,5 %-ának (38,2 ezer) felépítése köthető hozzá. A második szakaszban – amelyik az 1991-től 2015-ig tartó negyedszázadot öleli fel – az épített üdülők száma ettől elmaradt, a teljes időszakban kialakított 63 ezerből csak 24,2 ezer nyaralót adtak át.

Eredmények

Az üdülők kialakításának társadalmi-gazdasági-politikai okai Magyarországon, különös tekintettel a rendszerváltozást megelőző és követő időszakra

A nyugati kutatók szerint a második lakások politikai rendszertől függetlenül mindenhol létrejöttek, ám a volt szocialista országokban, így hazánkban néhány speciális vonás azért megfigyelhető volt. A tőkés országokba való utazási korlátozás (bizonyos időszakokban és eltérő módon), a vállalati és szakszervezeti üdülőkben tapasztalható helyhiány (nem biztosították mindenki számára az évenkénti pihenést), a termőföldek döntő részének kollektivizálása, a gazdasági vállalkozások korlátozásából adódó beruházási kényszer hatására az emberek egy része üdülő vett/épített magának. A zártkerteket is érintő törvények, rendeletek az üdülő és zártkerti telepek 1960-as évek végén történt tömeges kialakításához, parcellázásához

járulhattak hozzá. Az engedélyezett második gazdaságban megszerzett jövedelmeket a lakás, az autó megvásárlása után második lakásba, nyaralóba, telekbe, ékszerekbe stb. fektették (CSORDÁS 1995).

Az üdülőépítési folyamat lendülete kisebb-nagyobb ingadozásokkal egészen az 1980-as évek közepéig tartott. A fordulópont a részletesebben vizsgált időszak első évtizedében, 1987 után következett be, ekkor már nyitni kellett, s olyan új „reformokat” kellett indítani, amelyről addig nem volt, nem lehetett szó. A legfontosabbnak az adózási jogszabályok változása, nevezetesen a személyi jövedelemadó és az általános forgalmi adó 1988 januári bevezetése tekinthető. Az emberekben volt valami félelem az újtól, illetve attól, hogy esetleg tényleg meg fogják évek múlva vizsgálni, hogy „ki mit szerzett” az 1987. december végi állapot óta. Ennek megfelelően lehetőleg mindenki megpróbálta megoldani a lakás- és üdülőépítését, illetve vásárlását, legalizálni a vagyonelemeket, illetve az ÁFA-tól való félelem, valamint a felfutóban lévő, a korábbiakhoz képest igen jelentős infláció miatt csökkenteni a költségeket. Jórészt ennek köszönhető, hogy 1987-ben 5206 üdülő épült az országban, amely az azt megelőző és azt követő évekének a másfélszeresét tette ki, s messze a legmagasabb volt az elmúlt 35 évben. Az Alföld 6 megyéjében ugyanebben az évben 871 nyaralót építettek, ami a megelőző évinek több mint kétszeresét érte el.

Az adószabályok mellett azonban domináns szerepet játszott az 1987 utáni visszaesésben az ugyancsak 1987-ben elhatározott és 1988. januárjában bevezetett „világútlevél”, amely nagy lökést adott a hazai lakosság külföldi utazásaihoz, azaz a kiutazó turizmushoz, amely eleinte sajátos módon a bevásárló turizmusban öltött formát. A hazai és azon belül az alföldi dinamikus üdülőépítést tehát – a nagy 1987. évi építési csúcstól – hátráltatta a világútlevél 1988. évi bevezetése is. Emellett a gazdasági változásoknak, vállalkozásoknak teret engedő törvények 1988 után lehetővé tették vállalkozások alapítását, ezen belül is az (eleinte elsősorban autóbuszos kiutazásokra specializálódó) utazási irodák számának rohamos felfutását. Ezek hozzájárultak az üdülési igények változatos, akár egy éven belül több országot is érintő, korábban nem tapasztalt kielégítéséhez is. Később megjelentek a tőzsdei cégek is, így a megtakarított pénzek értékmegőrzésének és gyors értéknövelésének már nem az egyik legjelentősebb, legkedveltebb és leghatékonyabb formája volt az ingatlanba, különösen pedig az év nagy részében egyébként is üresen álló üdülőingatlan építésébe való befektetés. A megnyíló lehetőségek következtében egyre többen fogtak vállalkozásokba – a munkahelyek megszűnése miatt sokan sajnos kényszerből is –, hogy a rendszerváltoztatást követően kialakuló új élethelyzetüket megoldhassák, így sokan ennek érdekében eladták/feladták korábbi üdülőjüket is. Mindez nyomon követhető a csökkenő számú üdülőépítésben, a tulajdonosok gyakoribb cserélődésében, az üdülők "feladásában" is.

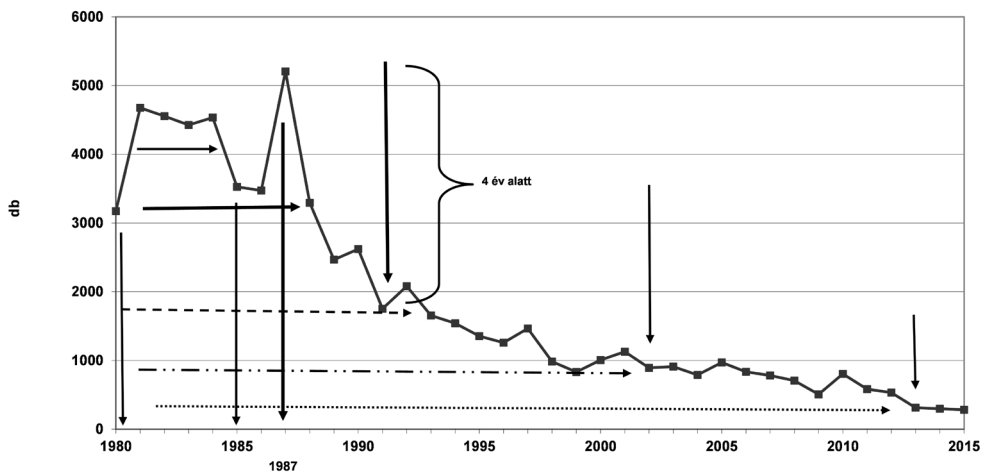
Az üdülők kialakítása országos, megyei és települési szinten (1981–2015)

Hazánkban az 1980 után létrehozott üdülők száma a KSH településenkénti adatai szerint meghaladja a 63 ezret, melyből csak 10 ezer köthető a hat alföldi

megyéhez. Számuk országosan az 1980-as évek eleji háromezres szintről indult, s a külső hatásokat követő jelentősebb ingadozásokkal egészen 1988-ig efölött maradt. Az adószabályoktól (SZJA és az ÁFA) és az elszabaduló áremelkedésektől való félelmek miatt a legtöbb nyaralót 1987-ben alakították ki. Az azt követő évtől előbb a világútlevél bevezetése, majd a kiutaztató turisztikai vállalkozások beindulása, később a társadalmi-gazdasági változások miatt jelentős visszaesés következett be, így 1991-re mintegy egyharmadára esett az épített nyaralóépületek száma országosan és az Alföldön is. A kialakított üdülők száma a '90-es években tovább feleződött, az ezredforduló után már az ezret (az Alföldön a 200-at) sem érte el, 2013–2015 között pedig az induló szint kevesebb, mint egytizedére, kb. 300-ra csökkent (*1. ábra*).

A legtöbb üdülőt 1981 óta – két évet kivéve – mindig Pest megyében építették fel, amit jelentősen lemaradva Somogy és Veszprém, illetve 1986-90 között Fejér megye követett. Az Alföldön Bács-Kiskun megyétől előbb Békés, majd 2001 óta – 2006 és 2008 kivételével – minden évben Jász-Nagykun-Szolnok megye hódította el az elsőséget, ami a Tisza, a Tisza-tó és a gyógy- és termálfürdők felértékelődését jelzi. Az üdülők 1981 utáni kialakítása országosan és alföldi szinten továbbra is elsősorban a felszíni vizekhez (tavakhoz: Balaton, Velencei-tó, Tisza-tó; folyókhoz: Duna, Tisza, Körösök), valamint a gyógyvizes településekhez kötődött.

A vizsgált teljes időszakban, azaz 1981–2015 között az ország közel 600 településén építettek üdülőket, együttes számuk 63 ezer volt. A legtöbb nyaralót Gárdonyban alakították ki (1584 db), de további 7 helyen haladta meg a nyaralók száma az ezret: Szentendrén (1509 db), Balatonkenesén (1319 db), Siófokon (1288 db), Ráckeven (1170 db), Balatonmáriafürdön (1106 db), Balatonalmádiban (1102 db) és Velencén (1027 db). Ezek mellett 12 olyan település volt, ahol 600–1000 nyaralóépületet hoztak létre, ám ezek között már néhány a korábban említett frekventált idegenforgalmi körzetektől (Balaton, Velencei-tó, budapesti agglomeráció-



© Dr. Csordás László CSc., 2020 Forrás: Saját szerkesztés a KSH tárgyévi adatai alapján

1. ábra Az üdülőépítés évenkénti alakulása Magyarországon, 1980–2015

Dunakanyar) távolabb is megtalálható (pl. Harkány, Zalakaros). Az első 20 közé egyetlen alföldi település sem került be. A legtöbb nyaralót az Alföldön – a gárdonyi érték mindössze 37%-át elérő – Tiszakécskén (590 db), majd Békésszentandrason (587 db), Szolnokon (554 db) és Gyulán (542), illetve Tiszacsegén, Tiszavasváriban, Szegeden építették fel.

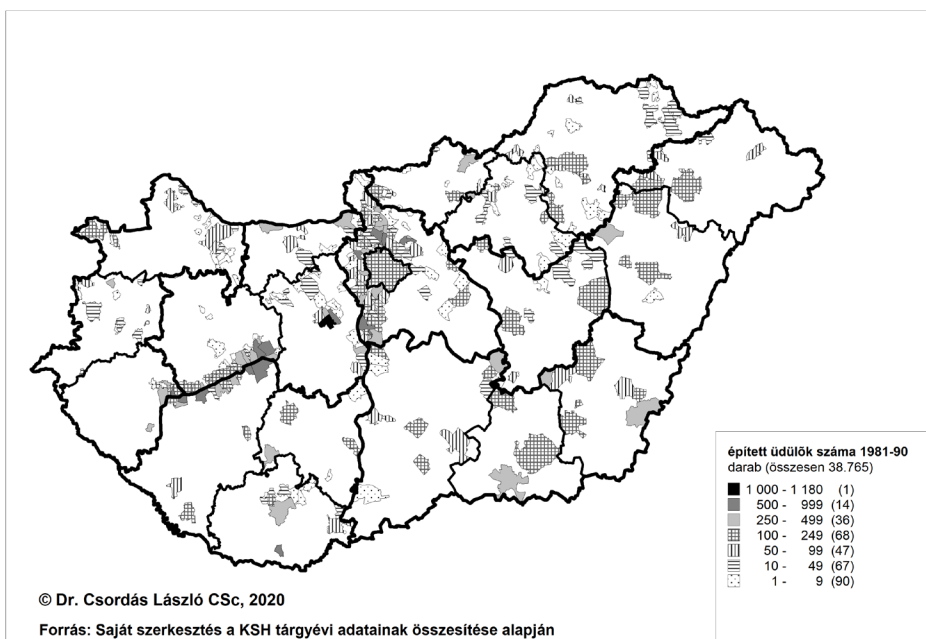
Az üdülőépítés alakulása Magyarországon és az Alföldön a rendszerváltást megelőző időszakban (1981–1990) és az azt követő negyedszázadban (1991–2015)

Az üdülőépítés településenkénti alakulását bemutató 2. ábra szerint 10 év alatt (1981-1990 között) Magyarország 323 településén összesen 38,8 ezer üdülőt építettek. A sorrendben első helyen végző Gárdonyt (1.171 üdülő) Siófok (805), Balatonkenese (802), Szentendre (785), Balatonalmádi (783), Velence (766), Balatonmáriafürdő (760) követte, de az első 20 között nem található alföldi település. Ugyanezen időszakban az Alföld 48 településén 5233 üdülőt alakítottak ki, ami az országos érték 13,5%-át tette ki. Az alföldi sorrendben első helyen végző Gyula 400 üdülőjével országosan csak a 22. lett. Őt Tiszakécske (389 üdülővel a 25.), Békésszentandrás (299 üdülővel a 36.), valamint 250 feletti nyaralóépítéssel még Tiszacsege és Szeged követte.

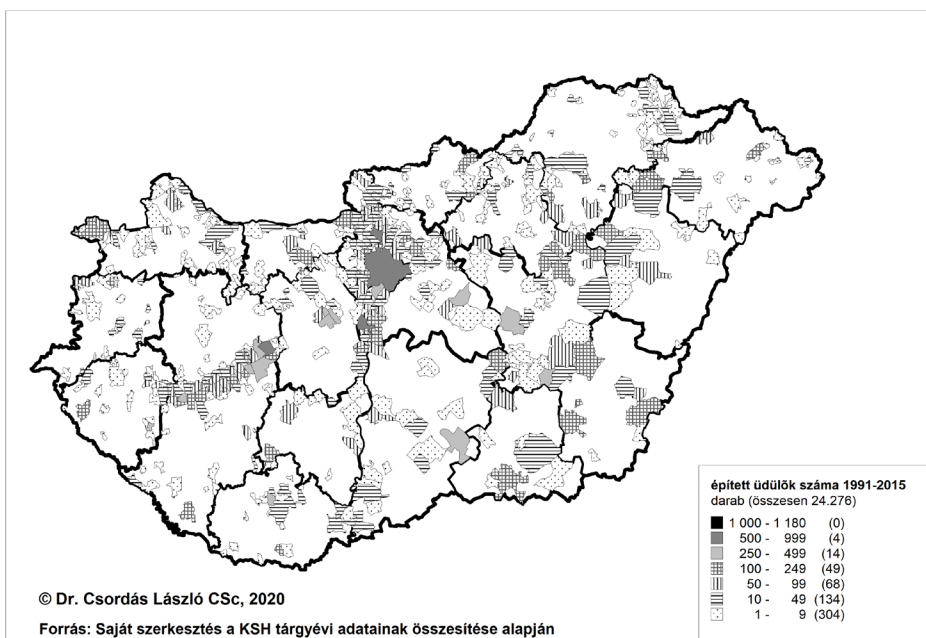
A 3. ábra alapján megállapítható, hogy 1991–2015 között Magyarország 573 településén összesen 24276 üdülőt alakítottak ki. Az üdülőépítésbe bekapcsolódott települések száma 77%-kal emelkedett.

Az országos sorrendben első helyen végző Szentendrét (724 üdülő) Budapest (647), Ráckeve (525), Balatonkenese (517), Siófok (483), Gárdony (417) és a 7. helyen Szolnok (409) követte. Települési szinten is látszik a diffúzió, a térbeli terjedés a frekvenciátaltabb üdülőkörzetektől az ország távolabbi települései felé (3. ábra), valamint a koncentráció a főváros környékére. Az Alföldön ebben a negyedszázadban 105 településen összesen 4.846 üdülőt építettek, ami az országos érték 19,96%-a. A folyamatba bekapcsolódott települések száma több mint kétszeresére (2,18) emelkedett. Az Alföldön az első helyen végző Szolnokon 409 üdülőt építettek, de az őt követő Kiskunmajsa 301 épülettel országosan a 13., Békésszentandrás 288 üdülővel a 15., Abádszalók pedig 244 felépített nyaralóval a 19. helyen végzett, őket Tiszavasvári, Szeged, Tiszacsege és Tiszakécske követi. Az Alföld kisebb felértékelődését mutatja, hogy míg a rendszerváltást megelőző időszakban egyetlen település sem került a legjobb 20 közé, addig az azt követő negyedszázadban már 4 települést is ott találunk.

A 2. és a 3. ábra alapján az is megállapítható, hogy nagyon sok helységben, a teljes állomány felében csak kevesebb, mint 10 nyaralót alakítottak ki 1991–2015 között. A legfelső, 1000-nél több nyaralót felépített kategóriába már nem került egyetlen település sem, és – a rendszerváltoztatás előtti évtizedhez képest – jelentősen, 14-ről 4-re csökkent az 500–999 közötti, és 36-ról 14-re a 250–499 közötti felépített üdülőkkel rendelkező települések száma az utóbbi negyedszázadban. Ez azt jelenti, hogy míg korábban, 1981–1990 között a szabadidő-lakás építéssel jellemezhető



2. ábra Az üdülőépítés településenkénti alakulása Magyarországon, 1981–1990



3. ábra Az üdülőépítés településenkénti alakulása Magyarországon, 1991–2015

települések közül minden 6–7. helységben alakították ki 250-nél több nyaralót, addig az azt követő negyedszázadban ez már csak minden 33. településre volt jellemző.

Konklúzió

A legtöbb nyaralót 1987-ben alakították ki (5206 db), ám az azt követő néhány évben a társadalmi-gazdasági változások következtében drámai mértékű csökkenés zajlott, napjainkra az 1980. évi érték tizedét sem éri el (< 300 db). Az elmúlt 35 évben országosan Gárdony, Szentendre, Balatonkenese Siófok és Ráckeve került az első öt helyre, míg az Alföldön összesítve Tiszakécskén, Békésszentandrason, Szolnokon és Gyulán építették fel a legtöbb nyaralót. Jelentős területi diffúzió mutatható ki a szabadidő-lakások terjedésében: az 1981–1990 közötti időszakban csak minden 9., míg 1991–2015 között minden 5. hazai település bekapcsolódott legalább egy évben ebbe az üdülőépítési folyamatba, így fokozatosan és egyre távolabbi helyeken is megjelentek a nyaralóépületek. Az 1991–2015 közötti negyedszázadban az Alföld pozíciói – a csökkenő üdülőépítés ellenére, vagy éppen annak következtében – javultak, itt épült fel a nyaralók együtöde (korábban csak az egynyolcada), egy település bekerült az első 10, további három pedig az első 20 közé, míg a teljes, 1981–2015 közötti időszakra vetítve egyetlenegy sem jutott az első 20 közé.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni a feleségemnek és az 5 éves kislányomnak, hogy a COVID-19 járvány időszaka alatt lehetővé tették számomra a konferencia-kötetbe készülő tanulmányok elkészítését. Hálásan köszönöm Szemenyei Gyulának, az MTA RKK volt munkatársának, valamint Farkas Jenőnek, az ELKH KRTK RKI tudományos főmunkatársának, hogy az elmúlt évek során a kutatóintézetben hozzáférhető TEIR-ből adatokat válogattak le.

Felhasznált irodalom

- BAÁR L-NÉ – GRATZL F. (2004): 2001. évi népszámlálás: 15. Az üdülők adatai. KSH, Budapest.
- BAUMHACKL, H. (1989): Die Aufspaltung der Wohnfunktion. Manuskript. Wien. p. 453.
- COPPOCK, J. T. (ed.) (1977): Second Homes: Curse or Blessing. Pergamon, Oxford.
- CSORDÁS L. (1992): Magánüdülők a Dél-Alföldön. Alföldi Társadalom. pp. 72–91.
- CSORDÁS L. (1995): Szabadidő-lakások az Alföldön. Kandidátusi értekezés. p. 154. + p. 260 melléklet + 275 térkép.
- CSORDÁS L. (1999): Second homes in Hungary. In: Duró A. (ed.) Spatial Research in Support of the European Integration. MTA RKK, Pécs. (Discussion Papers, Special) pp. 145–160.
- ENYEDI GY. (1988): A városnövekedés szakaszai. Akadémiai Kiadó, Budapest.

- KOWALCZYK, A. (1994): Geograficzno-spoeczne problemy zjawiska "drugich domów". Warszawa.
- MARTONNÉ ERDŐS K. (1990): Az egyéni rekreáció lehetőségei és megvalósulásai Miskolc környékén. Kandidátusi értekezés. Kézirat. KLTE Debrecen. 158 p.
- MICHALKÓ G. (2007): Magyarország modern turizmusföldrajza. Dialóg Campus Kiadó, Pécs-Budapest.
- RUPPERT, K. (1973): Der Zweitwohnsitz – geographisches Faktum und landesplanerisches Problem. Geographische Aspekte der Freizeitwohnsitze. WGI-Berichte zur Regionalforschung. 11, pp. 1–54.

Járatoptimalizálás a hulladékgyűjtésben

Eke Zoltán

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

Absztrakt: Magyarországon a kommunális hulladékgyűjtés kiemelt szerepet tölt be a hulladékgazdálkodási szektorban. A szektor közös érdeke a hulladékgyűjtés hatékonyságának növelése, a költségek minimalizálása. Ezért egyre több közszolgáltató érdeklődik a járatoptimalizálásban rejlő lehetőségek iránt. A hulladékgyűjtés terén értelmezett járatoptimalizálás célja a leginkább költséghatékony begyűjtés megvalósítása, tekintettel minden, a költségek szempontjából érzékeny paraméterre, így például a munkaidőre, az egyes pontok változó elérhetőségére, a gyűjtőedényzetek és járművek kapacitására, a keletkező mennyiségekre. A bemutatott munka során egy település szintű optimalizálást végeztünk. Meghatároztuk a gyűjtő körzet határokat, a szükséges gépjármű számot, illetve minden egyes gépjármű napi menetrendjét a hét minden napjára, kommunális hulladék gyűjtéséhez.

Bevezetés

A járatoptimalizálás legfontosabb előnye a térinformatikai modellben leképezett változó környezeti tényezők és azok hulladékgyűjtési rendszerre gyakorolt hatásának felmérése a gyakorlati életben történő – esetlegesen negatív eredménnyel járó – „kísérletezés” kockázata nélkül. Kiemelt szerepe lehet olyan esetekben, amikor a rendszer nagymértékben változik, pl. új települések integrálása miatt nagyobb hulladékmennyiség begyűjtésére van szükség. Ebben az esetben felmerül a kérdés, hogy milyen infrastrukturális fejlesztés szükséges a többlet igények kielégítésére, elsőként azonban célszerű azt megvizsgálni, hogy a meglévő kapacitások optimalizált felhasználás mellett képesek-e a megnövekedett feladatok elvégzésére, vagy sem. Ezt követően lehet megvizsgálni azt, hogy milyen mértékben van szükség a bővítésre.

Az NHKV Zrt. (Nemzeti Hulladékgazdálkodási Koordináló és Vagyonkezelő Zrt.) a Kormánnyal közösen célul határozta meg a hulladékgazdálkodási közszolgáltatás rendszerének átalakítását. A célkitűzés központi eleme egy egységes, nonprofit közszolgáltatói struktúra megalkotása. Ennek eredményeként az NHKV Zrt. már 2016 végén közzétette az új hulladékgazdálkodási régiókat. Az új régiók esetében nagy valószínűséggel szükséges lehet egy optimalizációs vizsgálat elvégzése. A vizsgálat eredménye információval szolgál abban a kérdésben, hogy a meglévő infrastruktúra milyen mértékben alkalmas a megváltozott igények kiszolgálására.



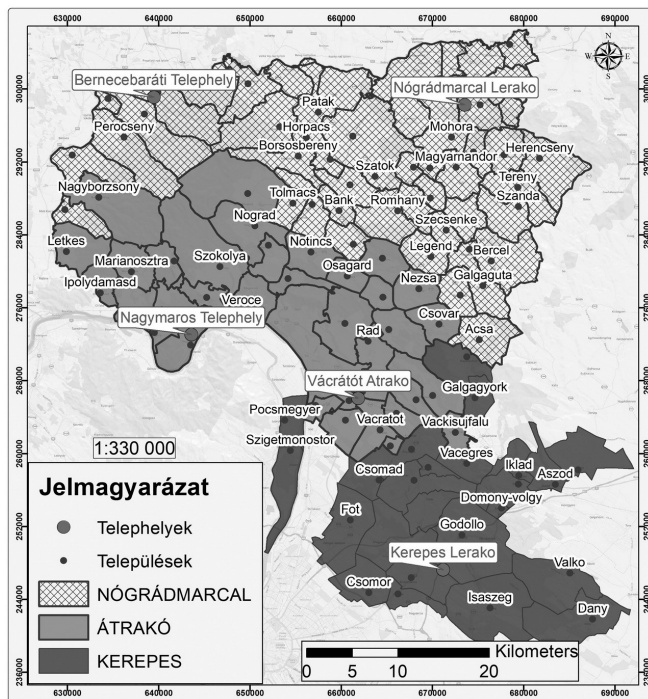
1. ábra A rendszer térképe a településekkel, telephelyekkel

Módszer

A következőkben bemutatásra kerül egy újonnan kialakított régióra vonatkozó vizsgálat, amelyben 13 település integrációja révén kibővült, összességében 111 db települést magába foglaló kommunális hulladékgyűjtési rendszer optimalizált járatterveit készítettük el. A rendszerben szereplő településeket az 1. ábra szemlélteti. Az új rendszer összesen hozzávetőleg 1400 tonna/hét hulladékmennyiséget hivatott begyűjteni, ami közel 28%-os növekményt jelent a korábbiakhoz képest. A járattervek elkészítése során településen belüli útvonaltervezés nem történt. A rendszer részét képezi két lerakó, két további telephely, valamint egy hulladék átrakó. A lerakókon és telephelyeken található a gépjárműpark, mely 38 db 4–12 tonna teherbírású és 6 db 3,5 tonnánál kisebb teherbírású autóból áll.

A járattervek elkészítéséhez a korábbi rendszer üzemeltetése során összegyűjtött tapasztalati adatok, az integráció során csatlakozó új települések esetében a korábbi szolgáltatótól származó adatok, illetve becsült értékek álltak rendelkezésre. Ezek tételesen:

- keletkező hulladék mennyisége átlagosan, településenként;
- településen belüli gyűjtési idők;
- gépjárművek teherbírás adatai,
- telephelyek földrajzi koordinátája, alkalmazottak száma, berendezések kapacitása.



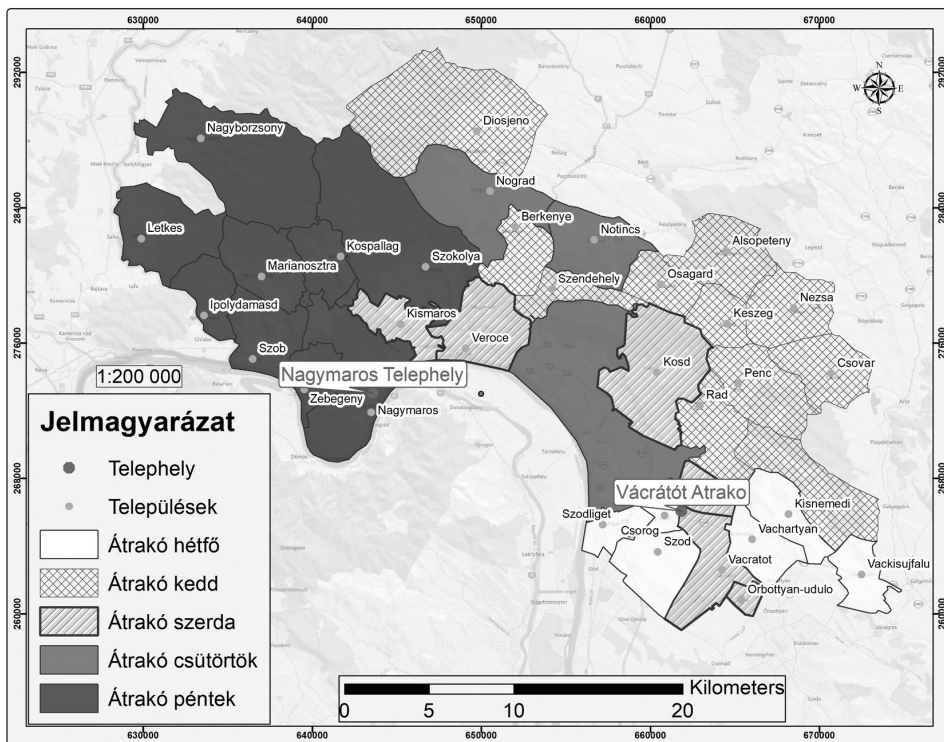
2. ábra Gyűjtő körzetekre bontott rendszer

A vizsgálatok fontos peremfeltétele volt, hogy minden települést egy napon belül kell legyűjteni, valamint kiindulásként a már meglévő infrastruktúrával próbáltuk kiszolgálni a megnövekedett gyűjtési igényeket.

A vizsgálat során – melyet alapvetően az ArcGIS 10.5 for Desktop szoftvercsomag Network Analyst moduljának segítségével végeztünk – első lépésben gyűjtő körzetekre bontottuk a településeket a lerakóktól és az átrakótól közüton mérhető legkisebb távolságuk, valamint az átrakó maximális kapacitása alapján. Az átrakóhoz közel lévő településeken több hulladék keletkezik, mint amennyit annak berendezései kezelni tudnak. Emiatt fontos feladat annak meghatározása, hogy a környező települések közül melyek legyenek azok, amelyeknek a hulladékát nem a közelebb lévő átrakón keresztül, hanem közvetlenül szükséges a távolabb eső lerakóra szállítani.

Ennek érdekében a hulladékgyűjtő rendszert leíró távolságmátrixban a településekhez tartozó távolságokat a gyűjtési mennyiségekkel súlyoztuk. Az így származtatott logisztikai munka minimalizálására szolgáló vizsgálatok eredményeként meghatároztuk azon településeket, amelyek hulladékát az átrakón nagy kapacitású szállítójárművekbe tömörítve-, a gyűjtőjárművek használatához képest hatékonyabban lehetséges a lerakóra juttatni.

A járatoptimalizálás első fázisának eredményeként kialakult az egyes gyűjtőkörzetekhez tartozó települések listája, melyet a 2. ábra mutat.



3. ábra Egy gyűjtőkörzet napokra bontása

Második fázisban, az egyes körzetekben szereplő településeket gyűjtési napokra osztottuk szét, olyan módon, hogy az egyes napokra jutó hulladékmennyiség és a hozzá tartozó begyűjtési idő (gyűjtés, ürítés és közlekedés) minél egyenletesebb legyen. Képeztük az egyes paraméterek elfogadható tartományait, amin belül többféle napi beosztást készítettünk. Ezek közül választottuk ki azt a megoldást, amely az optimalizáció során az elméleti megfontolásokon túl gyakorlati szempontokat is figyelembe vett. Gyakorlati szempontból előnyösebb, ha az egy napon kiszolgált települések közel vannak egymáshoz, vagy ha több jármű is közös útvonalon halad, mert az esetleges műszaki problémák, vagy többletmennyiségek előfordulása könnyebben kezelhető. A napok között egyenletesen elosztott terhelés (mennyiségben és időben) mellett lehet a rendelkezésre álló járműkapacitást hatékonyan kihasználni.

Harmadik és egyben utolsó lépésben a napon belüli járatterveket készítettük el, figyelembe véve az adott napra beosztott településeken keletkező mennyiségeket, a járműkapacitásokat, valamint a közlekedés-, gyűjtés-, ürítés időszükségletét. Mindezek mellett tekintettel voltunk a munkaidő betartására. Olyan speciális esetekben, amikor a külső körülmények miatt a napi munkavégzés átlagosan nem fér bele a nyolc órába, a túlóra minimalizálására törekedtünk. Az eredményeket a 3. ábra mutatja.

Eredmények

Az elkészült járaterv célja a teljes rendszer leghatékonyabb üzemeltetése. Természetesen a vizsgálatnál figyelembe vettük azt, hogy a keletkező hulladékmennyiség időszakonként akár jelentősen is változhat, így igyekeztünk tartalékot is biztosítani az egyes járatok gyűjtési kapacitásának vonatkozásában. A több lépcsős logisztikai elemzési folyamat eredményeként tehát elkészült a bővített rendszer körzetekre-, a körzeteken belül gyűjtési napokra bontása, valamint minden körzet minden gyűjtési napjára a konkrét járattervek. Az eredmény 155 járatot felölelő teljes gyűjtési tervet szolgáltat a régióra. Arra az eredményre jutottunk, hogy a kiindulási adatok alapján a meglévő járműpark és telephelyi infrastruktúra képes lehet megbirkózni a kibővült rendszerben jelentkező kihívásokkal is, viszont a rendszerben ezekkel a feltételekkel nincsenek a folyamatos üzem során szükségszerűen jelentkező meghibásodások-, jármű kiesések miatt szükséges redundanciák. Ezek biztosítása érdekében eszközállomány-bővítés szükséges. Ennek, legcélszerűbb formájának és mértékének meghatározása érdekében további vizsgálatok szükségesek.

Konklúzió

Végezetül fontosnak tartjuk hangsúlyozni, hogy az ilyen, és az ehhez hasonló típusú logisztikai vizsgálatok alapja a tapasztalati adatokon nyugszik. Fontos a vizsgálat célkitűzését előre világosan megfogalmazni, átgondolni, hogy a rendelkezésre álló információk birtokában milyen jellegű és megbízhatóságú eredményre lehet számítani. A bemenő adatok-, valamint azok hiányában az alkalmazott becslések pontossága, részletessége megjelenik a vizsgálat eredményében. Továbbá a gyakorlati szempontból lényeges feltételeket szükséges előre leszögezni, mert azok teljesülése csak akkor biztosított, ha a vizsgálat elejétől a peremfeltételek közé beépítésre kerültek. Összességében elmondható, hogy minden szempontból értelmes és használható eredmény érdekében szükség van a rendszert üzemeltető és a vizsgálatot végző szervezet szoros együttműködésére.

A Dráva hordalékviszonyainak térinformatikai vizsgálata

Ficsor Johanna¹ – Halmai Ákos² – Nagyvárad László³ – Kiss Kinga⁴ –
Czigány Szabolcs⁵ – Pirkhoffer Ervin⁶ – Liptay Zoltán Árpád⁷ –
Balogh Richárd⁸ – Gradwohl-Valkay Alexandra⁹

¹ PhD hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, tudományos segédmunkatárs NKE VTK Területi vízgazdálkodási tanszék, ficsor.johanna@uni-nke.hu

² adjunktus, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, halmaia@gamma.ttk.pte.hu

³ docens, PTE TTK, Földrajzi és Földtudományi Intézet, nagyvarl@gamma.ttk.pte.hu

⁴ tanársegéd, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, kissk@gamma.ttk.pte.hu

⁵ docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, sczigany@gamma.ttk.pte.hu

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

⁷ Országos Vízeljáró Szolgálat, liptay.zoltan@ovf.hu

⁸ MSc hallgató, technikus PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, brichard@gamma.ttk.pte.hu

⁹ PhD hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, valkays2@gamma.ttk.pte.hu

Abstract: In our research we made a unique survey of the Hungarian reach of the Drava River, from 236 + 000 river kilometers, from the Mura mouth to the 74 + 000 river kilometers below Drávaszabolcs, for the better understanding of bedload transport using a sonar and flow measurements with ADCP and sediment sampling were carried out at 10 km intervals with van Dorn and Helley-Smith sampler. The long-term goals of nature conservation and landscape management necessitate this kind of unique research of the river and the knowledge of possible changes in the river bedload.

Bevezetés

Kutatásunk során a Dráva magyarországi – Mura torkolat és Drávaszabolcs közötti – szakaszáról egy olyan egyedülálló felmérést készítettünk, amelynek során nagy sűrűséggel került sor áramlásmérésekre és hordalék-mintavételezésre. A korábbi mérések száma igen kevés, részletes és átfogó vizsgálatra a múltban nem került sor (TAMÁS 2019). 2012-ben történt egy, a teljes magyar határmenti folyószakaszra kiterjedő kutatás, de ebben az esetben is összesen 5 vízrajzi állomáshoz köthető szelvényben történtek terepi mérések (SZLÁVIK ET AL. 2012). A részletes felmérés lehetővé tette a folyószakasz morfológiai állapotának széleskörű feltérképezését. A kutatás céljaként fogalmaztuk meg a lebegtetett hordalék illetve a mederanyag mintavételek és a velük egyidőben készített sebességmérések alapján az adott folyószakaszra vonatkozó mederanyag-háztartás jobb megismerését. A Dráva folyó morfológiáját, áramlási dinamikáját, valamint az üledékterhelést és a textúrát tekintve rendkívül dinamikus (BONACCI – OSKORUŠ 2010). Figyelembe véve a klímaváltozás és az emberi beavatkozások várható hatásait, a közeljövőben csökkenő áramlási trendek várhatók (KISS – ANDRÁSI 2019). A csökkenő áramlási sebességek megváltoztatják a szállított anyag jellemzőit, ezáltal hatással vannak a helyi ökoszisztémákra is (MURPHY ET AL. 2017), ezért a várható változások megértése döntő

fontosságú a természeti körülmények és az ökoszisztéma-szolgáltatások fenntartása szempontjából. A folyószakasz esésviszonyai, kanyargóssága és a mederanyag ismeretében elvégezhető a folyószakasz morfológiai állapotának értékelése, illetve a folyószakasz várható vízjárásváltozásának becslése, melyből a várható morfológiai változásokra következtethetünk (EUROPEAN COMMISSION 2000).

Anyag és módszer

A vizsgálati terület a Dráva 236+000 folyamkilométerétől, az őrtilosi Mura torkolattól, a Drávaszabolcs alatti 75+000 folyamkilométerig tartott. A mérési kampány során, (2019 aug. 26 – szept. 6. között) a vízjárás változó volt, amelynek részben természetes, részben pedig a vizsgált szakasz felett üzemelő erőmű működéséből adódó okai voltak (KISS – ANDRÁSI 2015).

Az áramlás- és vízhozammérést 5 km-es szelvénytávolságban a Teledynemarine-RD Instruments által gyártott Rio Grande 1200 kHz Broadband ADCP áramlásmérővel végeztük. A mérések során a berendezést GeoMax Zenith 35 Pro nagy pontosságú RTK GPS vevővel integráltuk, így a kapott eredmények a mederfenékhez képest meghatározott relatív koordináta-rendszer mellett a globális koordináta-rendszerben is helyükre kerültek. Az áramlás és hordalék mintavételezést megalapozta egy részletes szonár elvű és nagy felbontású mederfelmérés (HALMAI ET AL. 2020). A használt szonárral a 0,3 méternél mélyebb sekély folyók, vízfolyások és állóvizek még kisvízes időszakban is költséghatékonyan térképezhetők (HALMAI ET AL. 2018).

A mérések egy része 210 m³/s, másik része jellemzően 300 – 320 m³/s, valamint 350 – 400 m³/s közötti vízhozam tartományban történt, a vízmélység jellemzően 2,5 m és 4,5 m között volt. Az kutatásban felhasznált áramlásmérések egyrészt az 5 km-enként végrehajtott vízhozam meghatározást szolgáló mérések voltak, amiket a magyar vízügyi eljárásrend (ME-10-231-16:2009) alapján mozgó hajós méréssel végeztünk, minimum 4 átkeléssel a kereszt-szelvény mentén. A mérési sűrűség jellemzően 1–2 Hz között változott. A másik alkalmazott áramlásmérési eljárás a hordalék mintavételekhez kapcsolódott, ekkor a mintavétel ideje alatt állóhajós mérések történtek több perces mérési időtartománnyal. Áramlásmérés összesen mintegy 35 szelvényben történt.

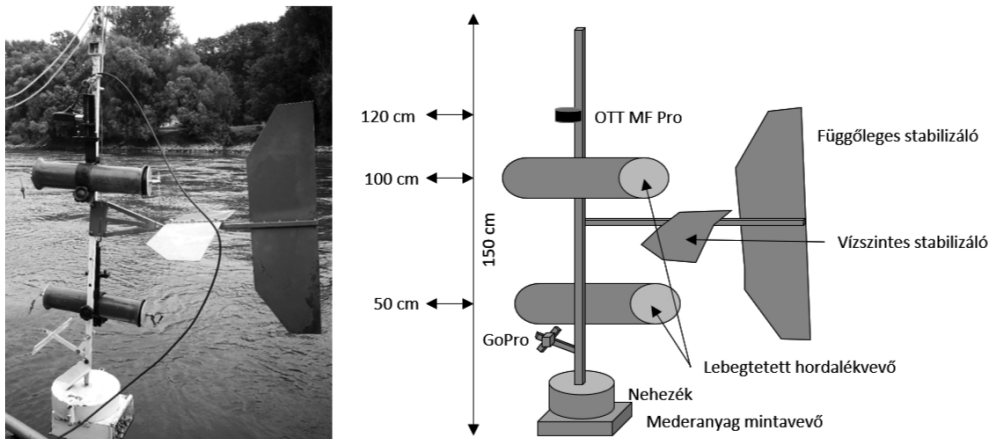
A hordalék-mintavételi eljárás alatt függélyenként mederanyag és lebegtetthordalék mintavételre volt lehetőségünk. Görgetett hordalék mintavétel a hordalék mozgásának hiányában nem valósult meg, mederanyag mintát minden szelvényből, de nem minden függélyből vettünk, összesen mintegy 60 helyszínről.

A mintavétel sűrűsége 2–10 fkm volt a terepen tapasztalható hordalék-mintázat függvényében. A mintavételi helyek (függélyek) száma szelvényenként 3–5 függély volt, a folyó szélességének függvényében.

A mintavételeket egy katamarán szerkezetű, 2 m széles és 6 m hosszú, alacsony merülésű alumíniumból készült csónakkal végeztük. A mintavételek egy daruval mozgatható, egyedi gyártású, összetett mintavevő berendezéssel történtek. A

mintavevő egység alján egy levehető textil gyűjtőzsákkal felszerelt görgetett-hordalék vevő helyezkedik el, melynek lyukbősége 0,5 mm, szájnyílása 26×15 cm, a textil zsák űrtartalma pedig 5500 cm³. A mérőeszköz kialakításnál figyelembe vettük a korábbi ismert Dráva méréseknél használt Helley-Smith mintavevők felépítését (SZLÁVIK ET AL. 2012). Az ellensúly feletti konzolon kaptak helyet a mederanyag mintavevő száját megfigyelő GoPro kamera és a hozzá szükséges megvilágító led-lámpatestek. A kamera felvételei alapján lehetőségünk volt a fenékhordalék textúrájának, valamint mozgásának in situ meghatározására is. A kamera-konzol felett helyezkedtek el az iránylapátok alatt és felett, egymástól 50 cm távolságra a lebegtetett hordalék mintavevő hengerek, melyek segítségével 1 liter vízmintát gyűjtöttünk. A hordalék mintavevők működési elve követi a van Dorn hordalékmintavevő berendezését, méretében azonban eltér attól (1. ábra). A mintavevő záró eleme egy OTT MF Pro pontbeli vízsebesség mérő. A műszer segítségével határoztuk meg a függőlyben a mérési pontokhoz tartozó mélységet, valamint a kijelzett sebességértékek alapján a lebegtetett hordalék mintavevő zárásának alkalmas idejét, melyet az észlelt vízsebesség állandósulása után tettünk meg.

A mederanyag minták szárítása 65°C-on 24 órán keresztül történt. A minták szemeloszlását a 250 mikrométer feletti frakcióban Fritsch szitasor és rázógép (Fritsch Analysette 3 Pro) segítségével száraz szitálással 16, 8, 4, 2,8, 2, 1, 0,5 és 0,25 mm-es lyukbőségű és 20 cm átmérőjű analitikai szitákon határoztuk meg, 2 perces eljárással. A finomfrakciót a barcsi szelvény (155+000 fkm) görgetett hordalék mintáin egy Malvern 3000 típusú lézerdiffrakciós műszerrel határoztuk meg, mivel a korábbi mérések alapján ezen a szakaszon számítani lehetett iszapfrakció jelenlétére is. Ehhez egy Hydro LV nedves diszpergáló egységet használtuk. A mintaelőkészítésnél 3 gramm mintát egy 50 ml térfogatú főzőpohárba helyeztünk, majd desztillált vízzel felengedtünk. A szilt és agyagszemcsék diszpergálásra kerültek. Az üledék paramétereit a háromelemű méréssorozat alapján nyert átlagértékkel határoztuk meg.

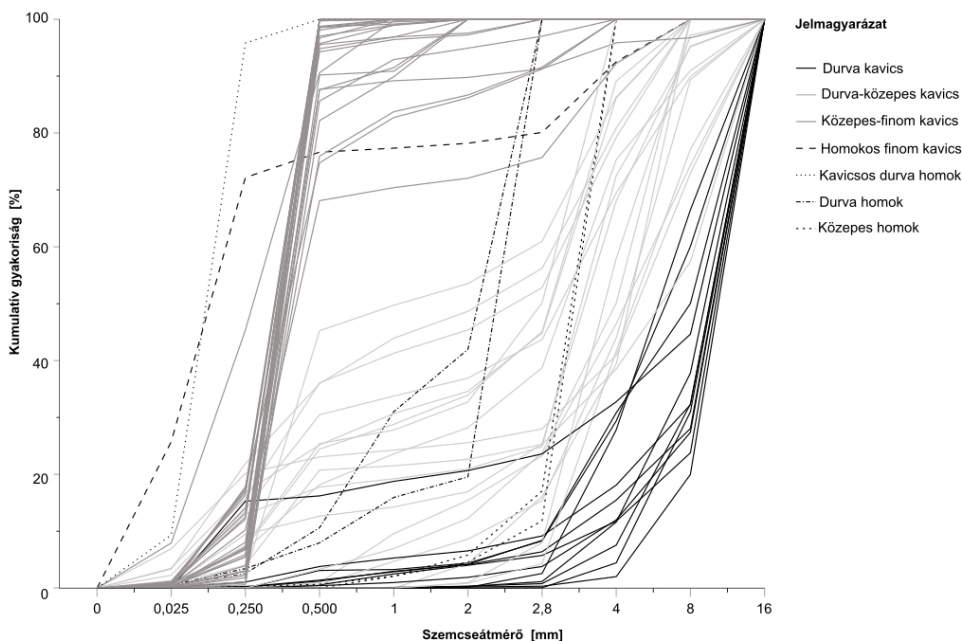


1. ábra A mintavevő egység felépítése a képen a GoPro kamera és a mintavevő zsák nélkül

A gyűjtött lebegtetett hordalék minták szemcse-eloszlásának vizsgálatát lézerdiffrakciós elven működő PAMAS SVSS típusú mérőműszerrel végeztük 20 ml mintánkénti mennyiséggel 3 ismétlésben. A mérési tartományokat 1, 2, 5, 7,5, 10, 15, 20, 30 és 50 μm -re állítottuk be. A mérhető szemcse mérettartománya 1–200 μm . Minden mérendő mintából 400 ml-t készítettünk elő alapos felrázással. A mérés folyamata alatt a műszerbe épített mágneses keverő segítségével előztük meg a szemcsék leülepedését a főzőpohár alján. A mintákból a műszer 5 ml folyadékot vizsgált meg, majd ezt a folyamatot 4 alkalommal ismételte meg. Az első mérés eredményeit az átlag számításakor nem vettük figyelembe. A három további mérés eredményeit ezután nyers adatként, illetve a műszer saját gyártású jegyzőkönyveiként exportáltuk. Az eredményeket részecskeszám/ml mértékegységben kaptuk meg.

Eredmények

A szemeloszlási görbék eredményei alapján a hordalékkategóriák klaszterizálása és hossz-szelvény menti megjelenítése a "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS) programban került elkészítésre (2. ábra). SPSS használatával hierarchikus klaszteranalízist végeztünk, ahol 7 csoportra bontottuk a mederanyagminták szemeloszlás adatait. A jellemző szemcseeloszlás alapján durva kavics, durva-közepes kavics, közepes finomkavics, homokos finomkavics, kavicsos durva homok, durva homok és közepes homok frakciók különíthetők el.



2. ábra Mederanyag minták kategóriái az SPSS-ben alkalmazott klaszterelemzési algoritmus alapján

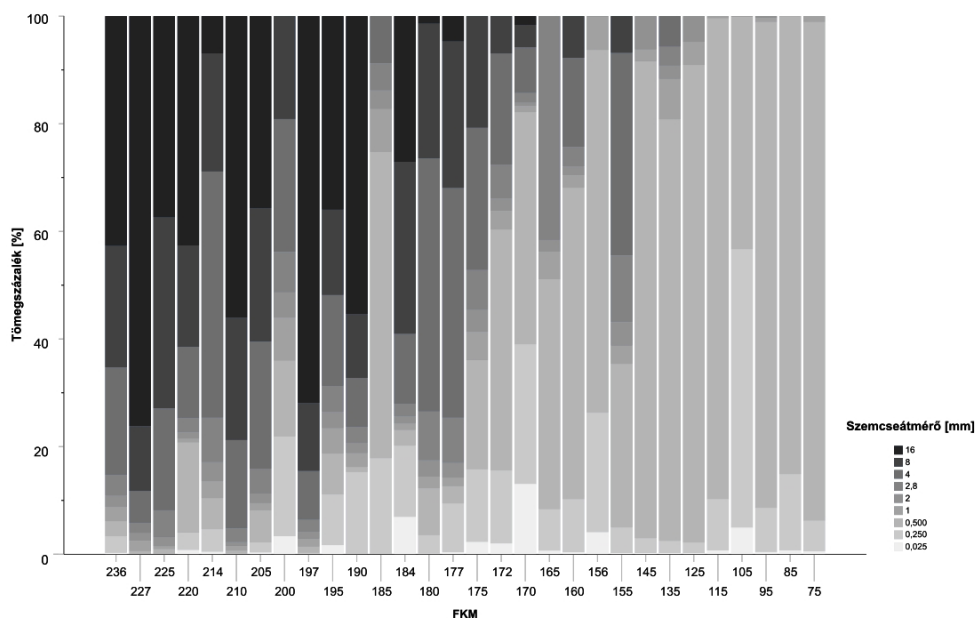
A vizsgált folyószakasz mederanyag mintái jelentős térbeli különbségeket mutattak. Általánosan elmondható, hogy a szemcseméreték a Mura torkolatától (236+000 fkm) az alsó vizsgált szelvényig (75+000 fkm) csökkentek. A mintavételek nagyrésze kavicsos mederben történt, a vett minták csak 8 százaléka homok. A minták több mint 44 %-át a közepes-finom kavics teszi ki. A durva kavics és a durva-közepes kavics megjelenése számottevő még, 17 ill. 28 %-al. A többi négy kategória igen kis mennyiségben fordul elő, egy ill. két mintában (3. ábra).

Az őrtilosí szelvényben a mederanyag eloszlásából jól elkülöníthető a Dráva és a Mura hordaléka. A mellékfolyón érkező hordalék a vett minták szemcseeloszlása alapján görgeteg, durva kavics, durva-közepes kavics kategóriájú. A Dráva hordaléka inkább közepes-finom kavics, homokos finomkavics, kavicsos durva homok, durva homok kategóriájú.

A vizsgált meanderező folyószakaszon, a folyásirány mentén, a hordalék-eloszlás jellemzően mozaikszerűen épül fel egészen a 155-ös folyamkilométerig. A folyó építő és romboló munkája mintázható a hordalékban: ahol a folyó építő munkát végez, a finomabb frakció aránya a döntő; míg a helyi kimosódásokból vett minták zömében a kavics frakció van túlnyomó részben. Ennek alapján a mintázott keresztaszelvényekben is igen változatos lehet az egyes mintavételek szemcseösszetétele. A meanderezésből adódik, hogy a homok frakció – igaz igen kis arányban – de gyakorlatilag a teljes vizsgált területen jelen volt (4. ábra). A kavics frakció aránya a folyásirány mentén azonban a folyó energiájának csökkenésével fokozatosan csökkent. A vizsgált szakaszon durva kavicsot a 190 fkm feletti szakaszon észleltünk, míg a durva-közepes kavics a 172 fkm-ig jellemző. A 170 fkm alatti szakaszon a közepes-finom kavics mederanyag a meghatározó. A homok a vizsgált teljes folyószakaszon elszórtan jelent meg.



3. ábra A mintázott görgetett hordalékok a jellemző szemcseeloszlások alapján az utolsó mérőhelytől a Mura torkolatáig



4. ábra Mederanyag összetételének változása a vett minták alapján a Dráva 230+000 – 75+000 fkm szakaszán

Konklúzió

A részletes vizsgálat során szerzett tapasztalatok azt mutatják, hogy a folyószakasz mederanyagmintázata igen változatos. A mérési eredmények és egy korábban elkészített terepmodell (HALMAI ET AL. 2020) lehetővé teszi a vízfolyás további részletes áramlási és morfológiai kutatását, támogatva ezzel más vízgazdálkodási, tájgazdálkodási célok vizsgálatát is (GUBÁNYI ET AL. 2012) és a várható jövőbeli változások becslését is. A tervezett kutatások azért is nagyon fontosak, mert a napjainkban már nem hagyható figyelmen kívül az éghajlatváltozás hatása és ezt csak akkor tudjuk modellezni, ha kellő ismeretekkel rendelkezünk a folyóban lejátszódó természeti folyamatokról és megtaláljuk a lehetőségét azok korszerű monitorozásának. A tervezett numerikus modell használható lesz a különböző klímaszenáriókat figyelembe vevő prognózisok hatásának vizsgálatára is.

Felhasznált irodalom

- BONACCI, O. – OSKORUŠ, D. (2010): The changes in the lower Drava River water level, discharge and suspended sediment regime. *Environmental Earth Sciences*, 59, pp. 1661–1670. doi: 10.1007/s12665-009-0148-8
- EUROPEAN COMMISSION (2000. 12. 22). EU Water Framework Directive. Letöltés dátuma: 2020. 02. 29., forrás: https://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html

- GUBÁNYI, A. – WOHLFART, R. – FICSOR, J. – GERGELY, A. – HAHN, I. – KRÁMER, T., . . . SCHAREK, P. (2012): Élőhely-szimulációs modell a szigetközi hullámtér tájrehabilitációs megoldásaira . Természetvédelmi Közlemények, 18, pp. 179–190.
- HALMAI, Á. – BALATONYI, L. – VALKAY, A.I. – CZIGÁNY, S. – LIPTAY, Z.Á. – PIRKHOFFER, E. (2018): Új megközelítésű mederfelmérés technikák alkalmazása kisvízfolyásokon. Védelem Tudomány, pp. 159–181.
- HALMAI, Á. – GRADWOHL-VALKAY, A. – CZIGÁNY, S. – FICSOR, J. – LIPTAY, Z.Á. – KISS, K., . . . PIRKHOFFER, E. (2020): Applicability of Recreational-Grade Interferometric Sonar for the Bathymetric Survey and Monitoring of the Drava River. ISPRS Int.
- KISS, T. – ANDRÁSI, G. (2015): Kanyarulatfejlődés sajátosságai és antropogén hatások vizsgálata két Drávai kanyarulat példáján. Tájökológiai Lapok, pp. 73–88.
- KISS, T. – ANDRÁSI, G. (2019): Evolution of the Drava Floodplain in Hungary in the last 100 Years. In D. Lóczy, The Drava River: Environmental Problems and Solutions, pp. 157–175. Springer Geography. doi:10.1007/978-3-319-92816-6_11
- SZLÁVIK, L. – SZIEBERT, J. – TAMÁS, E.A. (2012): A Dráva morfológiai monitoringja – Hordalékvizsgálat (in Hungarian) Sediment analysis study under the project of ‘Dráva morphological monitoring Reference. Research Report.
- TAMÁS, E.A. (2019): Sediment Transport of the Drava River. In D. Lóczy, The Drava River Environmental Problems and Solutions, pp. 91–103. Springer Geography.

Lejtős tömegmozgások helyének becslése a Gerecse északi részén

Gerzsenyi Dávid¹ – Albert Gáspár²

¹ doktorandusz, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, Eötvös Loránd Tudományegyetem, gerzsd@student.elte.hu

² docens, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, Eötvös Loránd Tudományegyetem, albert@ludens.elte.hu

Abstract: Slope movement processes pose a threat in the Gerecse Hills. Therefore, locating landslide-prone slopes is important. The slope failure events were recorded in the National Landslides Cadastre to some extent, but the inventory is not complete. We conducted a GIS-based landslide susceptibility assessment with the “likelihood ratio functions” model for the Northern Gerecse. The model analyses the distribution of continuous (elevation, slope, general curvature, terrain wetness index) and categorical (geology, geomorphon landforms) variables and yields landslide susceptibility estimates. The results were validated both on the field and with 5-fold cross-validation. The steeper, loessy slopes on the lower altitudes are the most prone to landslides according to the model. The created landslide susceptibility raster will serve as a thematic layer of the geohazard map of the Gerecse Hills.

Bevezetés

A lejtős tömegmozgások, omlások és az alábányászott vagy alapincézett területeken meginduló földmozgások ma is aktív földtani veszélyforrásnak számítanak a Gerecseben. Leginkább a Duna menti magaspártok és a meredek falú patak völgyek, valamint a bányaműveléssel és pincék építésével megbolygatott területek érintettek. Mivel a felszínmozgások a művelt vagy beépített környezetet is veszélyeztetik, ezért fontos az általuk érintett és veszélyeztetett területek feltérképezése. A felszínmozgásos területek felmérése az 1970-es évektől folyik az Országos Felszínmozgás Kataszterbe (OFK). A kataszter azóta már térinformatikai adatbázis formájában érhető el (INTERNET1), jelenlegi tartalmáról JÓZSA ET AL. (2019) nyújt áttekintést. Az OFK a Gerecse területére is tartalmaz adatokat, ám az adatbázis terepi tapasztalataink alapján sok esetben pontatlan vagy hiányos, tehát szükség van a kiegészítésére (GERZSENYI – ALBERT 2018a).

A felszínmozgásos tevékenységre hajlamos területek kijelölésére a terepi adatgyűjtés mellett különböző térinformatikai, geostatistikai módszerek is jól használhatók. A katasztert felhasználva 2017-ben geostatistikai alapú felszínmozgás-veszélyességi elemzéseket végeztünk a hegység egész területére (GERZSENYI – ALBERT 2018a), majd a hegység leginkább felszínmozgásos északi részét vizsgáltuk hasonló módszerekkel (GERZSENYI – ALBERT 2018b). Az alkalmazott „likelihood ratio functions” modell (CHUNG 2006) a mintaként használt felszínmozgásokhoz morfológiai és földtani jellemzőik alapján leginkább hasonlító területeket jelöli

veszélyesnek. A modell arra a feltevésre alapoz, hogy a felszínmozgások a jövőben is olyan körülmények között következnek majd be, mint a múltban. A korábbi elemzések hasznos információval szolgáltak a felhasznált magasságmodellek és az OFK alkalmazhatóságáról, valamint a felszínmozgásos területek földtani és morfológiai viszonyairól, azonban voltak a becslések pontosságát befolyásoló hiányosságaik. Mintaterületként a földmozgások kiindulási helye mellett a törmelék által elért területet is felhasználták. Továbbá a lejtős tömegmozgások mellett a kataszterben jelzett más földtani veszélyforrások területe is a minták között szerepelt. A korábbi mintaterületek így egymástól jelentősen eltérő morfológiájú részekből állhattak össze. Jelen munka célja e hiányosságok kiküszöbölésével egy olyan szabatos elemzés elvégzése a Gerecse északi részére, amely a lejtős tömegmozgásokra koncentrálna, és azok megindulásának lehetséges helyére ad becslést. A vizsgált területet északról a Duna, keletről pedig az Által-ér völgye határolja. Délen Tata és Dág vonaláig, kelet felé pedig Esztergom nyugati határáig terjed. Az eredményeket a terület földtani veszélyforrásainak térképéhez tervezzük felhasználni tematikus rétegeként.

Anyag és módszer

A relatív felszínmozgás-veszélyességet becsülő modell bemenő adatként a lejtős tömegmozgások kiindulási helyét, illetve öt morfológiai (magasság, meredekség, általános görbület, Terrain Wetness Index, geomorfon felszínformák) és egy földtani változót használ.

Az elemzés során felhasznált morfológiai változókat a kb. 30 m (1") felbontású SRTM-1 adatokból vezettük le a SAGA GIS (CONRAD ET AL. 2015) modulok használatával. A magasságmodellre simító szűrőt alkalmaztunk a növényzet és a mesterséges objektumok okozta zaj mérséklése érdekében. Így a DEM alkalmasabbá vált a morfológiai célú elemzésekre. A meredekség (°) és általános görbület („general curvature”) rétegeket a Slope, Aspect, Curvature modul adta. Az általános görbület változó negatív értéke konkáv, homorú, pozitív értéke konvex, domború formát jelöl, nullához közelítve pedig egyenes, nem görbe lejtőt. A „topographic wetness index” (TWI) változót a SAGA Wetness Index modullal vezettük le a DEM-ből. A Geomorphon (JASIEWICZ – STEPINSKI 2013) modullal felszínforma-osztályozást végeztünk, mely során tíz típusba soroltuk a formákat: 1. sík, 2. tető, 3. gerinc, hát, 4. letörés, szakadás, 5. oldalgerinc, 6. lejtő, 7. (keskeny) oldalvölgy, 8. lejtőalj, hegyláb, 9. (lapos) völgy, 10. mélyedés.

A földtani adatok forrása Magyarország földtani térképe (1 : 100 000, GYALOG – SÍKHEGYI 2005) volt. A mintaterület földtani képződményeit 14 kategóriába soroltuk a térkép magyarázója (GYALOG 2005) alapján. A csoportosításnál hasonló kőzettani-állékonysági tulajdonságú kategóriák kialakítására törekedtünk: 1. agyag, 2. aleurit (löszök), 3. forrásmészkö, 4. homok, 5. homok-aleurit, 6. homok-aleurit-agyag, 7. idős karbonátok, 8. kavics, 9. kavics-homok, 10. kavics-homok-aleurit-agyag, 11. konszolidált vegyestörmelék, 12. rétegzett homokkő, 13. rétegzett vegyestörmelék,

14. vegyestörmelék. A mintaterület legnagyobb részét az aleurit kategóriába tartozó löszök fedik, ezen kívül jelentős még a homok-aleurit, kavics-homok-aleurit-agyag, valamint a magasabb térszíneken jellemző idős karbonátok kategória is.

A mintaterületek kijelölését az Országos Felszínmozgás Kataszter, földtani és topográfiai térképek, illetve terepi tapasztalataink alapján végeztük. A fentiek felhasználásával az OSZVALD (2011) csoportosítása szerint lejtős tömegmozgások helyszínének számító területeket jelöltünk ki. E területeken belül elkülönítettük a mozgások kiindulási helyét (csuszamlási karéjok környezete), a törmelékek átmeneti, mozgásban lévő területeit és lerakódási helyét. A lejtős tömegmozgások területének felosztásánál a területrész a lejtőn elfoglalt pozícióját, a növényzet állapotát és a földtani képződmények fizikai tulajdonságait, belső szerkezetét vettük figyelembe (ALBERT – GERZSENYI 2020). Az elemzés során a törmeléklerakódási területeket kiszűrtük, így a mintaterületek határai és jellege is jobban igazodik a modell eredményeivel kijelölendő lejtős tömegmozgásokhoz.

A CHUNG (2006) által ismertetett „likelihood ratio” elemzést egy saját fejlesztésű Python programmal végeztük. A program először változónként összehasonlítja a változó értékeinek eloszlását a mintaterületeken és azokon kívül, majd ez alapján súlyokat rendel a változók értékeihez. A nyers relatív veszélyességi értékek a változók értékeihez rendelt súlyok cellánkénti átlagai. Az elemzés végeredménye egy relatív felszínmozgás-veszélyességi raszter, amely a mintaként használt területekhez való hasonlóságról ad információt. A relatív veszélyesség percentilis formában jelenik meg: az értékek így azt jelölik, hogy az adott cella a teljes vizsgált terület mekkora részénél számít veszélyesebbnek. Pl.: a 0,85 (85%) értékű cellák az összes cella 85%-nál veszélyesebbek.

A program az adatok olvasását és írását GDAL függvényekkel végzi, maga az elemzés főleg az alap Python és a Numpy könyvtárakkal történik. A becslések pontosságát a program k-fold keresztvalidációval ellenőrzi. Tehát a mintaterület több egyenlő részre osztja, majd egy-egy rész kihagyásával végzi el k alkalommal az elemzést, és mindig a kihagyott, ismert felszínmozgás-veszélyességű mintarészt vizsgálva ellenőrzi a becslések helyességét. A pontosság mérőszámaként az ún. „success rate curve” módszert használtuk, amely a teszterületek becsült veszélyességének eloszlását vizsgálja.

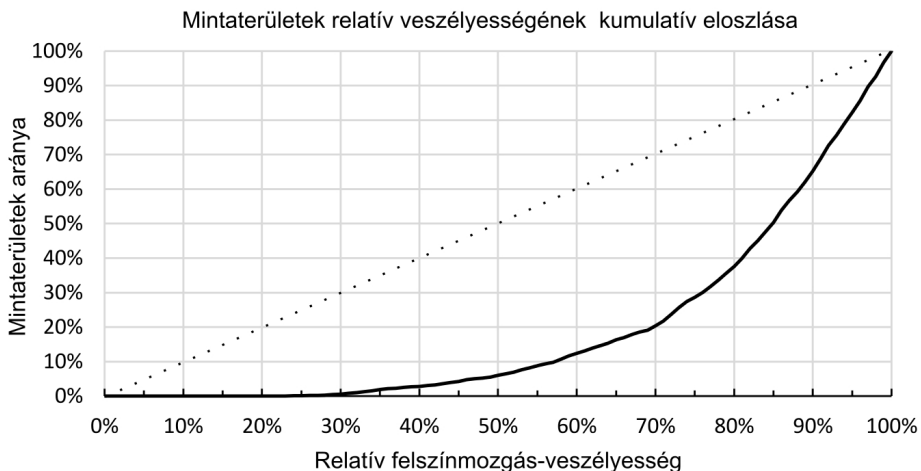
Eredmények – relatív veszélyességi becslések

Az elemzés során EOV vetületű, 31 m felbontású raszteres adatokkal dolgoztunk. A kategorikus raszterek (földtan, geomorfon, mintaterületek) előállításakor az adott kategória sorszámát rendeltük a grid celláihoz. Az adatok előkészítése után a saját programmal megállapítottuk a változók értékeihez tartozó súlyokat, majd a súlyokat tartalmazó gridekből létrehoztuk a relatív veszélyességi becslések gridjét. Ezt végül percentilis formába konvertáltuk. A becslések helyességét k-fold keresztvalidációval, öt osztást használva ellenőriztük.

A mintaterületek főleg az alacsonyabb térszíneken helyezkednek el, így magasabb súlyt is a 143–283 m közti részek kaptak a magassági változó esetében. Meredekség szerint a 4,9–14,7° és 19,6–24,5° közé eső részek számítanak veszélyesebbnek. Az általános görbület esetében a nem sík formák, közülük is a konkáv lejtőrészek kaptak nagyobb súlyt, melyek főleg a keskeny völgyek oldalán és alján találhatóak meg. A TWI értékek közül az 5,1–8,5 tartomány értékei számítanak veszélyesebbnek, ezek az értékek a formák tetején, a lejtők magasabb pozícióin jellemzőek, a völgyekben, sík területeken nem. A geomorfon felszínformák közül a keskeny oldalvölgyek (7) és a lejtők (6) kaptak magas súlyt, a sík részek (1), tetők (2) és a hegylábi részek (8) pedig kifejezetten alacsonyak. A földtani kategóriák közül a homok-aleurit-agyag (6), aleurit (2) és a forrásmészke (3) súlya magas. Utóbbiak közül a löszös területeket jelentő aleurit (2) kategória hatása a legnagyobb az eredményekre, mivel a terület legnagyobb részét lösz borítja.

A lejtős tömegmozgások helyének becsléséhez fontos eldönteni, hogy melyek a valójában is lejtős tömegmozgásokra hajlamos területeket jelölő relatív veszélyességi értékek. A felosztás tovább finomítható veszélyességi kategóriák megállapításával (pl.: nem, kicsit, közepesen, nagyon veszélyes). A legjobb felosztás kialakítása egy iteratív folyamat, benne a validációs eredmények (1. ábra) vizsgálata és a terepi tapasztalatok nyújthatnak segítséget. Az eredményeket egy komplex, más típusú földtani veszélyforrásokat is bemutató tematikus térképen szeretnénk ábrázolni. A térkép sűrű tematikus tartalma miatt az ábrázolhatósági és olvashatósági szempontokat is figyelembe kell venni a kategóriák kialakításánál. Az előbbi szempontokat szem előtt tartva a jelen munka során a 85–100% relatív veszélyességű területeket tekintjük lejtős tömegmozgások szempontjából kockázatosnak. Ez a teljes terület 16%-ának felel meg. A legveszélyesebb 16%-ba a mintaterületek kb. 50%-a tartozik (1. ábra).

A grid cellák legmagasabb veszélyességi értéket kapó 16%-ára jellemző kvantitatív morfológiai paraméterek tulajdonságait az 1. táblázat foglalja össze.



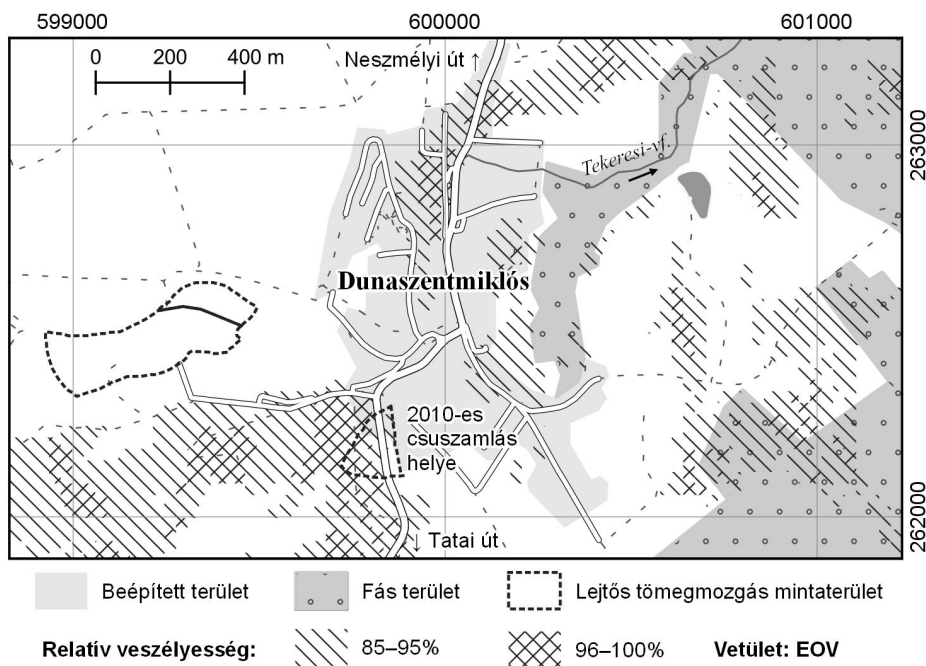
1. ábra A mintaterületek relatív veszélyességének kumulatív eloszlása

1. táblázat Morfometriai változók eloszlásának jellemzői a 85–100% relatív veszélyességű területeken.

Változó	Minimum	Maximum	Átlag	Szórás
Magasság (m)	111	515	214	40
Meredekség (°)	2,59	25,55	8,51	2,08
Általános görbület	-0,0079407	0,0091626	-0,0005841	0,0020794
TWI	5,28	9,79	6,88	0.61

A geomorfon felszínformák szerint a legveszélyesebbnek jelölt rész 68,28%-a lejtő (6.), 17,27%-a keskeny oldalvölgy (7.) és 13,9%-a oldalgerinc (5.). A 85–100%-s veszélyességű területet legnagyobb részben (93,41%) az aleurit kategóriába eső löszök borítják. A fenti veszélyesnek jelölt területek egy része a Duna menti kisebb patakvölgyekben (pl. Disznóskúti-völgy, Nyáraska-völgy) és a Bikol völgyében található. Ezen kívül sok, főleg löszös borítású hegylábi lejtőt is veszélyesnek jelölt a modell (2. ábra).

A veszélyesnek tekintett legmagasabb relatív veszélyességű 16% területe jóval nagyobb annál a területnél, amit az Országos Felszínmozgás Kataszter vagy a földtani térképek lejtős tömegmozgások által érintettek tekintenek. Ez még nem feltétlenül jelenti azt, hogy ezen a területen valóban veszélyes lejtős tömegmozgások következnek be, viszont segít azon területek kijelölésében, amelyeket érdemes tüzetesebben is megvizsgálni felszínmozgás-veszélyesség szempontjából. Terepi



2. ábra Dunaszentmiklós környékének becsült relatív felszínmozgás-veszélyessége

tapasztalataink alapján sok, a modell szerint veszélyes területen valóban található lejtős tömegmozgásokra utaló nyomok. Például a 2010-es Dunaszentmiklósi csuszamlás környéke az elemzés eredménye szerint is veszélyes (2. ábra). A terepi vizsgálat által nem érintett, de veszélyesnek jelölt területeken pedig a topográfiai térképek domborzatrajza, az ott található letörések, szakadások erősítik meg az eredményeket. Ugyanakkor bizonyos mintaterületek esetében alacsony relatív veszélyességet becsül a modell (2. ábra). Ez az alapanyagok hibájára vagy a lejtős tömegmozgások helytelen kijelölésére utal. A jövőben szükséges az ilyen mintaterületek felülvizsgálata. Összességében azonban elmondható, hogy a modell eredményei – a módszer és az alapanyagok sajátosságait szem előtt tartva – felhasználhatók a felszínmozgásokat gyűjtő térképek és adatbázisok frissítéséhez.

Konklúzió

A kutatás során egy geostatisztikai módszer segítségével becslést adtunk a lejtős tömegmozgások lehetséges helyére a Gerecse északi felén. Az elemzéshez a korábbiaknál jobb minőségű bemeneti adatokat használtunk, a modell becsléseit pedig az elemzés során keresztvalidációval ellenőriztük, amit terepi vizsgálat is kiegészített. Elmondható, hogy így a korábbiaknál megbízhatóbb eredményeket kaptunk, illetve a módszer és az alapanyagok megbízhatóságáról is több információnk van. A modell futtatását egy saját Python script végzi, ami jelentősen rövidíti az elemzés egy-egy iterációjának kipróbálásához szükséges időt ahhoz képest, mintha manuálisan, hagyományos GIS programokkal vinnénk végig a munkamenetet. Ez könnyebbé teszi alternatív mintaterületek vagy a változók más kombinációinak kipróbálását a jövőben. Az eredmények tematikus réteggént felhasználhatók egy készülő földtaniveszélyforrás-térkép elkészítéséhez is.

Köszönetnyilvánítás

Az Információs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült. A projekt [Albert G. részéről] a NKFI Alapból biztosított támogatással, a 2020-4.1.1.-TKP2020 pályázati kódszámú Tématerületi Kiválósági Program Nemzeti Kihívások Alprogramja finanszírozásában valósult meg.

Felhasznált irodalom

ALBERT G. – GERZSENYI D. (2020): Slope type classification with random forest method in the Gerecse Hills, Hungary. In: Bandrova T.– Konečný M.– Marinova S. (szerk.): 8th International Conference on Cartography and GIS – Proceedings Vol. 1, Nessebar, Bulgaria, pp. 259–266.

CHUNG, C. (2006): Using likelihood ratio functions for modeling the conditional probability

of occurrence of future landslides for risk assessment. – *Computers & Geosciences*, 32, pp. 1052–1068.

- CONRAD, O. – BECHTEL, B. – BOCK, M. – DIETRICH, H. – FISCHER, E. – GERLITZ, L. – WEHBERG, J. – WICHMANN, V. – BÖHNER, J. (2015): System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. Geoscientific Model Development, 1991–2007., 8., pp. 1991–2007.
- GERZSENYI D. – ALBERT G. (2018a): Csuszamlásveszélyes lejtők helyének becslése a Gerecsében tapasztalati változók alapján. *Földrajzi Közlemények*, 142, 1 pp. 21–35.
- GERZSENYI D. – ALBERT G. (2018b): Nagy felbontású magasságmodellek alkalmazása felszínmozgás-veszélyességi térkép készítéséhez. In: Molnár V. (szerk.): *Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában IX.*, Debrecen, pp. 115–120.
- GYALOG L. (szerk.) (2005): *Magyarország fedett földtani térképéhez (az egységek rövid leírása)*. Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI), Budapest.
- GYALOG L. – SÍKHEGYI F. (2005): *Magyarország földtani térképe, (1 : 100 000)*. – Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI), Budapest. <https://map.mfgi.hu/fdt100/> Letöltés ideje: 2017. június.
- JASIEWICZ, J. – STEPINSKI, T. (2013): Geomorphons - a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*, 182, pp. 147–156. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.11.005
- JÓZSA E. – LÓCZY D. – SOLDATI, M. – DRĂGUȚ, L. D. – SZABÓ J. (2019): Distribution of landslides reconstructed from inventory data and estimation of landslide susceptibility in Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin* 68. (3) pp. 255–268. DOI: 10.15201/hungeobull.68.3.4
- OSZVALD T. (2011): Földtani veszélyforrások. In: Schweitzer F. (szerk.) *Katasztrófák tanulságai: stratégiai jellegű természetföldrajzi kutatások. Elmélet, módszer, gyakorlat*, 67., Magyar Tudományos Akadémia, Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 175–186.

Internetes források

- INTERNET1 – Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ): Országos Felszínmozgás Kataszter – <https://mbfsz.gov.hu/hatosagi-ugyek/nyilvantartasok/orszagos-felszinmozgas-kataszter>, Letöltés ideje: 2019. szeptember.

Az Alsó-Dráva-ártér felszínborításának vizsgálata távérzékelési és geoinformatikai módszerekkel

Gyenzise Péter¹ – Morva Tamás² – Ortmanné Ajkai Adrienne³ –
Lóczy Dénes⁴ – Halmi Ákos⁵ – Pirkhoffer Ervin⁶

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

² doktorandusz, PTE TTK Földtudományok Doktoriskola, morvatamas@gmail.com

³ egy. docens, Pécsi Tudományegyetem TTK Biológiai Intézet, aadrienne@gamma.ttk.pte.hu

⁴ egy. tanár, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, loczyd@gamma.ttk.pte.hu

⁵ adjunktus, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, halmaia@gamma.ttk.pte.hu

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

Abstract: A Dráva hazánk egyik legtermészetesebb folyóvize és hozzá tartozó folyóvízi ártere. Ennek feltérképezése jelentősen hozzájárulhat a terület megóvásához és a vízügyi beavatkozások tervezéséhez is. A kutatás első lépésében lehatároltuk az Alsó-Dráva nagyvízi medrét. Második lépésben térképek és műholdfelvételek segítségével elkészítettük a nagyvízi meder felszínborítás térképét. A növényzettel borított területek osztályozásához az ArcGIS Pro Support Vector Machine algoritmusát futtattuk Sentinel-2 felvételeken. Megállapítható, hogy a vizsgált területen magas az ökológiai szempontból értékes társulások aránya. Uralkodó területhasználat-típus (33–48%) a puhafás ligeterdő. 14–18%-ot tesznek ki a vízi és vizes élőhelyek (beleértve magát a Dráva folyót), 5–8%-ot a keményfás ligeterdők. A kapott térkép a 0,3 hektár minimális felülettel ábrázolja a közel 500 négyzetkilométernyi területet, ami a korábbiaknál részletesebb tájökölógiai és vízügyi tervezési vizsgálatokat tesz lehetővé az Alsó-Dráva nagyvízi árterén.

Bevezetés, célkitűzés

Hazai folyóink közül a Dráva természetessége kiemelkedő. A folyót kísérő Natura 2000 élőhelyek állapota viszont romlik, mivel a folyó medre és vele együtt a talajvízszint süllyed. Emiatt nem megfelelő a folyóparti élőhelyek vízellátása. A Drávát a folyószabályozások óta érő emberi beavatkozások hatásai sokrétűek az élővilágra nézve és az emberek életére is komoly hatással vannak. A tapasztalt negatív folyamatok egymásra épülése miatt a hatások elemzése és a megoldás megtervezése komplexitást kíván.

Ennek a problémának a vizsgálatára és lehetséges megoldási javaslatok megtételére indította a WWF és a DDVIZIG a LIFE17NAT/HU/000577 „Dráva folyómenti területhasználatok vizsgálata és tervezett beavatkozás-típusok hatásvizsgálata a 0 fkm – Mura torkolat közötti szakaszon” című kutatási programját, melyben a PTE TTK Földrajzi és Földtudományi, valamint Biológiai Intézetének munkatársai is részt vettek.

A tanulmányunk a munka első lépéseként létrehozott térképszerkesztési és geoinformatikai munkákról számol be. Ennek során egyrészt célunk volt az Alsó-

Dráva nagyvízi árterének lehatárolása a 0 fkm és a Mura torkolat között. Másrészt pedig célunk volt az Alsó-Dráva nagyvízi medre aktuális területhasználati térképének elkészítése műholdfelvételek segítségével, illetve a területhasználati-felszínborítási formák számszerű kiértékelése.

Rögtön a tanulmány elején definiálnunk kell néhány alapfogalmat. A vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény (a továbbiakban: Vgtv.) 1. számú mellékletének 12. pontjában, valamint a) és b) alpontjában jelennek meg a meder – nagyvízi meder és nagyvízi mederkezelés fogalmai:

- meder: „a vízfolyást vagy állóvizet magában foglaló természetes mélyedés vagy kiépített terepalakulat, amelyet meghatározott partvonalig a víz rendszeresen elborít”;
- nagyvízi meder: „a vízfolyást vagy állóvizet magában foglaló terület, amelyet az árvíz levonulása során a víz rendszeresen elborít, és amelyet a mértékadó árvízszint vagy az eddig előfordult legnagyobb árvízszint közül a magasabb jelöl ki”;
- nagyvízi meder kezelés: „a terület hasznosítása és használata, a terület felmérése és nyilvántartása, megóvása, őrzése, fenntartása érdekében végzett tevékenység.”

A Dráva az Alpok délkeleti részén eredő vizek fő befogadója, Dél-Tirolban a Karni-Alpok nyugati végében ered Olaszország területén 1192 m tengerszint feletti magasságban. Hossza 733 km, teljes vízgyűjtő területe a Dunába történő betorkolásnál 43238 km². Legnagyobb mellékfolyója a Mura, melyet már Magyarország területén ér el a Dráva 236,0 – 237,0 fkm közötti szelvényében a bal oldalon.

A Dráva folyót topológiai és geográfiai szempontból három egységre osztották fel:

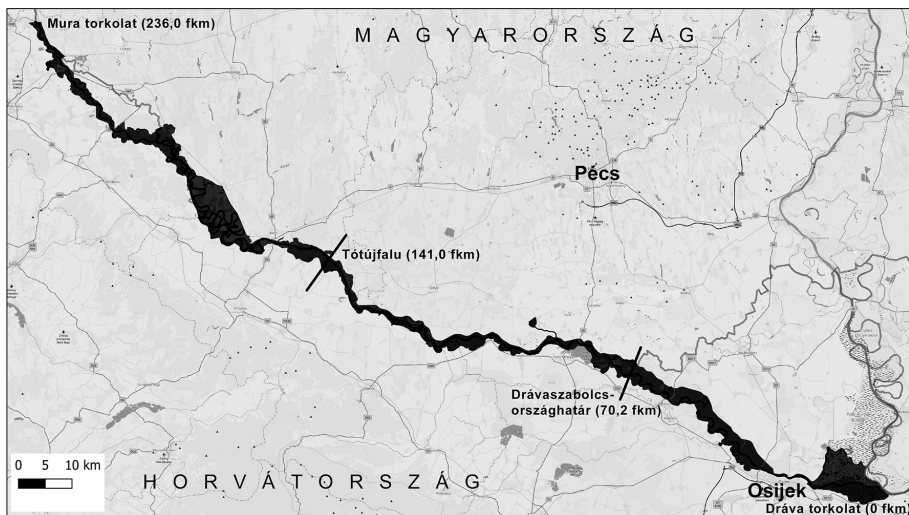
- Felső-Dráva: Villachtól Mariborig,
- Közép-Dráva: Maribortól a Mura torkolatig,
- Alsó-Dráva: a Mura torkolattól a Dráva dunai torkolatáig.

A jelenleg vizsgált mederszakasz az Alsó Dráva.

Anyag és módszer

Az Alsó-Dráva nagyvízi medrének lehatárolása

A nagyvízi meder lehatárolásakor a magyar szakaszon a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság által biztosított állományt vettük figyelembe. A horvátországi területekről nem álltak rendelkezésre nagyvízi mederhatár adatok, azokat magunknak kellett elkészíteni. A teljes Alsó-Dráva nagyvízi meder lehatárolásához elkészítettük a horvátországi területek töltések és magaspárt vonalainak geoinformatikai rétegét.



1. ábra Az Alsó-Dráva nagyvízi meder kiterjedése (fekete felülettel jelölve, háttér forrása: Openstreetmap.org)

A felhasznált adatok a következők voltak

EU-DEM v1.0 , ami az SRTM és ASTER GDEM kombinálásával készült hibrid felszínmodell, amely szintén a teljes vizsgálati területen rendelkezésre áll és elsősorban a magaspartok vizuális behatárolásához használtuk.

- <http://korp.voda.hr/> azon belül <http://voda.giscloud.com> árvízvesztési térképek, melyek tartalmazzák a horvátországi töltések vonalát.
- <https://geoportal.dgu.hr> 1:5000 méretarányú horvát alaptérkép és ortofotó, valamint a Horvát Köztársaság 1:25000 méretarányú topográfiai térképei.

A horvát szakaszokon első sorban a hivatalos honlap, a <http://voda.giscloud.com> töltés jelöléseit használtuk, amelyeket kiegészítettük a horvát topográfiai térképek és légifelvételek kiértékelésével, illetve sok esetben használtuk a Google Street View földfelszíni látványképeit is. A töltéssel nem védett területeken a horvát topográfiai térképek magaspart jelölését és szintvonalait, az EU-DEM domborzatárnyékolt rétegét, néhol a II. Katonai Felmérés ártér jelöléseit vetettük össze a műholdfelvételekkel. A Dráva torkolata feletti 13–14 km hosszú szakaszon a Dráva ártere már a Duna árterébe olvad. Ezen a részen észak felé a Hulovskicsatornát választottuk határnak (1. ábra).

Az Alsó-Dráva nagyvízi meder felszínborítási térképe

Az Alsó-Dráva területére nem állt rendelkezésre a vizsgálatok elvégzéséhez szükséges részletességű naprakész alaptérkép. Ennek elkészítéséhez számos különböző forrásból gyűjtöttünk adatokat. Feladatunkat tovább nehezítette, hogy a magyar és horvát oldalon sok esetben különböző felbontású és más-más időben készült alaptérképeket, légifotókat és műholdképeket felhasználva kellett egységes adatbázist létrehozunk.

A következő forrásokat használtuk fel az alaptérképünk elkészítéséhez:

- Corine Land Cover 2018. A CLC adatbázis vektoros formában tartalmaz területhasználati adatokat egységes formában és a teljes vizsgálati területen rendelkezésre áll, azonban térbeli részletességénél pontosabb adatokra volt szükségünk, ezért csak a munka előkészítése során tudtuk felhasználni.
- TEIR természetvédelmi és természeti környezetet bemutató adatbázisok. A TEIR adatokat a magyarországi nemzeti parki, természetvédelmi területek, valamint a védvonalak elhelyezkedésének meghatározásához használtuk fel.
- Magyarországi Erdészeti Webtérkép (<https://erdoterkep.nebih.gov.hu/>). Az erdőtérkép fafajokra vonatkozó adatai voltak az elsődleges forrásaink az erdők osztályozó műholdkép elemzéseink során a tanulóterületek meghatározásához és az ellenőrzés elvégzéséhez.
- <http://www.biportal.hr/gis/> horvát portál természetvédelmi alaptérképei.
- Sentinel-2 adatbázis (<https://scihub.copernicus.eu>). A Sentinel-2 műholdképekre az erdők osztályozásához volt szükségünk.

A felsorolt térképi adatokból és műhold felvételekből olyan alaptérképet hoztunk létre, amely a vizsgált területen a felszínborítást és területhasználatot az alábbi kategóriák szerint reprezentálja:

- folyó- és állóvizek vízfelülete,
- mocsaras, vizenyős területek,
- gyepek (rét, legelő, kaszáló), bokros-cserjés átmeneti sarjerdő,
- természetközeli puhafás erdő (nyár, fűz, éger stb.),
- természetközeli keményfás erdő (tölgy, kőris, gyertyán stb.),
- idegenhonos és invazív fafajok (elsősorban akác, vörös tölgy),
- fenyves,
- szántó,
- ipari-gazdasági terület,
- beépített terület (település).

Kézzel digitalizáltuk a légifotón szabad szemmel is jól elkülöníthető kategóriákat: beépített terület; ipari, gazdasági terület; szántóföld; legelő, rét, bokros-cserjés, átmeneti erdő; vízfelület.

Műholdkép elemzéssel osztályoztuk a fennmaradó területeket: természetközeli keményfás erdő (tölgy, kőris, gyertyán stb.); természetközeli puhafás erdő (nyár, fűz, éger); fenyves; invazív fafajok (elsősorban akác, vörös tölgy); vizenyős, mocsaras terület. Ennek során a Sentinel-2 Level 2A műholdképek 3, 4 és 8-as, 10 méteres felbontású sávjait, illetve tavaszi, nyári, őszi és téli felvételek (tehát összesen 12 sáv) felhasználásával ArcGIS Pro szoftverrel osztályoztuk.

A vizsgált területet összesen négy Sentinel-2 képkocka fedi le, ezek mindegyikén tanulóterületeket (training sites) digitalizáltunk, majd felügyelt objektum alapú osztályozást végeztünk. A műholdképek szegmentálása során a szoftverben a spektrális részletességet maximális értékre (20), a térbeli részletességet 15, a legkisebb szegmens méretét 30 pixelre beállítva dolgoztunk. A 10x10 méteres

1. táblázat A Support Vector Machine algoritmussal végzett objektumorientált osztályozás ellenőrző táblázata (%)

	Vízfelület	Mocsár, vizenyős	Természetközeli keményfás erdő	Természetközeli puhafás erdő	Invazív, idegenhonos	Fenyves	Össz.
Vízfelület	96,6	2,2	0,5	0,7	0,0	0,0	100,0
Mocsár, vizenyős	2,3	94,8	0,0	1,6	1,4	0,0	100,0
Természetközeli keményfás erdő	0,00	0,00	86,1	10,79	2,09	1,03	100,0
Természetközeli puhafás erdő	0,1	1,5	11,4	82,4	4,7	0,0	100,0
Invazív és idegenhonos	0,0	0,7	1,1	10,2	75,3	12,7	100,0
Fenyves	0,0	0,0	3,8	2,1	2,8	91,3	100,0

pixelméret mellett tehát a legkisebb elkülönülő szegmens a valóságban 3000 négyzetméteres (tehát 0,3 hektár szemben a CLC 25 hektáros minimális egységeivel). Az osztályozáshoz a Support Vector Machine algoritmust használtuk, eredményeinket pedig kontrollterületek kijelölésével, illetve szakértők megkérdezésével ellenőriztük.

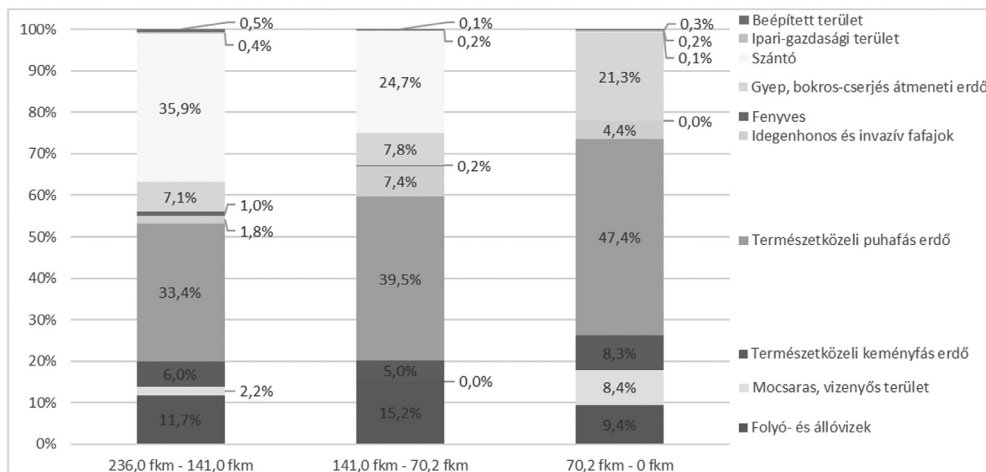
A Sentinel-2A műholdképekből kapott felszínborítási kategóriák ellenőrzése először ellenőrző területekkel (control sites) történt. Az erdoterkep.nebih.gov.hu erdőrészelein felvett ellenőrző területek pixeleit 75–96 százalékban helyes kategóriába sorolta a Support Vector Machine algoritmus (1. táblázat).

Az elemzés során egyértelművé vált, hogy az erdoterkep.nebih.gov.hu oldalon látható webtérkép adatai meglehetősen generalizáltak, azaz a gazdálkodási egységekben legtöbb esetben csak az uralkodó fafajokat tünteti fel. Éppen ezért már a tanulóterületek kialakításakor éppen úgy, mint a későbbi ellenőrzéskor biológus szakértő elemezte a légi- és műhold felvételeket, azokon látható színeket, mintákat, sémákat stb.

Eredmények

A teljes Alsó-Dráva alszakaszainak felszínborítási-területhasználati jellemzése

A vizsgálati terület uralkodó területhasználat-típusa a puhafás ligeterdő (33–48%). 14–18%-ot tesznek ki a vízi és vizes élőhelyek (beleértve magát a Dráva folyót), 5–8%-ot a keményfás ligeterdők. A szántók aránya – a terület lehatárolásának köszönhetően – változó, a három szakaszon 0,1–36% közötti. Fásszerű özönfajok és a fenyők az egyes szakaszok 2,8–7,6%-át foglalják el.



2. ábra Az Alsó-Dráva szakaszainak területhasználati jellemzése

Az Alsó-Drávát vízügyszervezési, természetföldrajzi és közigazgatási szempontok alapján három részre (alszakaszra) bontottuk a felső folyás irányából a torkolatig (2. ábra):

- Mura torkolat (236,0 fkm) – Tótújfalu (141,0 fkm),
- Tótújfalu (141,0 fkm) – Drávaszabolcs-országhatár (70,2 fkm),
- Drávaszabolcs-országhatár (70,2 fkm) – Dráva torkolat (0 fkm).

A Mura torkolat (236,0 fkm) és Tótújfalu (141,0 fkm) közötti alszakasz

Ezen az alszakaszon a balparti, azaz magyar területeken gyakori a magaspart, ezért kevesebb helyen kellett árvízvédelmi töltéseket építeni. Hosszabb szakaszon a Dráva menti nagyvízi meder párhuzamosan mind a magyar, mind a horvát területekre kiterjed, de Zákány és Bélavár között kizárólag csak horvát területeket érint. Számításaink szerint ezen alszakasz területe 202,2 km². A legfelső, magyar oldalon jellemzően magaspartos alszakaszon a legmagasabb a szántók aránya, kevesebb a természetközi élőhelyeké. A kemény- és puhafás erdők területaránya 39,4%. A fásszárú özönfajok területaránya itt a legalacsonyabb (1,8%), ami annak köszönhető, hogy az inváziós folyosó itt a legkeskenyebb (2. ábra). A nagyvízi ártér 202,2 km² területének kb. 80%-a tartozik a Duna-Dráva Nemzeti Park, illetve különböző (azon kívül eső) natura 2000 területekbe. Itt a legmagasabb az előbb említett természetvédelmi kategóriákon kívül eső területek aránya (16,1%).

A Tótújfalu (141,0 fkm) és Drávaszabolcs-országhatár (70,2 fkm) közötti alszakasz

Ezen az alszakaszon a bal parton a korábban vízjárta Ormánság területén magaspart nincsen, a Dráva nagyvízi medrét végig töltések határolják. Számításaink szerint ezen alszakasz területe 105,5 km². Az uralkodó területhasználati típus itt is a

puhafás ligeterdő (39,5%), túlsúlyuk a keményfás ligeterdőkkel szemben nagyobb (5%). A három szakasz közül itt a legmagasabb az özönfajokkal való fertőzöttség (7,4%). A vízi és vizes élőhelyek területaránya (magát a Drávát is beleértve hasonló az előző szakaszhoz (kb. 15%). A szántók aránya az előző szakaszhoz képest alacsonyabb, mert kevesebb az elöntést nem kapó terület (2. ábra). Itt a legmagasabb a nemzeti park területi aránya (32,7%), ugyanis a nagyvízi meder magyar szakaszán szinte csak ilyen védettségű területeket találunk. Ezzel szemben a nemzeti parkon és natura 2000 területeken kívüli részek aránya a legalacsonyabb a három alszakasz közül.

A Drávaszabolcs-országhatár (70,2 fkm) és Dráva torkolat (0 fkm) közötti alszakasz

Ezen az alszakaszon kizárólag horvát területen folyik a Dráva és húzódik a nagyvízi ártere. Számításaink szerint ezen alszakasz területe 183,3 km². A harmadik, teljes egészében horvát területeken futó Dráva alszakasz más képet mutat, elsősorban a nagy területű Kopački Rit és a hozzá délről csatlakozó Almajski Rit miatt. Ez a két terület őrzi legjobban az eredeti ártéri viszonyokat. A természeteshez hasonló térben és időben változó élőhelymozaik elemei nyíltvízes foltok, nádasok, magassásosok, elszórt fűzcerjések, fűz-nyár erdőfoltok. Ezekből adódik a puhafás ligeterdők itt legmagasabb aránya (közel 50%), a vízi és vizes élőhelyek magas aránya (összesen 17,8%), és az átmeneti kategóriában szereplő, vízzel csak időlegesen elöntött nedves gyepek, legelők magas aránya (21,3%). Az özönfajok itteni viszonylag alacsony területfoglalása (4,4%) szintén a rendkívül természetközeli állapot eredménye, mely alátámasztja megőrzésének szükségességét (2. ábra). Ezen a szakaszon a legmagasabb a Natura 2000 területek részaránya (74%). Ezzel szemben feltűnően alacsony a nem védett területek kiterjedése.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóságnak a kutatási célra rendelkezésünkre bocsátott geoinformatikai állományokért, továbbá a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatalnak (NKFIH) az SNN 125727. sz. pályázat („Az árvízveszély lehetséges ökológiai mérséklése Magyarország és Szlovénia dombságain”) keretében nyújtott pénzügyi támogatásért.

Debrecen belső szuburbanizációjának vizsgálata térinformatikai módszerekkel – lehetőségek és korlátok

Hegedűs László Dávid¹ – Péntzes János² – Apáti Norbert³

¹ doktorjelölt, DE TTK Társadalomföldrajzi és Területfejlesztési Tanszék, laccyrac16@gmail.com

² egyetemi docens, DE TTK Társadalomföldrajzi és Területfejlesztési Tanszék,
penzes.janos@science.unideb.hu

³ PhD-hallgató, DE TTK Társadalomföldrajzi és Területfejlesztési Tanszék,
norbertszatmarcseke@gmail.com

Absztrakt: A szuburbanizáció az egyik legmeghatározóbb társadalmi térfolyamatként jelent meg hazánkban is, különösen az 1990-es évektől kezdve. Ezen belül is kiemelten fontos a szerepe a nagyvárosok belső szuburbanizációjának, amely a közigazgatási területen belül zajlik, emiatt nehezebb is a detektálása. Tanulmányunkban Debrecen példáján keresztül mutatjuk be azokat a téradatforrásokat, amelyek a jelenség elemzésére alkalmasak lehetnek, ugyanakkor egy részük vizsgálatunk szempontjából nem volt megfelelő. Két időmetszetben – 2000-re és 2020-ra vonatkozóan – elkészült adatbázisunk kiértékelésének előzetes eredményei jelzik a belső szuburbanizáció főbb irányait és mértékét.

Bevezetés

Tanulmányunkban arra vállalkoztunk, hogy egy meghatározó területi társadalmi folyamat térinformatikai vizsgálatának kérdéskörét járjuk körbe.

A szuburbanizáció az 1990-es évektől kezdve az egyik legmeghatározóbb folyamattá vált a közép-európai és hazai településfejlődésben is (TIMÁR 1999; ENYEDI 2011). Magyarországon a szuburbanizáció Nyugat-Európaéhoz – és különösképp Észak-Amerikához – képest megkésve jelentkezik, legmarkánsabban és legkiterjedtebben Budapest körül, így a kutatások zöme is a Budapest-környéki folyamatokat vizsgálja (DÖVÉNYI – KOVÁCS 1999; TIMÁR – VÁRADI 2000; KOVÁCS ET AL. 2019). Ennek ellenére részletes elemzések születtek több hazai vidéki nagyvárosra vonatkozóan is (TIMÁR 1993a; BAJMÓCY 1999; KÓKAI 2011; KRISTÓF 2018). A települések népességszámának alakulásán túl a folyamat a helyi társadalom átalakulására (LADÁNYI – SZELÉNYI 1997; CSANÁDI – CSIZMADY 2002; VASÁRUS 2016), a fejlettségi térszerkezetre (PÉNTZES 2011), a közlekedésre (HARDI – NÁRAI 2005; SZALKAI 2010) és környezetre (KOVÁCS ET AL. 2019) gyakorolt hatása is a vizsgálatok alapját jelentette.

Az elmúlt években egyre nagyobb figyelmet kapott a szuburbanizációs folyamatokon belül a nagyvárosok közigazgatási határán belüli lakossági széttelepülés kérdése. A közigazgatási határokat át nem lépő szuburbanizációt a szakirodalomban belső (BAJMÓCY 2014) vagy külterületi szuburbanizációnak (VASÁRUS 2016) nevezik. Ugyanakkor a nagyvárosok központi belterületével érintkező övezetbe (ki)költöző

lakosság átalakítja az ún. város-vidék (TIMÁR 1993b; TIMÁR – BAUKÓ 1999; VASÁRUS ET AL. 2018), vagy urbánus-rurális perem-, más néven peri-urbán zónát (PÓCSI 2011), amely mellett a nagyvárosok – központi belterületen kívüli – egyéb belterületei (és külterületei) is érintettek lehetnek ebben a folyamatban.

Jelen tanulmányban Debrecen központi belterületén kívüli területeit vizsgáljuk meg, amelyet megerősít az a tény, hogy az 1990–2011 között legnagyobb népességnövekedést bemutató vidéki településrészek közül három debreceni egyéb belterület (Józsa) és külterület (a Biczó István-kert és a Bayk András-kert) szerepelt az első tízben (BAJMÓCY 2014, 9. táblázat).

A Debrecen környéki szuburbanizáció természetesen nem korlátozódik a megyeszékhelyre, hanem a környező települések is jelentős népességnövekedést könyveltek el (SÜLI-ZAKAR 1996), különösen az 1990-es évek közepétől (BAJMÓCY 2014), de a folyamat már a '80-as években megindult (SÜLI-ZAKAR 1994). Debrecen nagy kiterjedésű közigazgatási területe ugyanakkor azt eredményezte, hogy a város határain belül is végbemehettek a szuburbanizációs folyamatok anélkül, hogy a város népességszáma csökkent volna (SÜLI-ZAKAR 1994).

A központi belterület jellemző népességnövekedése 1990 után megtorpant, azonban az egyéb belterületek (különösen a közigazgatásilag 1981-ben Debrecenhez csatolt Józsa) lakosság száma is gyarapodott az 1990-es évtizedben is (EKÉNÉ 1994). Debrecen külterületeinek népessége ezzel szemben az 1980-as évek során csökkent és csak ezután indult növekedésnek. A 2000-es években a folyamat még egyértelműbbé vált, amikor a központi belterület népességszáma csökkent, miközben az egyéb belterületek és külterületek látványosan növekedtek (*1. táblázat*).

Anyag és módszer

Debrecen központi belterületen kívüli területeinek vizsgálata céljából áttekintettük a rendelkezésre álló téradat- és térképi adatbázisokat, légi- és műholdfelvételeket. A rendelkezésünkre álló téradatbázisok – városrészi népességadatok, a GeoX Kft. 100*100 méteres rácshálózathoz rendelt lakosság számadatai (CSOMÓS ET AL. 2020), valamint a különböző idősíkokban készült CORINE és az Urban Atlas adatbázisok (LENNERT ET AL. 2020) – nem voltak

1. táblázat Debrecen területeinek népességszáma 1980–2011 között, fő.

Forrás: KSH népszámlálási kötetei, KOZMA 2016

Területek	1980	1990	2001	2011
központi belterület	180.372	195.414	188.924	181.859
egyéb belterület	9.606	10.362	13.745	15.137
<i>ebből Józsa</i>	<i>6.701</i>	<i>7.293</i>	<i>9.541</i>	<i>10.944</i>
külterület	8.217	6.459	7.686	14.127
Debrecen összesen	198.195	212.235	210.355	211.320

elégésesek ahhoz, hogy a Debrecen közigazgatási területén belüli szuburbanizációs folyamatot kellő mélységben és megfelelő időtávban elemezni tudjuk.

A műholdfelvételek és ortofotóállományok kapcsán pedig érdemes megjegyezni, hogy azok térinformatikai feldolgozására és vektoros állománnyá alakítására ígéretes lehetőségként lehet tekinteni (SCHLOSSER ET AL. 2020), azonban módszertani megközelítésünkhöz ez sem volt megfelelő.

Mindezek alapján úgy döntöttünk, hogy a vizsgálatot három időmetszet alapján végezzük el, amelyekhez a Google Satellite Hybrid aktuális – 2019–2020-as állapotot tükröző – alaptérkép rétegeit hívtuk be a Quantum GIS 3.10 „A Coruña” verziójában (a validáláshoz Debrecen MJV szabályozási tervét használtuk, melyet az ERDA Kft. üzemeltet). A 2000-es időszakra vonatkozóan a FÖMI 2000-es ortofotó állományát hívtuk be a QGIS szoftver QMS moduljának/bővítményének alkalmazásával. További tervünk között szerepel az 1980-as időszakra az 1:10.000-es topográfiai térképállomány feldolgozása, amelynek validálását az 1:4000-es kataszteri térképek segítségével kívánjuk végrehajtani.

Elemzésünk jelenlegi fázisa a közösségi közlekedési rendszer komplex vizsgálatának előkészítését is jelenti. A formálódó téradatbázis célja, hogy a beépített területek változását pontobjektumok segítségével gyakorlatilag földrészlet szinten tudjuk detektálni. Ennek kialakítása során a szempont nem a beépített földrészletek kiterjedésének pontos felmérése volt, hanem gyakorlatilag a beépített földrészleteket azonosítottuk egy ponttal a rétegeken. Emiatt nem volt alkalmas módszer a műholdkép-, illetve ortofotó alapú automatizált kiértékelés, mivel a több épületet, vagy építményt tartalmazó földrészletek esetében is mindössze egyetlen pontot rögzítettünk. A művelet során tehát a földrészletek elkülönítésére is szükség volt, amelyet a Debrecen szabályozási terve segítségével validáltunk. Az objektumokat nem különítettük el funkció szerint, így egy adott pont lakóingatlant, intézményt, kereskedelmi egységet, vagy éppen mezőgazdasági létesítményt is jelölhet (földrészletenként egyet). Ezt terepi felméréssel, vagy önkormányzati forrásokkal akár el is különíthettük volna az aktuális állapotra vonatkozóan, azonban a korábbi időszakokra szinte megoldhatatlan lett volna ez a művelet, így kénytelenek voltunk eltekinteni tőle. Hasonlóképpen azokat az építményeket vettük figyelembe, amelyek az ortofotó, illetve műholdfelvétel alapján szerkezetkésznek tekinthető, azaz látható a kész tetőszerkezet (emiatt nincsen teljes egyezés a szabályozási terv és a műholdfelvételek között sem, mivel előbbiben a használatbavételi engedéllyel szereplő ingatlanok szerepelnek).

Debrecen 1980-as központi belterületi határán kívül eső objektumokat detektáltuk, ezáltal is igyekeztünk lekövetni az azóta bekövetkezett változásokat (beleértve a város peremterületének fejlődését is, amely együtt járt a belterület határának kitolódásával – 4553 hektárról 4975 hektárra bővült a négy évtized alatt). A pontállomány létrehozása során az aktuális állapot rögzítése után retrográd módon visszavezettük a változásokat a 2000-es ortofotó állomány alapján is, amely során elsősorban a pontok törlésére volt szükség. Az 1980-as pontállomány kialakítása jelenleg is zajlik, így ennek kiértékelése még várat magára.

Eredmények

A 2020-as állapotra vonatkozóan több mint 18.100 pontot rögzítettünk a Debrecen 1980-as központi belterületén kívül eső térrészen. Ez az érték több mint 2000-rel több objektumot jelentett a 2000-es viszonyokat tükröző 16.100 objektumhoz képest.

A változás – nem pusztán növekedésről van szó, mivel néhány területen egyértelmű területhasználati változás következményeként például egykori mezőgazdasági ingatlanok tűntek el és helyüket más funkció vette át – nem homogén módon következett be. A mellékelt térképi részlet is mutatja, hogy az egyéb belterületnek minősülő Józsa településrész keleti felén (Alsójózsa) mind a lakott területek peremének kitolódása, mind pedig besűrűsödése lezajlott (új utcák nyitásával, valamint foghíjtelkek beépülésével).

A városközponttól koncentrikusan kialakított szektorokra (ehhez hasonló kiértékelést ad VERMA ET AL. 2017 munkája) vonatkozó eredményeink jelzik a 2000 után bekövetkezett változásokat (*1. ábra*). Ezek alapján jól körvonalazódik az a tendencia, hogy Debrecen központi belterületének délkeleti pereme jelez intenzívebb növekedést, míg a keleti külterületi kertségi zónák nagyobb kiterjedésű szerényebb sűrűsödést mutatnak. Az egyéb belterületek közül messze kiemelkedik Józsa keleti része és Pallag is.

Vizsgálatunk véleményünk szerint jelentős elemzési potenciált rejt még magában, amelyet az 1980-as idősakra való kiterjesztéssel tovább lehet növelni.



1. ábra Debrecen északi részén fekvő Józsa településrész vizsgált objektumainak elhelyezkedése 2000-ben és 2020-ban (saját szerkesztés a Google Satellite Hybrid, a FÖMI ortofotó állománya, valamint az OpenStreetMap rétegei alapján)

Az elemzés fontos adalékokat jelent(het) a belső szuburbanizáció térbeli trendjeinek részletes feltárásához.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- BAJMÓCY P. (1999): A szuburbanizáció sajátosságai Pécs környékén. Földrajzi Értesítő, 48(1–2), pp. 127–138.
- BAJMÓCY P. (2014): A szuburbanizáció két évtizede Magyarországon. Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek, 11(2), pp. 6–17.
- CSANÁDI G. – CSIZMADY A. (2002): Szuburbanizáció és társadalom. Tér és Társadalom, 16(3), pp. 27–55.
- CSEMŐS, G. – FARKAS, J. Z. – KOVÁCS Z. (2020): Access to urban green spaces and environmental inequality in post-socialist cities. Hungarian Geographical Bulletin, 69(29), pp. 191–207. DOI: 10.15201/hungeobull.69.2.7
- DÖVÉNYI Z. – KOVÁCS Z. (1999): A szuburbanizáció térbeli-társadalmi jellemzői Budapest környékén. Földrajzi Értesítő, 48(1–2), pp. 33–57.
- EKEP-NÉ. (1994): Debrecen népességföldrajzi jellemzői. In: Süli-Zakar I. (szerk.) Tanulmányok Debrecen városföldrajzából I., Kossuth Lajos Tudományegyetem Társadalomföldrajzi Tanszék, Debrecen, pp. 73–82.
- ENYEDI GY. (2011): A városnövekedés szakaszai – újragondolva. Tér és Társadalom, 25(1), pp. 5–19.
- HARDI T. – NÁRAI M. (2005): Szuburbanizáció és közlekedés a győri agglomerációban. Tér és Társadalom, 19(1), pp. 81–101.
- KÓKAI S. (2011): A szuburbanizáció néhány sajátossága Nyíregyházán. In: Csapó T. – Kocsis Zs. (szerk.) Az 1971. évi OTK és hatása a hazai településrendszerre, Savaria University Press, Szombathely, pp. 166–180.
- KOVÁCS, Z. – FARKAS, J. Zs. – EGEDY, T. – KONDOR, A. Cs. – SZABÓ, B. - LENNERT, J. – BAKA, D. – KOHÁN, B. (2019): Urban sprawl and land conversion in post-socialist cities: The case of metropolitan Budapest. Cities, 92(9), pp. 71–81. DOI: 10.1016/j.cities.2019.03.018
- KOZMA G. (1994): Lakóterület és népességszám-változások Debrecenben az 1930-as évek vége és 1990 között. In: Süli-Zakar I. (szerk.) Tanulmányok Debrecen városföldrajzából I., Kossuth Lajos Tudományegyetem Társadalomföldrajzi Tanszék, Debrecen, pp. 83–102.
- KOZMA G. (2016): A debreceni lakóterületek II. világháború utáni fejlődésének társadalomföldrajzi vizsgálata. Didakt Kiadó, Debrecen.
- KRISTÓF A. (2018): The impact of suburbanization on social differentiation in Hungary: a case study of the Miskolc agglomeration. Geographica Pannonica, 22(3), pp. 176-188. DOI: 10.5937/gp22-17081.

- LADÁNYI J. – SZELÉNYI I. (1997): Szuburbanizáció és gettósodás – Szociális, etnikai és térszerkezeti változások az ezredforduló Magyarországon és Budapestjén. *Kritika*, 26(7), pp. 4–11.
- LENNERT, J. – FARKAS, J. Z. – KOVÁCS, A. D. – MOLNÁR, A. – MÓDOS, R. – BAKA, D. – KOVÁCS, Z. (2020): Measuring and Predicting Long-Term Land Cover Changes in the Functional Urban Area of Budapest. *Sustainability*, 12(3331), pp. 1–20. DOI: 10.3390/su12083331
- PÉNZES J. (2011): Északkelet-Magyarország jövedelmi térszerkezetének változásai a rendszerváltás után. *Területi Statisztika*, 14(51)(2), pp. 181–197.
- PÓCSI, G. (2011): Land Use Change of the ‘Small Hobby Gardens’ in the Peri-Urban Area of Szeged, Hungary. *Forum geografic*, 10(2), pp. 312–321.
- SCHLOSSER, A. – SZABÓ, G. – BERTALAN, L. – VARGA, Z. – ENYEDI, P. – SZABÓ, S. (2020): Building Extraction Using Orthophotos and Dense Point Cloud Derived from Visual Band Aerial Imagery Based on Machine Learning and Segmentation. *Remote Sensing*, 12(15), pp. 1–28. DOI: 10.3390/rs12152397
- SÜLI-ZAKAR I. (1994): Debrecen és Kelet-Magyarország. In: Süli-Zakar I. (szerk.) *Tanulmányok Debrecen városföldrajzából*. Kossuth Lajos Tudományegyetem Társadalomföldrajzi Tanszék, Debrecen, pp. 7–72.
- SÜLI-ZAKAR I. (1996): Debrecen gazdaságának és településszerkezetének történeti-földrajza. In: Süli-Zakar I. (szerk.) *Tanulmányok Debrecen városföldrajzából II.*, Kossuth Lajos Tudományegyetem Társadalomföldrajzi Tanszék, Debrecen, pp. 149–267.
- SZALKAI G. (2010): Várostérségek lehatárolása a közúti forgalom nagysága alapján a magyar határok mentén. *Tér és Társadalom*, 24(4), pp. 161–184.
- TIMÁR J. (1993a): Az alföldi szuburbanizáció néhány sajátossága. *Alföldi Tanulmányok*, 15, pp. 217–232.
- TIMÁR J. (1993b): A városok körüli rurális peremzóna átalakulásának néhány sajátossága az alföldön. In: Kovács T. (szerk.) *Kiút a válságból II.* falukonferencia, MTA RKK, Pécs, pp. 303–308.
- TIMÁR J. (1999): Elméleti kérdések a szuburbanizációról. *Földrajzi Értesítő*, 48(1–2), pp. 7–32.
- TIMÁR J. – BAUKÓ T. (1999): A „város-vidék peremzóna” néhány sajátossága és szerepe az alföldi városok átalakulásában. *Alföldi Tanulmányok*, 1998/99, pp. 94–111.
- TIMÁR J. – VÁRADI M. (2000): A szuburbanizáció egyenlőtlen fejlődése az 1990-es évek Magyarországon. In: Horváth Gy. – Rechnitzer J. (szerk.) *Magyarország területi szerkezete és folyamatai az ezredfordulón*, MTA Regionális Kutatások Központja, Pécs, pp. 153–175.
- VASÁRUS G. (2016): Külterületi szuburbanizáció és szegregáció (példák vidéki agglomerációk konfliktusaira). *Településföldrajzi Tanulmányok*, 5(1), pp. 84–94.
- VASÁRUS, G. – BAJMÓCY, P. – LENNERT, J. (2018): In the shadow of the city: demographic processes and emerging conflicts in the rural-urban fringe of the Hungarian agglomerations. *Geographica Pannonica*, 22(1), pp. 14–29.
- VERMA, S. – CHATTERJEE, A. – MANDAL, N.R. (2017): Analysing Urban Sprawl and Shifting of Urban Growth Centre of Bengaluru City, India Using Shannon’s Entropy Method. *Journal of Settlements and Spatial Planning*, 8(2), pp. 89–98. DOI: 10.24193/JSSP.2017.2.02

Árvízi védekezés GIS támogatással

Kiss Levente¹ – Eke Zoltán²

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

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

Absztrakt: A létrehozott térinformatikai modul célja B-A-Z és Kassa megye katasztrófavédelmi hatóságainak (logisztikai) döntés támogatása, valamint az árvíz esetén elvégzendő védelmi tevékenységük hatékonyságának javítása demonstrációs GIS eszköz kifejlesztésével. A vizsgált terület a Hernád folyó mentén terül el, így magában foglalja a szlovák és magyar területeket is. A modul a háttéradatbázis aktualizálása esetén bármelyik vízfolyás kiöntése esetén képes segítséget nyújtani a döntéshozók számára.

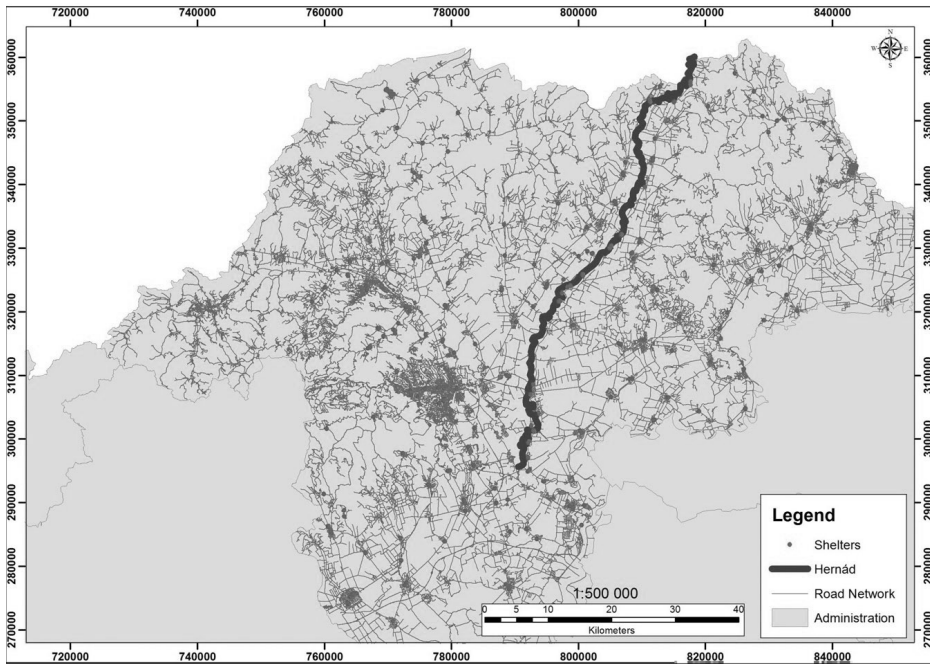
Bevezetés

Éghajlatunk folyamatosan változik. Egyes előrejelzések szerint a jövőben komolyan számolni kell a hulló csapadékok időbeli eloszlásának változásával. A nyári időszakban várható kevesebb csapadék mellett fel kell készülni a tavaszi és őszi évszakban hulló csapadéktöbblettel (NÉS 2018). Az árvízi károk minimalizálásához a térinformatika eszközeit felhasználva előre azonosíthatóak a kritikus pontok, illetve baj esetén a védekezés megszervezése is gördülékenyebb lehet. Árvíz esetén az emberi élet mentése a legfontosabb, egy esetleges gátszakadás esetén pedig az idő rövidege is nehezíti a mentést. Kidolgozásra került egy, az ESRI ArcGIS térinformatikai szoftverbe épülő modult, amely a háttéradatbázisok minőségének függvényében képes hatékonyan támogatni a döntéshozók munkáját.

Adatbázis igények

A modul az alább olvasható adatbázisokat használja fel a tervezés során. Ezek az adatbázisok a területileg illetékes katasztrófavédelmi egységeknél rendelkezésre is állnak.

- Népszám nyilvántartás
- KRESZ szabályokat is tartalmazó útvonal adatbázis
- Óvóhelyek elhelyezkedése és kapacitása mentésben résztvevő járművek kapacitása, elhelyezkedése



1. ábra A Hernád magyarországi szakasza mentén elhelyezkedő óvóhelyek és az úthálózat

A modul felépítése és működése

Szükséges egy árvízi polygon, amely megmutatja, hogy mekkora területről kell a lakosságot kitelepíteni. Ez lehet akár kézzel rajzolt, vagy akár egy árvízi modellező program export file-a, viszont fontos, hogy shp kiterjesztéssel bírjon.

Az előntési polygonot feldolgozza az első almodul az:

1. Endangered Values

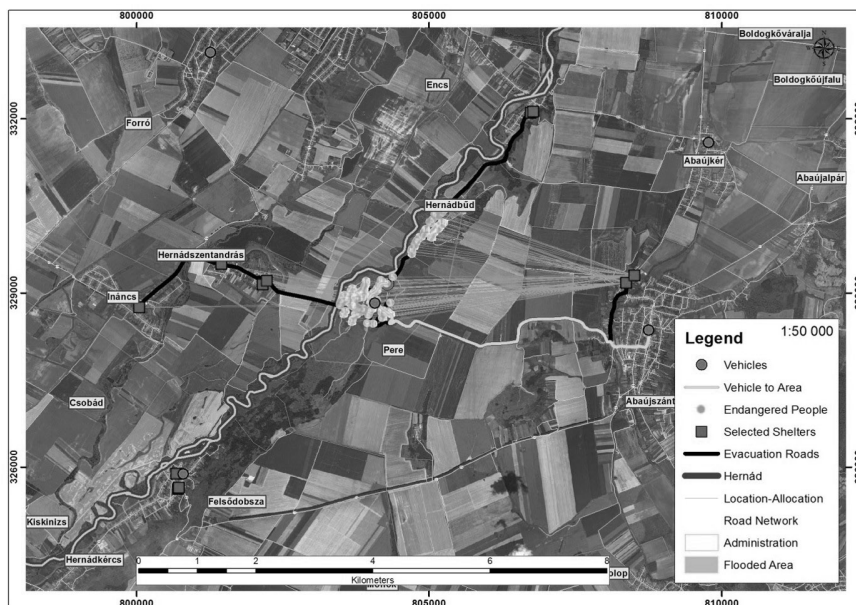
Ez az almodul megvizsgálja, hogy az előntési polygon által lefedett címpontokon hány lakos van bejelentve. Már ennél a pontnál érezhető, hogy mennyire fontos az adatbázisok aktualizálása. Amikor a lekérdezés megtörtént a címpontokat és az ahhoz tartozó lakosságszámot „átadja” a következő almodulnak.

2. Capacity planning

A kapacitástervező almodul megvizsgálja, hogy az adott címekről kitelepítendő lakosokat, milyen biztonságos helyeken lehet elhelyezni. Ezek a katasztrófavédelem által nyilvántartásba vett – vészhelyzet esetén használatba vehető – óvóhelyek. Ezek lehetnek sportsarnokok, tornatermek, művelődési házak, vagy bármi más, ahol kitelepített emberek egy időre elhelyezhetőek. Amikor megtörtént az összerendelés, akkor lép működésbe a harmadik almodul.

3. Routing

A járattervező almodul megtervezi, hogy a rendelkezésre álló járműpark milyen útvonalon szállítsa el a lakosokat az óvóhelyekre. A futtatás végén útvonalterv



2. ábra Egy fiktív árvízi elöntés során történő kitelepítés modellezése

nyomtatható a címpontokkal és hogy adott helyről hány lakost és hova szükséges elszállítani.

A futtatások sikerességét többféle hibaforrás is nehezíti. Az egyik legnehezebben kezelhető az elavult adatbázis, vagy hiányzó adatok. Ha az adatok eltérő koordináta-rendszerben szerepelnek, arra hamar fény derül, de abban az esetben, amikor az idő kulcs tényező, jobb elkerülni ezt a hibát is. Előfordulhatnak továbbá a szoftverrel verzióproblémák. Úgy tapasztaltuk, hogy azonos extension készlet mellett is megakadhat a futtatás, ha eltér a szoftver verziószáma. A későbbiekben ezeknek a verzióhibáknak a kiküszöbölése, vagy a modell platformfüggetlenné tétele lehet egy következő lépés.

Összefoglalás

Az árvíz-károk esetében az illetékes hatóságoknak is vannak már gyakorlati tapasztalatokon alapuló folyamatuk. Ezeket az eljárásokat az egyes településekhez tartozó önkormányzat vízkárelhárítási terve tartalmazza. A logisztikai döntéstámogató modul elsődleges célja a meglévő gyakorlat hatékonyabbá tétele azáltal, hogy rövid idő alatt biztosítja a szükséges információkat és hatékony védekezésnek köszönhetően emberi életek kímélhetőek meg.

Felhasznált irodalom

II. Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (2018)

INTERREG IVC – Az Európai Unió interregionális együttműködéseinek vizsgálata 2007–2013 között

Konkoly Enikő Bianka¹ – Szilágyiné Czimre Klára² – Turi Zoltán Krisztián³

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

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

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

Abstract: The aim of our study was to examine the Interreg program with special attention to the Interreg IVC programme. The values obtained during the study were plotted on several thematic maps using QGIS software. In addition to accuracy the practical applicability and costs of the projects were analysed, as well. We looked into the number of applicants and their territorial location in countries and NUTS2 region levels. As each projects were managed by a so-called Lead Partner, we were interested in how many countries how many times had filled this role in the European Union. Furthermore, the projects were divided into two priorities, including 10 topics. Then we compared the results of the thematic maps.

Bevezetés

Az Európai Unió közösségi kezdeményezésű programjait (Interreg) a közösségi strukturális politika részeként olyan problémák (például a globális felmelegedés, a környezetszennyezés, az urbanizáció és a migráció kérdésköre, illetve igazi nyugati társadalmi jelenségnek számító előregedés) megoldására hozta létre, amelyek kettő vagy több tagállamot érintenek. Állandó témát jelentenek a döntéshozók és az állampolgárok számára, ennek ellenére a hagyományos regionális politika nem foglalkozik velük. Az interregionális együttműködések egyik feladata, hogy keretet biztosítsanak a különböző országok regionális és helyi testületeinek tapasztalatcseréjéhez (SÜLI-ZAKAR 2004; BUISKOOL ET AL. 2010; INTERNET 1). Az Interreg IVC pénzügyi keretét a 2007–2013 közötti európai uniós költségvetési ciklusban 445 millió euró jelentette, területileg az Európai Unió 27 tagállamára, valamint Izlandra, Svájcra és Norvégiára terjedt ki (WASSENBERG ET AL, 2010).

Tanulmányunkban célul tűztük ki az Interreg IVC interregionális együttműködési programokhoz kapcsolódó részvételi aktivitás és a vezető partnerség térbeli mintázatának elemzését országok és NUTS 2 régiók szintjén.

Anyag és módszer

A kutatás során a témához kapcsolódó jelentések és dokumentumok minél teljesebb körű feltárására törekedtünk. Sajnos azt tapasztaltuk, hogy a forrásadottságok

elég szerények. Az Interreg IVC weboldaláról (INTERNET 1) letöltöttük a befejezett projektek adatait, amelyeket MS Excel szoftverben rendszereztünk. A dokumentumokban szereplő kvantitatív adatokat QGIS szoftverben összeállított tematikus térképeken jelenítettük meg, és szövegesen elemeztük az Interreg IVC interregionális együttműködés társadalmi-gazdasági hatásait az Európai Unió országaiban.

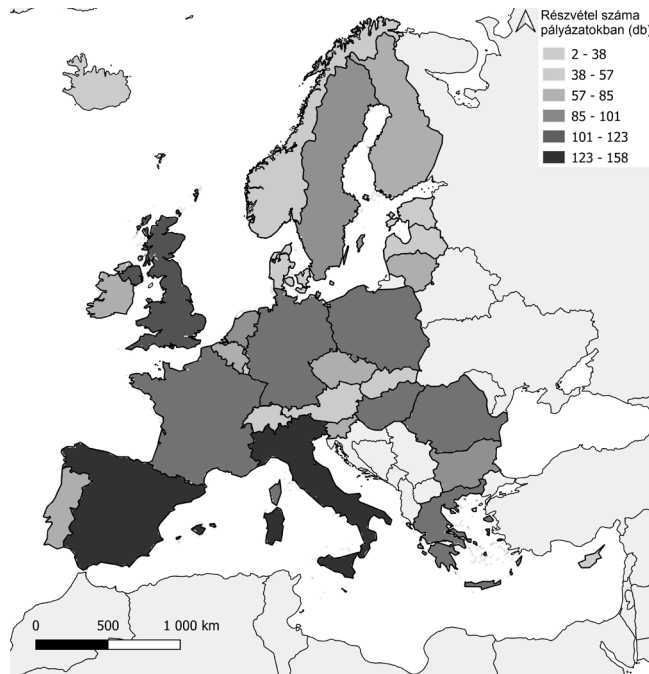
A térképek alapját az Eurostat honlapján található GISCO (Geographical Information and Maps) adatbázis (INTERNET 2) szolgáltatta. Az alaptérképet jelentő országokat az Országok, 2016 – Közigazgatási egységek (COUNTRIES, 2016 – Administrative Units – Dataset) (INTERNET 3) című adatbázisból nyertem, míg a NUTS 2 régiók a Statisztikai területi egységek nevezéktana (NUTS) 2013 (Nomenclature of Territorial Units for Statistics (NUTS) 2013 – Statistical Units – Dataset) (INTERNET 4) forrásból származnak. A rétegek vetületi rendszere WGS84 Pseudo Mercator. Mivel az Eurostat munkatársai a két tematikus réteget különböző léptékű és tematikájú alapadatok felhasználásával állították elő, a térképi elemosztályok nincsenek teljes mértékben fedésben egymással. Ez elsősorban az országhatárok mentén vehető észre.

Eredmények

Az Interreg IVC négy pályázati felhívására 1357 pályázat érkezett, melyből 204 pályázaton az érintett országok NUTS 2 szintű régiói nyertek támogatást (*1. ábra*). Összesen 2274 partner vett részt a közös munkában (CONLIN – WEBSTER 2012). A pályázatok két prioritás köré szerveződtek: az innováció és a tudásalapú gazdaság, illetve a környezetvédelem és a kockázatmegelőzés voltak a jóváhagyott javaslatok fő témái. Mindkét témakörben a regionális kezdeményezés és a tőkésítési projektek jelentek meg (CONLIN – WEBSTER 2012).

Elemzés alapján a pályázatok 58%-át tették ki az innovációs és tudásalapú gazdaság csoportba tartozó témák, vagyis ezeknek a problémáknak a kezelésére, megoldására nagyobb hangsúlyt fektettek a döntéshozók. Az Európai Regionális Fejlesztési Alap a költségek átlagosan 78%-át állta (INTERNET 5). A pályázati összegek fennmaradó részeit a projektekben résztvevő országok által biztosított önerő képezte. Ez azt jelenti, hogy projektenként átlagosan 1534000 eurót folyósítottak a témakörök részére, egy projekt költsége pedig átlagosan 1993000 euró volt.

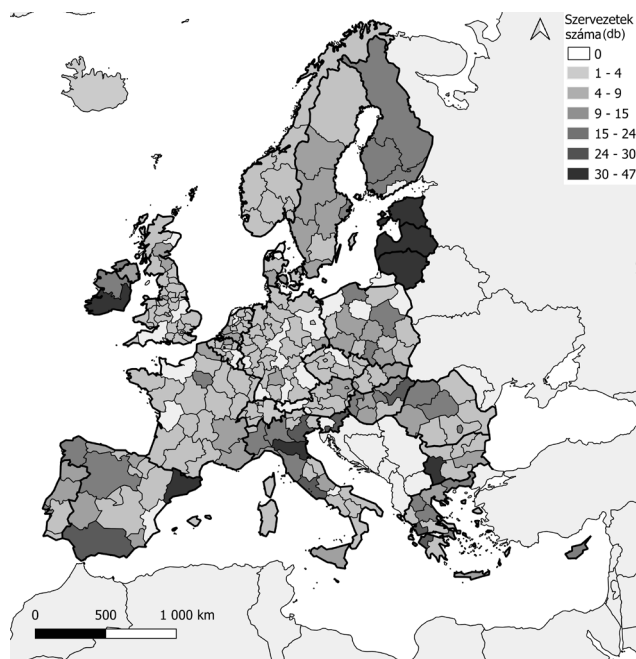
A pályázati részvételt tekintve Olaszország (158), Spanyolország (153) és az Egyesült Királyság (122) voltak a legaktívabb résztvevők, ők szerepeltek a legtöbb projektben. Ennek oka többek között a kedvező helyzetükben, a gazdasági fölényükben és a problémák megoldására fordított korábbi munkájukban, tapasztalatukban rejlik. Izland (1), Svájc (3) és Norvégia (19) alacsony aktivitásának okát abban látjuk, hogy nem európai uniós országokként jelentek meg ezekben a projektekben. Fontos megjegyezni, hogy egy projekten belül az adott ország több szervezete is részt vehetett, aminek mértéke nagyban függött a téma jellegétől és az országok érintettségétől. Minden egyes pályázatban a vezető partner koordinálta a munkafolyamatot. A támogatás nagyobb hányada is hozzájuk érkezett, emellett tetszőleges számú



1. ábra Az egyes országok részvételi aktivitása a pályázatokban
(az INTERNET I adatai alapján)

partner csatlakozhatott az adott projekthez. A legkisebb számú együttműködésben 6, míg a legnépesebben 21 szervezet vett részt. Az utóbbihoz hasonló, nagyobb volumenű projekteken már észrevehető az a jelenség, amikor egy adott ország több szervezettel is részt vesz a közös munkában. Így hiba lenne azt feltételezni, hogy ezek a projektek nagyobb területeket fednek le, mint a kisebb létszámúak.

A 271 NUTS 2 szintű régió közül 240 vett részt legalább egy projektben (2. ábra). A spanyol Katalóniában működő partnerszervezetek vettek részt a legnagyobb számban (47) az együttműködésekben. Emellett Andalúzia 30 partnerrel szintén aktív volt. Negyvenegy partner képviselte Bulgária legnépesebb tartományát, a Szófiát is magába foglaló Burgasz régiót. A balti országok kiemelkedő szerepvállalásának az az oka, hogy Észtország, Lettország és Litvánia népességszámukból adódóan országonként egyetlen NUTS 2 régiót alkotnak. Így már érthető, hogy Litvánia (41) miért előzte meg, és Észtország (37) hogyan maradhatott le egy kicsivel a legaktívabb olasz Emilia-Romagna (40) régió mögött. Lettország (36) szintén emiatt van azonos szinten Belgiummal. Írország kedvező helyzete szintén tévedésre adhat okot, hasonlóan a Balti-államokhoz. Az állam helyzete abból a szempontból eltérő, hogy kettő NUTS 2 szintű régióra (Border, Midland and Western-re, illetve Southern and Eastern-re) bontható. Írország összesen 58 szervezettel vett részt 40 pályázatban, emellett két alkalommal volt vezető partner, ami méretének és lakosságának arányában kiemelkedő volt. A Southern and Eastern régió önmagában 37 partnerrel szerepelt pályázatokban, viszont ez az érték az imént leírtak tükrében torzul.

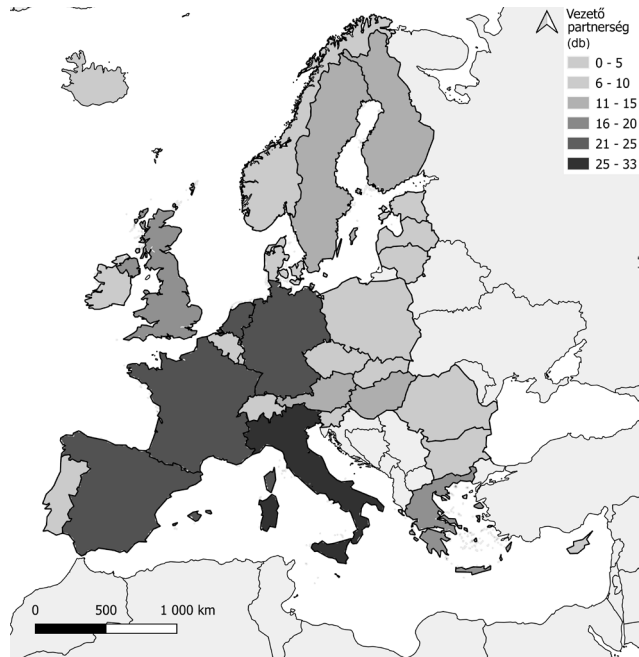


2. ábra A régiók szervezeteinek/partnereinek részvétele a pályázatokban
(az INTERNET 1 adatai alapján)

Belgium fővárosi régiója Brüsszel 36 szereplővel vett részt a projektekben. Szerepe elsősorban a tudás, tapasztalat és gyakorlat átadása volt, elsősorban az Európai Unióhoz a 2004-ben csatlakozó országok számára. Németország 38 NUTS 2 szintű régiójából 28 vett részt legalább egy pályázatban összesen 116 szervezettel. Ezek közül kiemelkedő Drezda (14) és Stuttgart (12) szerepe, míg a további német régiók 10 pályázó szervezettel képviseltették magukat. Magyarországon az Észak-Magyarország régió 30 alkalommal vett részt a különböző tevékenységekben. Megállapítható, hogy nem beszélhetünk torzulásról, mint a Balti államoknál vagy Írországnál, hanem valóban ilyen kiemelkedő számú támogatás érkezett hazánk legelmaradottabb részére. Emellett a Nyugat-Dunántúl és Közép-Magyarország szerepe 22–22 partnerrel szintén kiemelkedő volt.

Hatvanhárom olyan régiót azonosítottunk, amelyek vezető partner szerepet egyszer sem tölthettek be, de az adott régióban működő szervezetek nagy aktivitással vettek részt a projektekben. Yugozapaden (Bulgária) 41 szervezete működött együtt a többi tagállammal. Az ír Southern and Eastern régió és Észtország már korábban említésre kerültek. Harminchét-harminchét szervezettel vették ki a részüket a közös munkából. A szlovén Eastern Slovenia tartomány 29 partnere szintén nagy aktivitásról árulkodik. Rajtuk kívül Málta (24), a romániai București-Ilfov régió (23) szerepeltek több mint 20 partnerrel úgy, hogy a vezető partnerség szerepét egyszer sem tölthették be.

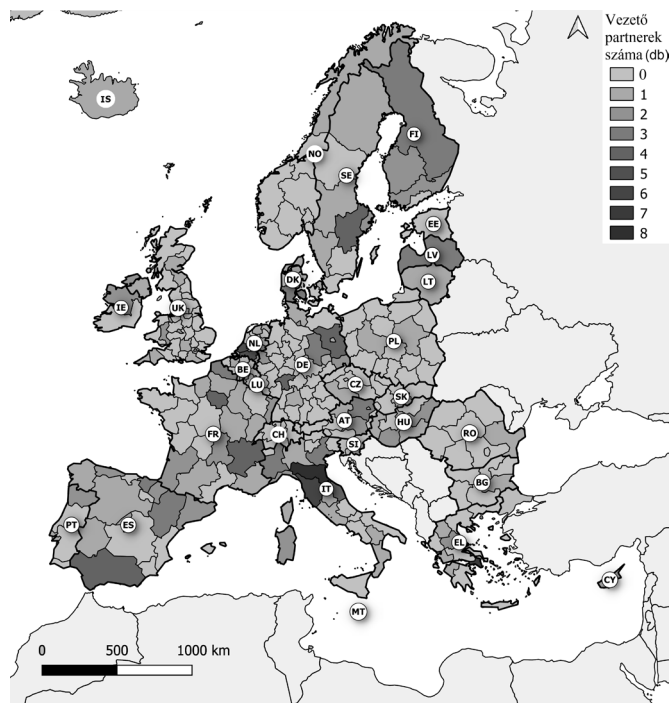
Észtország, Izland, Málta, Szlovákia és Szlovénia kivételével a többi ország



3. ábra A pályázatokban betöltött vezető partner szerep megoszlása országonként (az INTERNET 1 adatai alapján)

vezető partner volt legalább egy pályázatban, ami azt jelenti, hogy az államok 86%-ának adódott lehetősége egy teljes munkafolyamatot felügyelni és koordinálni. Figyelemre méltó, hogy a sorrendben az első hét ország tette ki a projektek közel háromnegyedének vezető partnerét (73%), ami 149 pályázatot jelent. Olaszország (33), Franciaország (25), Hollandia (23), Németország (21), Spanyolország (21), Egyesült Királyság (15) és Görögország (11) mindannyian kulcsfontosságú szereplők voltak. A 3. ábrán kirajzolódik, hogy a vezető partnerek szerepét elsősorban a fejlettebb országok töltötték be, mivel nagyobb érdekérvényesítő erővel rendelkeznek. A további 22 államról elmondható, hogy fejletlenebb, illetve fejlett, de vezető partnerség szempontjából kevésbé aktív országok tartoztak közéjük, akik a pályázatok egynegyedét koordinálták.

Ha a régiókat elemezzük, az olasz Emilia-Romagna, Toszkána és Marche régiók összesen 18 vezető partner szereppel az olaszországi aktivitás centrumává váltak (4. ábra). Az Attika régió a Görögország által elnyert pályázatok 63%-ával a második legaktívabb vezető régió volt. Spanyolország és Franciaország vezető partneri régiói szétszóródtak az adott országon belül. Spanyolország 19 régiójából 11, Franciaország 23 régiójából 15 volt vezető partner. Míg Hollandia közel annyi projektben töltött be vezető szerepet, mint Franciaország, addig Belgium és Luxemburg régióinak szerepe elenyésző volt. Németország kevesebb régiója (pl. Brandenburg, Darmstadt, Szász-Anhalt) nyerte el a tisztséget, viszont ők nagyobb számban vettek részt a projektekben. A közép-európai országok közül Magyarország és Ausztria töltöttek



4. ábra. A régiók vezető partnersége a pályázatokban (az INTERNET 1 adatai alapján)

be jelentős szerepet. Észak-Európában Finnország volt a legaktívabb. Az Egyesült Királyság vonatkozásában megállapítható, hogy a legaktívabb vezető régiók egyben partnerként is a legnagyobb számban vettek részt a projektekben. Az Európai Unióhoz 2007-ben csatlakozott Románia (Délkelet-romániai fejlesztési régió) és Bulgária (Yugoiztochen) új tagokként az Interreg közösségi kezdeményezésben 1–1 pályázatban töltötték be vezető partneri szerepet. Emellett Ciprus, Csehország (Jihozápad), Litvánia, Luxemburg, Norvégia (Észak-Norvégia) és Portugália (Lisszabon) szintén egy-egy projekttel jelentek meg a vezető partnerek között (4. ábra).

Konklúzió

A kutatás során megvizsgáltuk, melyek azok az országok, amelyek a legnagyobb szerepet vállalták az együttműködésben, melyek preferálták a közepes aktivitást, illetve mely országok nem kívántak aktívan részt venni az egész kontinenst behálózó programban. Országos, illetve regionális szinten végeztük el az elemzéseket. Ezek alapján kirajzolódott az a kép, ami szerint Európa gazdaságilag fejlett országainak egy csoportja magasabb arányban vett részt a pályázatokban, és a vezető partnerség háromnegyedét is ők töltötték be. Elmondható, hogy a kevésbé fejlett országok között is kirajzolódik egy rangsor, aminek oka a pályázat által megoldandó probléma jellegében, illetve az adott ország földrajzi helyzetében keresendő. Megállapítható

továbbá, hogy a fejlett országok a vezető partner szerepet azért töltötték be magas arányban, mert az érdekérvényesítő szerepük hangsúlyos volt a döntéshozók körében, így az adott probléma megoldásához szükséges támogatásokat nagyobb hatékonysággal tudták elnyerni. Emellett az adott pályázat témájában általában komoly tudással rendelkeztek, amelyet megosztottak és átadtak az Európai Unió gazdaságilag kevésbé fejlett országainak (régiónak). Ugyanez elmondható azokban az esetekben is, amikor kevésbé aktív országok nyerték el a vezető partner szerepét. Amennyiben az ország az adott téma szakértője volt, el tudta látni ugyanazt a feladatot, bár ez csak a pályázatok egynegyedére volt jellemző.

Pénzügyi oldalról vizsgálva a projekteket, közel egyensúly rajzolódott ki a prioritások és a témák alapján folyósított összegek tekintetében. Megállapítottuk, hogy az innováció és tudásalapú gazdaság témakörei hangsúlyosabb figyelmet kaptak, mint a környezetvédelem és kockázat megelőzés prioritás. Nem lehet figyelmen kívül hagyni azt a tényt, amely szerint a probléma fontosságának megítélése után döntöttek az adott témakörön belül kiírt pályázatok számáról, így a folyósítandó összeg nagyságáról is. A támogatást ezt követően a projektszámokhoz igazodva, arányosan osztották el a prioritások és a témakörök között, így próbálva egy igazságos rendszert létrehozni.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány elkészítését az Emberi Erőforrások Minisztériuma és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő támogatta (pályázati azonosító: NTP-HHTDK-19-0005).

Felhasznált irodalom

- BUISKOOL, B.J. – STUMM, T. – TROFIN, L. (2010): The Intermediate evaluation of the Interregional Cooperation Programme INTERREG IVC. Part A – Final Report, Panteia, 149 p. <https://32145644aam941fzjoj6nn5-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2015/08/2010-11-25-final-report-part-a.pdf> (letöltve: 2020. június)
- CONLIN, R. – WEBSTER, P. (2012): Interregional Cooperation Projects Third collection. Third and fourth call projects. Joint Technical Secretariat of the Interreg IVC Programme 2007–2013, POPLAR, 95 p. http://www.interreg4c.eu/fileadmin/User_Upload/PDFs/Publications/Third_Collection_Low_Res_for_web.pdf (letöltve: 2020. május)
- SÜLI-ZAKAR I. (2004): Strategic development programme for the Carpathian Euroregion Interregional Association. Kossuth University Publishing House of the Debrecen University, Debrecen, pp. 36.
- WASSENBERG, B. – REITEL, B. – PEYRONY RUBIO, J. (2015): Territorial Cooperation in Europe, A Historical Perspective. Luxembourg: Publications Office of the European Union, European Commission, 172 p. https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/information/pdf/brochures/interreg_25years_en.pdf (letöltve: 2020.08.11.)

- INTERNET 1 – <http://www.interreg4c.eu/projects/index.html> (letöltve:2020.02.10.)
- INTERNET 2 – <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units> (letöltve: 2020.04.02.)
- INTERNET 3 – <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units/countries> (letöltve: 2020.04.02.)
- INTERNET 4 – <https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/administrative-units-statistical-units/nuts> (letöltve: 2020.04.03.)
- INTERNET 5 – https://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/erdf/ (letöltve: 2020.04.04.)

Munkaerő-piaci folyamatok modellezése térinformatikai módszerekkel

Kóti Tibor

PhD hallgató, DE TTK Társadalomföldrajzi és Területfejlesztési Tanszék,
tiborkoti7@gmail.com

Absztrakt: Jelen vizsgálat a munkaerő-piaci folyamatokat, a foglalkoztatottság térerősségének feltárásával kívánja interpretálni. A vizsgálat területi egységét Északkelet-Magyarország képezi, amely hazánk egyik legkarakteresebben kirajzolódó depresszív munkaerő-piaci tüneteit produkálja. Ennek tükrében nem elvetendő a legjelentősebb foglalkoztatási erőterek analizálása. A vizsgálat módszerét a potenciál modell adja, amely a tömeg és a távolság ismeretében képes kirajzolni a térben magasabb, illetve alacsonyabb potenciállal rendelkező elemeket (településeket). A vizsgált téregység legmagasabb potenciálú településegységei a nagyvárosok közvetlen szuburbán zónájában koncentrálnak. A vizsgálat másik pólusát a legalacsonyabb foglalkoztatottsági potenciállal bíró térségek adják, amelyek magas korrelációt mutatnak a mindenkori markáns munkaerő-piaci fragilitással jellemezhető térségekkel.

Bevezetés

A munkaerő-piaci folyamatok alakulását – ahogyan a legtöbb társadalmi, gazdasági, és természeti folyamatot – nagymértékben meghatározzák a különböző mértékű távolság faktorok. Különösen igaz ez a foglalkoztatottsági-munkanélküliségi dichotómia hazai alakulásában. Ahol e két mutató kisebb-nagyobb fluktuálódása mellett egyfajta területi koncentráció megy végbe. Azaz, a centrum, illetve a periférikus térségek és települések földrajzilag markáns homogenitást mutatnak. Mindezen területi „megmerevedés” a regionális kutatások műhelyében gyakorta visszatérő kérdéseket vet fel.

Ezen írás, a foglalkoztatottság térerősségének, potenciáljának vizsgálatát tűzte ki legfontosabb céljává, mindezt egy olyan regionális, térparaméteres elemzési eszköz segítségével, ami által egzakt módon (a távolság és tömeg szinergikus figyelembevételével) lokalizálhatóvá válnak a magasabb, illetve alacsonyabb foglalkoztatási potenciállal rendelkező települések.

Anyag és Módszer

Jelen tanulmány vizsgált földrajzi térsége Északkelet-Magyarország 6 megyéje: Szabolcs-Szatmár-Bereg, Hajdú-Bihar, Jász-Nagykun-Szolnok, Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves, és Nógrád megye. A vizsgált térség munkaerő-piaci

sérülékenységét jól jelzi, hogy számos olyan településsel találkozhatunk, ahol a munkanélküliségi ráta jelentősen meghaladja az országos átlagot (INTERNET1). Mindezt tovább tetézi, hogy a vizsgálandó térség hazánk egyik legperiférikusabb településeit koncentrálja, ahol a települések jelentős része elmaradottnak minősült a legutóbbi kormányzati területi lehatárolások következtében (INTERNET2).

Jelen kutatás módszerét a regionális elemzésekben gyakorta alkalmazott potenciál modell adja. A potenciál modell erénye, hogy a tömeg (a vizsgált jelenség értéke) és a távolság függvényében, képes kirajzolni a különböző tér potenciálokat, a társadalmi, gazdasági kapcsolatrendszerek földrajzi térben való magasabb, illetve alacsonyabb koncentrátságát. Fizikai analógián alapulva született meg az az elképzelés (szociálfizikai), hogy a társadalom elemeit tömegszerű testekként kívánták leírni a Newton-féle gravitációs törvényen alapulva. Miszerint bármely két pontszerű test kölcsönösen vonzza egymást olyan erővel, amelynek nagysága a testek tömegének szorzatával egyenesen és a távolságnak négyzetével fordítottan arányos (DUSEK 2005; TAGAI 2007; KINCSES – TÓTH 2011). Ennek értelmében a magasabb tömeggel rendelkező települések közelében magasabb, míg az alacsonyabb tömeggel rendelkező települések közelében alacsonyabb potenciál értékek mérhetőek.

A potenciál modell során lehetőségünk van egy adott térelem erősségét – az ún. saját potenciált – kifejezni egy téregységen belül. Másrészt a tömeg és a távolság ismeretével a téregységen belüli egymásrahatások – az ún. belső potenciál értékei – is feltárhatóvá válnak. A vizsgált térrészre, az azt körülvevő külső terek hatása révén – nem izolált rendszert feltételezve – lehetőség adódik az ún. külső potenciál számítására is. Végül a teljes potenciál tudja interpretálni az előző értékek összeadásával, a vizsgált téregység elemeinek erősségét és gyengeségét a teljesség igényére. A potenciál modell számítása a következőképpen alakul:

$$P_{saját}(A_i) = \frac{M_i}{d_{ii}^b} \quad (1)$$

$$P_{belső}(A_i) = \sum_{j=1}^n \frac{M_j}{d_{ij}^b} \quad (2)$$

$$P_{külső}(A_i) = \sum_{k=1}^n \frac{M_k}{d_{ik}^b} \quad (3)$$

$$P_{teljes} = P_{saját} + P_{belső} + P_{külső} \quad (4)$$

Ahol az M_i a saját tömeget fejezi ki (jelen kutatásban a foglalkoztatottak számát), a d_{ii} a téregységhez rendelt távolságadatot tükrözi, míg a b , a hatványkitevő, ami jelen esetben kettő (minél nagyobb kitevővel dolgozunk, annál távolságérzékenyebb lesz az adott területi interakció, s egyidejűleg kisebb lesz a tömeg által gyakorolt hatás is).

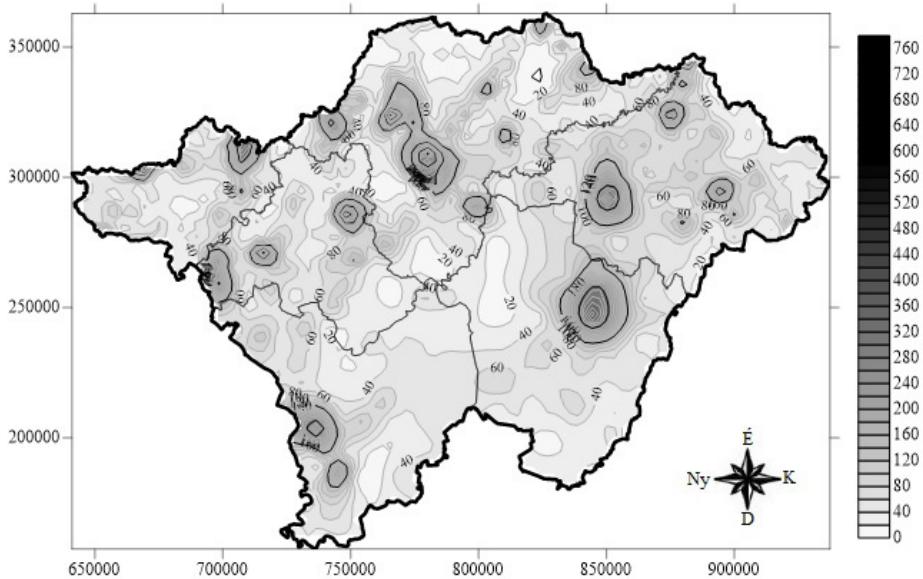
A potenciál modell alkalmazási lehetőségei az utóbbi években jelentősen kiterjedtek: mindenekelőtt a népesség térbeli eloszlásának (STEWART 1942 – a módszer első földrajzi alkalmazója), az elérhetőség interakcióinak (TÓTH 2013), illetve a gazdasági folyamatok (TAGAI 2004; NEMES-NAGY – TAGAI 2011; PÉNZES 2012) modellezésére.

A potenciál modell kartografálására a Surfer 12 térinformatikai szoftver került alkalmazásra, amely által lehetőség adódik a tömeg és a távolság együtteséből származó potenciál értékek interpolálására (Kriging módszer alapján), izovonalas (azonos értékű pontokat összekötő vonal) formában. A vizsgálatban felhasznált foglalkoztatottsági adatbázist, a Magyar Államkincstár (MÁK) szolgáltatotta, ahol a jelenlegi legfrissebb adatbázis (2018) került felhasználásra.

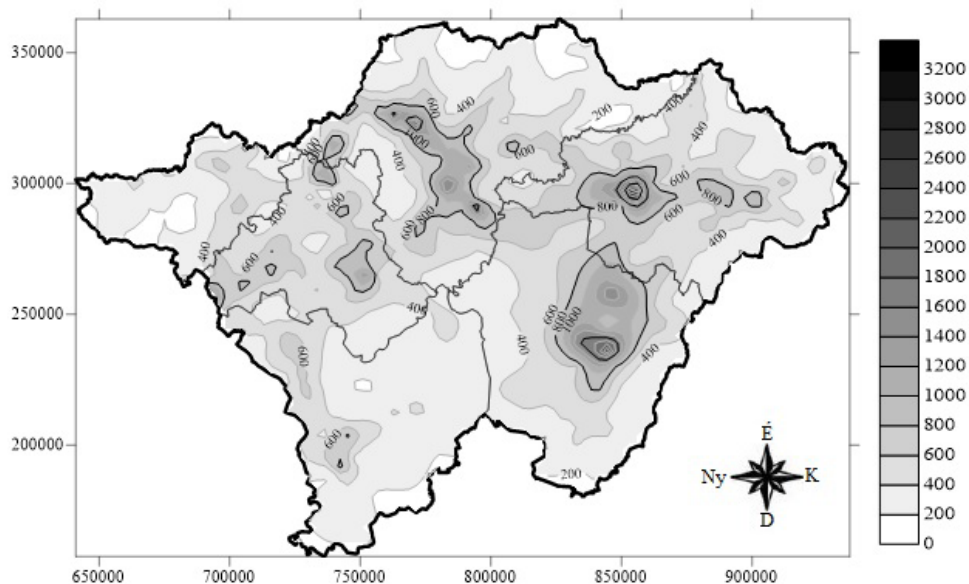
Eredmények

A vizsgálat első lépését a térelemek saját potenciál értékeinek meghatározása jelentette. A saját potenciál során az egyik jelentős dilemmát a távolság tényező pontos megragadása képezte. Ugyanis a települések egymástól való távolsága nulla, s ennek kiküszöbölésére – a nemzetközi kutatásokban is gyakorta alkalmazott – metódust vettem alapul. Minden egyes térelemnél, a saját területével megegyező kör, majd ennek a sugara került kiszámításra, ami a távolság adatot jelentette jelen esetben. Éppen ezért, a saját potenciál vizsgálatában, a települések méretének függvényében került analízisra a foglalkoztatottság térerőssége.

Az eredmények alapján jól kivehető, hogy a megyeszékhelyek (centrum települések) egyértelműen kiemelkednek térségükből, a magasabb foglalkoztatási potenciáljuknak köszönhetően (Nyíregyháza, Debrecen, Szolnok, Miskolc, Eger, Salgótarján), ami kevésbé hat(hat) újdonsággal. Ennek ellenére a legmagasabb saját potenciállal: sorrendben, Kazincbarcika (kiemelkedő foglalkoztatási potenciálja



1. ábra A foglalkoztatottság térerősségének alakulása Északkelet-Magyarországon, a saját potenciál alapján, saját szerkesztés a MÁK adatai alapján, 2018

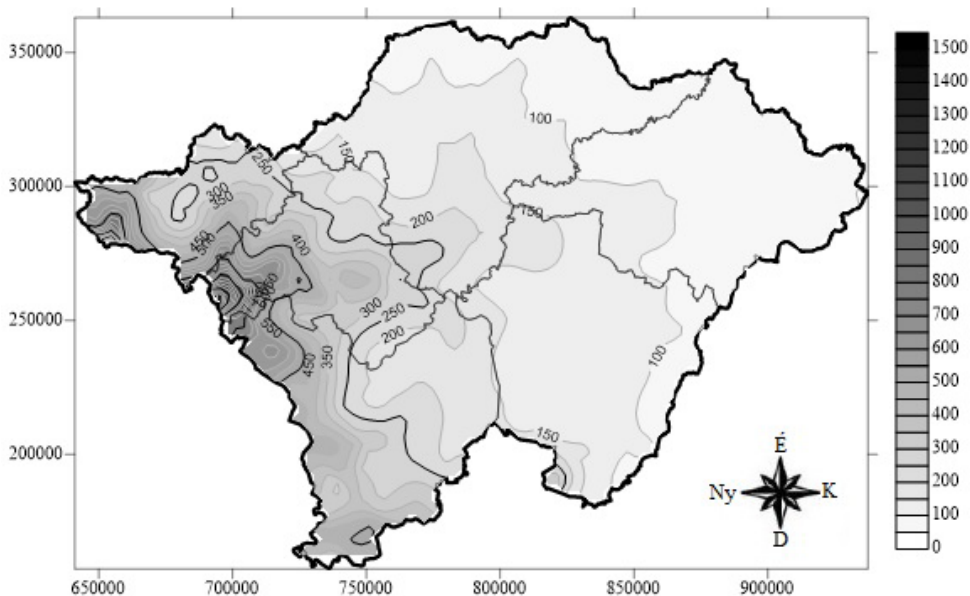


2. ábra A foglalkoztatottság térerősségének alakulása Északkelet-Magyarországon, a belső potenciál alapján, saját szerkesztés a MÁK adatai alapján, 2018

elsősorban a BorsodChem Zrt. lokális foglalkoztató hatásának köszönhető), Záhony (kiemelkedő tercierizálódási, főként logisztikai foglalkoztató szerepkörének köszönhetően), Balassagyarmat (térségéből kiemelkedő vállalkozás sűrűsége révén: legjelentősebb foglalkoztató a Delphi Thermal Hungary Kft.) jellemezhető. Ezt követik olyan kis városok, mint Kisvárd, Mátészalka, Tiszaújváros, Hatvan, Martfű, stb., amelyek kiemelkednek térségükből. Azonban jelentősen árnyalhatják a foglalkoztatottsági potenciált, amennyiben a téregység elemeinek egymáshoz való viszonya, azaz a foglalkoztatottság és a települések egymástól való távolságából fakadó potenciál értékek kerülnek feltárára.

A vizsgálat következő lépését a belső potenciál meghatározása jelentette, ugyancsak minden térelemre vonatkozóan. A vizsgált téregységen belül minden település (999 db), minden településtől való távolságára szükség volt, mindez közel egymillió adatot jelentett. Ennek kinyerésére az ArcGIS 10.4.1 térinformatikai szoftver, Network Analystt rendkívül számításgényes eszköztára került felhasználásra, ahol az elérhetőség meghatározása, a KRESZ szabályainak figyelembevételével (pl.: megengedett legnagyobb sebesség értékek validálása), a legrövidebb útvonalon, percben került meghatározásra.

A belső potenciál vonatkozásában nagyobb, összefüggő erőterek a megyeszékhelyek, és azok mikro körzetében kumulálódnak az eredmények alapján (2. ábra). A legnagyobb potenciálérték Nyíregyháza közvetlen szomszédságában fekvő Nyírpazony településén adódott, majd ezt követte Kazincbarcika közvetlen közelében fekvő Berente, Debrecen vonzáskörzetében fekvő Mikepércs, továbbá

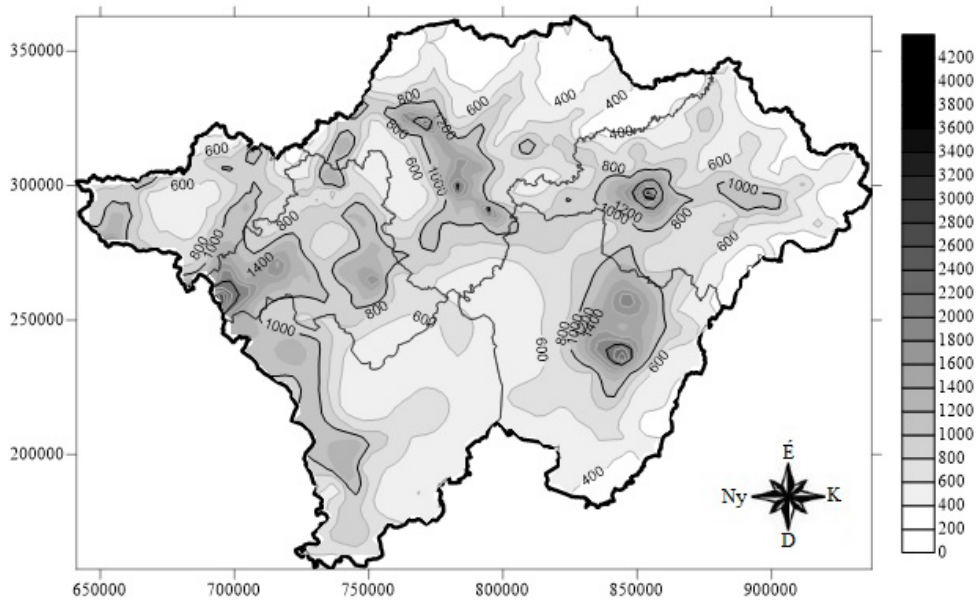


3. ábra A foglalkoztatottság térerősségének alakulása Északkelet-Magyarországon, a külső potenciál alapján, saját szerkesztés a MÁK adatai alapján, 2018

zömében Tiszaújváros foglalkoztató hatását (lásd. Jabil Circuit Magyarország Kft., MOL Petrolkémia Zrt.) „élvező” Sajószöged, stb. A legmagasabb foglalkoztatottsági erő, a centrum települések szuburbanizációjában koncentrálódik, amelyben jelentős szerepet játszik a napi rendszerességű munkaerő-piaci célú ingázás erőteljesebb vállalása.

Ahogy már a fentiekben említésre került, a vizsgált téregységet nem izolált rendszerként értelmezve szükséges az adott téregységünkre gyakorolt külső hatásmechanizmusokat egyaránt feltárni. A nagyobb külső pontencállal (foglalkoztatotti létszámmal) rendelkező települések, a téregység határain belül markánsan befolyásolhatják a teljes térszerkezetet, a foglalkoztatottság térerősségének, potenciáljának alakulását. Jelen vizsgálatban a külső potenciálok figyelembevételkor, a szomszédos megyék (Pest, Bács-Kiskun, Csongrád, Békés megye) járásokra vonatkozó aggregált foglalkoztatottsági értékeket (tömeg), továbbá a távolságtényező meghatározásához a járásközpontokat (46 db) vettem számításba. Jelen vizsgálat az országhatáron túli erőhatásokat figyelmen kívül hagyta.

A külső potenciál értékeinek téregységünkre gyakorolt legerősebb hatása – a minél nagyobb értékű tömegek, minél kisebb távolsággal párosuló elvnek megfelelően – a külső terekkel közvetlenül érintkező térségekben mutatkozott (3. ábra). Ennek tükrében, a legerősebb értékek: sorrendben Kerekharaszton, Szendehelyen, Hatvanon adódtak. A legerősebb foglalkoztatottsági hatást egyértelműen Budapest gyakorolja Északkelet-Magyarországra. Mindez elsősorban Heves megye (főként nyugati térsége), illetve Nógrád megye dél-nyugati települései számára jelez egy



4. ábra A foglalkoztatottság térerősségének alakulása Északkelet-Magyarországon, a teljes potenciál alapján, saját szerkesztés a MÁK adatai alapján, 2018

erőteljes(ebb) foglalkoztatási potenciált. Továbbá megállapítható, hogy a főváros foglalkoztatottsági térerőssége – a vizsgált téregységen belül – keleti irányban fokozatosan mérséklődik. Az országhatáron túli települések bevonásával, minden bizonnyal egy markánsabb erőhatás lett volna feltételezhető Losonc, Rimaszombat, Kassa, Ungvár, Beregszász, Szatmárnémeti, Nagykároly, illetve Nagyvárad vonzáskörzetébe eső, főként határmenti települések esetében. Ugyanakkor mindezt az egyéni preferenciák jelentős mértékben árnyalhatják: ugyanis a határon átnyúló munkaerő-piaci célú ingázás beágyazódása korántsem képez elsődleges „potenciált” a vizsgálandó térségben (KISS – SZALKAI 2014; PÉNZES ET AL. 2014; EGEDY 2017). Azaz, az említett települések bevonásával keletkezett magasabb közvetlen foglalkoztatási potenciál révén sem mutatkozna érdemben pozitív irányú változás a határmenti külső perifériákon, a jelenlegi munkaerő-piaci folyamatokat alapul véve.

Végezetül az előző értékek (saját, belső, külső potenciál) összeadásával lehetőség adódik a teljes potenciál meghatározására (4. ábra). E tekintetben a legjelentősebb foglalkoztatottsági térerősség egyértelműen a megyeszékhelyeken és azok vonzásában koncentrálódik. A legmagasabb értékek: Nyírpazony, Kerekharaszt, Berente, Mikepércs, Sajószöged, Hatvan, és Mályi esetében volt mérhető. A foglalkoztatottság alakulását a központoktól való távolságtényezők tehát látszóan markánsan determinálják. A másik végletet a legalacsonyabb potenciállal bíró külső (határmenti térségek), illetve belső perifériákon (lásd. Közép-Tiszavidék) fekvő települések adják.

Konklúziók

Jelen tanulmány a foglalkoztatottság térerősségének vizsgálatát tűzte ki célul egy olyan térségben, ahol a munkaerő-piaci sérülékenységgel sújtott települések aránya (magas arányú munkanélküliségi ráta, stb.) kiemelkedő hazánkban. A potenciál modell alkalmazásával lehetőség adódott a nagyobb foglalkoztatási erővel bíró térségek és települések feltárására, a foglalkoztatottság és a távolság ötvözésével. Ebből adódóan megállapítható (a téregységünk elemeinek saját, egymáshoz való, illetve kívülről érkező hatásmechanizmusainak feltérképezésével), hogy a legjelentősebb foglalkoztatottsági térerősség a centrum települések szuburbán zónájában adódott, amelyet elsősorban a közelség (nagyvárosokba irányuló napi rendszerességű munkaerő-piaci ingázás) eredményezett. Másrészt érdemes megemlíteni Budapest kiemelkedő szerepkörét, amely külső erőhatás révén jelentősen átrajzolta a foglalkoztatottsági térszerkezetet, jelentős pozitív foglalkoztatási potenciált generálva, főként a szomszédos megyék nyugati perem települései számára.

Összességében megállapítható, hogy jelen módszertani megközelítés hozzásegített minket a térben magasabb, illetve alacsonyabb foglalkoztatottsági potenciállal bíró térségek egzakt megítéléséhez, elsősorban az elérhetőségi faktor kiaknázásával, amely napjaink munkaerő-piaci folyamatait, a centrum és periférikus térségek körét leginkább alakítani képes.

Köszönetnyilvánítás

Az innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült.



Felhasznált irodalom

- DUSEK T. (2005): Térbeli egymásra hatások, szociálfizikai modellek. In: (szerk. Nemes-Nagy József) Regionális elemzési módszerek, ELTE, Regionális Földrajzi Tanszék.
- EGEDY T. (2017): A külföldre ingázás statisztikai, demográfiai és területi jellemzői Magyarországon. *Területi Statisztika*, 57(4), pp. 385–405.
- KINCSES Á. – TÓTH G. (2011): Potenciálmodellek geometriája. *Területi Statisztika*, 51 (1), pp. 23–37.
- 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.
- NEMES NAGY J. – TAGAI G. (2011): Regional inequalities and the determination of spatial structure. *Regional Statistics* 14. (51.) Special Issue (1/2011), pp. 15–28.
- PÉNZES J. – MOLNÁR E. – PÁLÓCZI G. (2014): Helyi munkaerő-piaci vonzáskörzetek az ezredforduló utáni Magyarországon. *Területi Statisztika*, 54(5), pp. 474–490.

- PÉNZES J. (2012): Changes in the Spatial Income Structure of North-eastern Hungary After the Change of Regime. *Regional Statistics* 2, pp. 90–107.
- STEWART, J.Q. (1942): A Measure of the Influence of a Population at a Distance. *Sociometry*, 1, pp. 63–71.
- TAGAI G. (2004): Kelet-Közép-Európa gazdasági és népességi potenciáltere. In: MTA KKI Műhelytanulmányok, MT-DP, 2004/26.
- TAGAI G. (2007): A potenciál modell erényei és korlátai a társadalomkutatásban. *Tér és Társadalom*, 21(1), pp. 145–158.
- TÓTH G. (2013): Az elérhetőség és alkalmazása a regionális vizsgálatokban. Központi Statisztikai Hivatal.

Internetes források

- INTERNET1 – Központi Statisztikai Hivatal (2019): Munkaerő-piaci folyamatok, 2018. I-IV. negyedév. Statisztikai tükör.
- INTERNET2 – A 105/2015 (IV.23.) Kormányrendelet – a kedvezményezett települések besorolásáról és a besorolás feltételrendszeréről.

Gépkocsivezetők vs. autós navigációs felületek

Kovács Béla¹ – Magyarai Máttyás² – Vörös Fanni³

¹ egyetemi adjunktus, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, gps@map.elte.hu

² egyetemi hallgató, Babeş–Bolyai Tudományegyetem Földrajz Kar, matyasmagyari47@gmail.com

³ egyetemi doktorandusz, ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, vorosfanni@map.elte.hu

Absztrakt: While driving, we all use some kind of navigation devices. Those who like traditional methods generally ask their fellow passengers to help and/or use paper maps, but those who are upholder of modern devices use phone apps or built-in GPS. There are several apps that are free, but for the built-in GPS users always have to pay in one way or another. Therefore, it is assumed that navigation software companies have mapped what (and how) drivers want to see on their navigation interface. In this study, we investigated whether the device used by drivers in Hungary and Romania meets their needs. Google Form was used to do this: more than 1,400 fill-ins were received. Based on these, a generalized current and proposed/required interface were created. Comparing these, it can be said that companies make user-friendly tools.

Bevezetés

Bár a kutatás feleslegesnek tűnik – hiszen elvárható, hogy a navigációs szoftvergyártó cégek ismerjék a felhasználói igényeket –, a hazai és nemzetközi szakirodalmat megvizsgálva mégis azt kellett látnunk, hogy alig készültek kutatások ebben a témában. Magyarországon egyetlen tanulmány készült kilenc évvel ezelőtt: 109 embernek tettek fel 153 kérdést (VARGA 2011). Romániában olyan tanulmány érhető el, amely a vezetési szokásokat (és a navigációs rendszerek használatát) érinti, de a sofőrök elégedettségét itt sem vizsgálták (MIHAI 2018). AL MAHMUD 2009-es publikációjában mindössze 15, mind TomTom navigációt használó sofőrt kérdeztek meg. Természetesen attól még, hogy nem készültek felmérések a témában, még nem jelenti azt, hogy a jelenleg piacon lévő eszközök nem lennének felhasználóbarátok: a kutatás célja ennek kiderítése volt.

Anyag és módszer

Az igények felmérésére legtöbbször kérdőívezni szoktak - mi is ezen megoldás mellett döntöttünk; létrehoztunk két Google Form-ot. Feltételezván, hogy hazai környezetben széleskörűen lehet egy netes kérdőívet terjeszteni, Magyarország egyéltelmű választásnak tűnt. Romániát több szempont miatt választottuk: egyrészt az ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszékének aktív kapcsolata van

a kolozsvári Babeş–Bolyai Tudományegyetemmel, másrészt olyan országot volt érdemes választani, amely nyelvét csak azok beszélik, akik a határain belül élnek. A hazai Form csak magyarul volt elérhető, míg a Romániába szánt kérdőívet mind románul, mind magyarul ki lehetett tölteni.

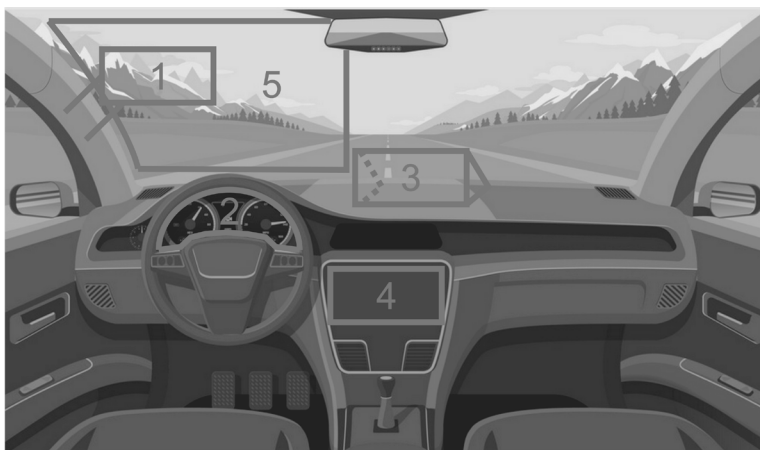
A két kérdőívben pontosan ugyanazt az 50 kérdést tettük fel a korrekt összesítés és összehasonlítás érdekében. Tartalmilag három részre bonthatók a kérdések: *Általános*, *Használ beépített GPS-t* és *Nem használ beépített GPS-t*. A GPS-t használókra várt a kérdőív oroszlánrésze: 30 kérdésre kellett válaszolniuk a navigációs rendszer használati szokásaikkal és igényeikkel kapcsolatban. Ezen válaszok közül az alábbiakban csak azokat fogjuk bemutatni, amelyekből a sofőrök elégedettségére vonatkozó információk nyerhetők ki.

Eredmények

Nem csak a navigációs felület tartalma adhat okot elégedetlenségre, hanem annak megjelenítése, elhelyezkedése is. Öt lehetséges elhelyezést adtunk meg a kitöltőknek, amelyek közül ki kellett választaniuk, hogy melyik mutatja az aktuális eszközüket, illetve, hogy ők, ha tehetnék, hova raknák azt (*1. ábra*). Az 1) opcióval a balkezeseknek akartunk kedvezni. A 2) hely a kormány mögött, a műszerfalon van. A középkonzol tetején van a 3) felület, magán a középkonzolon, a „szokott helyen” pedig a 4) lehetőség, míg az 5) az üvegre kivetített felületet mutatja.

Az *1. táblázatban* láthatjuk, hogy az egyes elhelyezkedésekre milyen százalékban szavaztak a sofőrök. Jelenleg a „szokott hely” uralja a piacot - az érdekes az, hogy az igényelt hely szempontjából nincs egyértelmű „nyertes”, a 2-5-ös lehetőségek között majdnem egyformán oszlanak el a szavazatok.

Vonatkozott néhány kérdés a „finomságokra” is: az éjszakai módot kevesebb, mint 10% kapcsolja csak ki, a legtöbb ember szemének jól esik a váltás (vagy csak nem zavarja, így nincs is miért kikapcsolnia). A felajánlott alternatív útvonalakat



1. ábra Lehetőségek a beépített navigáció elhelyezésére

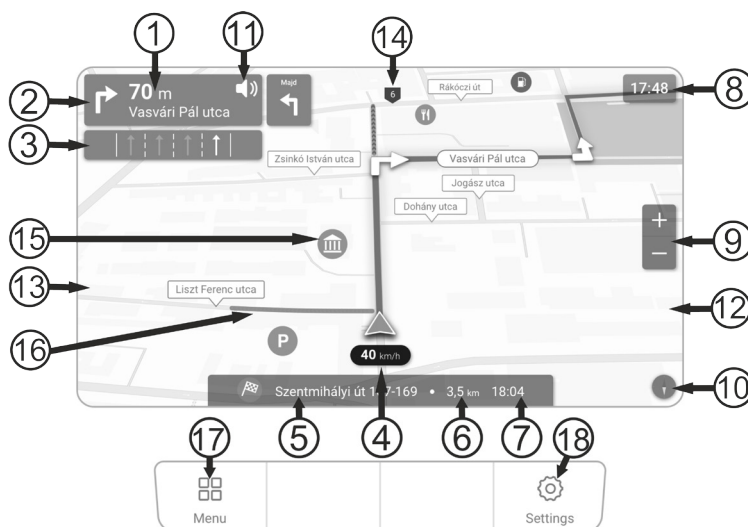
1. táblázat Százalékos eloszlásai a jelenlegi és ideális GPS elhelyezéseknek

Elhelyezés	Jelenlegi összevont felület	Javasolt összevont felület
1 (kihajtható baloldalt)	0%	2%
2 (műszerfalon)	10%	21%
3 (kihajtható)	18%	27%
4 (“szokott helyen”)	69%	28%
5 (szélvédőre vetítve)	3%	21%

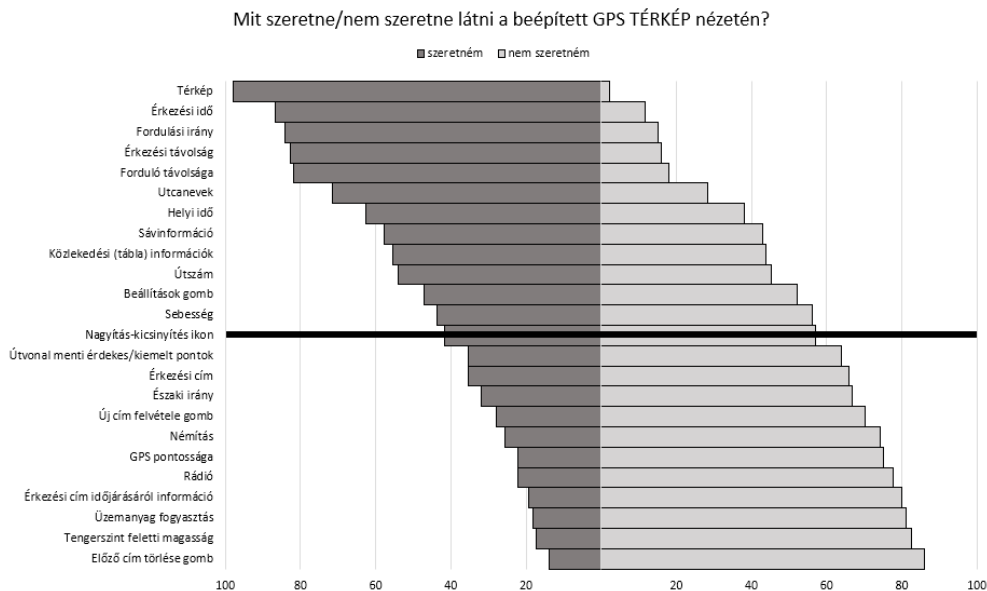
a megkérdezettek 90%-a megnézi, tehát ez egyértelműen érdekli a felhasználókat. A beépített GPS-ek lehetőséget adnak arra, hogy egy útra vonatkozóan akár több (köztes) útvonalpontot is megjelölhessünk; ezt a válaszok alapján a sofőrök nem nagyon szokták használni.

A kérdőív utolsó két kérdése arra vonatkozott, hogy jelenleg milyen funkciókat/gombokat látnak a kitöltők a navigáció „térkép” felületén, illetve, hogy mit szeretnének látni ugyanitt. Mindkét esetben ugyanazokat a válaszlehetőségeket adtuk meg, illetve a kitöltőknek is lehetőségük volt további opciókat hozzáadni. A beérkezett válaszokat négy csoportba soroltuk: „van, és akarja is”, „van, de nem akarja”, „nincs, de akarja” és „nincs és nem is akarja”. Ezen csoportok megfelelő összesítésével hoztunk létre egy „jelenlegi” és egy „javasolt”, ideális felületet. Az adatok felhasználóbarát ábrázolásában az NNG Kft. user experience (UX) tervezői segítettek.

A jelenlegi felület a „van, és akarja is” és a „van, de nem akarja” csoportok összevonásával jött létre. Összesen 25 funkciót (2. táblázat) jelölték meg a kitöltők. Ezek közül nem került mindegyik ábrázolásra, csak azok, amelyekre az összes kitöltő legalább 10%-a szavazott. Ezek alapján 17 (+ a főmenü, amire külön nem kérdeztünk rá) funkció került fel az összesített, általános, jelenlegi felületre (2. ábra).



2. ábra A kitöltők jelenlegi beépített GPS felülete a válaszaik alapján (NNG Kft.)



3. ábra A felhasználók igényei a beépített GPS „térkép” nézetével kapcsolatban, vonallal jelölve a 1,5-szeres puffertartár

Általánosan elmondható, hogy „minél fontosabb, annál inkább baloldalra kerül” szabályt kell követni beépített GPS-ek esetében – Európában –, hisz a sofőrök is a baloldalon ülnek, így a legjelentősebb információk vannak hozzájuk a legközelebb. Mivel ehhez kapcsolódóan a bal felső sarokból kezdjük az olvasást is, így célszerű inkább felülre helyezni ezeket a funkciókat. Vezetés közben a saját aktuális helyzetünkön kívül a soron következő manőver a legfontosabb, emiatt került a forduló távolsága (1) és fordulási irány (2) (a fordulási utcanévvel együtt) erre a jelentős helyre. A sávinformáció (3) felugró ablakként van jelen, és mivel szorosan kapcsolódik a soron következő manőver kivitelezéséhez, ezért a forduló tulajdonságai alá került. Az aktuális helyzetünket jelölő ikon középen, alul helyezkedik el, hogy a képernyőn minél „távolabb” láthassunk; ehhez kapcsolódik még a jármű sebessége (4). Az érkezési cím (5), táv (6) és idő (7) mind fontos információ, ám maximum akkor tekintünk rá gyakran, ha valahova időre kell menni, így közép alulra kerültek. A helyi idő (8), a nagyítás-kicsinyítés ikon (9) és az iránytű (10) nem kiemelt jelentőségű funkció, ám a kitöltők igényelték, így félreesőbb helyekre lettek elhelyezve. A némítás gomb (11) főleg a helytakarékosság miatt foglalt el központibb helyet, nem a magas szavazatszámok miatt. A többi funkció magára a térképre (12), illetve tartalmára vonatkozik; az utcaneveket (13), útszámot (14), útvonal menti érdekes pontokat (15) és közlekedési információkat (16) látják most a felhasználók a GPS-ükön. A főmenü (17) és beállítások gomb (18) általában nem magán a kijelzőn, hanem az autó közép konzolján található, így annak nyelve a gépjárműtől függ.

A javasolt, ideális felület kialakításához mind a négy csoport felhasználásra került – a négyből két fő kategóriát hoztunk létre. Összevontuk a „van, és akarja

2. táblázat A kitöltők által bejelölt funkciók, jelölve melyik felületen jelennek meg (szürkével a különbségek)

Funkció	Jelenlegi felület	Javasolt felület
beállítások gomb	+	+
előző cím törlése		
érkezési cím	+	
érkezési idő	+	+
érkezési időjárás		
érkezési távolság	+	+
északi irány	+	
fordulási irány	+	+
forduló távolsága	+	+
GPS pontossága		
helyi idő	+	+
közlekedési (tábla) információ	+	+
nagyítás-kicsinyítés ikon	+	+
némítás	+	
rádió		
sávinformáció	+	+
sebesség	+	+
tengerszint feletti magasság		
térkép	+	+
új cím felvétele gomb		
utcanevek	+	+
útszám	+	+
útvonal menti érdekes pontok	+	
üzemanyagfogyasztás		

is” és „*nincs, de akarja*” csoportokat: ezekből állt össze a „szeretném” kategória, míg a „nem szeretném” kategória a „*van, de nem akarja*” és „*nincs és nem is akarja*” csoportokból tevődik össze. A 3. ábrán láthatók a szeretném/nem szeretném szavazatszámok funkcióként lebontva, százalékos elosztásban. Mindegyik természetesen nem volt ábrázolható, így meghúztunk egy határt a szavazatszámok tekintetében: azt még ábrázoltuk, ahol a „nem szeretném”-ek száma nem haladta meg az „szeretném”-ek másfélszeresét.

A létrehozott két felület közti különbségek a 2. táblázatban láthatók. Szürkével kiemeltük azokat a funkciókat, melyekben eltérnek a felületek. Látható, hogy az összes esetben ez „elhagyást” jelent: a jelenlegi felülethez képest (melyen – általánosan – 17 gomb van) jelentősebb kevesebb információt (13 gomb) szeretnének a sofőrök látni. A jelölt 13 jellemző került végül fel a „javasolt” platformra (4. ábra).



4. ábra A kitöltők ideális beépített GPS felülete a válaszaik alapján (NNG Kft.)

Térképésként külön érdekesség látni, hogy se a GPS pontosságát, se a tengerszint feletti magasságot vagy az északi irányt, sem pedig az útvonal menti érdekes pontokat (POI) nem kívánják látni a kitöltők.

Konklúzió

Az eredmények egyértelműen azt mutatják, hogy a beépített GPS jelenlegi leggyakoribb helye (a középkonzolon) egyáltalán nem ideális a járművezetők számára. Mivel azonban úgy tűnik, hogy nincs nyilvánvalóan ideális hely (de a navigációs felületet valahol el kell helyezni), a jelenlegi elhelyezés ugyanolyan elfogadható, mint bármely másik. Ha maguk állíthatnák be az eszközt, akkor kevesebb gombot helyeznének el rajta - vagyis a felhasználók szerint a jelenlegi kijelző (többé-kevésbé) túlszűfolt. Általánosságban véve a felhasználók elégedettek a navigációs felületük tulajdonságaival. A kérdés az, hogy azért, mert sosem használtak mást, így nem tudják, akarnak-e más funkciókat, vagy valóban úgy gondolják, hogy kielégítőek ezek a jelenlegi funkciók.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült.

Felhasznált irodalom

- AL MAHMUD, A. – MUBIN, O. – SHAHID, S. (2009): User Experience with in-car GPS Navigation Systems: Comparing the Young and Elderly Drivers. In Proceedings of the 11th Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (Mobile HCI 2009).
- MIHAI, P. (2018): Obiceiuri și atitudini în traficul din România. Raport, Continental – The Future in Motion.
- VARGA, G. (2011): Navigációs rendszerek használata: felhasználói szokások és interakciók vizsgálata, BME Mobil Innovációs Központ, Budapest.

Városnövekedés nyomon követése Sentinel-2 műholdfelvételek alapján

Kovács Dániel Márton

doktorandusz, PTE TTK FFI, Térképészeti és Geoinformatikai tanszék; kdanielm@gamma.ttk.pte.hu

Abstract: The primary purpose of this paper is to explore the possibilities of open data and software offered by the European Space Agency. The conducted research was based on satellite imagery obtained by the Sentinel-2 (S2) mission, processed and analysed in the SNAP program. During the research I examined the prospect of urban area monitoring over a short period of time using medium resolution optical imagery acquired by the 13 channel multi-spectral instrument (MSI) of S2. Due to these spatial restrictions and the sheer size of the study area, enhancing the images with spectral indices was predictable in order to achieve any successful classification. After thorough validation the final products gave conclusive and measurable results, showing continuity with various statements found in scientific literature about the recent dimension changes, growth rate, and general structure of Karachi.

Bevezetés

A világ leggyorsabban gyarapodó nagyvárosainak növekedési üteme és irányai, gazdasági-társadalmi problémái és kihívásai a recens urbanisztikai kutatások egyik alapvető témájaként szolgálnak. Napjaink legnagyobb városai az emberiség természetére gyakorolt hatásainak legerőteljesebb megnyilvánulásai, így kiterjedésük változásainak nyomon követése különösen fontos a globális és lokális környezeti változások értelmezésében (MAGLIOCCA ET AL. 2015). Jelen írás témája a mintegy 3500 négyzetkilométeren elterülő Karachi, amely Pakisztán állam egykori fővárosa, napjainkban a világ egyik legnagyobb városi tömörülése. Lakossága és ezzel egyidejűleg területe is Pakisztán 1947-es függetlenné válása óta több tízszeresére nőtt (GAYER 2003; PBS 2017), és gyarapodik továbbra is gyors ütemben – számos egyéb ok mellett elsősorban a természetes népességszaporulat és a jelentős rurál-urbán migráció okán (MALIK – WAHID 2014). Karachi méretéből és népességéből adódó kihívásainak, és az ezzel párhuzamosan zajló folyamatoknak pontos feltárása kulcsfontosságú lehet annak érdekében, hogy jobban megértsük egy ekkora város dinamizmusát, valamint a benne zajló folyamatok társadalmi-gazdasági és természeti vonatkozásait egyaránt. A globális klímaváltozás erőteljesen sújtja teljes Pakisztánt, különösen a déli országrészt, így Karachi környékét is. Ennek okán a régió falvaiból a korábban földművelésből élő munkájukat veszített tömegek megélhetés reményében a városba költözve további nyomást gyakorolnak a már egyébként is túlterhelt városi infrastruktúrára (ANWAR ET AL. 2013).

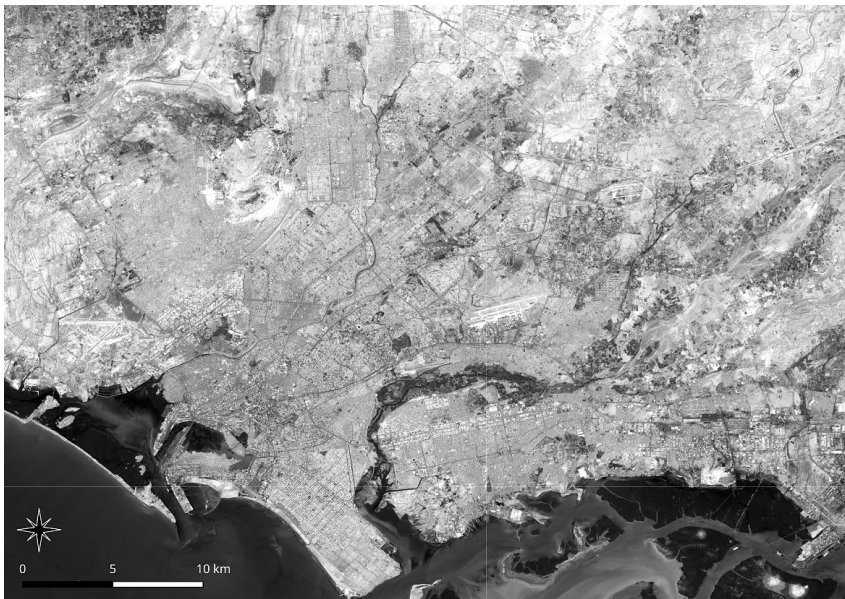
A modern távérzékelési eszközökkel lehetőség nyílik tetszőleges méretű területek felszínborítás változásait nyomon követni (HE ET AL. 2012; LEFEBVREET. AL 2016). Munkám során Karachi rövid távú kiterjedés változásait kíséreltem meg feltérképezni szabadon elérhető Sentinel-2 multispektrális felvételek alapján.

Alkalmazott eszközök és módszerek

A felhasznált felvételeket az ESA által üzemeltetett online felületen keresztül szereztem be (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>). A terület száraz, sivatagi jellegű klimatikus viszonyainak (Köppen: BWh) köszönhetően számos zavarásmentes, kvázi 0 százalékos felhőborítottságú felvétel áll rendelkezés színté bármelyik évszaktól (1. ábra).

A két vizsgált állapotot reprezentáló felvételek 2015. november 29.-én, valamint 2019. április 2.-án készültek a Sentinel 2A jelű műhoddal; mindkét időpontból egy-egy képpárt dolgoztam fel. A felhasznált szenzor tulajdonságait – kiemelve az osztályozás során használt csatornákat – az 1. táblázat mutatja be.

A munka elsődleges eleme volt a városi beépítettségű területek lehetőségek szerinti legpontosabb leválogatása, függetlenül a beépítettség mértékétől és jellegétől. Az előkészítés és a feldolgozás az ESA által létrehozott SNAP 6.0 szoftverkörnyezetben zajlott. Annak érdekében, hogy a felvételek csatornáival műveleteket lehessen végrehajtani, illetve azok bármilyen kombinációit megjeleníteni, a térbeli felbontást azonos méretre kellett transzponálnom. Ezt követően összeillesztettem a képpárokat, majd a város közigazgatási területe, és az eredeti felvételek határai alapján létrehozott vektorgrafikus állomány segítségével egységes méretre vágtam a mozaikokat.



1. ábra Karachi területe 2019 áprilisában a Sentinel-2A felvételén

1. táblázat A Sentinel-2A műhold 13 csatornájának hullámhossz adatai

Sentinel 2A													
Térbeli felbontás (m)	10				20				60				
Csatorna száma	2	3	4	8	5	6	7	8a	11	12	1	9	10
Közepes hullámhossz (nm)	496.6	560	664.5	835.1	703.9	740.2	782.5	864.8	1613.7	2202.4	443.9	945	1373.5
Sávszélesség (nm)	98	45	38	145	19	18	28	33	143	242	27	26	75

Az így létrehozott állományokon először a K-közép klaszteranalízist futtattam le 14 klaszterrel és 30 iterációval. Ezt követően a Random Forest osztályozást használtam. SNAP környezetben végrehajtva ez a művelet a felhasználó által megadott tanulóterületekkel dolgozik, amelyek vektorgrafikus rétegekre digitalizált tetszőleges formájú és méretű poligonok. További fontos paramétere az osztályozásnak a döntési fák száma. Ennek értéket növelve az eredmény pontosabbá tehető, azonban a futtatás egy szinten túl már sokkal tovább tart annál, mint amennyivel pontosabbá válhat az eredmény (OSHIRO ET AL. 2012). A döntési fák számát 25-ben maximalizáltam, valamint 5 felszínborítottsági kategóriába osztottam a tanulóterületeket, amelyek mindegyikét 40 poligon reprezentálta. Erre a nagy elemszámra különösen a beépített területek esetén azért volt szükség, mert ezek a felszínek az építőanyagok és a helyi szokások sokfélesége miatt annyira változatosak, hogy az épületek potenciálisan az átlagosnál jóval szélesebb spektrumú visszaverődést produkálnak. A városok ilyen sokszínűsége, spektrális és térbeli változatossága szignifikáns nehézségeket okoz a diverz urbán beépítésű felszínek akkurátus osztályozása során (POWELL ET AL. 2007).

Mindkét osztályozás eredményét 300 véletlenszerűen kijelölt minta és Google Earth Engine időben vonatkozó felvételei alapján validáltam. Mivel az eredmények pontossága nem volt kiemelkedő, így a továbbiakban az előkészített felvételeken spektrális indexekkel igyekeztem felerősíteni a különféle felszínborítottságok reflektancia-különbségeiből adódó kontrasztot.

Különféle indexeket kezdtem tesztelni, mint a Normalizált Beépítettség Index (NDBI) (ZHA ET AL. 2003), illetve a növényzet elkülönítése érdekében az Normalizált Vegetációs Index (NDVI) (ROUSE ET AL. 1973) amely – az osztályozás és a validálási folyamat ismételt végrehajtása után – szintén eredménytelennek bizonyult. Ezt követően az Index-alapú Beépítettség-index (IBI) lehetőségeit kezdtem vizsgálni (XU H. 2008). Ennek előállítására három önálló index kombinálásának eredménye. A felhasznált indexek az NDBI (ZHA et al. 2003), a Módosított Normalizált Differenciált Vízüindex (MNDWI) (XU 2006), és a Talajjal Korrigált Vegetációs Index (SAVI) (HUETE 1988). Az IBI képletét az 2. ábra, míg a három komponens kiszámításának módját az 3. ábra mutatja be.

Az Index-alapú Beépítettség-index elméletben sikeresen kiküszöböli a WU – MURRAY (2003) által a városi terek monitorozására kifejlesztett V-I-S modellben (RIDD 1995) felismert hiányosságot azáltal, hogy figyelembe veszi a vízfelületeket is. Ez pedig leghatékonyabban az MNDWI-index (XU 2006) bevonásával lehetséges, amely az eredeti MCFEETERS (1996) által kifejlesztett Normalizált Differenciált Vízüindex (NDWI) módosított változata. Az MNDWI abban tér el az NDWI-től, hogy az eredeti NDWI-ban használt közeli infravörös komponens helyett középhullámú

$$IBI = \frac{NDBI - \frac{SAVI + MNDWI}{2}}{NDBI + \frac{SAVI + MNDWI}{2}}$$

$$MNDWI = \frac{B3 - B11}{B3 + B11}$$

$$NDBI = \frac{B11 - B8}{B11 + B8}$$

$$SAVI = \frac{[(B8 - B4) * (1 + L)]}{(B8 + B4 + 1)}$$

2. ábra Az IBI-index képlete

3. ábra Az IBI-index komponenseinek képletei

infravörösből számítható ki, így kizárva azt a reflektancia különbségen alapuló hibát, amely kifejezetten erőteljesen jelentkezhet, amikor a víz és a beépített térszínnek egyidejű detektálására kerül sor az NDWI-al. A probléma ugyanis az, hogy a városi beépítések és a vízfelszínnek is kölcsönösen kevésbé reflektálják a közeli infra tartományt, ennek okán a művelet eredmény állományán mindkét kategória pixeleinek hasonló, pozitív értéke lesz, megnehezítve azok elkülönítését (XU 2006). Ennek kiküszöbölésére a közeli infravörös komponens középhullámúra érdemes cserélni, mert mindkét felszín jobban, de eltérő mértékben veri vissza azt a hullámhosszt, mint a közeli infravöröset. Az így létrejött MNDWI segítségével a beépített területek negatív értéket vesznek fel az eredményen, nagyban megkönnyítve elkülönítést, és eliminálva az NDWI-ra ilyen esetben jellemző zajt is (XU 2006).

Az IBI második komponense, a Normalizált Differenciált Beépítettség Index (NDBI) eredeti formájában szerves része a műveletnek. Az IBI-index harmadik eleme a SAVI (HUETE 1988), mely a legösszetettebb komponens a három közül. Olyan körülmények között használható – elsősorban az NDVI helyettesítésére – ahol a vegetáció között potenciálisan talajfoltok is megjelennek (HUETE 1988). A képletében szereplő korrekciós tényező (L), a vizsgált terület növényborítottságától függően vehet fel 0 és 1 közötti értéket, ahol a 0 a teljes növénytakaró, az 1 pedig a nagyon alacsony növényborítás. Abban az esetben, ha nem ismertek a mintaterület vegetációs viszonyai, 0,5 érték használatos, ez azonban Karachi vonatkozásában túlzónak hat, figyelembe véve a vizsgálati terület szemi-arid klimatikus viszonyaiból adódó csekély fokú növényborítottságot. Ennek kiküszöbölésére felhasználtam a korábbi Random Forest osztályozások során a területre kiszámolt, átlagosan 10%-os növényborítottságot, és L=0,9 értékkel számoltam a továbbiakban.

Az IBI-index segítségével előkészített állományokon újra végrehajtottam mindkét osztályozást, a korábbiakban felvázolt validálási módszerrel, a teljes egyezés érdekében természetesen ugyanazokat a kontroll-pontokat használtam.

A pontosság vizsgálat során használt 300 pont közül 100 a beépítetlen területeken, míg 200 a beépített területeken került kijelölésre. A kapott eredmények alapján mutatkozott meg, hogy a Random Forest kimenetét szignifikánsan kevésbé befolyásolta az indexelési eljárás, így a végső eredményeket a K-közép klaszterezés segítségével létrehozott állományokból exportáltam ki. Ez a kombinált metodika kielégítő pontosságú eredményt adott, figyelembe véve a szenzor közepes térbeli felbontását. A végső eredmények kinyerése érdekében elhagyva a SNAP környezetet,

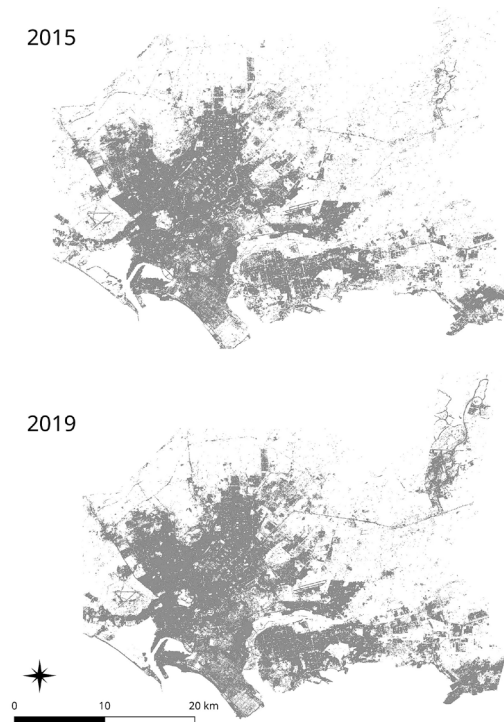
2.táblázat A validálás eredményei igazságmátrixon ábrázolva

			Város	Beépítetlen	Pontosság	Precizitás
K-közép / IBI	2015	Város	183	19	0.9205	0.9059
		Beépítetlen	5	95		
	2019	Város	186	16	0.9272	0.9208
		Beépítetlen	6	94		
Random Forest / IBI	2015	Város	164	38	0.8444	0.8119
		Beépítetlen	9	91		
	2019	Város	166	36	0.8642	0.8218
		Beépítetlen	5	95		

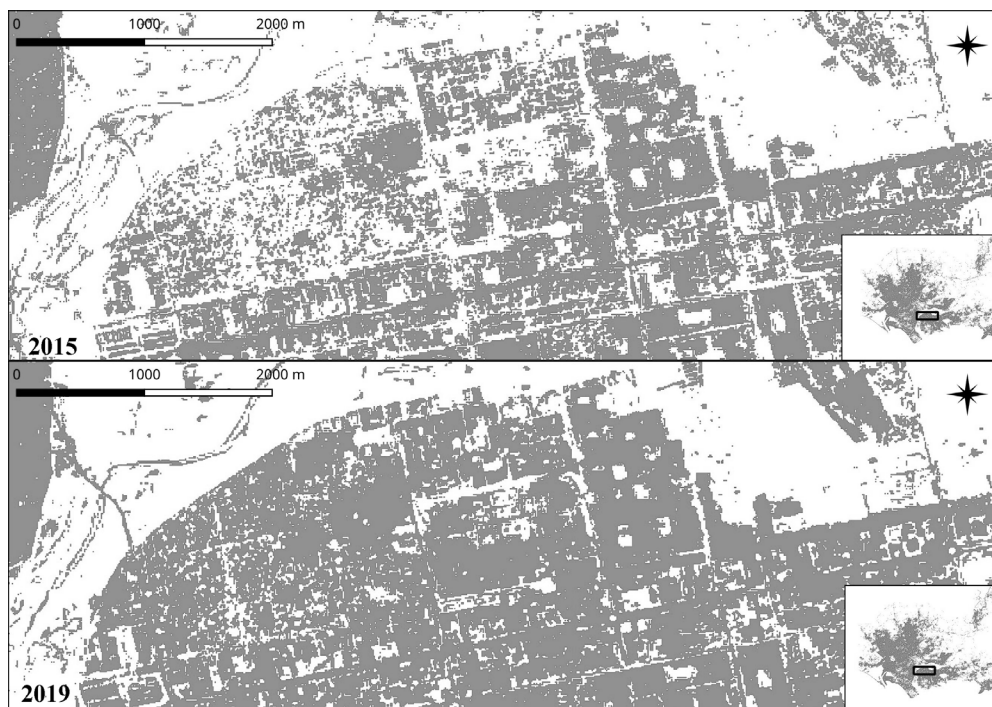
GRASS 7.4.0 segítségével 0 és 1 értékekre újra osztályoztam az eredményfájlokat, majd egyszerű raszterművelettel kaptam meg a számszerűsíthető végeredményt.

Eredmények

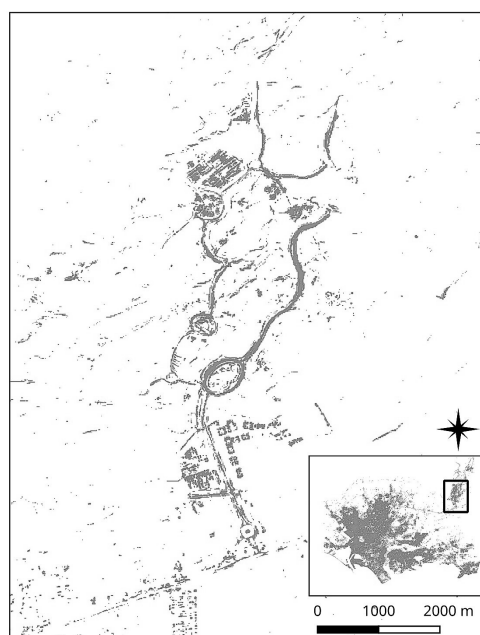
A két feldolgozott képpár különbsége azokat a területeket mutatja meg, amelyeken 2015-ben még nem létezett városi felszínborítás, de 2019-re már beépültek; vagy esetenként éppen fordítva, amelyek 2015 óta elbontásra kerültek (4. ábra). A művelet eredményét számszerűsítve 2015 óta a vizsgált területen 14385 hektár került beépítésre, és 5185 hektáron szűnt meg a beépítettség. A beépített területek éves átlagban 4110 hektárral gyarapodtak. Amennyiben azonban figyelembe



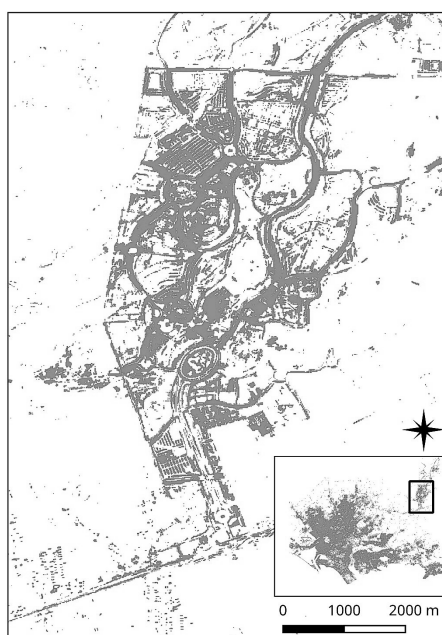
4. ábra A két eredménytérkép összehasonlítása



5. ábra Beépítettség sűrűségének változása Karachi Korangi városrészében



Bahria Town, Karachi - 2015



Bahria Town, Karachi - 2019

6. ábra Új beépítettségek detektálása Karachi Bahria városnegyedében

veszem azokat a területeket is ahol valamely okból megszűnt a városi beépítettség, úgy a változás üteme 2629 ha/év. Ez az érték jelentősen elmarad a szakirodalomban fellelhető 5700 ha/év (AKHTAR – DHANANI 2013) ütemtől, ugyanakkor azok az adatok az 1998-as hivatalos népszámláláson, és egy 2012-es becslésen alapulnak.

Az eredménytérképek alapján az is egyértelműen látszik, hogy a város peremterületein zajlottak kisebb-nagyobb beépítések, még a két felvétel között eltelt viszonylagosan rövid idő ellenére is. A város északkeleti peremterületén épülő új lakónegyed terjeszkedése is kiválóan megfigyelhető. A belváros egyes negyedeiben zajló sűrűsödés (PERVAIZ ET AL. 2008.) is értelmezhető az eredmények alapján (5. ábra). Ennek üteme és részletei azonban már kevésbé megfoghatóak az osztályozási hibák, és a felvételek közepes felbontása miatt.

Az eljárás erőssége ott mutatkozik meg igazán, ahol határozottan kiszűrhető új beépítések történtek. Kiváló példa a város északkeleti peremterületein épülő Bahria Town városrész (6. ábra). Ez a terület a 2015-ös felvételen még kezdetlegesen érzékelhető, azóta azonban hatalmas területek épültek be a környéken.

Az eljárás egyik lehetséges hibája – melyet izolált területeken tapasztaltam munkám során – a mezőgazdasági területek és a belterületi, de beépítetlen felszínnek közötti disztingválási nehézségekből adódik. Ezek olyan peremterületek, ahol a két kategória közvetlenül határos egymással, és minden módosítás ellenére is hasonló marad a reflektancia-értékük. Ennek egyik lehetséges magyarázata a porviharok által szállított és a város külső kerületeiben felhalmozott üledékben is kereshető, ugyanakkor számos más magyarázat is lehetséges. Végeredményben elmondható, hogy a Sentinel-2 felvételek nagy kiterjedésű kutatási területeken, és rövid távon is meggyőző eredményt nyújthatnak. Mint minden klasszifikációs eljárás, ez is tartalmaz félreosztályozásokat, de az elért pontosság – figyelembe véve a szenzor térbeli felbontását – megfelelő eredménynek tekinthető.

Felhasznált irodalom

- ANWAR, N.H. – MUSTAFA, D. – VIQAR, S. – SAWAS, A. – IQTIDAR, H. (2013): Urbanization, Gender & Violence in Millennial Karachi: A Scoping Study. King's College London, London, pp. 11–33.
- AKHTAR, S. – DHANANI, M.R. (2013): Urban Sprawl in Karachi. Global Advanced Research Journal of Geography and Regional Planning, 2(7), pp. 160–171.
- GAYER, L. (2003): A divided city. “Ethnic” and “religious” conflicts in Karachi, Pakistan, pp. 1–8. <https://www.sciencespo.fr/ceeri/fr/node/2962>
- HE, C. – SHI, P. – XIE, D. – ZHAO, Y. (2010): Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach. Remote Sensing Letters, 1(4), pp. 213–221.
- HUETE, A.R. (1988): A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sens. Environ, 25, pp. 295–309.
- LEFEBVRE, A. – SANNIER, C. – CORPETTI, T. (2016): Monitoring urban areas with Sentinel-

- 2A data: Application to the update of the Copernicus High Resolution Layer Imperviousness Degree. *Remote Sensing*, 8(606), pp. 1–21.
- MAGLIOCCA, N.R. – RUDEL, T.K. – VERBURG, P.H. – MCCONNELL, W.J. –, MERTZ, O. – GERSTNER, K. – HEINIMANN, A. – ELLIS, E.C. (2015): Synthesis in land change science: methodological patterns, challenges, and guidelines. *Regional Environmental Change*, 15, pp. 211–226.
- MALIK, S. – WAHID, J. (2014): Rapid Urbanization: Problems and Challenges for Adequate Housing in Pakistan. *Journal of Sociology and Social Work*, 2(2), pp. 87–110.
- MCFEETERS, S.K. (1996): The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sens*, 17, pp. 1425–1432.
- OSHIRO, T. M. – PEREZ, P.S. – BARANAUSKAS, J.A. (2012): How Many Trees in a Random Forest? *Lecture Notes in Computer Science*, 7376, pp. 154–168.
- PBS 2017 – Pakistan Bureau of Statistics 2017. Province wise provisional results of census: www.pbs.gov.pk
- PERVAIZ A. – RAHMAN P. – HASAN A. (2008): (ined.) Lessons from Karachi: The Role of Demonstration, Documentation, Mapping and Relationship Building in Advocacy for Improved Urban Municipal Services. IIED Report, pp. 6–9.
- POWELL, R. – ROBERTS, D. – DENNISON, P. – HESS, L. (2007): Sub-pixel mapping of urban land cover using multiple endmember spectral mixture analysis: Manaus, Brazil. *Remote Sensing of Environment*, 106, pp. 253–267.
- ROUSE, J.W. – HAAS, R.H. – SCHELL, J.A. – DEERING, D.W. (1973): Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. In *Proceedings of the Third ERTS Symposium*; NASA SP-351 NASA: Washington, DC, USA, pp. 309–317.
- RIDD, M.K. (1995): Exploring a V-I-S (Vegetation-Impervious-Soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing: comparative anatomy for cities. *International Journal of Remote Sensing*, 16, pp. 2165–2185.
- ZHA, Y. – GAO, J. – NI, S. (2003): Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *Int. J. Remote Sens*. 24, pp. 583–594.
- WU, C. – MURRAY, A.T. (2003): Estimating impervious surface distribution by spectral mixture analysis. *Remote Sensing of Environment*, 84, pp. 493–505.
- XU, H. (2006): A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDWI). *J. Remote Sens*, 9, pp. 589–595.
- XU, H. (2008): A new index for delineating built-up land features in satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 29(14), pp. 4269 – 4276.

A földrajzi/politikai polarizáció mérési lehetőségei

Kovalcsik Tamás¹ – Boros Lajos²

¹ PhD hallgató, SZTE TTIK Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék,
kovalcsik.tamas@geo.u-szeged.hu

² egyetemi docens, SZTE TTIK Gazdaság- és Társadalomföldrajz Tanszék,
borosl@geo.u-szeged.hu

Abstract: Political polarization is one of the most often analysed topics in contemporary political geography. Polarization means the increasing distance between ideologies, parties and voters. It is not only a social process but has a significant spatial relevance as well. Our analysis aims to present the Hungarian political polarization processes through the example of the 2018 parliamentary elections. The results show that the Hungarian polarization is manifested in the dominance of the governing parties. Thus – due to the different political system and traditions – polarization is manifested differently than in the United States.

Bevezetés

A szavazók viselkedése és térbeli eloszlása gyakran változik, így népszerű vizsgálati területe a választási földrajznak. Az utóbbi években egyre nagyobb figyelem irányul a politikai polarizációra és annak térbeli vetületeire. Már az 1980-as években megfigyelték a választók bizonyos térbeli koncentrálódását a brit választások történeti adatsorainak elemzésénél (CRAMPTON 1984). Ez a jelenség aztán a 2000-es évek végétől (BISHOP – CUSHING 2008) egészen napjainkig – földrajzi (és/vagy politikai) polarizáció néven – meghatározó témája lett a nemzetközi választási földrajzi szakirodalomnak (JOHNSTON ET AL. 2020; KINSELLA ET AL. 2015). Ugyanis az amerikai társadalom (a választói viselkedésben is megjelenő) polarizáltságának növekedéséről számolt be több tanulmány is (KLINKNER – HAPANOWICZ 2005; ROHLA ET AL. 2018; SCALA – JOHNSON 2017). Ezen kívül a kanadai választások (WALKS 2006) és az Egyesült Királyságban rendezett Brexit népszavazás (JENNINGS – STOKER 2019) és a brazil választások (SILVA ET AL. 2019) elemzése során is felmerült a jelenség. Emellett a közbeszédben is egyre nagyobb figyelmet kap a polarizáció kérdésköre – így úgy látjuk, hazánkban is érdemes a témával foglalkozni.

A politikai polarizáció alapvetően a szavazók, a pártok, valamint a politikai szereplők, illetve az oldalak ideológiai eltávolodását jelenti. A folyamattal a centrum kiüresedése és az extrém politikai nézetek felerősödése jár együtt. A földrajzi polarizáció ennek a jelenségnek egyrészt a következménye, másrészt a felerősítője. Ugyanis a vélemények és oldalak eltávolodásával a párbeszéd és a békés egymás mellett élés nehezebbé válik és az ember önkéntelenül is a nézeteinek megfelelő

lakóhelyet, környéket, munkát és baráti társaságot keres magának – mint azt például WOODARD (2011) is bemutatja az Amerikai Egyesült Államok példáján. Ezáltal az eltérő gondolkodásmódú és nézetű szavazók térben (életvitelük tereiben) is elkülönülnek egymástól. A véleménybuborékok kialakulása (akár a fizikai, akár az online térben) tovább tudja mélyíteni a szakadékot az egyes pártokat vagy ideológiákat támogató szavazók között.

Az aggregált választási eredmények térbeliségének vizsgálata jó lehetőséget biztosít a polarizáció mértékének közvetett kimutatására (a földrajzi polarizáció közvetlen mérésével). Ehhez kapcsolódóan kulcsfontosságú az angol nyelvű szakirodalomban landslide győzelemnek nevezett jelenség. BISHOP – CUSHING (2008) így definiálta azt, amikor egy területi egységen (esetükben az Egyesült Államok megyéin) belül a győztes több, mint 20 százalékponttal kap több szavazatot, mint a második helyezett. E területek nagyarányú felhalmozódását – úgy, hogy mind a két párt nagy számú ilyen területtel rendelkezett, csak más régiókban – írták le polarizációként. E statisztikai módszert aztán több kutatás is átemelte (JOHNSTON ET AL. 2020; KLINKNER – HAPANOWICZ 2005) a polarizáció mérésére. Annak ellenére, hogy hazánkban a rendszerváltozás óta eltelt időszak választási földrajzi vizsgálatai kitértek a hazai választókerületi rendszer aránytalanságaira (KOVÁCS – VIDA 2015), a földrajzi torzulások mérési lehetőségeire (VIDA 2016) vagy a választói magatartás térbeliségének átalakulására (VIDA – KOVÁCS 2017); eddig nem született vizsgálat a politikai polarizáció fogalmának hazai folyamatairól.

Tanulmányunkban ezért ennek a módszernek a Magyarországra adaptált változatával fogjuk a legutóbbi (2018-as) parlamenti választás szavazóköri eredményeinek segítségével mérni a hazai politikai (földrajzi) polarizáció mértékét. A módszertan segítségével a következő kutatási kérdésekre keressük a választ: (1) milyen mértékű a hazai politikai polarizáció, valamint (2) az esetleges polarizációnak milyen területi egyenlőtlenségei, földrajzi torzulásai vannak. A kérdések megválaszolása érdekében a tanulmány első részében a felhasznált adatbázist, valamint az alkalmazott módszereket mutatjuk be. A második részében pedig a hazai polarizáció mértékét és annak földrajzi vetületeit elemezzük a 2018-as parlamenti választások eredményein keresztül.

Alkalmazott adatbázisok és módszerek

A különböző földrajzi polarizációval foglalkozó tanulmányok egyetértenek abban, hogy a lehető legalacsonyabb léptéken érdemes vizsgálni a jelenséget annak érdekében, hogy az egyes nagyobb területegységeken belüli különbségek megjelenjenek az elemzésekben. Magyarországon a legalacsonyabb területi lépték, amelyen választási eredmények aggregált formában léteznek, azok a szavazókörök. Itt jelennek meg azok az eredmények, amelyeket a szavazatszámamlálási bizottságok közvetlenül a szavazatokból hoznak létre. A szavazókörbe aggregált adatok 500 és 1500 szavazó közötti területegységeket fednek le, így elég jó felbontást biztosítanak arra, hogy a térben egymástól elkülönülő szavazótáborokat detektáljuk.

A szavazókori választási eredmények a Nemzeti Választási Iroda honlapján elérhetőek (INTERNET1), azonban hozzájuk területi adat nem tartozik (hogy egy szavazókör eredménylistája az adott településen belül mely közterületek választási eredményeit tartalmazza), kizárólag a települési információk adtak. Ennélfogva az elemzés területi léptékét hibrid módon kezeltük. Egyrészt az elemzési egységünk alapvetően a szavazókör, viszont a polarizáció térbeliségének elemzésében – a fent leírt okból – a településen belüli térképezés nem volt lehetséges, így az eredmények települési léptékű aggregációja volt szükséges.

Az adatfeldolgozás következő kérdése az volt, hogy mely választási eredményeket vesszük figyelembe a politikai polarizáció hazai mérésére. Az angolszász bináris politikai pártrendszerben egyértelmű volt, hogy a két nagy párt közötti különbség mértékét számolták a landslide győzelmek kimutatásánál, azonban Magyarországon a széttagolt pártrendszer miatt az első és a második helyezett közötti különbséget vettük alapul. Míg az előző választásoknál az eredményt szinte egyáltalán nem befolyásolta volna az, hogy a listás vagy az egyéni szavazatok kerülnek figyelembevételre, a 2018-as parlamenti választás azonban új jelenséget hozott a hazai szavazástörténetbe: a taktikai voksolást. Ennek következtében ez volt az első olyan választás, ahol egy fordulón belül a listás és az egyéni eredmények jelentősen eltértek egymástól egyrészt az ellenzéki koordinált jelöltállítás, másrészt a koordináció nélküli kerületekben az ellenzéki szavazók nagyfokú átszavazási hajlandósága miatt is. Ezért tanulmányunkban az egyéni voksokat vettük figyelembe annak érdekében, hogy a széttagolt ellenzéki pártstruktúra ne növelje a Fidesz-KDNP jelöltjére leadott voksok relatív súlyát – ez ugyanis értelmezhetlenné tette volna az eredményeket. Ezáltal elemzésünkben az ellenzéki szavazók által legesélyesebb jelöltre leadott voksok állnak szemben a kormánypárti jelöltre leadott voksokkal szemben. Így az eredményekben egy kormánypárti/kormányváltó esetleges polarizáció jelenik meg.

Az eredmények interpretálása matematikai-statisztikai módszerekkel történt. A tanulmányban először a politikai polarizáció általános leírását adjuk meg a győzelmek mértékének ábrázolásával. Ezután települési szinten ábrázoltuk, hogy a szavazók hány százaléka tartozik olyan szavazókörhöz, amelyikben landslide győzelem született, természetesen feltüntetve azt, hogy melyik párt irányába. Ezek alapján viszont lesznek olyan települések, amelyeket nem lehet majd sem a kormánypártok, sem pedig az ellenzék kategóriájába sorolni, mivel mind a két oldalnak van 20 százalékpont feletti győzelme. Ezeket az elemzésben az úgynevezett diverz kategóriába soroltuk és kiemeltük további elemzésre, mivel ezen települések társadalma igencsak megosztott politikailag.

Eredmények

Az elemzés első lépéseként a landslide szavazókörökbe tartozó választópolgárok számait határoztuk meg (*1. táblázat*). Ez alapján elmondható, hogy a Fidesz-KDNP által elnyert szavazókörökbe jelentősen több választópolgár tartozik, ráadásul a húsz százalékpont feletti győzelemmel rendelkező kormánypárti szavazókörökben is

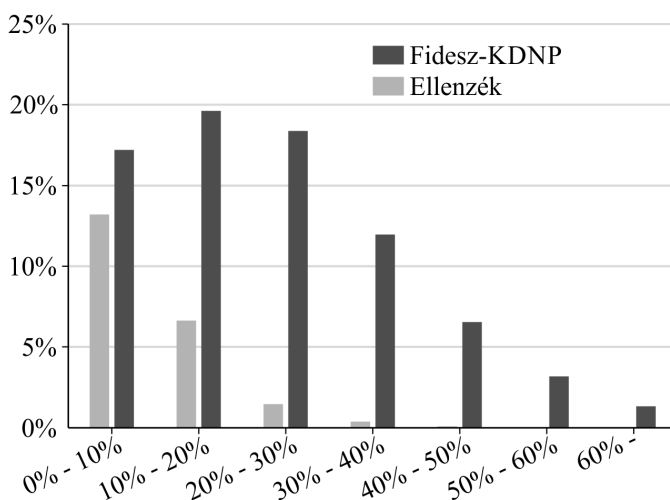
1. táblázat A választópolgárok száma az egyes szavazóköri kategóriákban (a szavazókör győztese és a győzelem mértéke alapján)

	Hús százalékalatti	Hús százalékal feletti	Összesen
Fidesz-KDNP	2 926 832	3 279 120	6 205 952
Ellenzéki	1 575 441	152 422	1 727 863
Összesen	4 495 611	3 438 204	7 933 815

Forrás: Interenet1 alapján saját számítás.

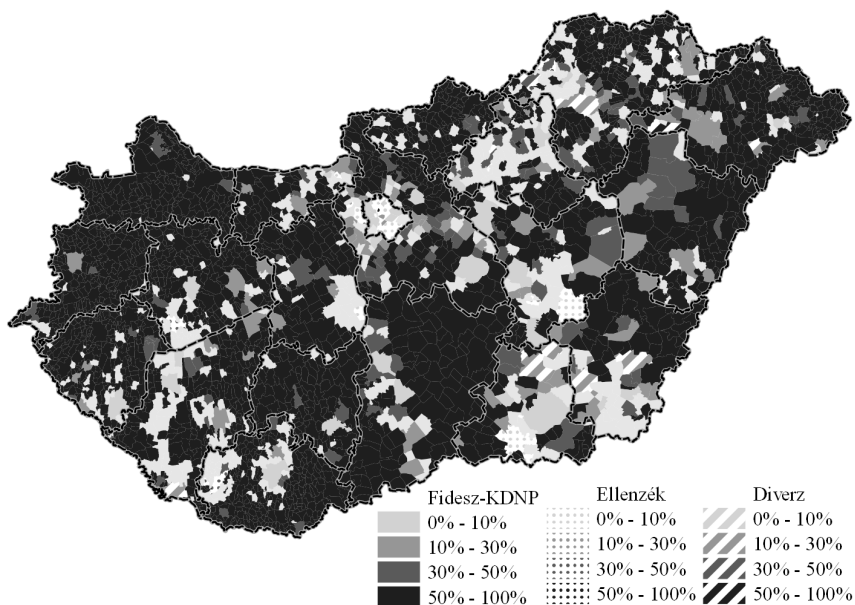
jelentős a választásra jogosultak száma (3 279 120). Több, mint a hús százalékpont alatti győzelmi arányú szavazókörökben (2 926 832). Ehhez képest az ellenzék nagyon kevés szavazókörben ért el landslide győzelmet, a szavazóköri győzelmeik több, mint 90 százalékát szoros eredménnyel szerezték.

A győzelmi arányok hisztogramon történő ábrázolásával részletesebben elemezhetőek a különbségek (1. ábra). Az 1. ábra alapján elmondható, hogy a választópolgárok majdnem harmada (kormány: 17%, ellenzék: 13%) lakik olyan szavazókörben, ahol tíz százalékpont alatt volt az első és a második helyezett közötti differencia. A maradék 70 százaléka a választóknak azonban már ennél polarizáltabb területen él. Ezek alapján elmondható, hogy a magyar társadalom nem kétpólusúan, hanem egypólusúan polarizált. A várakozásokkal ellentétben ugyanis nem két teljesen más választásföldrajzi mintázattal jellemezhető terület áll egymással szemben, hanem van egy igen jelentős rész (közel a választók felét képviselő terület), amely a jelenlegi kormányzópártok megkérdőjelezhetetlen előnyével jellemezhető, míg az ország másik felén ugyan szorosabb a politikai verseny, de még ott is a Fidesz-KDNP nyerte a több szavazókört.



1. ábra A választásra jogosultak hány százaléka lakik (függőleges tengely) az aratott győzelem mértéke alapján (vízszintes tengely) kategorizált szavazókörben.

Forrás: INTERNET1 alapján saját szerkesztés.

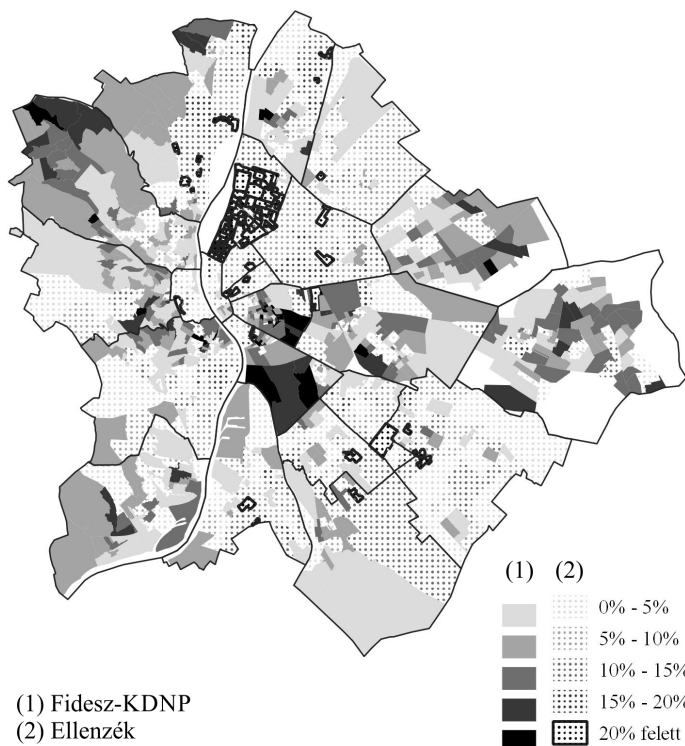


2. ábra Azon választásra jogosultak aránya települési szinten, akik olyan szavazókörben laknak, ahol valamelyik párt 20 százalékpont feletti győzelmet aratott (%).

Forrás: INTERNET1 alapján saját szerkesztés.

Hasonló hegemóniát mutatnak a polarizációs eredmények térképen megjelenítve (2. ábra). A térképen a legsötétebb kategóriába azon települések tartoznak, amelyek választóinak legalább a fele landslide szavazókörben lakik. A települések nagy része a kormánypártok legnagyobb előnyével jellemezhető kategóriájába tartoznak, kivételt képez ez alól néhány nagyváros, pár vidéki térség és foltokban egy-két kisebb település. Budapest egésze, Heves, Somogy és Borsod-Abaúj-Zemplén nyugati része, Tapolca és Dunaújváros környéke, valamint Csongrád, Békés, Jász-Nagykun-Szolnok megyék egyes részei mind a kivételek közé tartoznak. Ezek jelentős része sikeres ellenzéki együttműködések, koordinációk eredményei. Külön kiemelnénk az általunk diverz településekként kategorizált településeket, amelyekben van legalább olyan szavazókör, ahol két különböző párt jelöltje tudott landslide győzelmet aratni. Így ezeken a településeken belül nagy a belső különbség a választói viselkedés tekintetében, amely akár belső feszültségek jele is lehet, vagy azokhoz vezethet.

A települések belső differenciálódására példa Budapest térszerkezete is (3. ábra). A XIII. kerületben az MSZP-Párbeszéd jelöltje aratott landslide győzelmet szinte mindegyik szavazókörben, míg a VIII. kerület középső és délkeleti részében a Fidesz-KDNP-nek volt erős támogatottsága. Ezen kívül azonban a főváros jelentős része nem jellemezhető nagyfokú polarizációval, a szavazókörök túlnyomó többségében szoros volt a verseny a jelöltek között. A választási eredmények szavazóköri szinten történő ábrázolását és elemzését indokolja az is, hogy még a főváros kerületein belül is láthatunk pártpreferencia különbségeket (például a II, a III, a VIII, a IX, a XII és a XVI kerületben).



3. ábra Budapest szavazóköreibek győztesei és a győzelem mértéke.
Forrás: INTERNET1 alapján saját szerkesztés.

Összegzés és a kutatás további irányai

Elemzésünk bemutatta, hogy az angolszász országokban feltárt jelenség, a földrajzi/politikai polarizáció, miszerint a szavazók politikai véleményük és párthovatartozásuk alapján térben szegregálódnak, hazánkban a 2018-as parlamenti választások alapján némiképp árnyaltabban, de hasonlóan jelentkezik. Johnston és szerzőtársai (2020) a Republikánus párt (USA) növekvő polarizációját mutatta ki a vidéki térségeken belül, míg a demokraták főleg a nagyvárosokban, de ott is alacsonyabb mértékben koncentrálnak. A szintén jobboldali Fidesz-KDNP szavazótábora is nagyrészt a vidéki térségeken polarizálódik, azonban nem annyira egyértelmű a város-vidék ellentét, mint az Egyesült Államokban. Sok az olyan nagyváros (például Debrecen, Győr, Székesfehérvár, Zalaegerszeg), ahol szintén a választók jelentős része (kormánypárti) landslide szavazókörben él. Ráadásul Magyarországon – részben a széttagolt ellenzéki pártstruktúrából kifolyólag – az ellenzéknek elhanyagolható földrajzi polarizáltsága figyelhető meg (2%). A nem polarizált területeken inkább a szoros verseny, semmint a másik oldal koncentrációja figyelhető meg. Mindez arra hívja fel a figyelmet, hogy bár a többpárti versengő pártrendszerek esetében is megjelenik a polarizáció, de annak formája és erőssége különbözik az angolszász kétpólusú rendszerekben megfigyelhetőtől.

A polarizáltság mértékét jelen tanulmányban egy parlamenti választás eredményeinek felhasználásával határoztuk meg és elemeztük. Ez azonban nem elégíti ki a polarizáció eredeti fogalmát, mivel arról akkor beszélhetünk, ha a földrajzi különbség a két szavazótábor között időben növekszik. Ezért a jövőbeli kutatási tervek között szerepel az elemzés kibővítése a korábbi parlamenti választásokra is ezzel lehetővé téve a longitudinális elemzést, kimutatva a polarizáció időbeli változását. Emellett a választási rendszerek jellemzői és a politikai polarizáció közötti kapcsolat elemzése is fontos kutatási irányt jelenthet.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-3-SZTE-536 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



Felhasznált irodalom

- BISHOP, B. – CUSHING, R.G. (2008): *The Big Sort: Why the Clustering of Like-Minded America Is Tearing Us Apart*. Houghton Mifflin Company, New York.
- CRAMPTON, P. (1984): Spatial Polarisation of Political Representation in Great Britain 1945-1979. *Geography*, 69(1), pp. 28–37.
- JENNINGS, W. – STOKER, G. (2018): The Divergent Dynamics of Cities and Towns: Geographical Polarisation and Brexit. *Political Quarterly*, 90(S2), pp. 155–166.
- JOHNSTON, R. – MANLEY, D. – JONES, K. – ROHLA, R. (2020): The Geographical Polarization of the American Electorate: a Country of Increasing Electoral Landslides? *GeoJournal*, 85(1), pp. 187–204.
- KINSELLA, C. – MC TAGUE, C. – RALEIGH, K.N. (2015): Unmasking geographic polarization and clustering: A micro-scalar analysis of partisan voting behavior. *Applied Geography*, 62, pp. 404–419.
- KLINKNER, P.A. – HAPANOWICZ, A. (2005): Red and blue déjà Vu: Measuring political polarization in the 2004 election. *Forum*, 3(2), 2.
- KOVÁCS, Z. – VIDA, GY. (2015): Geography of the new electoral system and changing voting patterns in Hungary. *Acta Geobalcanica*, 1(2), pp. 55–64.
- ROHLA, R. – JOHNSTON, R. – JONES, K. – MANLEY, D. (2018): Spatial Scale and the Geographical Polarization of the American Electorate. *Political Geography*, 65, pp. 117–122.
- SCALA, D.J. – JOHNSON, K.M. (2017): Political Polarization along the Rural-Urban Continuum? The Geography of the Presidential Vote, 2000–2016. *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 672(1), pp. 162–184.
- SILVA, M. – BETARELLI JÚNIOR, A.A. – PEROBELLI, F.S. (2019): Socioeconomic Factors, Income Transfer Program, and the Presidential Election of 2014: Regional Voting Patterns in Brazil. *Latin American Business Review*, 20(4), pp. 341–366.

- VIDA, Gy. (2016): Az egyenlőtlen politikai reprezentációt létrehozó választási földrajzi hatótényezők mérési lehetőségei. *Területi Statisztika*, 56(6), pp. 643–659.
- VIDA, Gy. – KOVÁCS, Z. (2017): Magyarország átalakuló választási földrajza a 2010-es és a 2014-es parlamenti választások tükrében. *Földrajzi Közlemények*, 141(2), 125–138.
- WALKS, R.A. (2006): The causes of city-suburban political polarization? A Canadian case study. *Annals of the Association of American Geographers*, 96, pp. 390–414.
- WOODARD, C. (2011): *American nations: A history of the eleven rival regional cultures of North America*. Penguin Books, New York.

Internetes források

- INTERNET1 – https://static.valasztas.hu/letoltesek/valasztasi_eredmenyek_1990-2019.tar,
Letöltés ideje: 2019. október

Természetjáró adottságok felmérése a Bükkben turisztikai döntéstámogató mobilapplikáció fejlesztésének megalapozásához

Lavaj Marcell¹ – Utasi Zoltán² – Cs. Nagy Ádám³ – Sütő László⁴ –
Molják Sándor⁵ – Turi Zoltán Krisztián⁶ – Benkhard Borbála⁷

¹ hallgató, Debreceni Egyetem, lavajmarci97@gmail.com

² főiskolai docens, Eszterházy Károly Egyetem, Földrajz és Környezettudományi Intézet,
utazo74@gmail.com

³ hallgató, Eszterházy Károly Egyetem, cs.nagyadam@gmail.com

⁴ egyetemi docens, Eszterházy Károly Egyetem, Földrajz és Környezettudományi Intézet,
sutogeo@gmail.com

⁵ tanszéki mérnök, Eszterházy Károly Egyetem, Innorégió Tudásközpont, mosanyi@gmail.com

⁶ adjunktus, Debreceni Egyetem, Földtudományi Intézet, turi.zoltan@science.unideb.hu

⁷ egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem, Földtudományi Intézet,
benkhard.borbala@science.unideb.hu

Abstract: Nowadays hiking has massive popularity. A lot of people require actively spent time in nature. We don't know any application in Hungary, which can help us to organize a trip in a complex way. In the first part of the research we got around the hiking trails on our research field and we classified the roads based on viability and traceability. Furthermore, we classified the hiking infrastructure based on their condition. We recorded tracks and point objects by GPS devices, and in the second part, we processed them in a geoinformatics system. Based on our data and the references we made thematic maps on the research field.

Bevezetés

Napjainkban a természetjáró turizmus térhódítása figyelhető meg. Az embereknek egyre nagyobb igényük van a természetben aktívan eltöltött időre. A túrázashoz szükséges felszerelések könnyen beszerezhetők, a részvétel egy kiránduláson általában nem igényel speciális felszerelést és képességet. Hazai viszonylatban a turistautak jelzettségének minősége rendkívül változó. Egyes túraútvonalakon a jelzés szinte követhetetlen. Részben emiatt ajánlott, hogy legyen nálunk turistatérkép az adott területről, esetleg rendelkezésünkre álljon olyan mobiltelefonos applikáció vagy tematikus weboldal, amely segítségével tartani tudjuk az útirányunkat. Előnyünkre válik, ha a túra tervezése során tisztában vagyunk néhány tényezővel:

- Milyen útviszonyok várnak ránk (meredekség, járhatóság).
- Mennyire csúszós a talaj vagy a szálban álló kőzet (főként esős időben).
- Milyen az adott útszakaszon a jelzettség minősége.
- Milyen látványosságokkal találkozhatunk túrázás közben.

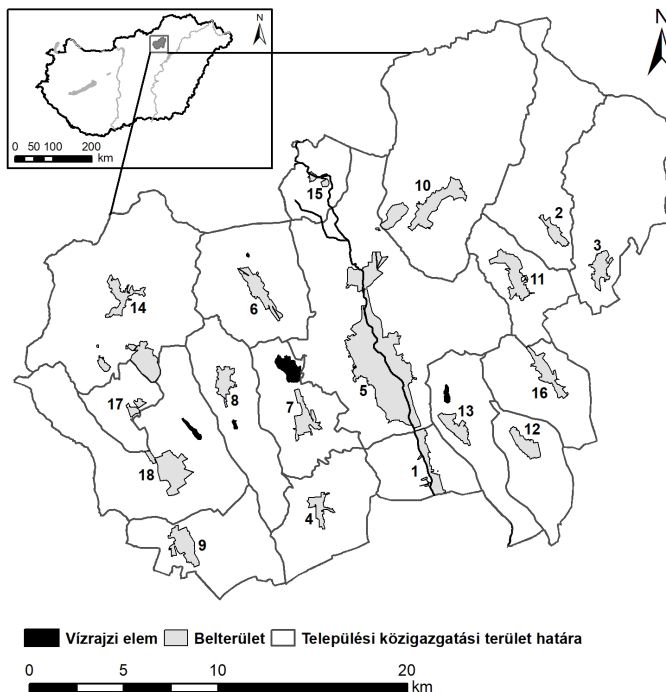
Magyarországon bár vannak elektronikus turistatérkép-szolgáltatások (INTERNET 1) és természetjáró applikációk (INTERNET 2), de nem ismerünk olyan okoseszközökre fejlesztett alkalmazást, amelynek segítségével komplex módon tervezhetünk meg egy túrázást.

A kutatás előzményeit egy tudományos diákköri pályamunkában (LAVAJ ET AL. 2019) és egy konferenciacykben (UTASI ET AL. 2019) mutattuk be. Célunk a közeljövőben egy olyan természetjáró applikáció létrehozása, amely a túrázás minden összetevőjére kiterjedve elégíti ki a felhasználói igényeket.

Anyag és módszer

A 625 négyzetkilométeres Egri borvidék 18 Heves és Borsod-Abaúj-Zemplén megyei települést foglal magába (1. ábra), legnagyobb városa Eger. A tájalkotó tényezők heterogenitása miatt a borvidék területén több természeti kistáj (CSORBA ET AL. 2018) – Bükk, Bükkhát, Bükkalja, Mátra, Mátraalja, Mátrahát, Pétervásárai-medence, Egercsehi-Ózdi-medencesor és Alsó-Tarna-völgy – osztozik.

A kutatás több munkafázisból épül fel. Az első fázisban történt meg a mintaterületen található turistautak és azok környezetének felmérése, amely során



1. ábra Az Egri borvidék térképe. A sorszámmal jelölt települések a következők: 1. Andornaktálya, 2. Bükkzsérc, 3. Cserépfalu, 4. Demjén, 5. Eger, 6. Egerbakta, 7. Egerszalók, 8. Egerszólát, 9. Feldebrő, 10. Felsőtárkány, 11. Noszvaj, 12. Novaj, 13. Ostoros, 14. Sirok, 15. Szarvaskő, 16. Szomolya, 17. Tarnaszentmária, 18. Verpelét

felvételezésre kerültek a természeti tájértékek (pl. jellegfa, kiépítetlen forrás) és az ember által épített elemek, berendezési tárgyak (pl. padok, esőbeálló, tűzrakó helyek, kilátók, tájékoztató táblák, magaslesek). Egytől háromig terjedő skálán értékeltük az objektumok állapotát: 1. újszerű vagy eredeti; 2. sérült, rongálódott; 3. kritikus állapotú, használhatatlan, valamint az útszakaszok minőségét, járhatóságát.

Az utak nehézsége visszavezethető az utak közeteinek, talajainak átnedvesedésére. Főként esős időben vagy hóolvadás idején egyes kőzetek (pl. lösz, mészkő) és fizikai talajfélések (pl. vályog, agyag) rendkívül csúszóssá, járhatatlanná válhatnak, amit a bejárások során többször mi is megtapasztaltunk. Emiatt az utak járhatóságát és lejtőmeredekségét már a túra tervezési fázisában célszerű figyelembe venni a résztvevők fizikai állapota, kora, túrázási szokásainak ismeretében. Éppen ezért egy applikáció készítése során ezeket a paramétereket jól definiálhatóan érdemes rögzíteni.

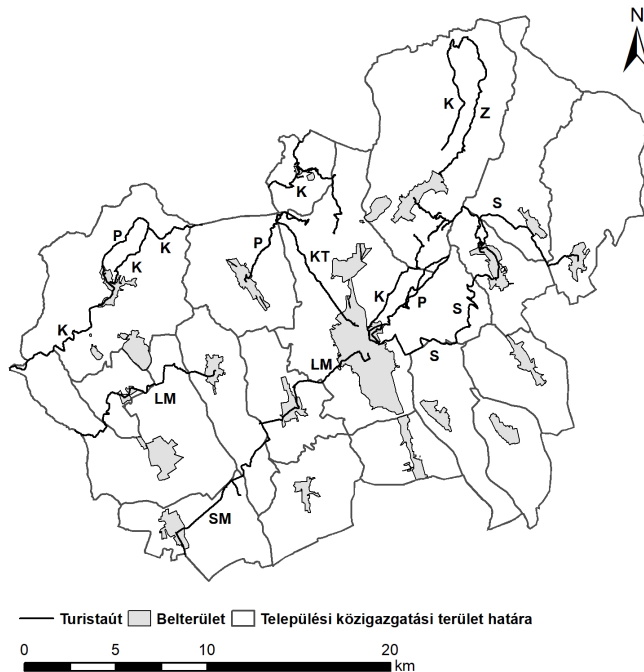
A felszínborítás egyrészt vonzerőként, másrészt az időjárás hatásait befolyásoló tényezőként vehető figyelembe. Csapadékos időszakban egy sűrű erdőborítás mérsékelheti az eső hatását, de vonzerő lehet egy hegyi rét vagy egy szőlőterület is az út során. A turistautakat övező területek felszínborítási/területhasználati típusainak meghatározásához a 2018. évi CORINE felszínborítási adatbázist alkalmaztuk (INTERNET 3).

A felmérésekhez egyedi tájértékfelvételi-lapot, valamint különböző típusú Garmin GPS-eket használtunk. Az egyes objektumok pont geometriával kerültek rögzítésre, minden alkalommal tároltuk a készülékekben a bejárt útvonalakat.

A terepi felvételezést követte a számítógépes adatfeldolgozás. A terepi pontokat és az útvonalakat ArcGIS szoftverben jelenítettük meg. Az adatbázis alaptérképét az OpentStreetMap-ből (INTERNET 4) importált települési közigazgatási területek és egyéb vektoros rétegek felhasználásával készítettük el, valamint alkalmaztuk a Lechner Tudásközpont úthálózati adatait. A terepi adatfelvételezések során gyűjtött pontok minden lényeges adata bekerült az attribútumtáblába. Ezek az adatok a következők: felvételező neve, pont kódja, típusa, neve, állapota, valamint a pont mentén haladó turistaút burkolatának minősége (pl. műút, ösvény) és nyomvonal szélessége. A mesterséges kilátók és a természetes kilátópontok attribútumtáblájába rögzítettük a kilátás szögét, irányát és egyes esetekben azt is, hogy mire nyílik kilátás az adott területről. Az utak attribútumai közé felvettük minden bejárt szakasz járhatóságát, a jelzések követhetőségét, az utak felületének anyagát, a nyomvonalszélességet, a felszínborítást, a felépítő kőzeteket és a lejtőmeredekséget. Az utakat csúszósság szerint is jellemeztük.

A terepi felmérések eredményei

A terepbejárások során eddig mintegy 200 kilométernyi turistaút került felvételezésre (2. ábra) kezdetben idő, később távolság alapon. A felmérések során azt tapasztaltuk, hogy a kék és a piros jelzésű utakon a felfestések sűrűn, jól láthatóan



2. ábra A mintaterületen felmért turistaútak. A térképen szereplő betűjelek jelentése:
K=kék, P=piros, S=sárga, Z=zöld, L=lila, M=Mária út, T=Török út

jelennek meg, míg a zöld és a sárga jelzésű utakon sokszor nehéz észrevenni a lekopott vagy takarásban lévő felfestéseket. A legrosszabban jelzett szakaszok a mintaterület déli részén futó lila és sárga Mária úton vannak. A zarándokutak jelzései a terület nagy részén már lekoptak, vagy nem megfelelő helyre festették fel őket (pl. egy kiálló vékony faágra). Fontos megemlíteni az elmúlt időszakban a Magyar Természetjáró Szövetség által kihelyezett útjelző táblákat. Úgy tapasztaltuk, hogy ezeken a táblákon – főként az Országos Kéktúra mentén – több hiba is felfedezhető. Erre jó példa a Sirok környékén futó útszakasz, melynél a táblák egy része rossz beérkezési időt mutat. A régebbi táblák nagy része javításra, néhány esetben cserére szorul. Több tábláról lekopott a festék, letörték a nyilak, megrongálódtak vagy kidőlték a tartóoszlopok.

Szintén nem elhanyagolható, hogy sok útszakasz mentén található illegális hulladéklerakó, de meg kell említeni a nagyon szemetes szakaszokat is. Utóbbi okának az egyes turistaútak magasabb látogatottságát valószínűsítjük, míg az illegális hulladéklerakókra a szemetet inkább a közelben élők hordják ki. Ezek felszámolása elengedhetetlen ahhoz, hogy ne csökkenjen a túrázás élménye. A kiépített pihenőhelyek állapota a legtöbb esetben megfelelő, azonban több helyen alapos felújításra szorulnak. Van, ahol a padoknak csak egyes részeit találhatjuk meg, máshol a tűzrakóhelyek teljesen tönkrementek. A terület bővelkedik természeti tájértékekben. Elég csak a természetes kilátópontokara gondolni, amelyekből több tucat van a területen. Ezen felül meg kell említeni a földtani alapszelvényeket,

feltárásokat, melyeknek nagy része a Bükk mészkő és dolomit alapkőzetein létesült, de előfordulnak vulkáni (pl. riolittufa Noszvajnál), valamint palás kőzetek is. Nem lehet elhanyagolni a kiépítetlen források felvételezését sem. Ezek felmérésére viszont kevés az esély, mivel a hegység ideiglenes forrásai a nyári száraz időszakokban teljesen elapadhatnak. Meg kell említeni továbbá a jellegfákat és a tavakat, melyek helyét szintén rögzítettük a GPS készülékekkel.

Említésre érdemesek a kulturális tájértékek, amik szintén felvételezésre kerültek. Ezek között több olyan van, amely a turisták által kedvelt célpontnak számít (pl. az egri és a siroki vár, a minaret Egerben), továbbá komoly turisztikai potenciállal rendelkező, de mégsem kiaknázott lehetőségek (pl. a szarvaskői vár). Emellett olyan épülettromok is előfordulnak, amelyek elhelyezkedésük és nehéz észrevehetőségük miatt nem rendelkeznek komolyabb turisztikai potenciállal (pl. a pálos kolostor romjai Eger és Szarvaskő között).

A tervezett applikáció menürendszere

Az alkalmazást megnyitva 5 lehetőség közül választhatunk. A természetjáró tényezők fülre kattintva 6 réteget ajánl fel az applikáció. Az első a felszínborítás, ahol egy szakasz kezdő- és végpontjára kattintva kiadja az azon található felszínborítási típusokat százalékos formában. A kőzetekre kattintva azokat csúszósság szerint osztályozva kapjuk meg. A háromfokozatú skála elemei: nem csúszós, csúszós, nagyon csúszós. Az útszakasz meredekségénél a DOMBAY – MAGYARI-SÁSKA (2006) által felállított hatfokozatú skálát vesszük alapul: 0–3% (nagyon könnyű), 3,1–5% (könnyű), 5,1–10% (közepes), 10,1–15% (nehéz), 15,1–20% (nagyon nehéz), 20% felett (extrém nehéz).

A turistajelzések követhetőségét szintén egy háromfokozatú skálán adjuk meg: jól követhető, közepes mértékben követhető, nehezen követhető. A turistaút-járhatóság fül magában foglalja a csúszósságot, a lejtőmeredekséget és a nyomvonal szélességet. Ez a fül akkor hasznos, ha együtt szeretnénk megjeleníteni a jellemzőket és nem külön-külön az egyes tényezőkre lebontva. A nyomvonal szélességet egy négyfokozatú skálán jellemezzük, melyben megjelennek az egy nyomvonalú ösvény/földút (amelyen csak gyalogosan vagy kerékpárral lehet közlekedni), a két nyomvonalú földút (autó is elfér rajta), a három nyomvonalú földút (szélesebb erdei út), valamint a négy nyomvonalú út (műutak) kategóriák.

A látványosságokra kattintva az első választási lehetőség a természeti tájértékek. A térképen kikereshetjük az egyes látványosságokat. Rájuk kattintva megjelenik az adott tájérték neve, leírása és fényképe. A kulturális tájértékekre kattintva ugyanez a folyamat vár ránk. A kilátópontokra kattintva, miután kiválasztjuk a térképen az adott pontot, megkapjuk a kilátás szögét és irányát egy kördiagramon, illetve egy fényképet a tájképről. Az infrastruktúra fülre kattintva tájékozódhatunk, hol található pihenőhelyek, útjelző és információs táblák, magaslesek stb., továbbá megnézhetjük, hogy ezek milyen állapotban vannak. A mentett útvonalak fülön

megkapjuk a korábban kiválasztott és elmentett útvonalainkat, valamint az utolsó fül egy használati útmutató, melynek segítségével mindenki megismerheti az applikáció működését.

Köszönetnyilvánítás

Lavaj Marcell és Cs. Nagy Ádám kutatása az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-19-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával valósult meg. A tanulmány elkészítését az Emberi Erőforrások Minisztériuma és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő támogatta (pályázati azonosító: NTP-HHTDK-19-0005).

Irodalomjegyzék

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.

FÖMI: DTA10V3 Objektum-attribútum katalógus és adatfeltöltési utasítás (Verzió: 20100701)

DOMBAY I. – MAGYARI SÁSKA Zs. (2006): Hegyvidéki turistautak elemzése GIS rendszerek segítségével. In: MADARÁSZ B. – KOVÁCS A. (szerk.): III. Magyar Földrajzi Konferencia tudományos közleményei. MTA FKI, Budapest. <http://geography.hu/mfk2006/pdf/Dombay%20Istv%E1n.pdf> (Letöltve: 2020. május)

LAVAJ M. – NAGY Á. – TÓTH L. (2019): Az Egri borvidék természetjáró adottságainak felmérése turisztikai döntéstámogató rendszer megalapozásához. OTDK-dolgozat, kézirat, Eger, 35 p.

UTASI Z. – LAVAJ M. – NAGY Á. – TÓTH L. – MOLJÁK S. – SÜTŐ L. (2019): Turistautak geoinformatikai feldolgozása az Egri Borrégió területén. In: MOLNÁR V.É. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X. Debrecen Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 333–340.

Internetes források

INTERNET 1 – <https://turistautak.hu/> (2020. május)

INTERNET 2 – <https://www.termesztजारo.hu/hu/mobile.html> (2020. május)

INTERNET 3 – <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> (2020. június)

INTERNET 4 – https://download.geofabrik.de/europe/hungary.html?fbclid=IwAR3KXra7AiydGlnyUAcm2ai0N0WCCGWP_EpuyL_LLSOBrQpa1VqCgwMP5CY (2020. június)

Fedélzeti kameraképek automatikus kiértékelése önvezető járművek számára készülő térképhez

Lógó János Máté¹ – Barsi Árpád²

¹ doktorandusz, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., logo.janosmate@epito.bme.hu

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

Abstract: Increasing automation in-vehicle control requires more detailed and accurate spatial maps, which already includes many elements that are not part of current maps. The opportunities offered by the Mapillary system combine crowdsourcing and community work with the potential of artificial intelligence. Built-in algorithms allow getting important information for road traffic, such as signs and pavement signals, which can be extracted. Traffic signs, pedestrian crossings, etc., like other map elements, have location data, which after detecting by the moving vehicle, can be used to check, strengthen, or even determine its own position. The article presents the testing processes and results.

Bevezetés

A közúti közlekedés napjaink nem titkolt vágya az, hogy a technológiai fejlődésnek köszönhetően egyre nagyobb automatizáltságra tegyen szert. Ennek köszönhetően számos pozitívum valósul meg, többek között nagyobb biztonság az utakon, hatékonyabb energiafelhasználás, csökkenő utazási idő, kevesebb jármű, kisebb környezeti terhelés és nagyobb felszabaduló tér. A felsorolást még hosszan lehetne folytatni természetesen.

Az egyre növekvő automatizálás a járművek irányításában részletesebb és pontosabb térbeli térképeket követel meg, amik már számos olyan elemet is tartalmaznak, amelyek nem képezik a mostani térképek részét. Az ilyen elemeket, mint a közlekedési táblák oszlopait, vagy a gyalogátkelőhelyek felfestését a mozgó jármű mérése után a saját pozíciójának ellenőrzésére, megerősítésére vagy akár meghatározására is felhasználhat, mivel azok a többi térképi elemhez hasonlóan helyadattal rendelkeznek.

A növekvő részletességű térképi adatbázis kialakításához a kutatók és fejlesztők minden elérhető technológiai megoldást felhasználnak; ezek között meglehetősen divatos a mesterséges intelligencia alkalmazása. A közösségi adatnyerés (*crowd sourcing*) szintén olyan lehetőségeket biztosít, amelyek jelentős mértékben képesek növelni a térkép minőségét. Ezt a két eszközt építette be térképező rendszerébe a Mapillary cég ('ABOUT | MAPILLARY' 2019), amelynek rendszerét alapos tesztelésnek vetettük alá. E munka során megismertük az amúgy nem dokumentált eljárásokat viselkedésük közben, továbbá általunk ismert területen vizsgálni tudtuk a megoldás alkalmazhatóságát. Nem utolsósorban izgalmas projektfeladatot tudtunk szervezni a

BME térinformatikus hallgatóinak. A rendszer tesztelése folyamán időnként meglepő megoldásokat, eredményeket kaptunk, de összességében arra tudunk következtetni, hogy a bemutatott rendszerhez hasonló megoldások várhatóan fel tudják lendíteni a térképezés sikerességét.

Mapillary

A Mapillary egy térképi adatbázis, mely az egyes felhasználók által feltöltött adatok alapján bővül. A rendszer 2013-ban jött létre azzal a céllal, hogy mindenki számára elérhető legyen egy képekkel kibővített térképi adatbázis. Az évek alatt több mint 190 országból csatlakoztak felhasználók az adatgyűjtéshez. A Mapillary és hozzá hasonló térképi adatbázisok elsődleges célja egy olyan mindenki számára elérhető térképi állomány létrehozása, mely alkalmas lehet arra, hogy az önvezető autók térképi adatbázisaként funkcionáljon. Ez az adatbázis olyan mesterséges intelligenciával van bővítve, ami a feltöltött képeket szegmentálja és ezeken képes felismerni, valamint megjelölni a rajta található közlekedési táblákat és más fontos objektumokat. A cég ezen felül számos kutatást is végez a Structure-from-Motion (SfM), és az objektumfelismerés irányában. A térképes felület alapja az OpenStreetMap. Erre kerül rá minden, amit az egyes felhasználók töltenek fel. A feltöltések lehetnek videók vagy képek, amelyek a térképen zöld pontokként jelennek meg. Egy felhasználó által készített képsorozat képei (ill. videó képkockái) ugyancsak zöld vonallal kerülnek összekötésre. Az objektumdetektálás mellett egyszerre szemantikus szegmentálást is végez az algoritmus, majd az alapján meghatározza, hogy a felvétel mely része tartozik az úthoz és melyik a tereptárgy vagy más objektum. Eszközeit tekintve egyszerű a használata; elég hozzá csupán egy helymeghatározásra képes okostelefon. Videó feltöltése is lehetséges, de ebben az esetben már saját magunknak kell előállítani a geotaggelést. Az adatokat vagy a saját applikációján keresztül vagy akár parancssorosán is fel lehet tölteni. Fontos szempont, hogy a feltöltött képeket minden esetben felülvizsgálják, ellenőrzik, hogy a felhasználói feltételeknek megfelel-e. A validálást követően egy objektumfelismerő algoritmus közlekedési táblákat keres a képeken, ám ehhez a folyamathoz több időre van szüksége a rendszernek, mint a feltöltés előtti ellenőrzéshez. Amennyiben az objektumfelismerés kevésbé volt sikeres, úgy manuális módon is lehet javítani az objektumok felismerésén. Ehhez ki kell választani, hogy a kívánt objektum micsoda, és egy lehatároló téglalap segítségével be lehet jelölni azt. A már meglévő adatokat és térképet le lehet tölteni, akár szervezeti szinten is, de egyéni regisztráltak is használhatják.

Tesztelési módszer

A járműfedélzeten elhelyezett kamerák képeinek feldolgozásában az automatikus számítógépes módszerek tesznek jó szolgálatot. Emiatt az automatikus feldolgozás minőségétől nagyon függ a térkép minősége. Vizsgálatunk ezért erősen a képek feldolgozására koncentrált.

A Mapillary a feldolgozást a mesterséges intelligencia bevonására alapozza. A módszer lényege, hogy a képet először szegmentálják, majd a szegmensekből azok felhasználását megállapítják, végül a közlekedési táblákat szofisztikált eljárással felismerik. A tesztelési módszertan ezért a technológia elemein halad végig következetesen.

Az első teszt a képek elkészítése, majd feltöltése a rendszerbe. A leírások szerint a feldolgozáshoz álló- és mozgóképeket lehet feltölteni, így mindkét esetet vizsgálni kell. A feltöltés során a képméret, a képek száma, elrendezése, a felvételezés körülményei (időjárás, fényviszonyok stb.) mind vizsgálandók. A képformátumra a rendszernek kikötése van, tehát ezt nem szükséges tesztelni.

A következő tesztelési csoport a szegmentálást és az ettől nem szétválasztható felismerést célozza meg. Mivel a legfontosabb térképi objektumnak a közlekedési táblákat tekintjük, ezért ez volt a vizsgálat magja. A táblák esetén a szegmentálás során ellenőriztük, hogy valóban meg tudja-e különböztetni az eljárás a kép többi részétől, továbbá a felismerés helyesen azonosítja-e a tábla tartalmát. Mivel a felismert táblák bekerülnek az adatbázisba, ezért az adatbázis tanulmányozásán keresztül a felismerés vizsgálható. A táblák mellett a táblaoszlopok szintén lényegesnek ítélt elemek, mivel a későbbiekben azt várjuk, hogy a koordinátával adott táblák henger alakú tartóoszlopai megfelelő beazonosítás után a műholdas helymeghatározástól függetlenül lokalizációs célokra alkalmazható lesz. Ekkor az oszlopok helyjelölő (*localization landmark*) szerepet töltenek be, azaz az önvezetés felé felértékelődnek a helyinformációi. Hasonlóképp fontos a burkolati jelek azonosítása és értelmezése, mivel a korábbi tanulmányaink során arra az eredményre jutottunk, hogy a tökéletes térképi adatbázis minden közlekedési szabály betartásával csak úgy hozható létre, ha a burkolati jelek és táblák együttesen szerepelnek a térképezésben. Eszerint a megfontolás szerint ezért a burkolati jelek felismerését is tesztelni szükséges.

A tesztelés elvégzéséhez a munkahelyünk, a BME kampuszának környezetét választottuk tanulmányterületnek, ahol felvételeket készítettünk és a rendszerbe töltöttük fel, majd a saját és a korábbi feltöltések alapján nyert adatbázis tartalmat értékeltük. Mivel a budapesti terület erősen feltöltött volt, ezért az így bevitt képek alapján kiegészítő információk jelennek meg a térképen, amivel szemben korábban még nem térképezett terület szolgálhat remek kísérleti helyszínül. Ezt az elképzelést hallgatóink bevonásával a fővároson kívüli teszterületeken (Csepel, Monor és Nyíregyháza) validáltuk.

Eredmények

A tesztek első végrehajtása a képi adatok gyűjtése volt. A BME területéhez közeli teszterületen sétá közben kézből mobiltelefonos felvételeket rögzítettünk, majd azokat töltöttük fel a rendszerbe. A fővároson kívüli mintaterületeken autós fedélzeti kamerával gyűjtöttünk adatot, mégpedig úgy, hogy a Mapillary cég által biztosított ingyenes telefonrögzítővel erősítettük a mobiltelefonokat az autó szélvédője mögé

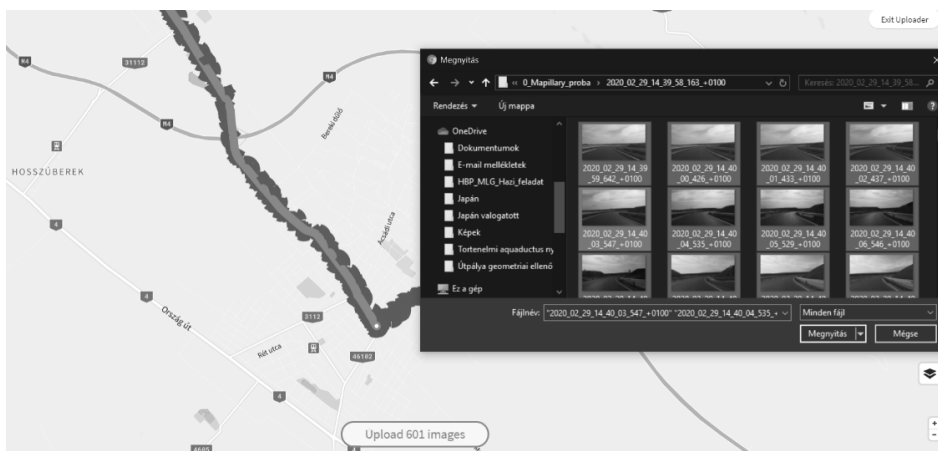
és jártuk be a korábban kikeresett új terület útjait. A cég által rendelkezésre bocsátott applikáció állóképek sorozatát készítette el. Ekkor a képekhez a helymeghatározó rendszer adatai kiegészítésként hozzárendelődnek („geotag-gelés”), ami a későbbi feldolgozást egyszerűsítette le (1. ábra).

Videó rögzítésével is megpróbáltunk a rendszerbe adatot felvinni. Ehhez azonban a Mapillary által elérhetővé tett számítógépes alkalmazásra (Desktop Uploader vagy Mapillary Tools) volt szükség, ami a videó adatfolyamból különálló képkockákat vágott ki. A videós rögzítés azonban nem tartalmazott hely adatokat, így a feltöltés sokkal komplikáltabb lett: vagy kézzel kell megadni a képek helyét, vagy egy függetlenül egyidejűleg futtatott adatrögzítéssel (esetünkben AndroSensor) lehetséges a helyadatok archiválása is, majd megfelelő módon ezen információk is feltölthetők.

A képek szegmentálása összetartozó elemekből álló mezőkre bontja a felvételeket, majd az egyes mezőket felelteti meg az egyes objektumoknak. A szegmentálás önmagában nem vizsgálható, mivel a feltöltött képre azonnal lefut a felismerési eljárás is és a mezőkhöz az azonosítás eredményét is hozzáírja (2. ábra). A szegmentálás olyan kategóriákat vezet be, mint épület, autó, kerítés, akna, személy, oszlop, járda, úttest stb.

A szegmentálással felbontott régiók immár alkalmasak arra, hogy a mesterséges intelligencia bevonásával elvégezhesse a rendszer az objektumfelismerést, esetünkben a táblák beazonosítását. Ezt utána úgy jelzi ki, hogy a képre a tábla KRESZ-ikonját rajzolja a régió mellé, így egyszerűen ellenőrizhetővé válik. A 3. ábrán látható, hogy a BME kampusza mellett milyen számban találta meg az algoritmus a táblákat, melyek a helyesen és a hibásan felismertek, továbbá hol vannak azok a helyek, amelyeket tévesen táblának vél, illetve hol maradnak el felismerések.

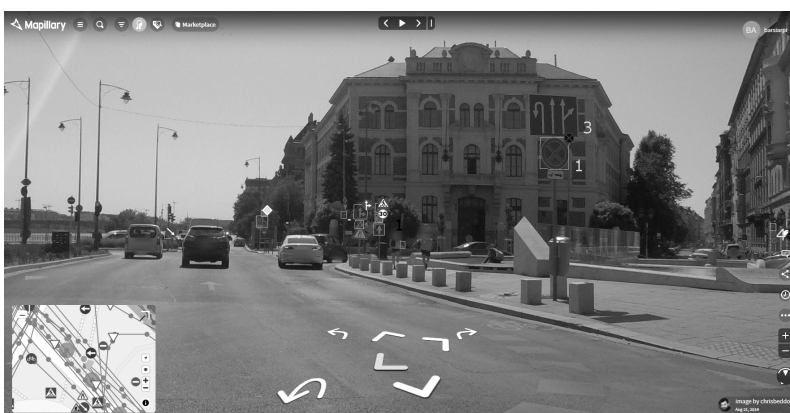
Miután a mintaterület összes felvétele kiértékelésre került, a regisztrált objektumok bekerülnek a Mapillary adatbázisába. Ebből az adatbázisból lehet aztán lekérdezéseket végezni (4. ábra).



1. ábra Saját kamerával gyűjtött képek feltöltése



2. ábra A szegmentáláskor megkülönböztetett képrégiók és a hozzájuk rendelhető objektumkategóriák



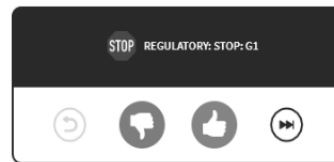
3. ábra Objektumfelismerés után jelzett táblák. Jelmagyarázat: helyes felismerés (1), téves felismerés (2), nem felismert (3), táblának ismert fel hibásan (4)



4. ábra Térképi adatbázis a felismert tábla-objektumokkal

Az adatbázis tartalma azonban nem tekinthető javíthatatlannak, mivel a rendszer fejlesztői kiváló manuális, kifejezetten közösségi alapú validálást építettek be. ('VERIFIER TOOL – MAPILLARY', 2019) Az ellenőrzésnél tetszőleges számban csatlakozhatnak a felhasználók a projektekben kiértékelt felvételek tesztelésére és tehetnek jeleket az elfogadás vagy az elvetés mellett.

A vázolt munkamenet végeredményében ezért egy ellenőrzött, teljesen képeken és azok mesterséges intelligencia felhasználásával végrehajtott kiértékelésen és a közösségi ellenőrzésen alapuló adatbázist állít elő a Mapillary. Ezt az adatbázist a későbbiekben térinformatikai formátumban, például shape-ekként lehet letölteni és alkalmazni.



5. ábra Verifikációs eszköz és egy téves felismerés

Összefoglalás

A Mapillary rendszer által kínált lehetőségek megismerésével olyan térképi adatbázist létrehozni kívánó technológiával ismerkedtünk meg, amely ötvözi a közösségi adatnyerés, a mesterséges intelligencia, majd ismételten a közösségi munkavégzés (mint ellenőrzés) előnyös vonásait. A rendszer számára kézből és autó szélvédőjére erősített mobiltelefonnal képeket rögzítettünk, majd ezeknek a felvételeknek a feltöltésével és a beépített algoritmusok kiértékelésével a közúti közlekedés számára fontos jelzőtábla és burkolati információkat lehetett kinyerni. A nagyszámú felhasználó által feltöltött képek gyors és nagy pontosságú kiértékelését a mesterséges intelligencia bevonásával meg lehet valósítani. Igaz, ennek a technológiának a tévedései is bekerülnek az adatbázisba, de a manuális validáció folyamán lehetőséget kapunk arra, hogy a tévesen felismert közlekedési tábla minősítését jelezzük. A – feltételezhetően több – felhasználói jelzés után a tábla módosítása gyorsan megtörténhet.

A szegmentálás lépésében homogén régiókra bontott fedélzeti képek egyelőre a táblákra és néhány további objektumra, mint burkolatszél, felfestés koncentrálnak, de a felismerésért „felelős” mesterséges intelligencia cseréjével, további tanításával megvan a technológiai lehetőség arra, hogy újabb térképezendő elemek rendkívül nagy határfokú azonosítása és térképi adatbázisba töltése történhet meg.

A szerzők további szubjektív véleménye szerint a módszertan alkalmazható akár közvetlenül a jármű fedélzetén is, azaz a képek elkészítése, majd azok továbbítása a felhőben futó algoritmus felé és a kapott eredmény térképi adatbázisba

töltése elképzelhető nagyon kicsi késleltetéssel. A több felhasználó által így elvégzett terepi adatgyűjtés eredményeként a felismerések ellenőrizhetők, esetlegesen a téves azonosítások kiszűrhetők és eltávolíthatók, vagy akár a térképi adatbázis folyamatos karbantartása is megoldható.

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-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001 program.

A következő MSc-s hallgatóinknak szeretnénk köszönetet mondani, akik ITS GIS kurzusunkon a Mapillary rendszert további tesztelésnek vetették alá: Duka Szilárd, Horváth Viktor Győző, Hrutka Bence Péter, Nagy Nándor Antal, Papp Viktor.

Felhasznált irodalom

[Internet] ABOUT | MAPILLARY (2019)

[Internet] MAPILLARY – TERMS OF USE. (2019)

[Internet] VERIFIER TOOL – MAPILLARY (2019)

LI, J. – RAVENTOS, A. – BHARGAVA, A.– TAGAWA, T. – GAIDON, A. (2019): Learning to Fuse Things and Stuff. arxiv.org.

Az európai autóipar térszerkezetének vizsgálata geoinformatikai módszerekkel

Mészáros Márk

PhD hallgató, DE, TTK, Földtudományi Intézet, Társadalomföldrajzi és Területfejlesztési Tanszék,
mesmark94@gmail.com

Absztrakt: Az európai autóipar egy hatalmas, nemzetközi, vertikálisan szerveződő iparág. A nemzetállamok mellett, az Európai Unió gazdaságának is jelentős ágazata. A termelőkapacitás mellett, a hatalmas európai piac erejéből is származik a globális pozíciója. Térszerkezete folyamatosan változik és új területeken jelenik meg, ezek közé tartoznak Európa periféria területei. A vizsgálat a 2008-as és 2017-es, tehát a gazdasági világválság és az azt követő időszak elemzésén alapszik. A felhasznált mutatók (foglalkoztatottak száma, éves jövedelem) esetében súlypont eltolódás tapasztalható a keleti periféria irányába. A vizsgálat célja a változások bemutatása az adatok elemzésével és ábrázolásával.

Európa az autóiparban, az autóipar Európában

Az autóipar egy nagy, versenyképes, de leginkább nemzetközivé vált iparág. Integrált termelési rendszer jellemzi, amely magasan specializálódott és vertikálisan szervezett transznacionális vállalatokból áll (KUREKOVÁ 2018).

Európa a világ egyik legnagyobb jármű előállítója, ez éves szinten megközelítőleg 17 millió személyautó, kamion és busz gyártását jelenti, ami a világ járműgyártásának körülbelül 24%-át teszi ki (INTERNET1).

Az autóipar egy gyorsan növekvő iparág, amely egyben jelentős munkáltató, hiszen több millió alkalmazottal rendelkezik Európa szerte. Továbbá az Európai Unió gazdaságának egyik fontos ágazata, ami az EU GDP közel 4%-át jelenti. Az EU erőteljes pozíciója a globális autóiparban, annak piaci erejéből is származik. Az EU és az Európai Szabadkereskedelmi Térség országai együttesen rendelkeznek a világ legnagyobb személygépjármű állományával. Tehát az EU és annak gazdasági térsége hatalmas piacot jelent. Mindezek ellenére az iparág a közelmúltban strukturális változáson és területi átrendeződésen ment keresztül (FREDRIKSSON ET AL. 2018; VOSTA – KOCOUREK 2016).

Az Európai Gazdasági Unió és annak utódja, az Európai Unió létrehozásáig az európai autóipar a nemzeti iparágak gyűjteményét képviselte. A gyártók hajlamosak voltak csoportosulni abban az országban, ahol a vállalat székhelye volt. Míg a fogyasztók szinte minden európai gyártó termékei közül választhattak. Az 1970-es években a gazdasági integráció lendületet kapott és számos új járműgyártóüzemet vonzott különösen Spanyolország és Portugália. Ennek oka az ezekben az országokban tapasztalt politikai liberalizálódás, a megnövekedett vásárlóerőből következő bővülő piac, valamint az alacsonyabb bérszint.

A második nagy átrendeződés a 80-as évek végén történt, amikor a vasfüggöny lehullott. Ezt követően a járműgyártás jelentős mértékben kelet felé bővült. A Kelet-Közép-Európa irányába való elmozdulást motiválta az újonnan megnyílt helyi piacokra való bejutás és a Nyugat-Európainál lényegesen alacsonyabb munkabérekre való támaszkodás (KLIER – McMILLEN 2013).

Az Európai Unión belül sajátos munkamegosztás alakult ki a centrum és periféria területek között. A folyamatot erősítette az EU-n belüli szabadpiac és a kifelé történő piacvédelmi szabályok általi védelem. Kelet-Európa és Dél-Európa funkciója eltér az autóiipari munkamegosztásban. Előbbi esetében az olcsó bér munka és az infrastruktúra, addig utóbbiban jelentősebb szerepet játszott a megnövekedett vásárlóerő is (GERŐCS 2015). Kelet-Közép-Európa megnyitása felvetett egyes európai országok szerepével kapcsolatos kérdéseket a perifériai területeken. Vajon a szabványos alkatrészek gyártásának és a járművek összeszerelésének kelet felé történő áthelyeződése miatt válhatnak-e az ibériai országok kelet fő áldozatává (LUNG 2003)? Az európai autóiipar magterületein a legnagyobb visszaesést a 2008–2009-es gazdasági válság okozta. Emiatt a gyártók (főként német) az alkatrészek gyártásának nagyobb részét Kelet-Európába helyezték át annak érdekében, hogy kihasználják az alacsonyabb munkaerőköltségeket (PAVLÍNEK 2020).

Kérdésselvetés, anyag és módszer

A kutatásom célja feltárni az elmúlt tíz év változásait és szerkezeti jellemzőit az európai autóiiparban. A kutatás során az esetleges változásokat a foglalkoztatottak számára és a jövedelemre vonatkozó mutatók elemzésével és ábrázolásával ismertetem.

A kutatás főbb kérdései:

- Milyen Európa autóiipari térszerkezete a vizsgált mutatók szempontjából?
- Milyen térbeli átrendeződések történtek a perifériákon a vizsgált mutatók esetében?

A fenti kérdésekre a 2008-ra és 2017-re, tehát a vizsgált időszak kezdő és záró évére vonatkozó adatok feldolgozásával, elemzésével és ábrázolásával igyekszem választ adni.

Anyag és módszer

A kutatáshoz felhasznált adatok az Eurostat adatai alapján készült saját összeállítású adatbázisból származnak. Az adatok NUTS2-es területei egységekre, valamint a 2008-tól 2017-ig terjedő időszakra vonatkoznak. Az ettől kisebb területi egységekre vonatkozó adatok pontosabb vizsgálatot tennének lehetővé, azonban azok igencsak korlátozottan, vagy egyáltalán nem állnak rendelkezésre. A jelenlegi kutatásban a jövedelemre és a foglalkoztatottak számára vonatkozó adatokat használtam fel. Az adatbázis összeállítása során számos esetben adathiányt

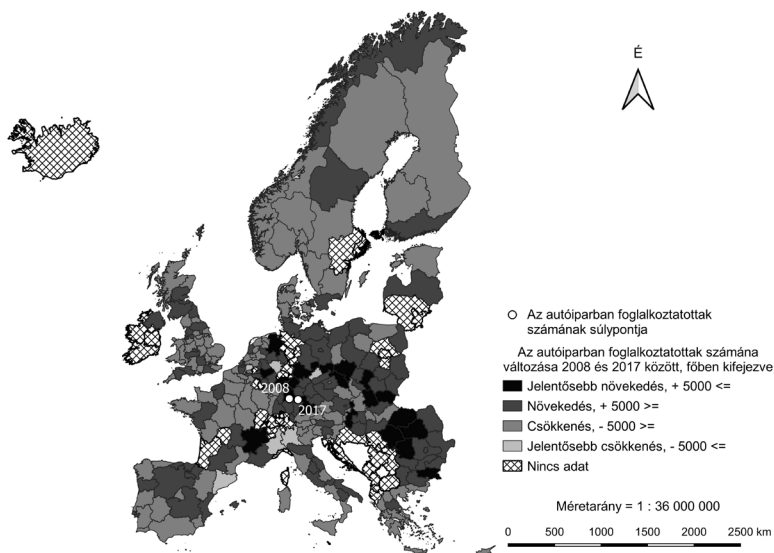
tapasztaltam az egyes évekre vonatkozóan a különböző mutatók esetében. A hiányzó évre vonatkozó adatokat az azt követő, vagy megelőző év adatával pótoltam, ha rendelkezésre állt. Az adathiány és adatpótlás miatt fontos megemlíteni, hogy a kapott eredmények torzulhattak.

A kutatás módszertanát részben a kiválasztott mutatókkal elvégzett számítások (pl. 1 főre jutó adat, különbségek adat, arány számítás), részben pedig súlypontoszámítás jelentette. A súlypontoszámítás a területi elemzések egyik klasszikus módszere, alkalmazásával választ kaphatunk a vizsgált mutatók területi változásairól, eloszlásáról, differenciáltságról és koncentrálódásról. A súlypontmodell egyik előnye, hogy megfeleltethető bármilyen területi egységre, valamint számos mutatóval elvégezhető (pl. gazdasági, társadalmi mutatók, balesetek száma stb.) (NEMES-NAGY 2005).

Eredmények ismertetése

Ebben a részben az európai autógyártásban foglalkoztatottak száma és jövedelme esetében a regionális adatok alapján tapasztalható változásokat ismertetem.

A két vizsgált időpont között, a foglalkoztatottak számának változása esetében számos franciaországi és angliai régióban csökkenés figyelhető meg. Ez szintén megfigyelhető a dél-európai és észak-európai országok régióiban is. Megállapítom, hogy az imént említett országokban több az olyan régió, amelyben csökkent az iparágban foglalkoztatottak száma, mint amennyiben növekedett. Ezzel ellenkező változás figyelhető meg Németországban és az attól keletebbre fekvő országokban, ezekben több az olyan régió, amelyben növekedett az autógyártásban foglalkoztatottak száma, mint amennyiben csökkent (1. ábra).

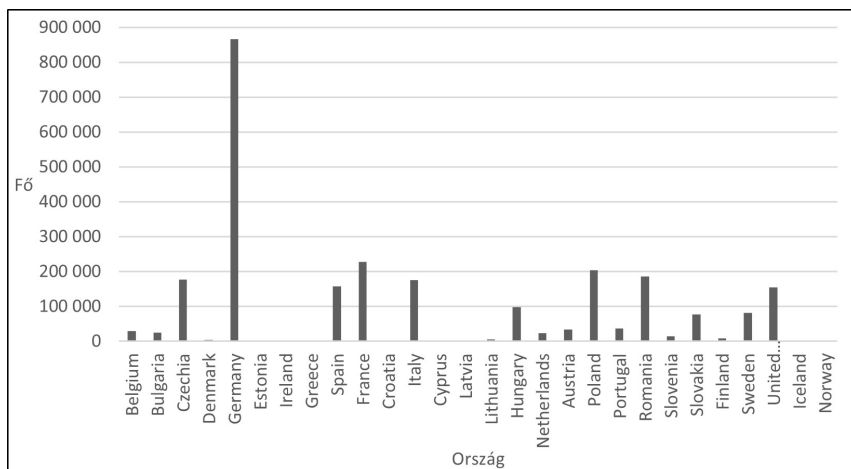


1. ábra Az autógyártásban foglalkoztatottak számának változása 2008 és 2017 között, főben kifejezve, forrás: Eurostat

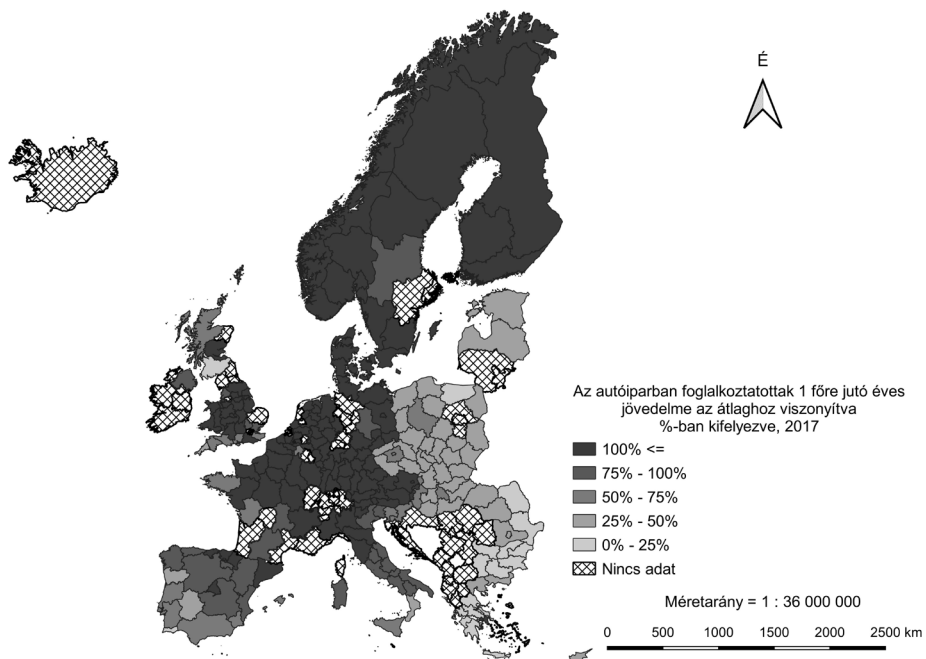
A foglalkoztatottak számának térbeli súlypontjai a vizsgált időpontokban Németország délnyugati részén helyezkednek el (1. ábra). Ennek az a magyarázata, hogy Európában az iparágban foglalkoztatottak száma Németország nyugati és déli határa mentén koncentrálódik, illetve Németország rendelkezik a legtöbb autóiipari foglalkoztatottal (2. ábra). A mutató súlypontja 2017-ben körülbelül 85 kilométerrel keletebbre helyezkedik el, mint 2008-ban. Ezt az magyarázza, hogy a keleti országok legtöbb régiójában nagyobb arányban növekedett a foglalkoztatottak száma, mint Európa más térségeiben, ahol még visszaesés is tapasztalható (pl. Franciaország, Anglia, Spanyolország, Olaszország egyes régiói).

A foglalkoztatottak számának a keleti periféria felé történő elmozdulásában nagy szerepet játszottak a jövedelmi viszonyok. A 3. ábra alapján megfigyelhető, hogy az autóiiparban foglalkoztatottak, átlaghoz viszonyított 1 főre jutó éves jövedelem maximuma az észak- és nyugat-európai országokban található. Ezekben a térségekben átlag feletti, vagy ahhoz nagyon közeli jövedelem jellemző. Ezzel szemben a keleti periférián, a volt szocialista országokban jellemzően az átlag 50–75%-a körül, vagy az alatt vannak az átlaghoz viszonyított jövedelmek, ami az európai periféria területek között is a legalacsonyabbnak mondható (3. ábra).

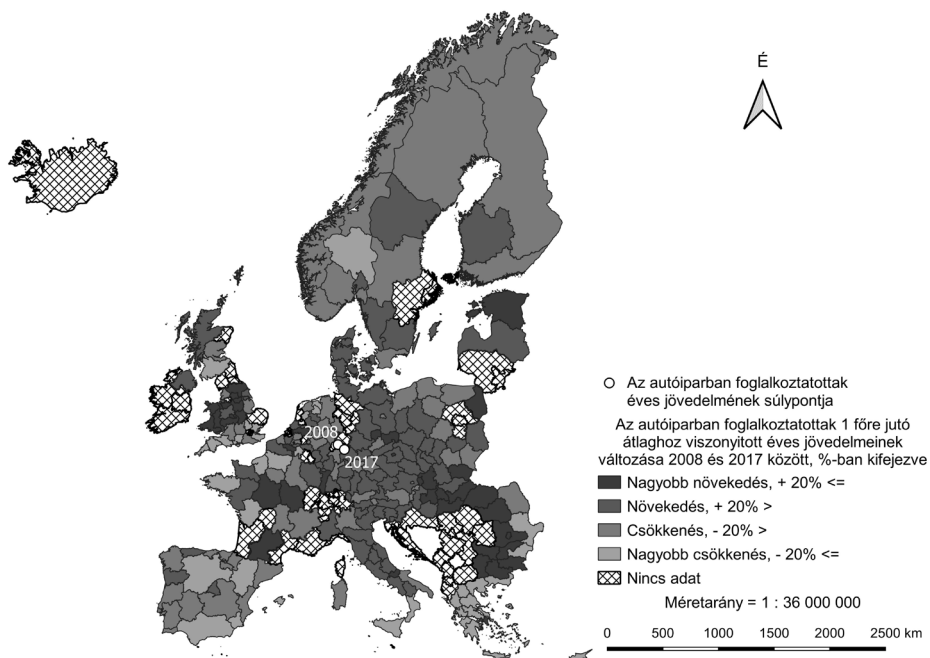
A jövedelmi viszonyokat jól mutatja az autóiiparban foglalkoztatottak éves jövedelmének súlypontváltozása. A súlypont 2017-ban megközelítőleg 60 kilométerrel délkeleti irányba tolódott el a 2008-as pozícióhoz viszonyítva. A 2008 és 2017 adatai között az autóiiparban foglalkoztatottak 1 főre jutó átlaghoz viszonyított éves jövedelme a magterületek egyes régióiban növekedett, azonban egyes régiókban csökkent. A periféria területek esetében, a volt szocialista országok régióinak többségében növekedés tapasztalható. Azonban még ennek ellenére is jelentősen alacsonyabb az 1 főre jutó átlagjövedelem, mint a nyugatra és egyes délre fekvő országokban. A déli periféria országaiban pedig változatos képet kapunk, az ibériai országban inkább a visszaesés van túlsúlyban, addig Olaszországban kisebb növekedés figyelhető meg (4. ábra).



2. ábra Foglalkoztatottak száma az egyes országokban 2017-ben, forrás: Eurostat



3. ábra Az autópárban foglalkoztatottak 1 főre jutó éves jövedelme az átlaghoz viszonyítva, %-ban kifejezve 2017-ben, forrás: Eurostat



4. ábra Az autópárban foglalkoztatottak 1 főre jutó átlaghoz viszonyított éves jövedelmeinek változása 2008 és 2017 között, %-ban kifejezve, forrás: Eurostat

Összefoglalás

Avizsgálat alapján megállapítom, hogy az európai autóiparban foglalkoztatottak számának magterülete Közép-Európában található. A foglalkoztatottak súlypontjának keleti irányú eltolódásának egyik oka, a volt szocialista országban tapasztalható jelentősebb növekedés, illetve a nyugati országok régióinak kisebb visszaesése. A keleti irányú elmozdulás háttérében álló okok között mindenképpen meg kell említeni a piacok közelségét, a megfelelő infrastrukturális ellátottságot, a rendelkezésre álló munkaerőt, de leginkább az alacsony jövedelemszintet. Az autóiparban foglalkoztatottak átlaghoz viszonyított 1 főre jutó éves jövedelme a keleti periféria országaiiban a legalacsonyabb. A legmagasabb értékek Nyugat-Európában figyelhetők meg, ettől a keletiek szakadékszerűen válnak el, annak ellenére is, hogy tapasztalható növekedés. A két nagyobb periféria terület esetében is tapasztalhatók különbségek. Ide tartozik, hogy a keleti periférián bővülő foglalkoztatottság és ezzel együtt alacsonyabb jövedelemszint figyelhető meg, ez a két dolog szoros összefüggésben van. Addig a déli periféria országaira inkább a stagnáló foglalkoztatottsági szám és a magasabb jövedelemszint jellemző. GERŐCS 2015-ös munkájában említést tesz a keleti alacsony és a déli magasabb jövedelmekről. Ezek alapján funkcionális elkülöníti a két perifériát, szerinte a termeléskihelyezés alapját délen a megnövekedett vásárlóerő, keleten az alacsony bérek jelentik.

PAVLÍNEK 2020-as tanulmányában megemlíti a 2008–2009-es válság okozta hatásokat, amelyek miatt a gyártók az alkatrészek gyártásának egyre nagyobb részét helyezik át Kelet-Európába, az alacsonyabb munkaerőköltségeket kihasználva. 2008 után a keleti periférián a foglalkoztatottak számát illetően néhány régiótól eltekintve növekedés figyelhető meg, azonban a legkeletibb régiókban (Nyugat-Románia és Bulgária) tapasztalható a legjelentősebb növekedés. Ez összefügghet azzal, hogy a periférián belül szintén Romániában és Bulgáriában vannak a legalacsonyabb átlaghoz viszonyított bérek annak ellenére, hogy pont ezeken a területeken növekedett a legnagyobb arányban az autóiparban foglalkoztatottak 1 főre jutó átlaghoz viszonyított éves jövedelme. Mindezek alapján levonható az a következtetés, hogy a keleti perifériaterületek napjainkban az autóiparban végbemenő termeléskihelyezés célterülete.

Felhasznált irodalom

- FREDRIKSSON, G. ET. AL. (2018): Is the European automotive industry ready for the global electric vehicle revolution? Policy Contribution, 26.
- GERŐCS T. (2015): A német járműipar globális terjeszkedésének hatása a kelet-közép-európai felzárkózásra, Külügyi Szemle, 2015. ősz.
- KLIER, T. – McMILLEN, D. (2013): Agglomeration in the European automobile supplier industry, Federal Reserve Bank of Chicago.
- KUREKOVÁ, L.M. (2018): The automotive industry in Central Europe: A success? Slovak Governance Institute and CELSI, Slovakia, and IZA, Germany.

- LUNG, Y. (2003): The Changing Geography of the European Automotive System, *International Journal of Automotive Technology and Management*.
- NEMES-NAGY J. szerk. (2005): *Regionális Elemzési Módszerek (Methods in Regional Analysis)*, MTA-ELTE Kiadó, Budapest.
- PAVLÍNEK, P. (2020): Restructuring and internationalization of the European automotive industry, *Journal of Economic Geography* 20, pp. 509–541.
- VOSTA, M. – KOCOUREK, A. (2016): Competitiveness of the European Automobile Industry in the Global Context, *Politics in Central Europe*, 13(1).
- INTERNET1 – ACEA: The automobile industry pocket guide, 2012, https://www.acea.be/uploads/publications/ACEA_POCKET_GUIDE_2012_UPDATED.pdf

A Tabi járás Natura 2000-es területeinek vizsgálata Sentinel-2 műholdfelvételek osztályozásával

Németh Gergő¹ – Gyenizse Péter² – Lóczy Dénes³

¹ geográfus MSc hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gergotab@gmail.com

² egy. docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gyenizse@gamma.ttk.pte.hu

³ egy. tanár, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, loczyd@gamma.ttk.pte.hu

Absztrakt: Kutatásunk célja, hogy felmérjük a Tabi járás területén és közvetlen környezetében található Natura 2000-es területek élőhelyi sokféleségét, valamint tájökölógiai adottságait (*1. ábra*). A vizsgálathoz Sentinel-2 műholdfelvételeket használtunk, amelyeket Idrisi szoftver segítségével dolgoztunk fel. A kutatási terület nagy részét lombos erdők borítják. Ezekben túlnyomóan a Külső-Somogyra jellemző őshonos társulások és invazív fajok elegyével találkozhatunk. A tájökológia kvantitatív módszereit alkalmazva kiszámítottuk az érintett területek diverzitás és fragmentáció értékeit is, melyekből következtetéseket vontunk le az élőhelyek állapotára vonatkozóan. A táji és környezeti hatások ismeretében javaslatokat fogalmaztunk meg, ezáltal a természetvédelem érdekeit szem előtt tartva kialakítható egy jelenleginél fenntarthatóbb gazdálkodási forma.

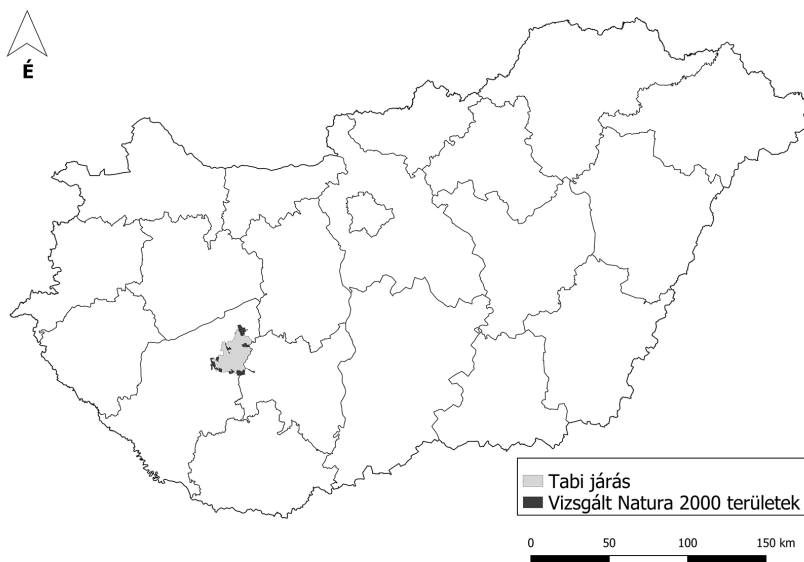
Bevezetés

Napjainkban a tájkutatásban egyre nagyobb szerep jut a térinformatikának, valamint a távérzékelési eljárásoknak. A műholdképek segítségével hatékonyan vizsgálható a felszínborítás, megfelelő optikai felbontással rendelkező felvételek használatával pedig akár a különféle élőhelytípusok is elkülöníthetőek. Ez az eljárás segítséget nyújthat az erdészeti és természetvédelmi tervezés során.

Kutatási területünk a Somogy megyében található Tabi járás, melynek természetföldrajzi jellemzői egységesek, mert a terület közel egésze a Kelet-Külső-Somogy kistájhoz tartozik. A műholdkép osztályozás célja a járás területén lévő, vagy határait érintő Natura 2000-es területek állapotának felmérése. Ennek során az egyes erdőtársulások elhelyezkedését és kiterjedését vizsgáltuk, valamint a diverzitást és a fragmentációt is elemeztük a térinformatika eszközeivel. A kutatás gyakorlati célja, hogy feltárjuk az érintett területeken előforduló természetvédelmi problémák okait és következményeit, valamint megfigyeljük a jelenleg zajló kedvező és kedvezőtlen folyamatokat, ez alapján pedig javaslatokat fogalmazunk meg a jövőre vonatkozóan.

Anyag és módszer

A műholdfelvétel-osztályozás kiindulási alapját NAGY 2011-es szakdolgozatában található élőhelytérkép adta, amely a Ságvári dombok Natura



1. ábra A Tabi járás és a vizsgált Natura 2000 területek elhelyezkedése (szerk. Németh G.)

2000-es terület növénytakaróját ábrázolja (NAGY 2011). A térkép az erdészeti nyilvántartásokban szereplő adatok alapján készült, melyet a szerző terepbejárással pontosított.

A vizsgálathoz két nagy kiterjedésű felvételsomagot töltöttünk le (INTERNET 1). A 10×10 méteres terepi felbontású csatornák közül a 3-ast (zöld), 4-est (vörös) és a 8-ast (közeli infravörös) használtuk fel (INTERNET 2). Ezt a sávkombinációt már évtizedek óta használják a növényzet vizsgálatára (INTERNET 3; INTERNET 4). Ezekből 843 RGB sávkombinációt készítettünk, ahol a növényzet könnyebben elkülöníthető vöröses árnyalatokban jelent meg. A felhasznált két időpont 2018. április 28. és 2018. augusztus 8. Az első időpontban a friss hajtások, levelek segíthetik az osztályozást, de az irtások területén sincs még annyi lágyszárú növény. A második időpont teljesen kifejlődött lombosított erdőket és learatott szántóföldeket mutat.

Ezekből kivágtuk az érintett Natura 2000-es területeket, melyek közül öt inkább erdőterület és egy inkább rét.

A Ságvári dombok és a Koppány menti rétek területén tanulóterületeket jelöltünk ki 19 kategóriában. Az Idrisi szoftver megvizsgálta a tanulóterületek által lefedett pixelek szürkeségi értékeit a beadott műholdkép csatornákon. Azért, hogy mind a tavaszi, mind a nyári képek előnyeit egyszerre tudjuk használni, ezért mind a 6 csatornát egyszerre töltöttük be a MAKESIG modulba. Következő lépésben „kemény” osztályozást (*hard classifiers*) alkalmaztunk.

A legjobb eredményt a MAXLIKE módszer adta. A kapott osztályba sorolási eredményeket először egyszerű szemrevételezéssel hasonlítottuk össze a szakdolgozati térképpel és a Google Earth részletesebb műholdképeivel. Ezután

a MAXLIKE módszert ellenőrző területek alól kiolvasott pixelstatisztikával, azaz tévesztési táblázzal is megvizsgáltuk. Az ellenőrzést a nagyon kicsi foltokban megtalálható társulásokra nem alkalmaztuk, mert azoknál lényegében csak a tanulóterületek kijelölésére volt elegendő, tipikus, tiszta előfordulási terület.

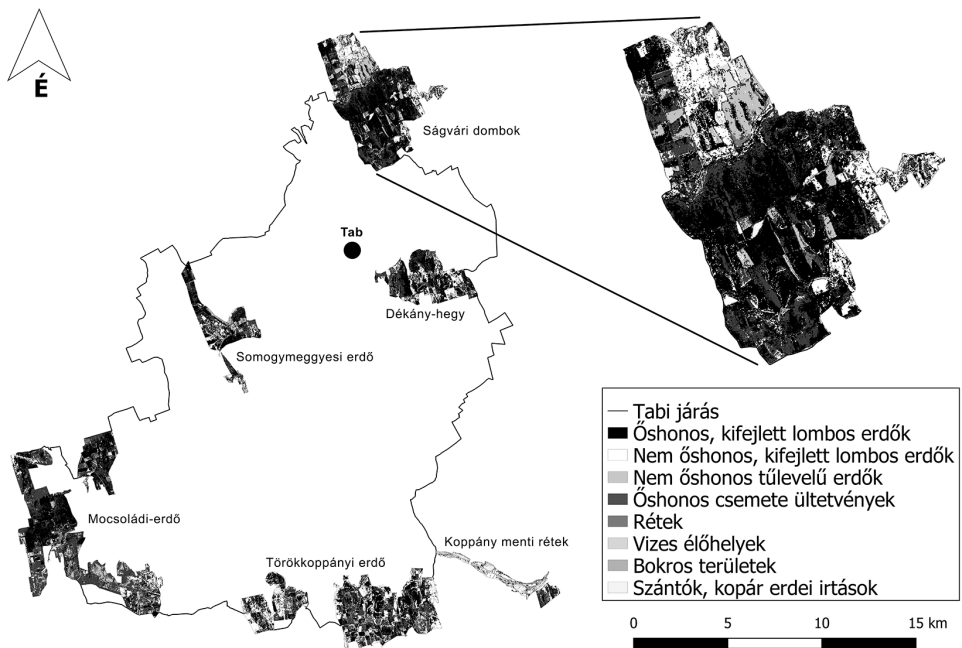
Eredmények

Műholdképelemzés

A módszertani fejezetben leírt eljárással beazonosítottuk a Tabi járás Natura 2000 területein előforduló különböző élőhelyek elhelyezkedését (2. ábra).

Az összevont élőhely kategóriák vizsgálata során az előforduló társulásokat nyolc nagyobb egységbe rendeztük: őshonos, kifejlett lombos erdők, nem őshonos, kifejlett lombos erdők, nem őshonos túlevelű erdők, őshonos csemete ültetvények, rétek, vizes élőhelyek, bokros területek, szántók, kopár erdei irtások. Az erdei irtások egy részét a vizes élőhelyek közé sorolta a szoftver. A bokros területek kategória jelenthet bokorfüzeseket, cserjés társulásokat, vagy sűrűn ültetett fiatal erdőket is. Az alkalmazott csoportosítással a növényborítottság százalékos megoszlását, valamint az őshonos és nem őshonos fafajok egymáshoz viszonyított arányát tudjuk vizsgálni (1. táblázat).

A természetvédelmi szempontból legkedvezőbb erdőtársulások, az őshonos, kifejlett lombhullató erdők a Ságvári dombok területén fordulnak elő a legnagyobb (54,5%), a Koppány menti réteken pedig a legkisebb arányban (13,5%).



2. ábra A műholdfelvételek alapján leválogatott élőhelykategóriák (szerk. Németh G.)

A nem őshonos, kifejlett lombos erdők (melyek nagyrészt akácosok) a Törökkoppányi erdőkben vannak jelen leginkább (29,5%), legkevésbé pedig a Mocsoládi-erdőben terjedtek el (9,7%).

1. táblázat Az élőhelykategóriák területi megoszlása (%) a vizsgált Natura 2000 területeken (szerk. Németh G.)

Élőhelykategória	Ságyári dombok	Somogy-meggyesi erdő	Dékány-hegy	Mocsoládi-erdő	Törökkoppányi erdők	Koppány menti rétek
Őshonos, kifejlett lombos erdők	54,5	49,1	53,4	40,2	42,3	13,5
Nem őshonos, kifejlett lombos erdők	15,6	17,2	23,6	9,7	29,5	12,3
Nem őshonos tűlevelű erdők	1,2	0,2	0,0	0,1	0,4	0,3
Őshonos csemete ültetvények	20,9	25,4	20,0	40,9	21,7	22,0
Rét	0,6	0,3	0,3	0,6	0,4	0,4
Vizes élőhelyek	0,5	1,0	1,0	0,6	1,2	17,7
Bokros területek	6,1	6,2	1,6	7,5	3,5	27,2
Szántók, kopár erdei irtások	0,5	0,6	0,2	0,4	1,1	6,7

2. táblázat A vizsgált Natura 2000 területek átlagos diverzitása (szerk. Németh G.)

Natura 2000 terület neve	Átlagos diverzitása
Ságyári dombok	0,913474
Dékány-hegy	0,964929
Somogy-meggyesi erdő	1,027417
Mocsoládi-erdő	0,901934
Törökkoppányi erdők	1,001648
Koppány menti rétek	1,030783

3. táblázat A vizsgált Natura 2000 területek átlagos fragmentáltsága (szerk. Németh G.)

Natura 2000 terület neve	Átlagos fragmentáltsága
Ságyári dombok	0,065471
Dékány-hegy	0,066599
Somogy-meggyesi erdő	0,077107
Mocsoládi-erdő	0,065235
Törökkoppányi erdők	0,071260
Koppány menti rétek	0,074346

Az őshonos csemete ültetvények aránya a Mocsoládi-erdő területén kiugróan magas (40,9%). A legkevésbé fiatalos korösszetétellel a Dékány-hegy erdőtümbje rendelkezik, melynek ötödét alkotják fiatal állományok.

A rétek mindegyik Natura 2000-es területen 1% alatti arányban fordulnak elő.

Az utolsó három kategória leginkább a Koppány menti réteken jellemző: a bokros területek (itt bokorfüzesek) 27%, a vizes élőhelyek (állóvizek, sással és náddal borított területek) 17,7%, a szántók, kopár erdei irtások (itt inkább csak a szántók) 6,7%-os arányban fordulnak elő. A terület délkeleti részén található erdőfoltban a kifejlett őshonos erdők (13,5%) és a kifejlett nem őshonos erdők (12,3%) összterülethez viszonyított aránya közel ugyanannyi, a fiatal telepítések 22%-kal vannak jelen.

Diverzitás és fragmentáció elemzés

A társulás szintű leválogatás lehetővé tette az IDRISI szoftverrel diverzitás és fragmentáció elemzések készítését is. A hat vizsgált Natura 2000-es területre számított átlagokat a táblázatok mutatják (2. és 3. táblázat).

Az alábbi leírás mutatja, hogyan számolt a program (TURNER 1989) alapján:

$$\text{Diverzitás: } H = -\sum(p * \ln(p))$$

Sum = a teljes kép összes osztályának száma; *p* = a kernelben megtalálható osztályok aránya (ebben az esetben a kernel méret 7*7 pixel); *ln* = természetes alapú logaritmus.

A diverzitás a tájökológiában többféle lehet, beszélhetünk a fajok diverzitásáról, a genetikai diverzitásról és az élőhelyek diverzitásáról. A program által végzett számítás az utóbbira vonatkozik, mivel azt mutatja meg, hogy egy adott területen hol fordul elő több vagy kevesebb növénytársulás. A számítás alapján a Somogygyegeti erdő a legheterogénebb, a Mocsoládi-erdő pedig a leghomogénebb (feltehetően a sok fiatal telepítés miatt). Megfigyelhető, hogy a vonalas elemek mentén (utak, erdőtüblák határai) magasabb a diverzitás értéke, mivel ezeken a szegélyeken gyakran a környezetétől eltérő társulás alakul ki, például az utak mentén gyakran előtör a fénykedvelő fehér akác. A diverzitás nagysága tehát nem feltétlenül jelenti azt, hogy egy magas szintű, sokrétű életközösség van jelen az adott területen, hanem a szegélytársulások nagyarányú jelenlétére is utalhat.

Fragmentáció számításának képlete (MONMONIER 1974) alapján: $F = (n-1)/(c-1)$, ahol *n* = a kernelben lévő különböző osztályok száma (ebben az esetben a kernel méret 7*7 pixel); *c* = a figyelembe vett cellák száma (9, 25 vagy 49, a fragmentációs index képletének figyelembevételével, a mi esetünkben 49, mivel 7*7 pixellel számolunk).

A fragmentáció a diverzitáshoz hasonlóan területalapú mérőszám. Minél magasabb a vizsgált terület fragmentációs mutatója, annál tagoltabb a felszínborítása. A fragmentációt általában vonalas létesítmények (utak, vasutak, távvezetékek) okozzák, mivel ezek kisebb egységekre szabdalják a növénytakarót.

A számítás eredményei is hasonlítanak a diverzitáshoz, a Somogyi-erdő a leginkább fragmentáltabb, míg a Mocsoládi-erdő a legkevésbé. Mindegyik erdőn keresztülhalad közút és vasútvonal is, azonban ezek a vonalas létesítmények a kisebb területű Somogyi-erdőben arányosan hosszabb szakaszon vannak jelen. A Mocsoládi-erdő esetében az alacsony fragmentációs index háttérében az előbb említett tény áll, miszerint magas a nagy területű, homogén, fiatal csemeteültvények aránya.

A Somogyi-erdő és a Törökkoppányi-erdők esetében a magas diverzitást és fragmentációt kedvezőtlen hatások okozzák, úgymint az invazív fajok nagyobb arányú elterjedése. Előbbi egy speciális eset, mert a Natura 2000 területhez sorolták be a Magyar Honvédség egykori Harcanyag Ellátó Központjához tartozó épületeket is. Ezzel szemben a Ságvári dombok és a Dékány-hegy területén a magas diverzitás érték viszonylag alacsony fragmentációval társul, ami annak köszönhető, hogy a területen az őshonos fafajok keveredése jellemző.

Konklúzió

A műholdképek elemzése alapján az őshonos erdőtársulások közül legnagyobb arányban a mész- és melegkedvelő tölgyesek, valamint a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek fordulnak elő. A jövőben feltehetően a csertölgy fog jobban elterjedni, ugyanis könnyebben alkalmazkodik a klímaváltozás miatt egyre szélsőségesebbé váló időjáráshoz, mint a többi őshonos fafaj. A bükk egyre inkább kiszorul a területéről, mivel a magas páratartalmat kedveli, azonban az utóbbi években egyre gyakoribbá váló légköri aszály kedvezőtlenül hat a fejlődésére. Potenciális élőhelyeit egyre inkább átveszik a tágabb tűrésű tölgy- és hársfajok. A növényborítottság folytonosságának megszakadásával a kedvező erdei mikroklíma (kiegyenlített hőmérséklet, magas páratartalom) is megszűnik, amely rendkívül kedvezőtlenül hat az erre kimondottan érzékeny jelölőtársulásra, az illír bükkre, ez a folyamat pedig a faj eltűnéséhez vagy jelentős visszaszorulásához vezethet.

Az idős őshonos erdők megőrzése kulcsfontosságú a védett fajok szempontjából, ugyanis ezek jelentik a területen a klimax társulást, amely az adott klimatikus körülmények között a legnagyobb produktivitású élőhely (INTERNET 5).

Kedvező lenne az üde gyepek kiterjedésének növelése (a szántók rovására), mivel a rétek aránya meglehetősen alacsony (átlagosan 0,4%). Ezáltal a tájhasználat is racionálisabbá válhatna, mivel ezek a szántók mélyfekvésű területeken helyezkednek el, gyakran belvív borítja őket, ezért érdemesebb ezeket inkább kaszálóként, legelőként hasznosítani.

Előnyös tényező, hogy mind az öt erdei élőhelyen 40% felett van a kifejlett, őshonos erdők aránya, a friss telepítések során hazai fajokat ültetnek. Ennek következtében a jövőben várhatóan nagyobb területeket borítanak majd őshonos erdők, az idegenhonos fajok pedig fokozatosan kiszorulnak a Natura 2000-es területekről. Ugyanakkor az erdőgazdálkodás tekintetében változásra lenne szükség,

mivel a tarvágások rontják az erdei élőlények életfeltételeit, valamint növelik az erózió mértékét. A vizsgált területeken a legfontosabb cél a Pro Silva erdőgazdálkodás alkalmazása.

Véleményünk szerint a vizsgált Natura 2000 erdőterületeken legfontosabb cél az őshonos és a klímaváltozást jobban tűrő tölgyesek összefüggő területének növelése. Ez jól illeszkedik a meglévő erdészeti gyakorlatba, amely szerint a hazai fafajok térnyerését kell szorgalmazni az idegenhonosokkal szemben. Fontos a szálaló erdőgazdálkodás alkalmazása, mivel így biztosítható a folyamatos erdőborítottság és az ebből következő kiegyenlített erdei mikroklíma.

Az invazív fajok közül a leggyakoribb a fehér akác. Napjainkban a védett területeken az erdőgazdálkodók fokozatosan csökkentik a nem őshonos fajok (akác, fenyőfélék, fekete dió) arányát, mivel elegytelen állományukat fokozatosan felszámolják és őshonos fajokkal pótolják. Leginkább a Törökoppányi erdők esetében lenne szükség ilyen beavatkozásokra.

A diverzitás vizsgálatából megállapítható, hogy a Somogyeggyesi erdő a legdiverzebb, míg a Mocsoládi-erdő a legkevésbé diverz. A fragmentáció eredményei is hasonlóak, ebben az esetben a Somogyeggyesi erdő a legfragmentáltabb, míg a Mocsoládi-erdő a legkevésbé. Kedvezőbb állapotot eredményezne, ha a szélsőértékek közelednének egymáshoz. Abban az esetben, ha a fragmentációt és a diverzitást mesterséges negatív hatások okozzák, akkor szükséges ezek visszaszorítása, mérséklése, amelyet kompakt, őshonos növényzetből álló erdőfoltok telepítésével lehet elérni, illetve biztosítani kell a már meglévő állományok közötti kapcsolatokat és azok intenzitását. A túlzottan homogén erdők esetében pedig elegyesítéssel lehet fokozni az élőhelyi sokféleséget.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki az Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatalnak (NKFIH) az SNN 125727. sz. pályázat („Az árvízveszély lehetséges ökológiai mérséklése Magyarország és Szlovénia dombságain”) keretében nyújtott pénzügyi támogatásért.

Felhasznált irodalom

- MONMONIER, M.S. (1974): Measures of Pattern Complexity for Choropleth Maps. The American Cartographer, 1(2), pp. 159–169.
- NAGY G. (2011): Komplex tájökölógiai vizsgálat külső-somogyi mintaterületen. Szakdolgozat. Szeged.
- TURNER, M.G. (1989): Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process, Annual Review of Ecology and Systematics, 20, pp. 171–197.

Internetes hivatkozások

INTERNET 1 – <https://scihub.copernicus.eu> Letöltés ideje: 2018. november 10.

INTERNET 2 – <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/instrument-payload/resolution-and-swath> Letöltés ideje: 2018. december 22.

INTERNET 3 – <https://landsat.gsfc.nasa.gov/sentinel-2a-launches-our-compliments-our-complements/> Letöltés ideje: 2018. december 22.

INTERNET 4 – <https://scientiplusconscientia.wordpress.com/2017/03/04/remote-sensing-comparison-landsat-sentinel-visible-infrared-spectrum/> Letöltés ideje: 2018. december 22.

INTERNET 5 – https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_okologia/ch04s02.html Letöltés ideje: 2019. január 2.

Újgenerációs hiperspektrális kamerák a Specim kínálatában

Ocsovainé Steinbach Cecília

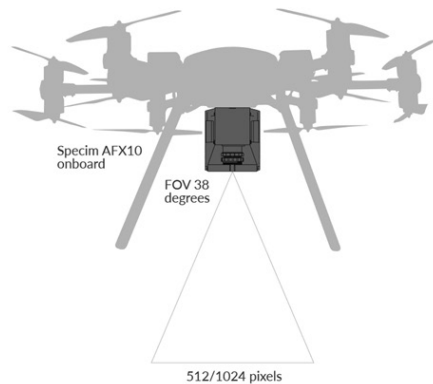
területi képviselő, Quantum Design GmbH, steinbach@qd-europe.com

Abstract: Quantum Design GmbH is the official distributor of Specim (Spectral Imaging Ltd.) hyperspectral cameras in Hungary. Specim, the leading manufacturer of the hyperspectral market, offers a wide variety of hyperspectral cameras and remote sensing systems from the visible to the LWIR wavelength region. Here we introduce their new AFX series, a compact, state-of-the-art all-in-one hyperspectral imaging solution for UAS use.

A hiperspektrális képalkotás az egyik legfejlettebb, legtöbb információt tartalmazó optikai távérzékelési eljárás, amellyel egyszerre nyerhetünk egy tárgyról vagy területről térbeli és spektrális információt; vagyis a kapott kép minden egyes képpontjához egy teljes spektrum tartozik. Ez a spektrális információ tartalom egy RGB kamera képéhez, de még egy néhány csatornás multispektrális képhez képest is óriási távlatokat nyit az optikai távérzékelés területén. Ennek a területnek vezető, úttörő gyártója a finn Specim (Spectral Imaging Ltd.), amely széles spektrális tartományban (láthatótól a hosszú hullámhosszú infravörösig), a legkülönbözőbb alkalmazásokhoz kínál csúcskategóriás kamerákat és távérzékelő rendszereket.

Mivel minden anyagnak rá jellemző reflexiós spektruma van, így a hiperspektrális légi képfelvételek készítésekor a spektrális információ alapján számos olyan jellemző láthatóvá tehető, mérhető, ami az egyéb képalkotási eljárásokkal rejtve marad. A hiperspektrális képalkotást ezért egyre szélesebb körben alkalmazzák a mezőgazdaságban gyomok, kártevők, betegségek feltérképezésére, de alkalmas egy területet borító növényzetfajok meghatározására, vízminőség vizsgálatára, geológiai kutatások területén pl. ásványi összetétel feltérképezésére is. Számos alkalmazása irányul az emberi tevékenység, környezeti szennyezések feltárására, az épített környezet vizsgálatára.

A hiperspektrális kamerák széleskörű elterjedésének korábban két fontos akadálya volt: a kamerák magas (a multispektrális kamerákat lényegesen meghaladó) ára, valamint a képfelvételek készítéséhez szükséges költséges infrastrukturális háttér. Egy komolyabb felvétel készítésére alkalmas rendszer jelentős súlya miatt az ezekkel történő képfelvételhez elsősorban nagyobb terhelhetőségű UAV-re vagy kisrepülőgépre volt szükség.



1. ábra A Specim all-in-one AFX10 rendszere és egy lehetséges drónos rögzítése

1. táblázat Az AFX sorozat főbb műszaki jellemzői

	AFX10	AFX17
Spektrális tartomány	400–1000 nm	900–1700 nm
Spektrális mintavételezés	2.68 nm	3.5 nm
Spektrális felbontás	5.5 nm	8 nm
Spektrális sávok száma	224	224
Térbeli pixelek száma	1024	670
Maximum frame rate (@full frame)	330 fps	670 fps
SNR	400:1	1200:1
GNSS/IMU	Trimble APX-15	Trimble APX-15
Méret (Sz x M x H)	131 x 152 x 202 mm	131 x 152 x 202 mm
Tömeg (gimbal nélkül)	2.1 kg	2.4 kg

Ugyanakkor az utóbbi években a dróntechnológia robbanásszerű fejlődésével megjelentek olyan ipari drónok, amelyek elérhető közelségbe hozták a hiperspektrális kamerák széleskörű használatát.

Ezzel egyidejűleg néhány éve a Specim kínálatában is megjelentek a kisebb méretű és kedvezőbb árú, kompakt FX sorozatú kamerák, és idén piacra került a kimondottan drónos alkalmazásra kifejlesztett AFX sorozat is (1. ábra).

Az AFX sorozat tagjai a sikeres FX kamerákra épülő, kompakt, all-in-one rendszerek, amelyek a hiperspektrális kamera mellett egy nagyteljesítményű számítógépet és egy csúcsmínőségű GNSS/IMU egységet tartalmaznak. Az AFX rendszerek alig több, mint 2 kg-os tömegükkel sokféle drónra, gimballal vagy anélkül is rögzíthetők.

A nagyfelbontású hiperspektrális üzemmód mellett a spektrális csatornák rugalmas kiválasztásával (MROI) alkalmazáspecifikus multispektrális módban is használhatók. Ennek a funkciónak köszönhetően az adatáramlás korlátozható, vagy a frame rate jelentősen növelhető.

A nagy, $f/1.7$ rekesz hatékony fénygyűjtést (és gyorsabb repülést) tesz lehetővé. Ez az aberráció-korrigált objektívvel és a beépített képjavító algoritmussal kombinálva kimagasló minőségű adatgyűjtést kínál a felhasználóknak.

A sorozat AFX10-es tagja a VNIR tartományban (400–1000 nm között), míg az AFX17-es a NIR tartományban (900–1700 nm) használható. A két rendszer főbb műszaki paramétereit az *1. táblázatban* foglaltuk össze.

Az AFX sorozat többek között vegetáció osztályozására, növényfajok azonosítására, növényi stressz vizsgálatára, vizes élőhelyek monitorozására, vízminőség vizsgálatára használható. Emellett lehetőséget kínál a talaj nedvességének, tápanyag- és műtrágya-tartalmának elemzésére is.

Mindezt a korábbi modelleknél kisebb súllyal és kedvezőbb árfekvésben, ugyanakkor a Specim-től megszokott magas műszaki tartalommal nyújtja, ezáltal megnyitva az utat a magas minőségű hiperspektrális képfelvételek drónos készítése előtt.

Vízfolyások kanyarulat-fejlettségének vizsgálata feltáró faktoranalízis segítségével

Pecsmány Péter¹ – Szabó Norbert Péter²

¹ PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Természetföldrajz-Környezettan Intézeti Tanszék, ecopeter@uni-miskolc.hu

² egyetemi tanár, Miskolci Egyetem Geofizikai Intézeti Tanszék

Abstract: The rivers react relatively quickly to epigenetic movements. These processes are also supported by laboratory experiments (OUCHI 1985; TIMÁR 2003; PETROVSZKI – TIMÁR 2010; PETROVSZKI 2013). In our previous work, the sinuosity of the Bükkalja creeks was examined. The dataset used in our first work underwent a deeper statistical analysis. In this work, we performed factor analysis for exploring the meander development of the Tard Creek. We have been conducting geomorphological studies in the same area for several years. Thus, we can compare the obtained statistical results with our previous field observations.

Bevezetés

A szakirodalom számára már ismeretes, hogy a vízfolyások a szerkezeti mozgások okozta süllyedésekre és/vagy emelkedésekre gyorsan reagálnak úgy, hogy esésüket próbálják megtartani hosszmenti kanyargósságuk megnövelésével. Ezen folyamatokat a modellkád kísérletek és a terepi vizsgálatok is alátámasztják (OUCHI 1985; TIMÁR 2003; PETROVSZKI – TIMÁR 2010; PETROVSZKI 2013).

Ezt megelőző munkánkban a Bükkalja vízfolyásainak kanyarulat-fejlettségét vizsgáltuk meg és vetettük össze az eddigi szerkezetföldtani és szerkezetmorfológiai kutatások eredményeivel (PECSMÁNY 2020a). A kanyarulat-fejlettség számítása során, annak módszertanából fakadóan olyan adatrendszer állt elő, melyet érdemesnek tartottuk mélyebb statisztikai vizsgálatnak alávetni.

Ebben a tanulmányban egy kiválasztott bükkaljai vízfolyás különböző szakaszméretben számolt kanyarulat-fejlettségét faktorelemzés segítségével vizsgáltuk meg és vetettük össze eddigi kutatási eredményeinkkel.

Kanyarulat-fejlettség számítása

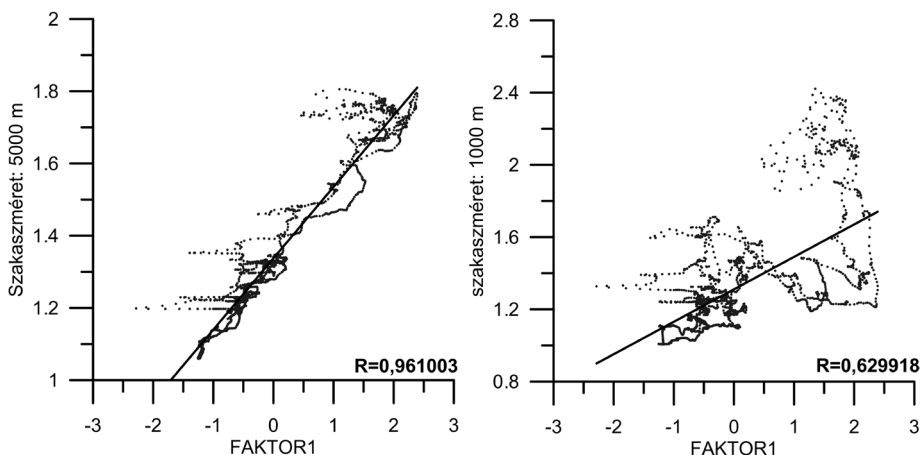
A kanyarulat-fejlettség/vízfolyás szinuszitása (S) a medermenti távolság (A) és a légvonalbeli távolság (D) hányadosaként adhatjuk meg (SCHUMM 2005; PETROVSZKI 2013). A vízfolyások bedigitalizálásához a Második Katonai Felmérés térképlapjait használtuk fel, abból az okból kifolyólag, mert ezen időszakban a

területen még nem, vagy csak kisebb mértékben történtek meg a mederrendezési munkálatok. A vízfolyások bedigitalizálása után PETROVSZKI – TIMÁR (2010) által használt módszert alkalmaztuk, mely során a vízfolyásokat egyenlő szakaszokra (d) osztottuk fel ($d = 10\text{ m}$), ezt követően a vonalas állományokat pont állománnyá alakítottuk át. Mivel a pontok egyenlő távolságra helyezkedtek el egymástól ezért A vízfolyáshossz menti távolságot (A) a d többszörösével lehet megadni ($d = 10\text{ m}$; $P = 10$ pont akkor $A = 100\text{ m}$). A pontok x és y koordinátái segítségével pedig könnyedén kiszámítható a pontok közötti légvonalbeli távolság (D). E két érték hányadosa adja a kanyarulat-fejlettség értékét (S), ami $P/2+1$ pontra vonatkozik. Az értékeket minden egyes pontra kiszámoltuk, majd folyamatosan változtatva a szakaszméretet ($A = 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000$) újra kiszámoltuk a pontok szinusztítását.

A Jöreskog-féle közelítő eljárás

Nagyméretű többváltozós adatrendszerek feldolgozása esetében gyakran eredményre vezető módszer a dimenziók számának statisztikai módszerekkel való csökkentése. Az egyik ilyen módszer a faktorelemzés, amely a fenti redukción kívül sokszor az adatokkal kapcsolatba hozható új változók feltárára is alkalmazható. Esetünkben a különböző szakaszméreteken számolt kanyarulat-fejlettség értékek adják a bemenő adatrendszert. Az adatrendszerből létrehozott \mathbf{D} mátrix sorai a számolt kanyarulat-fejlettség értékek (N), oszlopai pedig a szakaszméretek (M) (vagyis az adott vízfolyáshosszra számolt kanyarulat-fejlettség) értékekkel feleltethetőek. A \mathbf{D} mátrix további két mátrixra bontható fel: $\mathbf{D} = \mathbf{F}\mathbf{L}^T + \mathbf{E}$, ahol \mathbf{F} az $N \times a$ méretű faktorok mátrixa és \mathbf{L} az $M \times a$ méretű faktoregyütthatók mátrixa. A \mathbf{D} mátrix egyenlete szerint a kanyarulat-fejlettségi adatok a faktorok lineáris kombinációjaként írhatók fel. Az \mathbf{F} mátrixot a faktor értékek, míg \mathbf{L} mátrixot a faktorsúlyok alkotják. Tételezzük fel, hogy $\mathbf{F}\mathbf{L}^T$ és \mathbf{E} mátrixok korrelálatlanok és az $\mathbf{E}^T\mathbf{E} / N = \mathbf{\Psi}$ ismert mennyiség, ami azt jelenti, hogy a tulajdonságmátrix átlagértékkel és egységnyi szórásokkal osztott adatainak az $M \times M$ méretű korrelációs mátrixa $\mathbf{R} = 1/N \mathbf{D}^T \mathbf{D} = 1/N \mathbf{L}^T \mathbf{L} + \mathbf{\Psi}$. A faktoranalízis modellje alapján a korrelációs mátrix közvetlenül felírható a faktorsúlyokkal és a $\mathbf{\Psi}$ hibavariációkkal. Az \mathbf{R} mátrix főátlóbeli elemeit a mért változók standardizált szórásnégyzetei adják ki. A faktorsúlyokkal képzett $\mathbf{R} - \mathbf{\Psi}$ redukált korrelációs mátrix főátlójában szereplő (1-nél kisebb értékű) elemeket kommunalitásoknak nevezzük, melyek a mért változók standardizált szórásnégyzeteinek csak a közös faktorokkal leírható részét képviselik. A maradék (vagy hiba-) faktorok által képviselt részt a kommunalítások ismeretében a $\mathbf{\Psi} = \mathbf{I} - \mathbf{H}^2$ összefüggés alapján számíthatjuk ki. Ha a kommunalítások $K \times K$ méretű (\mathbf{H}^2) mátrixának elemei sokkal kisebbek 1-nél, akkor a mérési változók kevésbé magyarázhatók a közös faktorokkal. Ellenkező esetben az eredeti változók által tartalmazott információ néhány faktorról jól leírható. JÖRESKOG (2007) a k -adik kommunalitás ellenpárja $u_k^2 = 1 - h_k^2 \leq 1 - R_{kk}^2$ becslésére az alábbi formulát javasolja: $u_k^2 = \theta \approx r_{kk}$, ahol r_{kk} az \mathbf{R} korrelációs mátrix inverzének k -adik

főátlóbeli eleme és $\theta < 1$ alkalmasan választott állandó. Ebben az esetben a mért adatok kovarianciamátrixára implicit összefüggés adódik $\Sigma = \mathbf{L}\mathbf{L}^T + \theta(\text{diag}\Sigma^{-1})^{-1}$. Képezzük a csillaggal jelölt $\Sigma^* = (\text{diag}\Sigma^{-1})^{1/2} \Sigma (\text{diag}\Sigma^{-1})^{1/2}$ és $\mathbf{L}^* = (\text{diag}\Sigma^{-1})^{1/2} \mathbf{L}$ mennyiségeket, melyekkel az alábbi összefüggés áll fenn $\Sigma^* = \mathbf{L}^* \mathbf{L}^{*T} + \theta \mathbf{I}$. Az egyenlet szerint a Σ^* mátrix $K-M$ számú sajátértéke θ értékével egyezik meg. A Jöreskog-féle eljárás a minta-kovarianciamátrix (\mathbf{S}) alapján határozza meg a faktorsúlyokat és a θ paramétert. Ha az \mathbf{S} a Σ mátrix konzisztens becslése, akkor ugyanez a kapcsolat az $\mathbf{S}^* = (\text{diag}\mathbf{S}^{-1})^{1/2} \mathbf{S} (\text{diag}\mathbf{S}^{-1})^{1/2}$ és a Σ^* mátrixok között is fennáll. A faktorsúlyok mátrixára a következő közelítő összefüggés adódik: $\mathbf{L} = (\text{diag}\mathbf{S}^{-1})^{1/2} \mathbf{\Omega}(\mathbf{\Gamma} - \theta \mathbf{I})^{1/2} \mathbf{V}$, ahol \mathbf{L} az \mathbf{S}^* mátrix első M számú sajátértékét (λ) csökkenő sorrendben tartalmazó diagonális mátrix, $\mathbf{\Omega}$ az első M darab sajátvektort oszlopaiban tartalmazó mátrix, \mathbf{V} egy $M \times M$ méretű tetszőleges ortogonális mátrix (JÖRESKOG 2007). A Jöreskog-féle módszer lehetőséget kínál a faktorok optimális számának meghatározására, mely az a minimális M érték, melyre az alábbi egyenlőtlenség teljesül: $\theta = 1 / (K-M)$ ($\lambda_{M+1} + \lambda_{M+2} + \dots + \lambda_K$) < 1 . A becsült faktorsúlyok ismeretében a faktorszelvényeket a már fent említett egyenlet alapján számíthatjuk. A Jöreskog-féle eljárás a nagyméretű adatrendszereket gyorsan (nem-iteratív úton) dolgozza fel, és nem igényli a kommunalítások értékének előzetes ismeretét sem. Az optimalizációs feladatnak megfelelően a Bartlett-féle becslés a faktorokat torzítatlanul állítja elő $\mathbf{F}^T = (\mathbf{L}^T \mathbf{\Psi}^{-1} \mathbf{L})^{-1} \mathbf{L}^T \mathbf{\Psi}^{-1} \mathbf{D}^T$ (BARTLETT 1937). A gyakorlat szempontjából lényeges kérdés a faktoranalízis eredményének egyértelműsége és a faktorok fizikai értelmezése. A már fent említett $\mathbf{F}\mathbf{L}^T$ mátrix felbontása nem egyértelmű, mivel bármely $M \times M$ méretű \mathbf{T} ortonormált mátrix esetén fennáll $\mathbf{F}\mathbf{L}^T = \mathbf{F}\mathbf{T}^T \mathbf{T}\mathbf{L}^T$, ahol M a faktorok száma. A fenti egyenletben $\mathbf{T}^T \mathbf{T}$ mátrix egységmátrix, ennél fogva akár végtelen sok egyenértékű megoldás is létezik. A többértelműség megjelenik az \mathbf{R} korrelációs mátrix előállításánál is, mivel $\mathbf{D} = \mathbf{F}\mathbf{L}^T + \mathbf{E}$ kifejezésben szereplő $\mathbf{F}\mathbf{L}^T = \mathbf{L}^* \mathbf{L}^{*T}$ mátrix is sokféleképpen előállítható $M \times M$ méretű \mathbf{V} ortogonális mátrixszal ($\mathbf{L}^* = \mathbf{L}\mathbf{V}$). A faktorsúlyokkal végzett ortogonális transzformáció – *geometriai értelemben forgatás* – a faktorokra nézve egyenértékű megoldást eredményez. A mért adatmátrix felbontása során, amikor a faktoregyütthatók értéke nagy, akkor az ahhoz tartozó faktorok a mérési adatokhoz szorosan kapcsolódnak. Egyszerű struktúra (0-hoz és 1-hez közel álló faktorsúlyok) esetén a faktorok könnyen értelmezhetők. Bonyolultabb struktúra esetén forgatási módszereket alkalmazunk, mellyel a faktorokat szemléletesebb jelentésű faktorokká alakíthatjuk át. Ebben az esetben a *varimax* forgatási módszert alkalmaztuk (KAISER 1958). A forgatási módszer a faktorok azon lineáris kombinációját adja, melyre a faktorsúlyok varianciája maximális $\text{VAR}(\mathbf{L}) = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^M (L_{kl}^2 - \bar{L}_l^2)^2 = \max$, ahol L_{kl} a k -edik szakaszméret l -edik faktorra eső súlya (K az egyes szakaszméreteken számolt kanyarulat-fejlettség száma, M a faktorok száma), \bar{L}_l az l -edik oszlop súlyainak átlaga. A bemenő szelvények $\mathbf{R}^* = \mathbf{R} - \mathbf{\Psi} = \mathbf{L}\mathbf{L}^T$ redukált korrelációs mátrixa az SVD módszer alkalmazásával az alábbi szerint bontható fel $\mathbf{R}^* = \mathbf{U}\mathbf{S}_e\mathbf{V}^T$, ahol \mathbf{U} és \mathbf{V} $K \times K$ méretű ortogonális mátrixok (K a mért változók száma), \mathbf{S}_e diagonális mátrix a pozitív csökkenő sorrendbe állított szinguláris értékeket tartalmazza, mely az egyes faktorok által magyarázott varianciák arányát adja.



1. ábra Az első faktor és az 5000 m-es szakaszméret, valamint a tektonikával összefüggő 1000 m-es szakaszméretben számolt kanyarulat-fejlettségi értékek kapcsolata

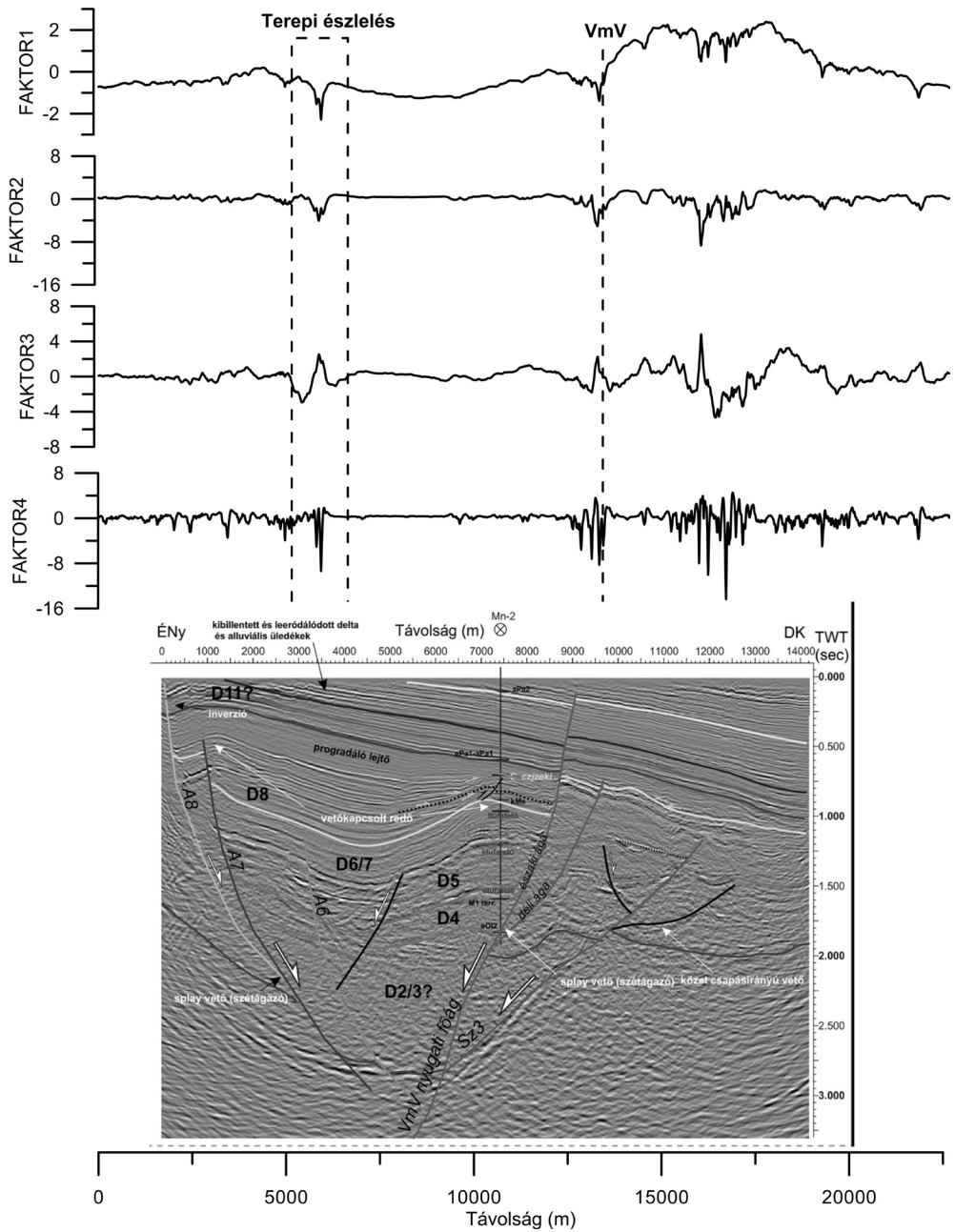
Eredmények

A faktorelemzést a Tardi-patak példáján szemléltetjük. A patak vízgyűjtő területén évek óta folytatunk szerkezetmorfológiai vizsgálatokat, így saját terepi adatainkkal és az eddigi szerkezetföldtani és morfológiai vizsgálatok eredményeivel (PECSMÁNY 2020a; PECSMÁNY 2020b; PECSMÁNY – VÁGÓ 2020) is össze tudjuk vetni a faktorelemzés eredményeit.

Eddig megjelent tanulmányunkban a Bükkalján futó patakok kanyarulat-fejlettségének és a neotektonikának a kapcsolatát a területre legjellemzőbb 1000 m-es szakaszmérettel számolt kanyarulat-fejlettséggel hoztuk kapcsolatban (PECSMÁNY 2020a). A neotektonika indikátorának tekintett szakaszméret és az első faktor között 0,63 korrelációs együtthatót mértünk, míg a legnagyobb 5000 m-es szakaszméret esetében 0,96 volt a korreláció mértéke (1. ábra). A második faktor esetében a 400 m-es szakaszméretnél sikerült jelentősebb korrelációt mérni ($r = -0,88$), míg a harmadik faktor a 1000 m-es szakaszméretet ($r = -0,46$), a negyedik faktor pedig 100 m-es szakaszméretet jellemezte a legjobban ($r = -0,74$).

Habár az első faktor és az azzal kapcsolatban álló 5000 m-es szakaszméret jellemzi legjobban az adatrendszert, a harmadik faktor és 1000 m-es neotektonika indikátoraként tekintett szakaszméret között közepes kapcsolatot sikerült csak kimutatni.

A 2. ábrán jól látszik, hogy az eddigi vizsgálatok során feltárt aktív vetők (PECSMÁNY 2020b; PECSMÁNY – VÁGÓ 2020) esetében minden faktornál változás figyelhető meg. Ez a változás az első, második és negyedik faktornál negatív, míg az 1000 m-es szakaszmérettel közepes korrelációt mutató harmadik faktor esetében pozitív emelkedést figyelhetünk meg. A θ értéke 0,80, azonban a szinguláris értékek azt mutatják, hogy a 3-as és a 4-es faktorok információ tartalma alig 4%, ezért ezen faktorokat hibátényezőknak tekintjük.

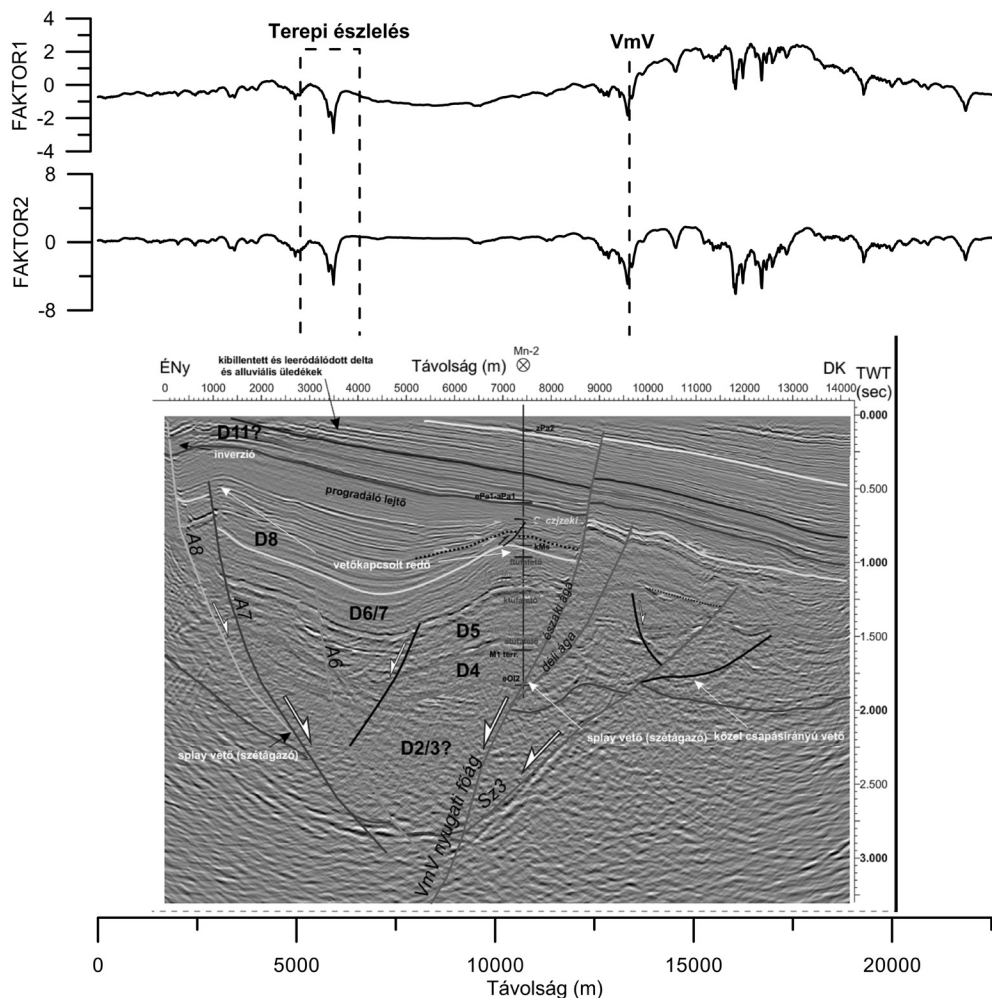


2. ábra A Tardi-patak kanyarulat-fejlettségi értékei alapján számított faktorok, és a területen futó PETRIK (2016) által kiértékelt szeizmikus szelvény

Mivel az említett két faktor információtartalma igen csekély volt, ezért a következő lépésben már csak két faktort állapítottunk meg. Ebben az esetben a θ értéke már 1,59 volt, a magyarázó varianciák pedig azt mutatták, hogy az első faktor információ tartalma 87,15% míg a második faktoré 12,85%. Az első faktor ebben

az esetben is a 5000 m-es szakaszmérettel korrelált a legjobban ($r = 0,94$), azonban a második faktor már a 300 m-es szakaszmérettel mutatott korrelációt ($r = 0,89$). A változás mind a két faktor esetében tetten érhető az aktív szerkezetek esetében (3. ábra).

A kutatás jelenlegi szakaszában sajnos nem tudjuk megállapítani azt, hogy az egyes faktorok milyen rejtett információt tárnak fel. Hiszen a szerkezeti változások mind a két esetben, 2 és 4 db faktor esetében is megfigyelhető. Egyelőre, csak azt a megállapítást tudjuk tenni, hogy az első faktor a nagyobb szakaszmérettel áll kapcsolatban, a többi faktor, pedig kisebb szakaszméretekkel. Ami utalhat arra, hogy az első faktor nagyobb léptékű regionális (nem feltétlenül csak földtani jellegű) folyamatokat tükröz, míg a többi faktor lokális, kisebb jellegű változásokat szemléltet.



3. ábra A Tardi-patak kanyarulat-fejlettségi értékeiből származtatott faktorok, és a területen futó PETRIK (2016) által kiértékelt szeizmikus szelvény

Köszönetnyilvánítás

A cikkben/előadásban/tanulmányban ismertetett kutató munka az EFOP-3.6.1-16-2016-00011 jelű „Fiatalodó és Megújuló Egyetem – Innovatív Tudásváros – a Miskolci Egyetem intelligens szakosodást szolgáló intézményi fejlesztése” projekt részeként – a Széchenyi 2020 keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Felhasznált irodalom

- KAISER, H.F. (1958): The varimax criterion for analytical rotation in factor analysis. *Psychometrika*, 23, pp.187–200.
- JÖRESKOG, K.G. (2007): Factor analysis and its extensions. In: Cudeck R, MacCallum RC (eds.) *Factor analysis at 100, historical developments and future directions*. Lawrence Erlbaum Associates, pp. 47–77.
- OUCHI, S. (1985): Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement. *Geological Society of America Bulletin*, 96, pp. 504–515.
- PECSMÁNY P. (2020a): A bükkaljai vízfolyások kanyarulat-fejlettségének vizsgálata: szerkezetföldtani okok és következtetések. *Földrajzi Közlemények*, 144(2), pp. 133–152.
- PECSMÁNY P. (2020b): A Cserépváraljai- és a Tardi-patak Bükkaljai völgyszakaszának felszínfejlődése. *Műszaki Földtudományi Közlemények*.
- PECSMÁNY P. – VÁGÓ J. (2020): A mélyszerkezet és a domborzat közötti kapcsolat a Bükkalja területén. *Műszaki Földtudományi Közlemények*.
- PETRIK A. (2016): A Bükk déli előterének kainozoos szerkezetalakulása. Doktori (PhD) értekezés. ELTE TTK, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék. Budapest. 264 p.
- PETROVSZKI, J.–TIMÁR, G. (2010): Channel sinuosity of the Körös River system, Hungary/Romania, as possible indicator of the neotectonic activity. *Geomorphology*, 122, pp. 223–230.
- PETROVSZKI J. (2013): A Pannon-medence meanderező vízfolyásainak kanyarfejlettség elemzése – neotektonikai és folyódinamikai következtetések. PhD (doktori) értekezés. ELTE, Budapest. 145 p.
- TIMÁR G. (2003): Geológiai folyamatok hatása a Tisza alföldi szakaszának medermorfológiájára. Doktori (PhD-) értekezés, ELTE Geofizikai Tanszék, Budapest. 135 p.

NDVI-based land-use/cover change detection in a mountainous heterogeneous landscape

Kwanele Phinzi¹ – Szilárd Szabó²

¹ Doctoral School of Earth Sciences, Department of Physical Geography and Geoinformatics, University of Debrecen, phinzi.kwanele@science.unideb.hu

² Department of Physical Geography and Geoinformatics, University of Debrecen, szabo.szilard@science.unideb.hu

Abstract: The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) remains one of the most widely used vegetation indices (VIs) for vegetation classification. It has an advantage of minimizing the effects of the atmosphere and bare soil background on the spectral properties of image, facilitating image interpretability. Although originally designed for vegetation, NDVI has been used for land-use/cover classification, but such applications are restricted to urban land cover classification, i.e. extraction of built-up areas. Rural areas which are equally undergoing land-use/cover changes like urban areas are not given much attention. This study aims at detecting land-use/cover changes (1989–2017) in selected rural parts of South Africa using NDVI. Different NDVI thresholds values were used for classifying various land-use/cover classes (water bodies, badlands, bare soil and built-up land, agriculture, grassland, and forest) through nested conditional statements implemented in ArcGIS map algebra. Results showed that badlands increased by about 4% from 9.46% in 1989 to 13.19% in 2017, whereas forest recorded an increase of almost 10% from 3.35% in 1989 to 13.09% in 2017. Bare soil and built-up area increased (by almost 2%) from 28.60% to 30.38% during the period 1989–2017. Negative change (–13.42%) was observed in grassland from 25.97% in 1989 to 12.55% in 2017. Agriculture also declined (–1.80%) from 32.59% to 30.80% in 1989 and 2017, respectively. NDVI proved effective in classifying land cover in this study, as corroborated by overall accuracy (OA) (79%) and kappa coefficient (0.75) for both 1989 and 2017 land cover classifications.

Introduction

Land-use/cover change research has attracted a great deal of attention over the last decades, and is currently one of the major research areas. Much research has focus on urban areas because urban areas tend to experience more drastic changes over a short period of time due to continuous urbanization and rapid economic development (ZHA ET AL. 2003), which give rise to issues like pollution, traffic congestion, and urban-heat island, among others (KAŹMIERCZAK – CAVAN 2003; HUANG ET AL. 2015). Remote sensing, given its ability to acquire data from a distance, is particularly ideal for detecting and monitoring changes in land-use/cover. Making it more attractive is that remotely sensed data is available in digital format. Furthermore, the spatial and temporal characteristics of remote sensing permit monitoring of land-use/cover over large areas and different times.

The land cover information can be inventoried by field survey or through visual interpretation of either aerial photographs or satellite images (YUAN ET AL. 2005). An important setback with visual interpretation, whether performed on aerial

or satellite imagery, is that it is time consuming and lacks objectivity as the visually interpreted results solely depends on the image analyst (ZHA ET AL. 2003). As a result, computer-assisted digital image processing techniques have been adopted. Such techniques include automatic image classification using either supervised or unsupervised image algorithms. Compared to conventional visual interpretation, automated classification of satellite imagery offers relatively cheaper and practical means to identify and map land cover categories (RUJOIU-MARE – MIHAI 2016). However, given the heterogeneous nature of land-use/cover, automatic classification still faces some challenges, especially when only the spectral information is relied upon. This problem is further exacerbated by the poor spatial resolution of most of the freely available satellite image but this depends on the scale of the study. Medium resolution sensors like Landsat have proven to be effective in many land cover studies, showing that the spatial resolution is no longer a major issue. Nevertheless, choosing an appropriate classification method remains a major affecting land cover classification.

Landsat-derived vegetation indices (VI) such as the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) can offer a semi-automatic means to classify land-cover with minimal human interference in the classification process. Different land cover classes are usually extracted based on different NDVI thresholds values. VIs have an advantage of minimizing the effects of bare soil, atmospheric and illumination angle on the image (MEUSBURGER ET AL. 2010). Although NDVI was designed for classifying vegetation, it is now increasingly used for land cover classification (BHANDARI ET AL. 2012), soil erosion mapping (PHINZI – NGETAR 2017), and mapping water-related features (BALÁZS ET AL. 2018). However, only a handful of studies have used NDVI for land cover change detection in rural environments. Like urban areas, rural areas equally experience land-use/cover change. The main aim of this study was to employ NDVI detect land-use/cover changes between 1989 and 2017 in a mountainous rural catchment, South Africa.

Study area

Located in the Eastern Cape Province of South Africa, the study area covers a surface area of about 380 km² (*Fig. 1*). The topography is hilly, notable in the northern and eastern sections of the study area. The elevation ranges from 890 m to 2015 m. The climate is semi-arid: the summer is warm with rainfall, while the winter is dry and cold. The temperatures for the catchment lie in the range of 7 °C – 30 °C and the average annual rainfall is approximately 670 mm.

Dataset and classification

Two Landsat image scenes for 1989 and 2017, both which are free of cloud cover, were downloaded from the United States Geological Survey (USGS) website (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). The images were radiometrically corrected in

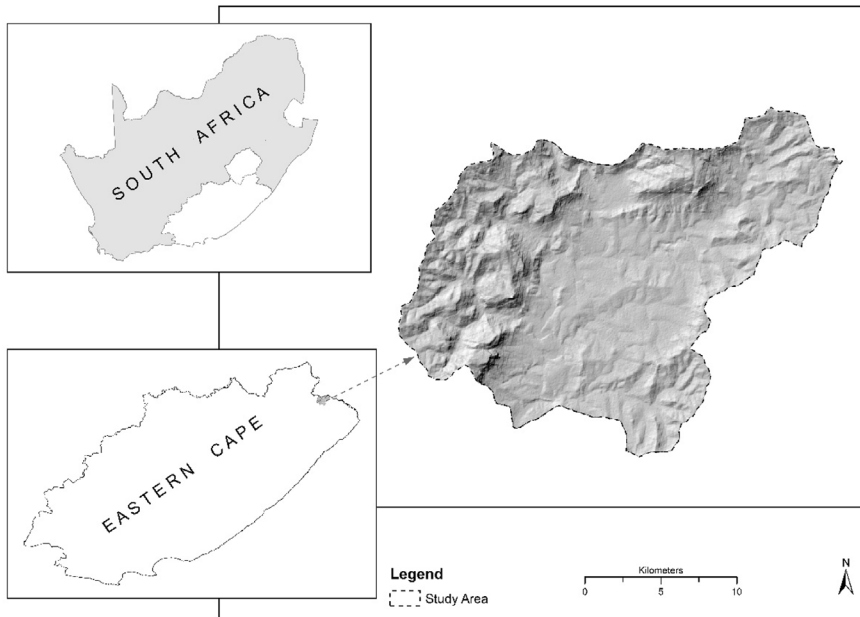


Fig. 1. Study area location

ArcMap, converting their digital values (DNs) to reflectance. Following a USGS-based classification system proposed by (ANDERSON ET AL. 1976), we defined six land-use/cover classes: water bodies, badlands, bare soil and built-up land, agriculture, grassland, and forest. In order to classify land-use/cover, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (*Eq. 1*) was computed and then re-classified into several land-use/cover classes using nested conditional statements in Map Algebra contained in ArcGIS 10.4 version.

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR}-\text{Red}}{\text{NIR}+\text{Red}} \quad (1)$$

where NIR is the near-infrared (Band 4) reflectance, and Red is the visible red (Band 3) reflectance. Confusion matrix, consisting of overall accuracy (OA), kappa coefficient, producer's accuracy (PA), and user's accuracy (UA) (CONGALTON – GREEN 2019), was used to evaluate the accuracy and reliability of the derived land-use/cover products.

Results and analysis

Visual interpretation of land-use/cover classification results clearly indicate that some land-use/cover classes, most notable, badland and forest increased during the period 1989–2017 (*Fig. 2*). Specifically, badlands increased by about 4% from 9.46% in 1989 to 13.19% in 2017, whereas forest increased by almost 10% from 3.35% in 1989 to 13.09% in 2017, accounting for the most positive change (*Fig. 3*).

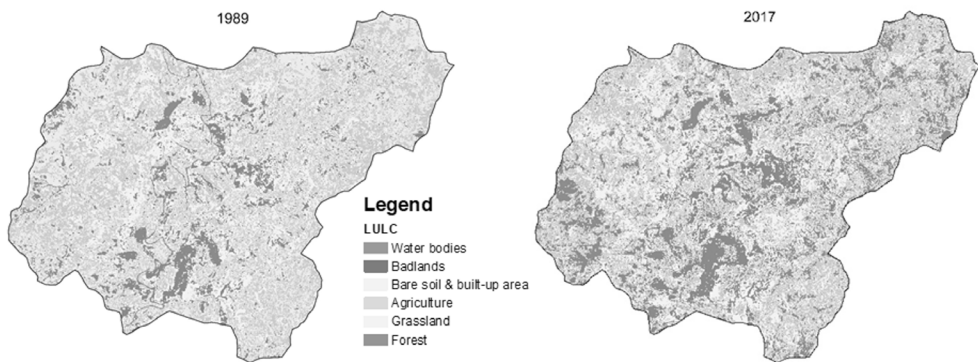


Fig. 2. Land-use/cover classification for 1989 and 2017

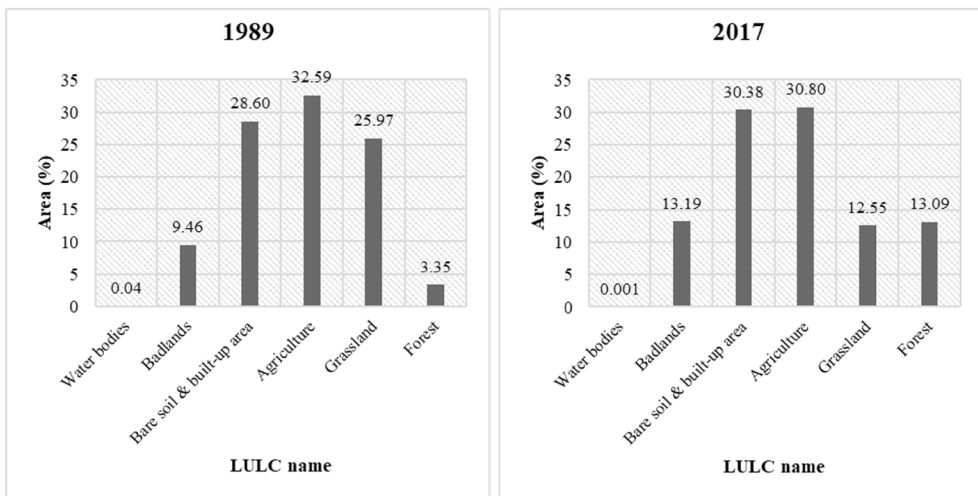


Fig. 3. Proportion of land-use/land cover classes in 1989 and 2017

Although most forests occur naturally within the study area, it is possible that this increase in forest cover is also partly due to plantations but could also be attributed to increased protection of natural forests in the past few decades. Likewise, with an increase of around 2%, bare soil and built-up area increased from 28.60% to 30.38% during the period 1989–2017. This 2% increase in this land-use/cover category can be likely attributed to increase in human population during this period. Perhaps, the most direct reason for the increase in built-up areas relates to the construction of Rural Development Programme (RDP) houses between 1989 and 2017.

On the contrary, a sharp decline (–13.42%) was observed in grassland from 25.97% in 1989 to 12.55% in 2017. Agriculture also recorded a decline (–1.80%) from 32.59% to 30.80% in 1989 and 2017, respectively. A possible explanation for such a decline in grassland relates to increasing human population (KARAMAGE ET AL. 2017). A continuous increase in population exerts severe pressure on natural ecosystems such as grassland which in turn results in the conversion of such ecosystems to other

Table 1. Accuracy assessment metrics (OA, kappa, UA, and PA)

Land-use/cover	1989		2017	
	UA (%)	PA (%)	UA (%)	PA (%)
Water bodies	80	100	73	100
Badlands	80	77	90	68
Bare soil & built-up land	70	70	77	64
Agriculture	77	72	80	86
Grassland	80	73	67	87
Forest	87	87	87	84
OA (%)	79		79	
Kappa	0.75		0.75	

land-use/cover types, i.e. bare soil and built-up area, and forest (PHINZI – NGETAR 2019). This is evident in this study as there was a corresponding increase in bare soil and built-up area, and forest by almost 2% and 10%, respectively. Water bodies which cover the least aerial surface cover compared to other classes decreased from 0.04% in 1989 to 0.001% in 2017, representing a decline of -0.039% . The decrease in water in this time period could either be due erosion, i.e. sedimentation of water bodies resulting in reduced volume of water or climate, i.e. decreased rainfall (PHINZI – NGETAR 2019).

NDVI-based land-use/cover classification achieved reasonable accuracies (Table 1). Both 1989 and 2017 land-use/cover maps obtained the same OA (79%) and kappa coefficient (0.75) results. Class accuracies were all above 70% in 1989 land-use/cover map, with water bodies leading with a PA of 100%, followed by forest, achieving 87% in PA and UA. The 2017 land-use/cover classification recorded accuracies below 70% for three classes: grassland achieved 67% in UA while badlands, and bare soil and built-up land recorded 68% and 64% in PA, respectively. Forest consistently performed better, achieving PA and UA above 80% in both 1989 and 2017 classifications. Such performance of the forest class is not surprising since NDVI is good in classifying vegetation. However, this does not hold for grassland, another vegetation class, which recorded relatively low accuracies, particularly UA (67%) and PA (73%).

Conclusions

This work aimed at studying land cover changes in a rural area in South Africa. Results indicated that the study area has experienced both positive change (in forest, badlands, and bare soil and built-up areas) and negative change (in water bodies, agriculture, and grassland) during the period, 1989–2017. The study concludes that the semi-automatic classification used based on NDVI is satisfactory in land-use/cover classification and can be used to monitor changes in land cover at the scale of the study.

References

- ANDERSON, J.R. – HARDY, E.E. – ROACH, J.T. – WITMER, R.E. (1976): A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Geological Survey Professional Paper 964, U.S. Government Printing Office, Washington DC.
- 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.
- BHANDARI, A.K. – KUMAR, A. – SINGH, G.K. (2012): Feature extraction using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A case study of Jabalpur city. *Procedia Technology*, 6, pp. 612–621.
- CONGALTON, R. G. – GREEN, K. (2019): Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC press.
- HUANG, X. – LIU, H. – ZHANG, L. (2015): Spatiotemporal detection and analysis of urban villages in mega city regions of China using high-resolution remotely sensed imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 53(7), pp. 3639–3657.
- KARAMAGE, F. – ZHANG, C. – LIU, T. – MAGANDA, A. – ISABWE, A. (2017): Soil erosion risk assessment in Uganda. *Forests*, 8(2), pp. 52.
- KAŹMIERCZAK, A. – CAVAN, G. (2011): Surface water flooding risk to urban communities: Analysis of vulnerability, hazard and exposure. *Landscape and Urban Planning*, 103(2), pp. 185–197.
- MEUSBURGER, K. – BÄNNINGER, D. – ALEWELL, C. (2010): Estimating vegetation parameter for soil erosion assessment in an alpine catchment by means of QuickBird imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12(3), pp. 201–207.
- PHINZI, K. – NGETAR, N.S. (2017): Mapping soil erosion in a quaternary catchment in Eastern Cape using geographic information system and remote sensing. *South African Journal of Geomatics*, 6(1), pp. 11–29.
- PHINZI, K. – NGETAR, N.S. (2019): Land use/land cover dynamics and soil erosion in the Umzintlava catchment (T32E), Eastern Cape, South Africa. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 74(3), pp. 223–237.
- RUJOIU-MARE, M.R. – MIHAI, B.A. (2016): Mapping land cover using remote sensing data and GIS techniques: A case study of Prahova Subcarpathians. *Procedia Environmental Sciences*, 32, pp. 244–255.
- YUAN, F. – BAUER, M.E. – HEINERT, N.J. – HOLDEN, G.R. (2005): Multi-level land cover mapping of the Twin Cities (Minnesota) metropolitan area with multi-seasonal Landsat TM/ETM+ data. *Geocarto International*, 20(2), pp. 5–13.
- ZHA, Y. – GAO, J. – NI, S. (2003): Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), pp. 583–594.

Térképi formátumok értékelése az önvezetés szempontjából

Potó Vivien¹ – Lógó János Máté² – Tettamanti Tamás³ – Barsi Árpád⁴ –
Krausz Nikol⁵

¹ doktorandusz, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., poto.vivien@epito.bme.hu

² doktorandusz, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., logo.janosmate@epito.bme.hu

³ egyetemi docens, BME Közlekedés- és Járműirányítási Tsz., tettamanti@mail.bme.hu

⁴ egyetemi tanár, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., barasi.arpad@epito.bme.hu

⁵ egyetemi adjunktus, BME Fotogrammetria és Térinformatika Tsz., krausz.nikol@epito.bme.hu

Abstract: Nowadays, the concept of self-driving cars is no longer a futuristic idea, but a major mainspring of automotive, mapping, and surveying processes. To operate safely, autonomous vehicles will require purpose-built HD Map datasets, which contain significantly more detailed information. Mapping work towards self-driving is based on established object catalogs in GIS, and additional elements are identified to fulfill the self-driving task. Map content remains layered in digital realization. An accurate, detailed digital twin of reality is used by the simulators. HD-maps are maps made for computers; therefore, the physical map formats and exchange formats to convert between physical data formats play an important role in mapping. This paper discusses the importance of these formats in self-driving tasks and the simulation world.

Bevezetés

A XXI. század egyik nagy technikai áttörését a közlekedés témájában az önvezető járművektől várják. Az oda vezető úton azonban csak hosszas fejlesztéssel lehet eljutni. A fejlesztés egyes fázisaiban fokozatosan növekvő mértékben alkalmaznak automatizmusokat vagy – ahogy ezeket a járműves világban nevezik – asszisztenseket. A gyártók azonban szeretnék minél gyorsabban és minél kevesebb költséggel újabb eredményeket elérni, ezért egyre nagyobb kiméretben használják a számítógépet, nemcsak rajzolásra és tervezésre, hanem modellkísérletek, szimulációk elvégzésére is.

A fejlesztés és tesztelés érdekében kezdtek építeni Zalaegerszegen a ZalaZone Járműipari Tesztpályát. Ezzel együtt a járművek fejlesztése, az elektromobilitás elterjesztése, valamint a közlekedéspolitikai célkitűzések támogatása érdekében a Magyar Állam létrehozta a Mobilitás Platformot a Közlekedéstudományi Intézet szakmai koordinációjával. A Platformon belül munkacsoportok alakultak, köztük a Jármű-lokalizációs Munkacsoport, amelynek egyik fontos célkitűzése az, hogy a helymeghatározás és térképezés témakörökben szakmai támogatást nyújtson a járműipari fejlesztőknek. Ebben a törekvésében a munkacsoport a kapcsolódó területen összefoglaló jellegű, ám közérthető és célratörően megírt anyagokat állít össze. A munkacsoport első nagyobb terjedelmű tanulmánya a térképezési munkáról, a digitális térképek tartalmáról és a használatukhoz szükséges formátumok és

szabványok ismertetéséről szól (BARS ET AL. 2020). Jelen cikkünkben e kiadvány alapján a járműfejlesztések szempontjából érdekes térinformatikai aspektusokat foglaljuk össze.

A térkép fogalma és a térinformatikai modellalkotás

A térkép hagyományos megfogalmazás szerint a földfelszín egy darabjának kicsinyített, síkban történő ábrázolása adott szempontok alapján. A térkép mindig konkrét céllal készül, ami a térkép típusát is meghatározza (topográfiai, földmérési, turista, stb.). Az ábrázolt alakzatokat jellemző pontjaikkal, alakhelyesen jelölik, ám ez a méretaránytól függően változhat, egyezményes jelkulcs használatával. A geometriai információk mellett a szöveges tartalom is lényeges kiegészítő eleme.

A kezdetben létező, klasszikus papír alapú térképek esetén az adatok tárolása és megjelenítése összefonódott teljesen. A később megjelent dinamikus digitális térképeket tekintve ezek a szerepek már elkülönültek. Az adatok tárolása egy adatbázisban történik, a vizualizációhoz pedig az adatbázis tartalmát nem befolyásoló megjelenítési méretarányt használjuk. A digitalizációval a szükséges térképi adatok és a megjelenítési mód megadása után a térképi megjelenítés dinamikusan is előállíthatóvá vált. A térinformációs rendszerek (GIS – *Geographic Information System*) a térhez kötődő adatok tárolásán és megjelenítésén felül az adatnyeréssel és azok elemzésével is foglalkoznak. A további fejlesztések során megjelent a magasság is, majd a térképi objektumok egyéb attribútumainak, a POI-k (*Points of Interest* – érdekes pontok) ábrázolása is. Ezáltal egy-egy térképi elemnél már további leíró adatok is elérhetővé váltak: például egy üzlet esetén nem csak a bolt neve látszódott, hanem mondjuk a típusa, nyitvatartása is. Ezek az információk a navigációs alkalmazások meghatározó részeivé váltak.

Az adatok térinformációs rendszerekbe történő felhasználásához a modellezés lépései elengedhetetlenek. Az eredményül kapott modell a valóság egy leegyszerűsített és absztrakt mása lesz; az előállítási folyamat neve modellezés. Az eljárás kiindulási pontja a valós világ. Az elméleti modell létrehozásakor kiválasztjuk a valóság azon részét, amelyre szükségünk van a célunk eléréséhez, és a legkisebb komponenseiből entitásokat definiálunk néhány jellemzőjével (osztály, attribútumadatok, és kapcsolat más entitásokkal). A modellezés következő szintjén, a logikai modell esetében az entitásokat felváltják az objektumok, amelyek a logikai modell alapelemei lesznek. Ezek már számítógépes környezetben is könnyen kezelhetők a tulajdonságaikkal együtt: osztály, geometria, attribútumadatok, kapcsolatok és minőség. Az objektumok megadásánál figyelni kell arra, hogy két objektumnak nem lehetnek pontosan ugyanazok a tulajdonságai. A harmadik, a fizikai szinten az adatok tárolása és elérése történik, jellemzően egy háttértárolón illetve felhőben. Az így létrejött adatmodell által az adatok különféle módokon megjeleníthetők a hagyományos kartográfiai módszereken, illetve térmodelleken felül egyéb multimédiás eszközökkel, továbbá szimulációkban is.

Az önvezetéshez kapcsolódóan jellemzően elsődleges adatnyerési módokat alkalmazunk, mivel ezek kedvezőbb pontosságot és adatminőséget biztosítanak. A műholdas térképezési technika alkalmazásával egy időben igen nagy területről gyűjthetünk adatokat, ám a felvétel felbontása nem elegendő. Légi térképezési módszer esetén a kapott adatok pontossága és részletessége már megfelelő, a légifelvételekből előállított ortofotók alkalmazása kedvelt módszer az online térképek esetén is. A terepi geodéziai módszerek esetén diszkrét pontokként gyűjtjük az adatokat, így habár nem keletkezik felesleges adat és az eredmények pontossága rendkívül jó, nagyobb terület felmérése túlságosan időigényes feladat. Földi lézerszkennelés esetén a kapott pontosság és részletesség is megfelelő, azonban a felmérési idő kevésbé hosszú. Ennél a technikánál az álláspontok megválasztása az egyik kulcskérdés. Mobil térképezéssel jelentősen felgyorsítható az adatgyűjtés a pontosság és részletesség romlása nélkül. A módszer igen népszerű az utak és környezeteinek felmérésében.

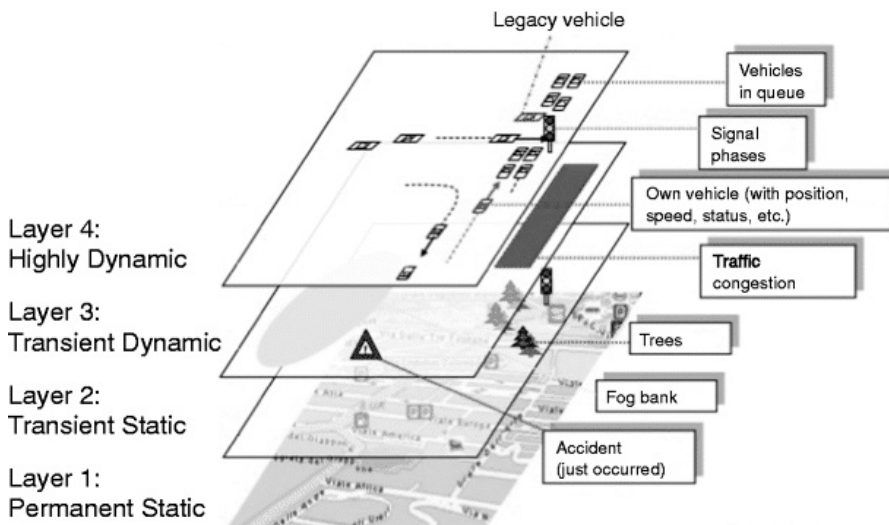
A geometriai és attribútum adatok tárolása manapság jellemzően relációs adatbázisokban történik, amelyek összekapcsolva tartalmazzák a helyzeti, geometriai és attribútum adatokat is. Az adatbázisok könnyen lehetővé teszik az adatok keresését, lekérdezését is.

Térképi adattartalom

A térinformatikai rendszerek kialakításánál kulcsfontosságú lépés a valóság objektumainak kiválasztása, mégpedig azok attribútum adataival és az objektumok közötti kapcsolatok megadásával. A klasszikus objektumkatalógusok és objektumleírásokat cikkünkben nélkülöznénk, helyette inkább a közlekedés szempontjából fontos megoldásokra fókuszálunk. Ki kell azonban emelni azt, hogy például a német ATKIS rendszerben (Hivatalos Topográfiai-Kartográfiai Információs Rendszer), valamint a magyar DAT-szabványban igen részletesen tagolták a közlekedésre, azon belül is a közúti közlekedésre vonatkozó objektumféleségeket, objektumosztályokat és objektumokat. A katalogizált objektumokhoz továbbá részletes leíró adatlistákat definiáltak ('ATKIS-Objektartenkatalog – Geoinformatik Lexikon' 2020; 'ATKIS' 2020)(MIHÁLY 1996; 'Földhivatali Portál – DAT szabályzat' 2020).

Az önvezetés érdekében végzett térképezési munkák ezért érthető módon a hasonló összegyűjtéseket alapul véve az újonnan belépő funkciók kiszolgálására további elemeket azonosítanak. A térképi tartalom összeállításánál lényeges szempontok voltak a térképek paradigmaváltásának következményei, azaz a digitálisan tárolt, akár elosztott adatbázisok részletes háromdimenziós leírásokkal. Közös vonás ezekben az elképzelésekben, hogy a térképeket továbbra is réteges felépítésűnek tekintik. A digitális adattárolásból ered az a lehetőség, hogy a térképi tartalom megváltoztatása egyszerűen és gyorsan történhet meg, akár több közreműködő egyidejű akciója során. A közlekedési áttörés által valósulhat meg, hogy a változások nagyon gyorsan átvezethetők, így a féldinamikus és dinamikus jelenségek térképi vonatkozásai is kezelhetőkké váltak. A térkép ezentúl dinamikus

LOCAL DYNAMIC MAP



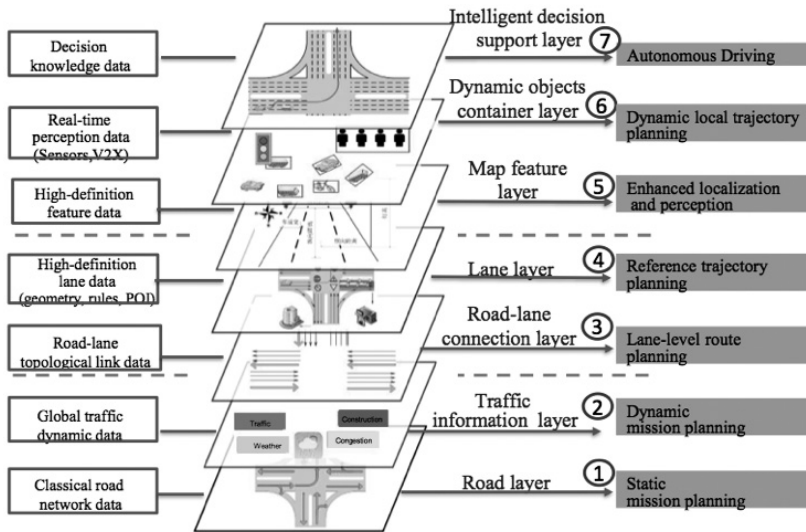
1. ábra A Safespot által kidolgozott Lokális Dinamikus Térkép elképzelés a térképi tartalom rétegszerű bővítésére

adatbázis, amibe akár a másodperc töredéke alatt bekövetkező változások is bejegyezhetők. Ezzel, valamint a többfelhasználós kiszolgálással nyílik meg az út azelőtt, hogy akár az egyes járművek is dinamikus térképi objektumokká válhatnak.

Az EU SAFESPOT projektjében kidolgozott Lokális Dinamikus Térkép (Local Dynamic Map – LDM) ennek megfelelően alapréteggként a hagyományos értelemben vett, de javított részletességű és pontosságú elemeket statikusan tartalmazza. Erre a rétegre épülnek rá az egyre növekvő dinamikával rendelkező elemek rétegei: a lassabban változó terelések, útlezárások rétegei, majd az egyre gyorsabban változó rétegek, mint az időjárás, lámpák jelzésinformációi és végül maguk a közlekedők. Utóbbiak nemcsak a járművek, hanem minden, a forgalomban részt vevő gyalogos és járműtípus (1. ábra) (YUEN ET AL. 2007).

Hasonló elgondolást valósítottak meg Japánban a SIP (Strategic Innovation Promotion Program) ADUS (Automated Driving System for Universal Service) programjában (‘SIP-adus Automated Driving for Universal Service’ 2018). Ennek egyes funkciói már idénre, a Tokiói Olimpiára megnyitására elkészültek.

A Kínai Ipari Innovációs Szövetség Intelligens és Összekapcsolt Jármű programja (China Industry Innovation Alliance for the Intelligent and Connected Vehicles – CAICV) három évvel ezelőtt indult. A célkitűzése kifejezetten az volt, hogy ipari ökoszisztémát építsenek, ipari szabványokat és protokollokat hozzanak létre ezeknek a járműveknek a kiszolgálására. A kínai elképzelés hétrétegű nagyfelbontású térképi struktúrát vázolt fel (2. ábra), amelynek hasonló bővítésmintái figyelhetők meg, mint az európai kutatásban voltak (CHEN 2019).

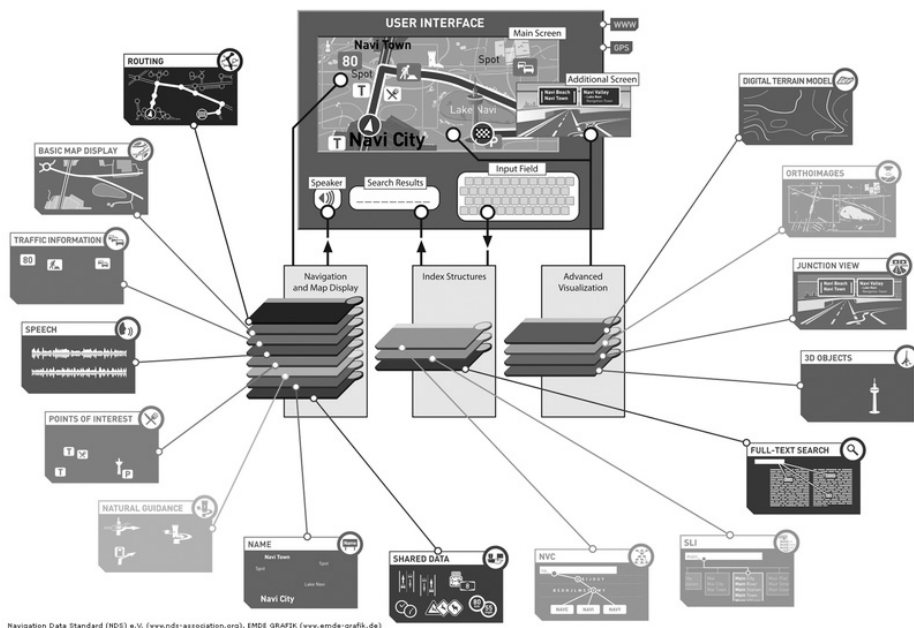


Yang Diange, Jiang Kun, etc. Intelligent and connected vehicles: Current status and future perspectives[J]. Science China(Technological Sciences), 2018, 61(10):20-45.

2. ábra A kínai CAICV program elképzelése a térképi tartalomról

Fizikai és csereformátumok

Az önvezetéshez alkalmazott térképek szabadalmazott formátumokat használnak a térképi adatok tárolására. Ezek a fizikai formátumok alapvetően két alaptípusba sorolhatók. Az egyik csoport az XML leíró nyelvet alkalmazza, míg a másik a Google Protobuf formátumot. A Protobuf formátum az XML-hez hasonló, de célját tekintve gyorsabb annál. Az építőköveket felhasználva a tényleges fizikai realizációk közül az NDS (‘NDS Association webpage’ 2018; ‘NDS Open Lane Model webpage’ 2019) és az OpenDRIVE (‘OpenDRIVE webpage’ 2015) formátumot emelnénk ki. Az NDS rövidítés jelentése Navigation Data Standard. Az NDS Association (NDS Szövetség) egy Németországban bejegyzett egyesület, amelynek tagjai az autógyártók és az autóiipari beszállítók, térképadat szolgáltatók és szoftverfejlesztők. Az egyesület célja a járműnavigáció és az ADAS (*Advanced Driver Assistance Systems* – fejlett vezetéstámogató rendszerek) biztonsági rendszerek globális szabványának a létrehozása, amely naprakész, globálisan alkalmazható, és széleskörben elfogadott az autóiipari területen. Ennek érdekében kifejlesztettek egy szabványos adatbázis formátumot a navigációs információk tárolására (3. ábra). Az NDS külön kezeli a navigációs szoftvert és a navigációs adatokat. Az adatbázisban tárolt bináris adatokból egy fordító segítségével készül a navigációs termék. A standardizált tárolás miatt a formátum könnyen képes kiszolgálni a világon használt különböző navigációs szoftvereket. Az NDS a térképi adatokat klaszterekbe rendszerezi és építőelemeknek nevezi (Building Blocks). Az önvezetés szempontjából fontos információkat a következő klaszterek tárolják: Routing Building Block, Lane Building Block, Localization Landmark Building Block, Obstacles Building Block (KLEINE-BESTEN ET AL. 2015).



3. ábra NDS rétegek

Az alapadatok fedélzeti adatbázisként tárolhatók, de az önvezetéshez szükséges térképi információk csempe rendszerű felosztásban érhetőek el. Az összegyűjtött és megosztott érzékelőadatok térképi információkra hivatkoznak és megfelelő felületen keresztül érhetőek el. Az önvezetési funkcióval rendelkező járművek szükség szerint fel tudják használni ezeket az adatokat az útvonalválasztási helyzetekben. Ezek az információk lehetnek forgalmi adatok, veszély/vészhelyzet jelzések, dinamikus sebességkorlátozások, időjárás adatok.

Az OpenDRIVE ötlet alapja a felhasználók és az adatbázisok kapcsolatának biztosítása. Az OpenDRIVE koncepció egy logikai modellt és egy fájlformátumot határoz meg az úthálózatok leírásához. Ez a formátum egy hierarchikus struktúrába rendezett adatok összessége, amely XML kiterjesztéssel rendelkezik. Az XML leíró nyelv előnye, hogy könnyen szerkeszthető és importálható különböző szoftverekbe. A formátum nyílt forráskódú, szabadon felhasználható. Az OpenDRIVE fő célja a szimulációs alkalmazások területe, amelyek pontos útgeometriai leírást igényelnek, ideértve a felület tulajdonságait, a jelöléseket, a jelzőablákat és a leíró tulajdonságokat, például a sávtípusokat és az irányokat. Az útdatok manuálisan is létrehozhatók a szerkesztési szabályok alapján. A szabványosított formátum eléréséhez a célok megfogalmazásánál szerepel:

- az adatformátumnak nemzetközi és nyilvános elérésűnek kell lennie,
- az adatformátumnak bővíthetőnek kell lennie,
- kerülni kell az országspecifikus elemek használatát,
- a felhasználás fókuszja a szimulátorok támogatása, kiszolgálása, adatsere biztosítása.



4. ábra Látványos és élethű grafikus megjelenítés a CarMaker szoftverben

Számos autógyártó használja a formátumot virtuális tesztkörnyezet kialakítására és ADAS fejlesztésre.

A két fizikai formátum mellett fontos megemlíteni az adatcsere lehetőségére létrehozott GDF (Geographic Data File) formátumot. Ez a formátum több mint egy GIS szabvány. Minden részletre kiterjedően megadja az adatok gyűjtésére, és struktúrálására és a topológia kialakítására vonatkozó leírásokat, az objektumkatalógus tartalmát és szerkezetét, az alkalmazható attribútumok típusát és kapcsolatait. A specifikáció kiterjed a metaadatok minőségére is. A GDF szabvány alkalmazásfüggetlen ('ISO/DIS 20524-2 – Geographic Data Files (GDF) – GDF5.1' 2020; 'ISO 14825:2011 – Geographic Data Files (GDF) – GDF5.0' 2020).

Elvárások és a formátumok értékelése

A szimulációk és tesztek elvégzéséhez nemcsak megfelelő számítógépes háttérre (hardverre és szoftverre) van szükség, hanem a valóság egyre pontosabb leírását lehetővé tevő adatok bevonására is. Ezen adatoknak a tárolására számos megoldást találtak már; a formátumok azonban nem egyformán támogatják a teljeskörű megadási módokat.

Az egyik legkézenfekvőbb vizsgálat során a gyakrabban használt szimulációs környezetek felől lehet a térképi formátumokat vizsgálni. A járművekkel kapcsolatban megkülönböztethetünk

- járműmodellező és tesztelő szoftvereket: ezekkel a járművek egyes részeinek, alkatrészeinek vagy akár egészének működését, viselkedését lehet tanulmányozni. Például az IPG CarMaker (4. ábra), a PreScan, a Vires VTD, vagy a dSpace említhető meg.
- mikroszkópikus és makroszkópikus forgalomszimulációs szoftvereket: ezekkel a járműforgalom elemezhető. Erre a kategóriára példa a SUMO, a Visum, a Vissim.

- alkalmazhatunk játék-motorokat (*game engine*), amelyekkel valósághű megjelenítés, virtuális és augmentált valóság hozható létre. Itt a Road Runner, a Unity, vagy az Unreal Engine tekinthető példának.
- numerikus számítási környezeteket: általános matematikai eszközök alkalmazásának szoftverei hatékony beépített eljárások révén. A legjobb példa erre a csoportra a Mathworks Matlab.

A szimulátorok adatfeltöltése során a térképi állományok kétféle adattartalmat hordoznak. A **statikus tartalom** alatt a térképek méretét, az adatbázis struktúrájának és szerkeszthetőségének mértékét, a frissítési folyamat összetettségét, a skálázhatóságot (szimuláció különböző szinteken vs. valóság), a geometriai adottságok (mindenféle elem) kezelésének lehetőségeit, a közlekedési szabályok kezelését, az útfelületi modellek alkalmazását, az egyes objektumok pontosságát, a koordináta- és vetületi rendszerek támogatását vagy a kommunikációs lehetőségeket (V2X, 5G) értjük. Ezeknek a szempontoknak megfelelően követelményeket támaszthatunk és rangsorolhatjuk a formátumokat. A **dinamikus adattartalom** és az adatokkal szembeni követelmények lehetnek az automatikus vezetés és az ADAS kiszolgálása, az átmeneti szabályok (pl. útlezárás) kezelése, a nagydinamikájú objektumok (baleset, járművek, gyalogosok stb.) menedzselése. Ez utóbbi csoport igazi kihívást jelent a modern térképi adatbázisok kialakításakor. Jelenleg ezen információsrétegek integrálása képezi a legtöbb jelentős kutatás és szabványosítás témáját. Ilyen ADAS-ban elérhető asszisztens például a hegymeneti asszisztens, amely a térkép magassági adatai alapján szabályozza a gázadást, s lehet a segítségével gazdaságosabban üzemeltetni a kamionokat. Hasonlóképp térképi háttérre támaszkodik az autópálya „pilóta” (*Highway Pilot*), amely a jármű teljes vezérlését valósítja meg autópályán, figyelembe véve a pillanatnyi forgalom nagyságát és sebességét, sávtartással, előzésekkel – maximális biztonság mellett.

A tanulmányban a teljes szempontrendszer és annak felhasználásával a gyakoribb formátumok értékelése olvasható (BARSÍ ET AL. 2020). A szerzők úgy látják, hogy a jelenleg használatos formátumok közül kiemelkedő szerepe van és várható a közeljövőben a Navigation Data Standard (NDS), az OpenDRIVE és a Geographic Data Files (GDF) nevű formátumoknak.

Összefoglalás

Cikkünkben kísérletet tettünk arra, hogy a közúti közlekedés közeljövőben várható alkalmazása szempontjából áttekintsük a legfontosabb térinformatikai aspektusokat. Az egyre automatikusabb, végső soron az önvezető járművek kifejlesztéséhez több és több számítógépes technológia bevonásán keresztül vezet az út. Ezeknek a szoftvereknek egy fontos köre, a szimulátorok a valóság pontos, részletes digitális mását („*digital twin*”) követelik meg a jobb minőségű termékek, szolgáltatások eléréséhez. A terepi felmérésekből készített modern térképi adatállományok formátumai nagyfokú gazdagságot mutatnak, azonban a járműipari

követelmények szempontjából is alaposan tesztelni kell azokat. A cikkünk háttéréül szolgáló kutatásainkból a Mobilitás Platform számára hosszabb terjedelmű, angol nyelvű tanulmányt állítottunk össze, amelynek legérdekesebb, a térinformatikus világ számára kihívásokat jelentő irányelveit próbáltuk meg összegezni rövid írásunkban.

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-3.6.3-VEKOP-16-2017-00001 program.

Felhasznált irodalom

[Internet] *ATKIS-Objektartenkatalog – Geoinformatik Lexikon* (2020)

[Internet] *ATKIS* (2020)

[Internet] *Földhivatali Portál – DAT szabályzat* (2020)

[Internet] *ISO/DIS 20524-2 – Geographic Data Files (GDF) – GDF5.1* (2020)

[Internet] *ISO 14825:2011 – Geographic Data Files (GDF) – GDF5.0* (2020)

[Internet] *NDS Association webpage* (2018)

[Internet] *NDS Open Lane Model webpage* (2019)

[Internet] *OpenDRIVE webpage* (2015)

[Internet] *SIP-adus Automated Driving for Universal Service* (2018)

BARSI, Á. – CSEPINSZKY, A. – GÁBOR, Á. – KRAUSZ, N. – LÓGÓ, J. M. – POTÓ, V. – SZIGETI, C. – TETTAMANTI, T. – VARGA, B. (2020): Evaluate and test physical map data formats. Budapest.

CHEN, S. (2019): “China Standard” HD Map Structure. medium.com.

MIHÁLY, S. (1996): DAT-M1 A DAT Szabályzat melléklete.

KLEINE-BESTEN, T. – BEHRENS, R. – PÖCHMÜLLER, W. – ENGELSBERG, A. (2015): Digital maps for ADAS. Handbook of Driver Assistance Systems: Basic Information, Components and Systems for Active Safety and Comfort. Springer International Publishing, pp. 647–661.

YUEN, B.A. – BROWN, C. – DAIMLER, C.Z. – HILLER, C.A. – AHLERS, I.F. (2007): SAFESPOT – IST-4-026963- Innovative Technologies Deliverable D3.3.3.: Local dynamic map specification.

Exploring urban sustainability dimension through land use optimization

Md Mostafizur Rahman^{1,2} – György Szabó¹

¹ Department of Photogrammetry and Geoinformatics, Budapest University of Technology and Economics, Hungary, mostafizur.rahman@epito.bme.hu (MMR); szabo.gyorgy@epito.bme.hu (GS)

² Department of Urban and Regional Planning, Rajshahi University of Engineering and Technology, Bangladesh, mostafizur@urp.ruet.ac.bd (MMR)

Abstract: Urban sustainability has gained much attention globally in past few decades due to continued increase in urban population and limited resources. Although, land use planning has been studied in relation to urban sustainability, but less attention has been drawn by researcher to understand the contribution of land use optimization to achieve urban sustainability. Against this background, using PRISMA protocol, we have systematically reviewed 55 articles to understand to what extent urban sustainability has been reflected in land use optimization. Our findings show that maximization of spatial compactness, land suitability and land use compatibility are the most common land use optimization objectives which have influence on urban sustainability. The study also indicates that about 68.97% urban sustainability indicators could be achieved through land use optimization.

1. Introduction

The emphasizes of urban sustainability has drawn the attention by researchers and policy makers since 1990s. According to BLACK (2002), the urban sustainability can be broadly defined as urban development and practices that satisfies present needs without compromising the ability of future generations to meet their own needs. Land use is an important element that can directly and indirectly affect achievement of urban sustainability in many ways (COHEN 2017). But it is argued that current urban land use pattern is far from sustainability. Existing practice in urban land use leads to economic inefficiency, social inequality, disorder of transportation system, deterioration of the environment, loss of urban health and life etc. (CURTIS 2008). Considering these problems, in recent years, emphasis has been placed to devise effective land use planning that can produce optimal benefits contributing to achieve urban sustainability.

Land use optimization is an important instrument to achieve urban sustainability which aims to achieve long-term balanced urban development through environmental protection, efficient resources use, economic prosperity, and social equity (COHEN 2017). Against the background stated above, this study aims to explore how do land use optimization problems address urban sustainability. To achieve the objective, this study adopts a systematic literature review to understand how urban sustainability is reflected in land use optimization.

2. Materials and Methods

This study follows systematic literature review approach in understanding to what extent urban sustainability has been reflected in land use optimization. We have identified the urban sustainability dimensions first. Then, we followed Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) protocol for systematic review on land use optimization. PRISMA is an evidence-based minimum set of items developed for reporting in systematic reviews and meta-analyses of literature (MOHER ET AL. 2009). We have used Web of Science and Scopus database for literature search. We have limited our search to journal article written in English till 23th July 2020. The search term “(land AND (optim* OR Allocat*)) OR (((land AND zoning) OR (spatial AND planning)) AND optim*)” has been used to identify article on land use optimization. Using the search term, we have identified 1119 and 1150 articles from Web of Science and Scopus database respectively. We have exported the identified articles database in CSV and Excel format and finally compiled in Excel format for further analysis. We have also identified 22 articles from other sources. The systematic screening procedure, to include the full text article for review, has been illustrated in section Fig. 1. A total of 2291 articles have been identified, out of which 865 articles were removed considering the duplicate records. In the next stage, 1131 articles were excluded based on exclusion criteria leaving 295 articles for full text review. In the final stage, we scanned these 295 articles thoroughly and finally included 55 articles for our review based on inclusion and exclusion criteria. We have used MS Excel and R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2011) for our analysis.

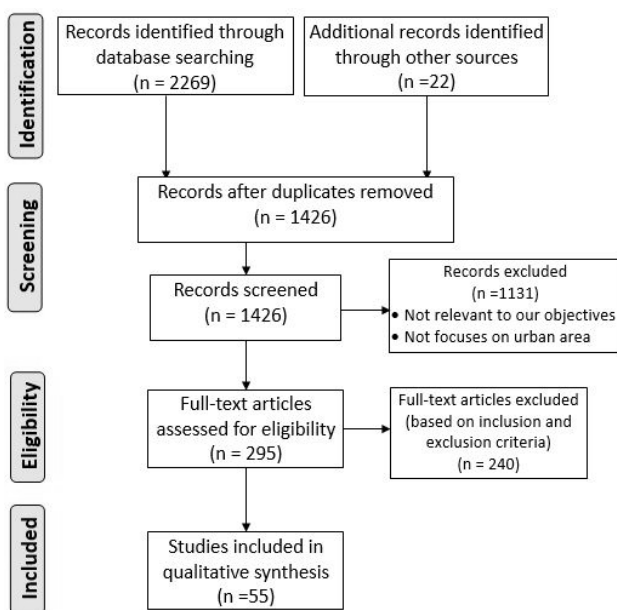


Fig. 1. PRISMA flow diagram of literature search and final inclusion of paper
Adapted from (MOHER ET AL. 2009)

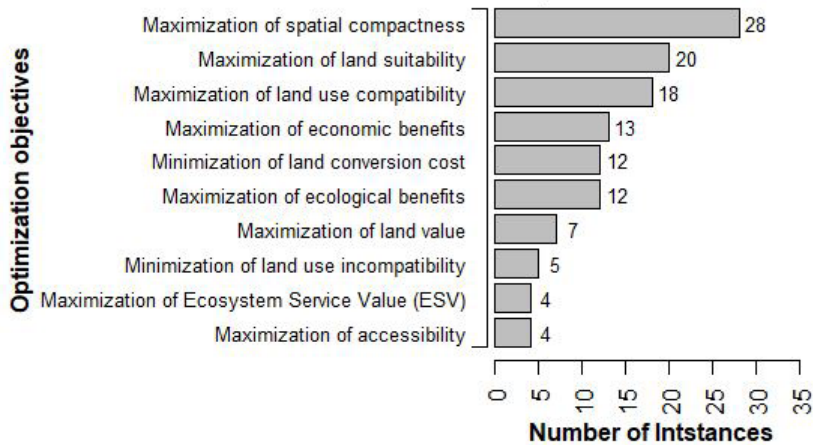


Fig. 2. Ten (10) most frequently used objectives in urban land use optimization problem

3. Result and discussion

COHEN (2017) has identified 29 indicators of urban sustainability. These indicators are very good to understand urban sustainability. First, we have identified the objectives used in land use optimization. Then we have made a similarity of those indicators with land use optimization objectives to understand to what extent urban sustainability is reflected in land use optimization. We have extracted the objectives used in the 55 land use optimization articles. We have identified about 168 objectives out of which 43 objectives are unique. The ten (10) most frequently used objectives are presented in Fig. 2. The Fig. 2 shows that some objectives were used more frequently in different studies indicating their clear importance over others.

First comes the objective *maximization of spatial compactness*. It constitutes about 16.67 % (n=28) of the total objectives. The benefits of spatial compactness are well documented in the literature (WILLIAMS ET AL. 2013). These benefits include less emission from transport, promote walking and bicycling, short travel distance, equitable access to social infrastructure and services, promote public health, revitalization of urban core etc. The collective benefits of spatial compactness in urban land use contribute to achieve sustainable urban development (BURTON 2002).

The second important objective used in urban land use optimization is the *maximization of land use suitability* followed by *maximization of land use compatibility* which accounts for 11.90% (n=20) and 10.71% (n=18) of the total objectives respectively. The land suitability increases the quality of life which contributes to social dimension of urban sustainability (TULLOCH 2009). Land use compatibility addresses how compatible the adjacent uses are. The land compatibility has significance in achieving social interactions, pleasant and healthier environment, increasing urban livability through human-environment interaction (SONG – CHEN 2018). Some other objectives used frequently in urban land use optimization are Maximization of economic benefits, Maximization of ecological benefits,

Table 1. Objective variables(indicators) and corresponding sustainability dimension

Objective Variable	Sustainability Dimension	Objective Variable	Sustainability Dimension
Spatial Compactness	<i>Social</i>	Employment Capacity	<i>Economic</i>
Land Suitability	<i>Social</i>	Floor Area Ratio	<i>Social</i>
Land Use Compatibility	<i>Social</i>	Geological Suitability	<i>Environmental</i>
Economic Benefits	<i>Economic</i>	Housing Capacity	<i>Social</i>
Ecological Benefits	<i>Environmental</i>	Land Transformation Benefit	<i>Environmental</i>
Land Conversion Cost	<i>Economic</i>	Mixed Use	<i>Social</i>
Land Value	<i>Economic</i>	Recreational Value of Land	<i>Social</i>
Land Use Incompatibility	<i>Social</i>	Landscape Visual Quality	<i>Social</i>
Accessibility	<i>Social</i>	Wind Potential	<i>Environmental</i>
Ecosystem Service Value	<i>Environmental</i>	Environmentally Sensitive Area	<i>Environmental</i>
Contiguity	<i>Social</i>	Development of Open Space	<i>Environmental</i>
Gross Domestic Product	<i>Economic</i>	Erosion	<i>Environmental</i>
Social Benefits	<i>Social</i>	Expansion of Urban Sprawl	<i>Environmental</i>
Travel Cost	<i>Economic</i>	Impervious Surface	<i>Environmental</i>
Dependency	<i>Social</i>	Net Primary Productivity	<i>Economic</i>
Environmental Benefits	<i>Environmental</i>	Nimby Influence	<i>Environmental</i>
Land Value	<i>Economic</i>	NPS Pollution	<i>Environmental</i>
Risk from Heat Waves	<i>Environmental</i>	Urban Redevelopment	<i>Environmental</i>
Agricultural Productivity	<i>Economic</i>	Risk from Flood Events	<i>Environmental</i>
Commercial Land Use	<i>Economic</i>	Agricultural Productivity	<i>Economic</i>
Conservation Suitability	<i>Social</i>	Transport Emission	<i>Environmental</i>
Construction Suitability	<i>Social</i>		

Source: Prepared by the Authors

Minimization of land conversion cost, Maximization of land value, Minimization of land use incompatibility, Maximization of accessibility, Maximization of Ecosystem Service Value (ESV). All of these objectives contribute to achieve urban sustainability in many ways (BURTON 2002).

As we mentioned earlier, we have identified 43 unique objectives used in 55 articles. To understand the relevance of land use optimization with urban sustainability, we have classified these 43 objective variables (indicators) into three urban sustainability dimensions: social, environmental, and economic. Table 1 presents the unique objective variables and corresponding categories of urban sustainability. From Table 1, it is evident that a lot of important urban sustainability indicators (objective variable) have been used in land use optimization. Classification of the indicators was done based literature and our own understanding.

For example many researchers argued that social benefits can be collectively achieved through compatibility, compactness and accessibility etc (LIU ET AL. 2014) and environmental benefits can be achieved through ecological and ecosystem service value etc. (HUANG ET AL. 2016). A single indicator may contribute to all three dimensions of urban sustainability, but we have placed each variable in only one dimension based on importance of that variable to specific dimension.

COHEN (2017) have identified 29 indicators that can contribute to achieve urban sustainability. For the detail list of indicators please see COHEN (2017). We have examined a similarity check of those 29 indicators with the objective variables (indicators) which were identified from 55 articles. Based on our understanding, about 20 indicators are related to objective variables used in land use optimization. Which clearly shows that land use optimization can contribute to achieve 68.97% (n=20) of urban sustainability indicators (n=29). Fig. 3 illustrates the distribution of core urban sustainability dimensions considered in land use optimization. Fig. 3 indicates that urban sustainability dimensions(indicators) were frequently used in many land use optimization problems. It is also evident that environmental dimension was considered most frequently (39.53%, n=17) followed by social (34.88%, n=15) and economic (25.58%, n=11) dimension.

4. Conclusion

The study presents an evidence that urban sustainability has been considered in many land use optimization problems with great importance. We have systematically reviewed 55 articles to show how can land use optimization contribute to achieve urban sustainability. There are many indicators of urban sustainability dimensions and most of them (68.97%, n=20) can be achieved through land use optimization. In this study, we have only presented the land use optimization objectives and associated indicators are related to urban sustainability. The study shows that maximization of spatial compactness, land suitability and land use compatibility are most frequently used objectives in land use optimization. This findings is significant and is also supported by HANDAYANTO ET AL. (2017). They used four criteria namely compactness, compatibility, dependency, and suitability to determine the urban sustainability. We realize that this kind of study would help researcher to frame urban sustainability through land use optimization.

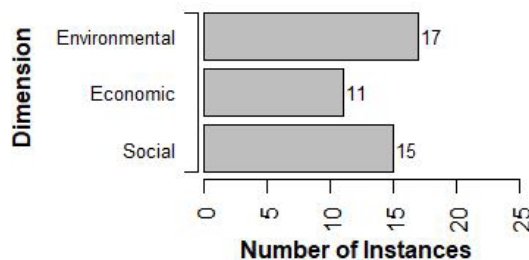


Fig. 3. Urban sustainability dimensions considered in land use optimization

5. References

- BLACK, W. (2002): Sustainable Transport And Potential Mobility', European Journal Of Transport And Infrastructure Research. doi: 10.18757/ejtir.2002.2.4.3722.
- BURTON, E. (2002): Measuring urban compactness in UK towns and cities. Environment and Planning B: Planning and Design. doi: 10.1068/b2713.
- COHEN, M. (2017): A systematic review of urban sustainability assessment literature. Sustainability (Switzerland). doi: 10.3390/su9112048.
- CURTIS, C. (2008): 'Planning for sustainable accessibility: The implementation challenge', Transport Policy. doi: 10.1016/j.tranpol.2007.10.003.
- HANDAYANTO, R.T. ET AL. (2017): Achieving a sustainable urban form through land use optimisation: Insights from Bekasi City's land-use plan (2010-2030). Sustainability (Switzerland). doi: 10.3390/su9020221.
- HUANG, Y. ET AL. (2016): Optimization of land use structure in Beijing based on goal of similar city in world. Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84960366049&doi=10.11975%2Fj.issn.1002-6819.2016.04.031&partnerID=40&md5=0ed6ffc6a9aba5bcfb470970b2c5a184>.
- LIU, Y. ET AL. (2014): Regional land-use allocation with a spatially explicit genetic algorithm. Landscape and Ecological Engineering. doi: 10.1007/s11355-014-0267-6.
- MOHER, D. ET AL. (2009): Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. PLoS Medicine. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- R Development Core Team, R. (2011): A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing. doi: 10.1007/978-3-540-74686-7.
- SONG, M. – CHEN, D.M. (2018): A comparison of three heuristic optimization algorithms for solving the multi-objective land allocation (MOLA) problem. Annals of GIS. doi: 10.1080/19475683.2018.1424736.
- TULLOCH, D. (2009): 'The Living Landscape: An Ecological Approach to Landscape Planning (2nd ed.) ', Journal of the American Planning Association. doi: 10.1080/01944360903169717.
- WILLIAMS, K. – BURTON, E. – JENKS, M. (2013): Achieving sustainable urban form, Achieving Sustainable Urban Form. doi: 10.4324/9780203827925.

Radarmérésen alapuló csapadékadatok földfelszíni állomásokkal történő korrekciója Magyarország területén

Schneck Tamás¹ – Telbisz Tamás² – Zsuffa István³ – Magyarai Sándor István⁴

¹ PhD-hallgató, ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék; tudományos segédmunkatárs, VITUKI Hungary Kft. email: tomi.schneck@gmail.com

² egyetemi docens, ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék

³ főiskolai docens, NKE VTK Víz- és Környezetpolitikai Tanszék; tudományos tanácsadó, VITUKI Hungary Kft.

⁴ BSc-hallgató, ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék; gyakornok, VITUKI Hungary Kft.

Abstract: Radar-based precipitation measurements have been playing an increasingly important role in the last decades. One reason for this is that they provide essential boundary conditions for the increasingly used hydrological models. Indeed, these measurements provide precipitation data with the desired high temporal and spatial resolutions, on the other hand their accuracy lags behind the accuracy of station based data. Thus, radar-based data needs corrections before applying them for modelling purposes. This article introduces a correction method that significantly improves the accuracy of available radar data, on the basis of station-based measurements. The so-corrected radar data contributes to the improvement of accuracy of hydrological models being developed for the catchments of Hungary.

Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben a csapadékmérés és a hidrológiai modellek fejlődésével fokozatosan előtérbe kerültek a radarmérésen alapuló csapadékadatok, amelyek térben és időben is nagy felbontást biztosítanak.

Az időjárás-radarok olyan távérzékelési eszközök, amik másodpercenként több száz alkalommal bocsátanak ki magas frekvenciájú impulzusokat. Az impulzus útjába kerülő tárgyak, a vízcseppek, egyrészt elnyelik a sugarakat, másik részük pedig szóródik azokon; utóbbiakat a radar képes érzékelni. Ezekből a mérésekből meg lehet becsülni a felszínre érkező csapadék intenzitását, valamint annak mennyiségét (HADVÁRI ET AL. 2018). A becslés pontosságát számos tényező befolyásolhatja, többek között például a hullámhossz és a radartól való távolság is. Ennek kiküszöbölése érdekében célszerű a radarmérések adatait egyéb adatokkal korrigálni.

A korrekciót eleinte a radar és a földi állomások mérései közötti különbség minimalizálására dolgozták ki. A radar visszaverődési értékeinek csapadékmennyiségekre történő átszámítását WILSON (1970) 28 csapadékeseményre végezte el, 168 földi állomás és egy radar adatai alapján az 1964–1968 közötti időszakon belül. Megállapításai szerint 1000 négyzetmérföldes területre vonatkozóan akár 39%-kal is csökkenthető az RMS (négyzetes közép eltérések) hibája egy felszíni állomás adatait felhasználva.

A radaradatok korrekciója során BRANDES (1975) területi korrekciós mezőt alkalmazott az eredeti radaradatokra vonatkozóan, ahol korrekciós tényezőkre interpolált. Mindehhez a Barnes-féle objektív elemzési technikát (BARNES 1964) használta fel.

Ehhez hasonló módszert alkalmazott MICHELSON – KOISTINEN (2000) is, ahol a Baltic Sea Experiment keretein belül vizsgálták a pontszerűen mért adatok és a radaradatok közötti kapcsolatot. A korrekciójukhoz másodfokú függvényeket alkalmaztak a felszíni mért és radaradatok hányadosát, valamint a radartól való távolságot felhasználva, amelynek eredményeként a radar és a felszínen mért adatok közötti különbség szignifikáns csökkenést mutatott.

Az előzőeknél bonyolultabb eljárás a radaradatok korrekciójára a különböző interpolációs eljárások alkalmazása, amelyek közül a 'Co-kriging'-et már KRAJEWSKI (1987) is alkalmazta kutatásai során.

GOUDENHOOFDT – DELOBBE (2009) Belgium területén hasonlítottak össze különböző interpolációs módszereket, a Royal Meteorological Institute C-sávú radarral és a felszíni állomásokkal mért adatait felhasználva. Vizsgálatuk során kiderült, hogy a kriging két komplexebb változata ('Kriging with radar-based error correction' és 'Kriging with external drift') akár 40%-os javulást is eredményezhet az eredeti radaradatok átlagos abszolút hibájához viszonyítva. Ehhez hasonló komplex eljárást alkalmazott SINCLAIR – PEGRAM (2005), valamint BERNDT ET AL. (2014) is.

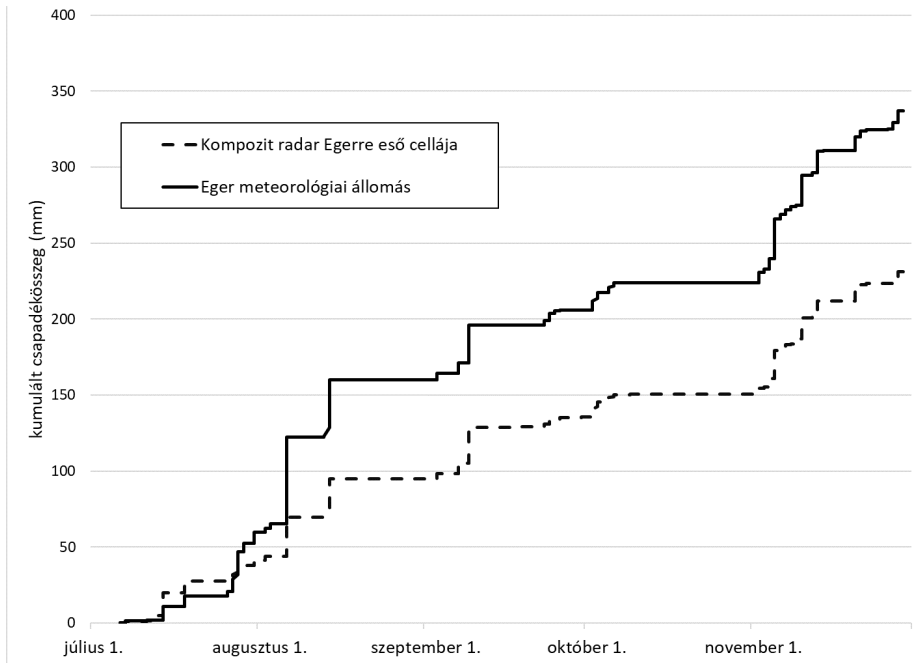
Hazánk területén az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) által koordinált „Dinamikus Vízkészlet-gazdálkodás” projekt keretein belül folyik hidrológiai modellezés, amely során az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) által biztosított országos kompozit-radar adatokat használják fel input csapadékadatként. Azonban a radaradatok adott időszakra vonatkozó kumulált összegei az ország egyes területein nagymértékben eltérnek a felszíni állomásokon mért kumulált csapadékösszegektől. Ez az eltérés modellezési szempontból hibás eredményekhez vezethet. Kutatásunk végső célja e hibalehetőség kiküszöbölése.

Adatok

A munkánk során felhasznált adatok 2018. január 1.-től állnak rendelkezésünkre, amelyek az OMSZ, illetve az egyes Vízügyi Igazgatóságok (VIZIG-ek) méréseiből származnak.

Az OMSZ radarhálózata 4 darab C-sávú Doppler-radarból áll, melyek Pogányváron, Napkoron, Budapesten és Szentesen helyezkednek el (Hadvári et al., 2018). Az egyedi állomások által mért adatokat országos radarkompozitképpé alakítják. Ezen adatok megközelítőleg 1,8×1,8 km-es térbeli felbontásban, és 1 órás időbeli felbontásban érhetőek el. Az adatok az ország teljes területét lefedő 240 sorú és 400 oszlopú raszter rácsponthálójára vonatkoznak.

Az OMSZ és a VIZIG-ek további csapadékadatai 839 felszíni (hidro) meteorológiai állomás méréseiből származnak. Ezek a mérések részben órás időbeli



1. ábra Radarmérésen alapuló és felszíni meteorológiai állomások kumulált csapadékösszegei Egerre vonatkozóan (2019. július 1. – 2019 november 30.)

felbontású automata állomásokkal történik, míg másik részük Hellmann-rendszerű csapadékmérők 12 órás vagy napi manuális leolvasásából származnak.

A csapadékadatok tekintetében elmondható, hogy a vizsgált esetek nagyrészt a kompozit radar a felszíni állomásokhoz képest alábecsüli a csapadékösszegeket (1. ábra).

Módszer

A kutatásunk során felhasznált módszer alapjaiban nagyon hasonlít a GOUDENHOOFDT – DELOBBE (2009) által bemutatott 'Kriging with radar-based error correction', valamint a SINCLAIR – PEGRAM (2005) és BERNDT ET AL. (2014) kutatásaiban szereplő 'Conditional merging' eljárásokra. A módszer 1-dimenziós változatát a 2. ábra szemlélteti. A ténylegesen alkalmazott 2-dimenziós változat azonos lépésekből áll, azzal a különbséggel, hogy az interpolációk nem egyenesek mentén, hanem az állomásadatokra feszített háromszögháló lapjai mentén történnek.

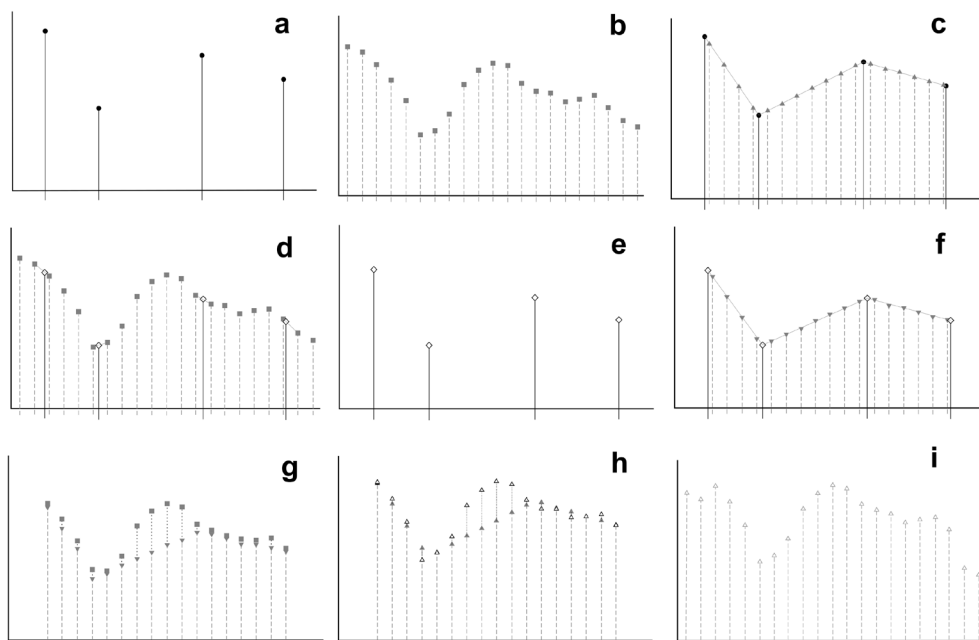
Első lépésként a módszer a felszíni állomások adataira (2a. ábra) Delaunay háromszöghálót feszít ki. A háromszögek lapjai mentén történik a lineáris interpoláció (2c. ábra). A radarmérések (2b. ábra) cellaközéppontjaiból szintén lineáris interpolációval csapadékösszegeket számít a módszer, a felszíni állomások helyein (2d-e. ábra). Ezekre az adatokra újfent Delaunay háromszöghálót illeszt, majd a háromszögek mentén ismételtelen elvégzi a lineáris interpolációt (2f. ábra).

A korrekció folytatásaként a módszer számolja a mért és interpolált radarértékek különbségeit (2g. ábra), melyeket végezetül a felszíni állomások interpolációjából létrejött adatokhoz hozzáad (2h. ábra).

Időben változó adatokról lévén szó, a módszer a fenti térbeli korrekciót minden egyes időpontban elvégzi. A folyamat végén kapjuk a kérdéses területre vonatkozó korrigált radarcsapadék-adatok órás idősorát.

A 12 és 24 órás időbeli felbontással rendelkező felszíni állomások esetében a módszer, a korrekciós folyamatot megelőzően, az adatokat órás felbontásúakká skálázza le, az állomásokra eső radarpontok adatainak időbeli változásai alapján. A leskálázás azon a megalapozott feltételezésből indul ki, hogy a radaradatok – ha nagyságrendileg nem is pontosak – a csapadék időbeli változását jól tükrözik.

Abban az esetben, ha a meteorológiai állomás idősorában adathiány mutatkozik, a módszer a hiányzó adatokat radaradatok beillesztésével pótolja.



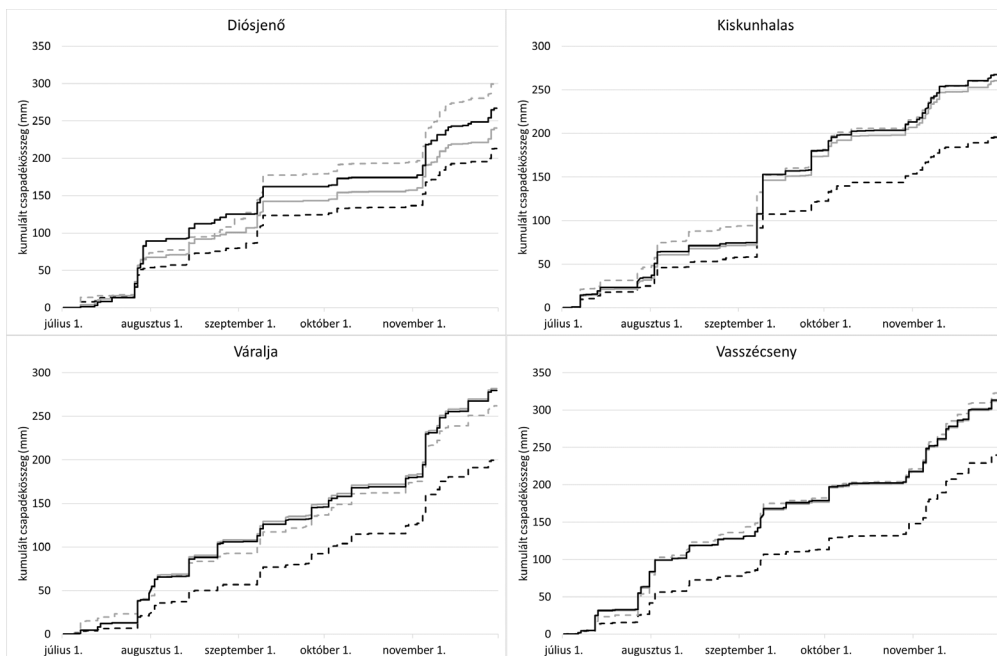
2. ábra A 'Conditional merging' (Sinclair – Pegram, 2005) módszer módosított folyamata: (a) A vizsgált területen elhelyezkedő pontszerű felszíni állomások csapadékösszegei. (b) A vizsgált területen radaros mérésből származó csapadékösszegek. (c) A felszíni állomásokból lineáris interpolációval számított csapadékösszegek a radar cellaközéppontokra vonatkozóan. (d-e) A radaradatokból lineáris interpolációval számított csapadékösszegek a pontszerű felszíni állomások helyszínén. (f) Az (e) adatokra lineáris interpolációval számított csapadékösszegek a radar cellaközéppontjaira vonatkozóan. (g) A radarral mért csapadékösszegek (b) és az interpolált radar csapadékösszegek (f) különbségei. (h) A radar csapadékkülönbségeinek (g) hozzáadása a felszíni állomások interpolált csapadékösszegeihez (c). (i) A korrigált radarmérések eredménye

Eredmények

A bemutatott korrekciós módszer eredményeinek értékelésekor abból az alapfeltevésből indultunk ki, hogy az állomásokon mért csapadékatatok pontosak, még akkor is, ha néhol adathiányok fordulnak elő bennük. Ez utóbbi nem rontja a korrekciót, hiszen ilyenkor a módszer egyszerűen átveszi az eredeti kompozit radaradatokat a korrigált radaradatok generálása során. Erre példa a Nyúl állomás adathiányos időszora és az állomásra eső radar cella eredeti, illetve korrigált idősorai (3. ábra).

A korrekciós módszer nagy előnye az, hogy a korrigált radaradatokat állomásokra eső értékei megegyeznek az állomásokon mért értékekkel. Ezzel jelentős mértékben javítja a módszer az eredeti radar adatokat az állomások helyein és azok közelségében (3. ábra).

Jelentős mértékben javít a módszer az állomások közötti terekben is. Erre bizonyíték az, hogy az esetek túlnyomó többségében úgy is jelentős mértékben csökkent az állomáson mért adat és a ráeső cellában kapott korrigált radaradat közötti különbség, hogy az adott állomást kihagytuk a korrekcióból (3. ábra).



3. ábra A korrekciós módszer eredményei Nyúl, Kiskunhalas, Váralja és Vasszécsény meteorológiai állomásokról 2019 július-november időszakra vonatkozóan. Jelölések: fekete folytonos vonal – meteorológiai állomáson mért adat, fekete szaggatott vonal – kompozit radar eredeti adatai, szürke folytonos vonal – meteorológiai állomásokkal korrigált radaradat, szürke szaggatott vonal – meteorológiai állomásokkal korrigált radaradat (kihagyva az adott meteorológiai állomást a korrekcióból)

Következtetések

A radarmérésen alapuló csapadékatatok finom térbeli és időbeli felbontással rendelkeznek, ám az ilyen típusú adatok korrekcióra szorulnak, mivel jelentős eltérést mutatnak a pontosnak tekintett állomásadatokhoz képest. A korrekciós eljárásokat már az 1970-es évektől kezdve kutatták és alkalmazták az egyes radaralapú adatsorokra.

Az általunk használt korrekciós eljárás jelentős mértékben javít a kompozit radaradatok pontosságán, első sorban az állomások környezetében, de a legtöbb esetben még az állomások közötti terekben is. Ezzel jelentős mértékben hozzájárul a hidrológiai modellek pontosságának javításához.

A kutatás az OVF „Dinamikus Vízkészlet-gazdálkodás” projekt keretein belül valósult meg.

Felhasznált irodalom

- BARNES, S.L. (1964): A technique for maximizing details in numerical weather map analysis. *Journal of Applied Meteorology*, 3(4), pp. 396–409.
- BERNDT, C. – RABIEI, E. – HABERLANDT, U. (2014): Geostatistical merging of rain gauge and radar data for high temporal resolutions and various station density scenarios. *Journal of Hydrology*, 508, pp. 88–101.
- BRANDES, E.A. (1975): Optimizing rainfall estimates with the aid of radar. *Journal of Applied Meteorology*, 14(7), pp. 1339–1345.
- GOUDENHOOFDT, E. – DELOBBE, L. (2009): Evaluation of radar-gauge merging methods for quantitative precipitation estimates. *Hydrology & Earth System Sciences*, 13(2).
- HADVÁRI, M. – SZEGEDI, Cs. – CSIRMAZ, K. – NÉMETH, P. (2018): Országos Meteorológiai Szolgálat időjárási radarhálózatának mérései. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 2018
- KRAJEWSKI, W.F. (1987): Cokriging radar-rainfall and rain gage data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 92(D8), pp. 9571–9580.
- MICHELSON, D.B. – KOISTINEN, J. (2000): Gauge-radar network adjustment for the Baltic Sea Experiment. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 25(10–12), pp. 915–920.
- SINCLAIR, S. – PEGRAM, G. (2005): Combining radar and rain gauge rainfall estimates using conditional merging. *Atmospheric Science Letters*, 6(1), pp. 19–22.
- WILSON, J.W. (1970): Integration of radar and raingage data for improved rainfall measurement. *Journal of Applied Meteorology*, 9(3), pp. 489–497.

Pécs lakott területének részletes fényszennyezés térképe

Soltész Emese¹ – Gyenizse Péter²

¹ geográfus MSc hallgató, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, zsetlose@gmail.com

² egy. docens, PTE TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet, gyenizse@gamma.ttk.pte.hu

Absztrakt: A túlzott éjszakai világítás káros hatással bír ökológiai rendszerünkre továbbá a világűr irányába elpazarolt energia anyagi károkkal is jár. Célkitűzésem volt felmérni, és térinformatikai módszerekkel megjeleníteni és elemezni Pécs aktuális fényszennyezettségi állapotát. A kutatáshoz felvett primer adatokat egy SQM-L és egy GPS készülék segítségével vettem fel, majd QGIS és InkScape szoftverekkel dolgoztam fel. A TIN interpolált térképen jól láthatóak Pécs legvilágosabb és legsötétebb területei. A kiemelkedő értékeket képviselő gócpontok kialakulásának okait tárja fel az erre a célra készített tematikus térkép.

Bevezetés, célkitűzés

A fényszennyezés, mint ökológiai probléma alig néhány évtizede van jelen a tudományban. A fogalom pontos meghatározása szerint, az a lámpatest számít fényszennyezőnek, ami a célterülettől eltérő részekre egyaránt világít, illetve a horizont fölé is irányítja a fényét. A világűrbe távozó mesterséges fényből eredő energia, nem csak ökológiai veszélyeket rejt magában, de anyagi hátrányokkal is jár. Például az Egyesült Államokban az említett módon világításra elpazarolt energiának ára közel évi 7 milliárd dollár (GALLAWAY ET AL. 2009).

Világítástechnikai szempontból a következő fényszennyezés-kategóriákat különböztethetjük meg (KOSZTOLICZ 2009):

- rosszul irányított, szórt, elkerülhetően visszavert fények,
- a szükséges szintet meghaladó világítás,
- egyes időszakokban szükségtelenül használt fények.

Kialakulásához legnagyobb részt a közvilágítás járul hozzá, amely néhol túlzásba vitt, és korszerűtlen. Második fényszennyező forrás a műemlékek és köztéri szobrok rosszul megtervezett díszvilágításából származik. Napjainkban a modern kultúrához, a „konzum társadalomhoz” hozzátartozik a reklám, amely az egyre olcsóbb LED technológia terjedésével egyre nagyobb méreteket ölt. Az utolsó jelentősebb fénykibocsátók a stadionok, pályák világítását szolgáló sportvilágítás (KOLLÁTH 2001).

Az emberi szem egy sokoldalú, összetett „műszer”. Képes alkalmazkodni a sötétséghez-világosságához, közeli-távoli tárgyakhoz. De, mint minden szervünk, a

szem is elfárad. A közlekedésbiztonság érdekében fontos, hogy megfelelően legyenek kivilágítva az utcák, és a gyalogosoknak is nagyobb lesz a biztonságérzetük, ha nem egy kivilágítatlan parkon kell átsétálniuk este. De vannak sajnos olyan esetek, amikor éppen a nagy fény miatt következik be egy baleset. Amikor egy kanyarban például hirtelen felbukkan egy erős reflektor, és elvakítja a sofőrt.

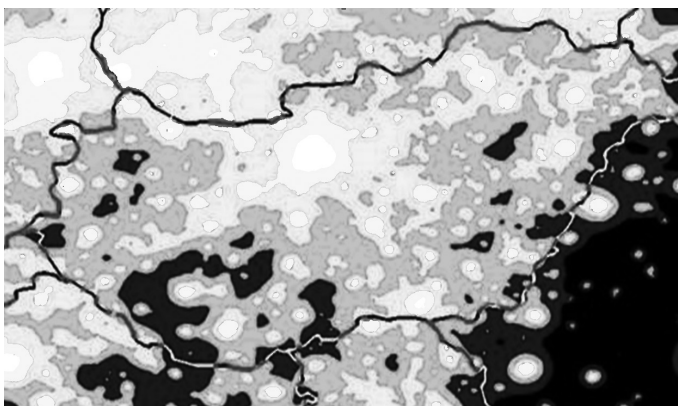
Birtokháborítás fénnel kifejezést használhatunk abban az esetben, amikor a fény a megvilágításra szánt területet övező ingatlanokra esik és ott kellemetlenséget, zavart okoz. Ilyen lehet az ablakon beszűrődő, így az éjszakai pihenést zavaró fény, ami a birtokháborítás leggyakoribb formája (KOLLÁTH 2001).

A csillagászatban első sorban az éjszakai égi háttérfényesség megnövekedése a zavaró, ami az igen drága műszerekkel végzett mérési lehetőségek beszűkülését, hatékonyságuk csökkenését eredményezi.

A túlzott kivilágítás számos állatfajra is negatív hatással van. Például a csillagok alapján tájékozódó vonuló madarak eltévedhetnek, vagy a fényre érzékeny rovarokat a lámpák elcsábítják táplálkozási és szaporodási helyükről, ami jelentős egyedszám csökkenést eredményez.

Az emberi szervezet az éjszaka sötétjében és csendjében tud regenerálódni a legjobban. Ha nincsenek meg ezek a körülmények, az kedvezőtlenül hat a vérnyomásra, a hormontermelésre és a szervezet stressztűrő képességére. Több vizsgálat is kimutatta, hogy kapcsolat van a daganatos megbetegedések és a pihenés idején az embert érő mesterséges megvilágítás között (VARRÓ 2009).

Az International Dark-Sky Association (IDA) 1988-ban alakult meg az Egyesült Államokban. A fényszennyezés felmérésére, térképezésére már voltak törekvések a 20. század végén is, de módszertanának kidolgozása csak a 21. század első felében indult meg. Az első jelentős visszhangot kiváltó, műholdfelvételeket használó vizsgálatot Cinzano és munkatársai készítették (CINZANO ET AL 2001). Hazánkban Kolláth Zoltán szakmai vezetésével zajlanak égminőség mérések és ún. csillagos égbolt parkok kialakítása a legkevésbé fényszennyezett helyeken.



1. ábra Magyarország fényszennyezettségi térképe (CINZANO ET AL. 2001). A világos területeken nagyobb az égbolt éjszakai háttérfényessége.

A legtöbb fényszennyezés vizsgálat célja egy kontinens, vagy régió feltérképezése műholdképekkel, vagy a lakott helyektől távol elhelyezett mérőműszerekkel (1. ábra). Az így elkészült térképek általában közepes térbeli felbontásúak, illetve a településeken belüli fényszennyezés különbségek nehezen érzékelhetők rajtuk. Ezzel szemben jelen vizsgáltunk célja egy magyar vidéki nagyváros éjszakai égboltfényesség mérésein alapuló, nagyfelbontású, lakott területi fényszennyezést ábrázoló térkép előállítás volt.

Anyag és módszer

A pécsi égbolt éjszakai háttérfényességének méréséhez Unihedron gyártmányú Sky Quality Meter-t (SQM) használtunk (INTERNET 1; 2. ábra).

A műszer csak a látható fényt méri magnitúdó/négyzet ívmásodperc mértékegységben. A magnitúdó egy fordított logaritmikus skála, ahol a nagyobb pozitív értékek jelölik a halványabb égi objektumokat. Az érzékelő elé egy szűrő van elhelyezve, mely az infravörös sugarakat kiszűri. A mérést a hőmérsékleti viszonyok nem befolyásolják. Minden egyes mérő abszolút pontossága körülbelül $\pm 10\%$ (± 0.10 mag/arcsec²). A numerikus LED kijelző két (automatikus) fényerő beállítással rendelkezik. Városi ég alatt a kijelző fényereje nő, ezáltal megkönnyítve a használatot. A mérés ideje alatt a műszer sípoló hangot ad ki.

Az SQM-L használata nagyon egyszerű. A lencsét az égbolt felé kell fordítani, majd megnyomni a start gombot. Városi ég alatt a mérési eredmények szinte azonnal megjelennek. A legsötétebb feltételek mellett is (holdtalan ég, városi fényektől távol) legfeljebb egy percet vesz igénybe a mérések elvégzése.

A készülék tetején elhelyezett, nem túl széles (60–70°) látómezejű érzékelő méri a zenit körüli égboltfényességet. Az L modell szűk látómezeje kifejezetten előnyös a városi környezetben. A mérésnél így is vigyázni kell, hogy ne lógjanak be fák vagy épületek, amik leárnyékolhatják a látómezőt, illetve fontos, hogy közvetlen fény ne érje az érzékelőt, tehát lámpa alatt vagy közvetlen közelében nem lehet a valóságnak megfelelő adatot felvenni. Ez utóbbi szempont azért fontos, mert mi az égbolt fényességére voltunk kíváncsiak, nem a lámpatest által kibocsájtott fény mennyiségére. Minden egyes pont felvételénél háromszor mértünk égbolt fényességet és a három mérési adatból később a Microsoft Excel alkalmazás által kiszámított átlagot vettük alapértéknek.



2. ábra A mérésekhez használt Unihedron gyártmányú Sky Quality Meter – L (saját fotó)

A terepi felvételezés öt különböző éjszakára tevődött, amit igyekeztünk hasonló időjárási körülmények közt végezni. Az adatok pontosítása végett meghatároztunk három kalibrációs pontot, amelyekhez minden napi mérés elején visszatértünk és elvégeztünk három felvételt. Ezeknek később szintén az átlagát vettük, majd egy függvény segítségével az összes adatot szinkronizáltuk, így kikerülve a kisebb mérési hibákat, amit a különböző napok időjárási körülményei okozhattak.

A mérési helyszínek koordinátáit kézi GPS készülékkel rögzítettük, majd a GPX fájlokat olvastuk be a feldolgozáshoz használt QGIS és ArcGIS szoftverbe. A térbeli pontokhoz tartozó attribútum adatot (háttérfényesség) utólag adtuk hozzá a fájlhoz.

A felvételezéshez gépkocsi is szükséges volt, mert munka közben több mint 300 km-t tettünk meg Pécsen és környékén.

Eredmények

A vizsgálat első eredményeként, a város éjszakai bejárása során feltérképeztük a legjelentősebb fényszennyező forrásokat. Ezeket mutatja a *3. ábra*.

A leginkább fényszennyező belvárosi elemek a Széchényi tér közvilágítása, a Dzsámi, a Városháza, a Pécsi Nemzeti Színház, a Pécsi Bazilika vagy a Pécsi Kálvária kápolna díszvilágítása, illetve a pécsi TV-torony színes fényei. Ezek közül a díszvilágítás nem praktikus okok miatt került installálásra, kizárólag esztétikai szempontból. Vannak olyan díszvilágító berendezések Pécsen, amelyek nem működnek egész éjszaka.

Szintén igen zavaróak a bevásárlóközpontok parkolóit, a nagyobb buszpályaudvarokat és a vasúti pályaudvart, ipartelepeket, a főútvonlakat, illetve néhány nagyobb körforgalmat világító lámpák és reflektorok.

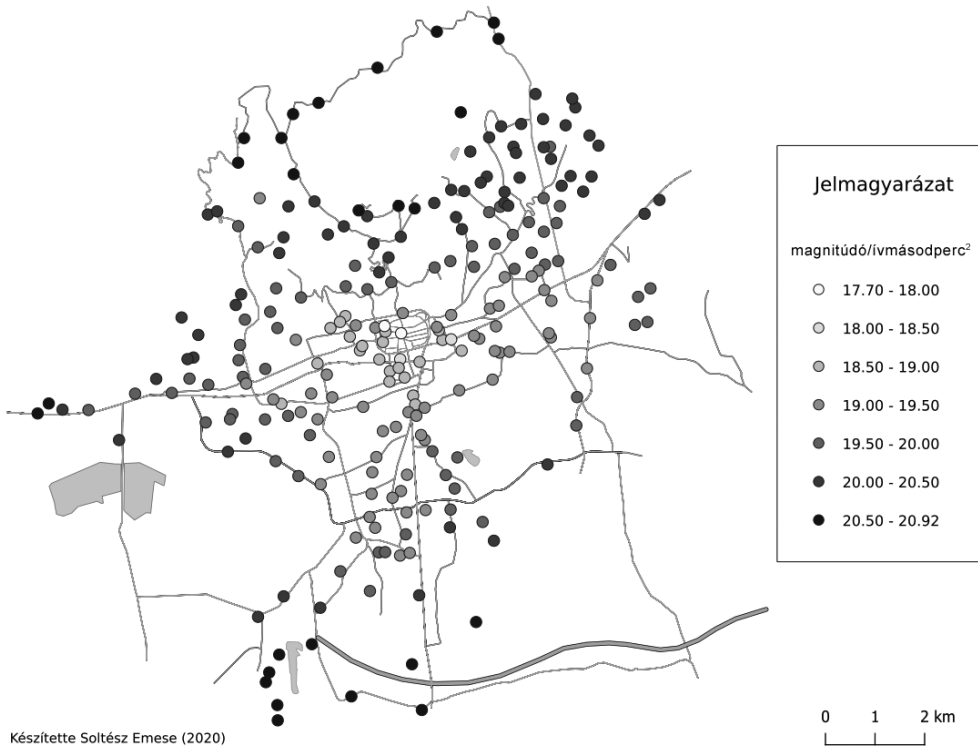
A *3. ábrán* látható térkép lokális objektumokként ábrázolja a fényszennyező területeket, de nem ad információt ezek fényhatásáról, azaz arról, hogy a környező területeken és a felettük lévő égbolton ezek milyen kivilágosodást okoznak éjszaka. Ezt a hatást mértük fel a Sky Quality Meter – L berendezés segítségével.

2019 őszi és téli időszakában öt nap alatt 261 ponton mértük fel Pécs égboltjának háttérfényességét. Ezeket a mérési eredményeket először ponttérképként jelenítettük meg (*4. ábra*).

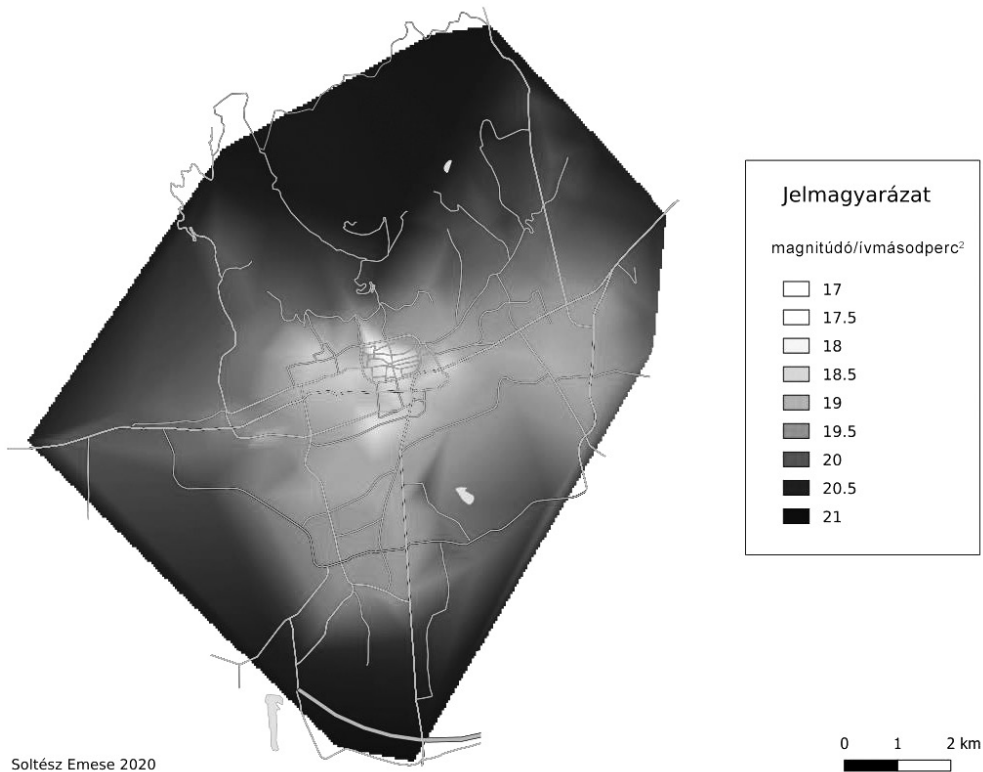
Megállapítható, hogy a legnagyobb égi háttérfényességet mutató mérési helyek a történelmi belváros közelében voltak. A mért kiemelkedő értékek megmagyarázhatók a beépítettség sűrűségéből adódó megnövekedett világítás mennyiségével, illetve a városközpontban több ponton elhelyezett díszvilágítással. Az általunk mért legsötétebb pont a Déli ipari park mögött futó Időjós úton található 20.91-es értékkel. Általánosságban megállapítható, hogy a városszéli területek (érthető módon) kevésbé fényszennyezettek, mint a város központjához közelebb fekvő részek.



3. ábra A jelentősebb fényszennyező források Pécs város közigazgatási területén belül (készítette: Soltész E.)



4. ábra A Sky Quality Meter – L berendezéssel mért éjszakai égbolt háttérfényesség adatok ponttérképe (készítette: Soltész E.)



5. ábra A pécsi éjszakai égbolt háttérfényesség TIN térképe (készítette: Soltész E.)

A méréseink egy-egy pontra adták meg az égi háttérfényességet. A következő lépésben TIN interpolációs eljárással elkészítettük a város fényszennyezés felület térképét (5. ábra). Azért a TIN módszert választottuk, mert az pontosan megőrzi a mérési pontok helyén felvett adatokat.

A TIN réteg vizuálisan könnyebben kiértékelhető, mint a ponttérkép. A róla leolvasható megállapításaink azonban megegyeznek a korábbiakkal.

A raszter alapú TIN réteg lehetővé tette, hogy kiszámoljuk egyes városrészek átlagos fényszennyezettségét. Csak azokkal a városrészekkel számoltunk, ahol öt vagy annál több pontot vettünk fel. A vektoros városrészeket mutató réteg egyes poligonjai alól kiolvastuk a pixelek értékeit, melyekből az 1. táblázatban látható statisztikát készítettük.

A mérések és az interpolált felület térképünk alapján megállapítható, hogy a legmagasabb átlagos háttérfényességű égbolttal a Belváros felett találkozhatunk, míg az átlagosan legsötétebb városrészek Pécs szélén helyezkednek el. A város jelentős domborzati tagoltsága, a Mecsek hegyoldali völgyei és völgyközi hátai miatt azt is megfigyelhetjük, hogy a síkabb területekkel ellentétben a Mecsekoldal városrészben igen nagy az adatok szórása, azaz dobogós helyet foglal el mind a legmagasabb, mind a legalacsonyabb háttérfényességű pontokkal rendelkező városrészek sorában is.

1. táblázat Pécs városrészeinek éjszakai égbolt háttérfényesség adatai (készítette: Soltész E.)

Név	Legmagasabb háttérfényesség (mag/arsec ²)	Név	Legalacsonyabb háttérfényesség (mag/arsec ²)	Név	Városrész átlagos háttérfényessége (mag/arsec ²)
Belváros	17,86	Pécsbánya	20,47	Pécsbánya	20,23
Szigeti városrész	18,39	Mecsekoldal	20,44	Szabolcs	20,16
Mecsekoldal	18,45	Szabolcs	20,41	Patacs	20,03
Budai városrész	18,51	Patacs	20,25	Rigóder	19,86
Balokány és Basamalom	18,61	Meszés	20,19	Deindol	19,74
Északmegyer és vágóhídkörnyék	18,79	Deindol	20,15	Mecsekoldal	19,71
Régi kertváros	18,98	Rigóder	20,14	Meszés	19,71
Uránváros	19,04	Balokány és Basamalom	20,08	Újhegy	19,60
Gyárváros	19,04	Újhegy	20,07	Balokány és Basamalom	19,45
Újhegy	19,20	Északmegyer és vágóhídkörnyék	19,85	Megyeri kertváros	19,44
Rigóder	19,23	Budai városrész	19,74	Uránváros	19,34
Meszés	19,24	Megyeri kertváros	19,69	Budai városrész	19,31
Megyeri kertváros	19,28	Uránváros	19,62	Régi kertváros	19,22
Deindol	19,41	Régi kertváros	19,47	Gyárváros	19,22
Patacs	19,74	Gyárváros	19,45	Északmegyer és vágóhídkörnyék	19,21
Pécsbánya	19,85	Szigeti városrész	19,36	Szigeti városrész	18,83
Szabolcs	19,93	Belváros	18,83	Belváros	18,42

Össességében megállapítható tehát, hogy Pécs városrészeinek fényszennyezettsége általában a Belvárostól távolodva csökken, azonban megfigyelhetünk lokális fényszennyező centrumokat is. Továbbá megállapítható, hogy a tagoltabb domborzatú részekben kisebb távolságokon belül is megfigyelhetünk hullámzásokat az égi háttérfényességben, mint a síkabb városrészek esetében.

Felhasznált irodalom

CINZANO, P. – FALCHI, F. – ELVIDGE, C.D. (2001): The first World Atlas of the artificial night sky brightness. Mon. Not. R. Aston. Soc, 328, pp. 689–707.

CSÖRGITS G. – GYARMATHY I. (2006): A fényszennyezés természetvédelmi-ökológiai aspektusai. Elektrotechnika, 99/9, pp. 22–24.

KOLLÁTH Z. (2001): Fényszennyezés és világítástechnika. Elektrotechnika, 94/5, pp. 183–186.

KOSZTOLICZ I. (szerk.) (2009): Közvilágítási kézikönyv. MEE Világítástechnikai Társaság: Magyar Világítástechnikáért Alapítvány, Budapest.

VARRÓ M.J. (2009): Fejezetek az éjjeli fényterhelés egészséghatásaiból. A III. Fényszennyezés Konferencián elhangzott előadás, Budapest, MTA Székház.

Internetes források

INTERNET 1 – Sky Quality Meter – L, <http://unihedron.com/projects/sqm-l/> (utolsó megtekintés: 2020. 10. 04.)

Földi eróziós modell alkalmazási lehetősége marsi körülmények között

Steinmann Vilmos^{1,2}

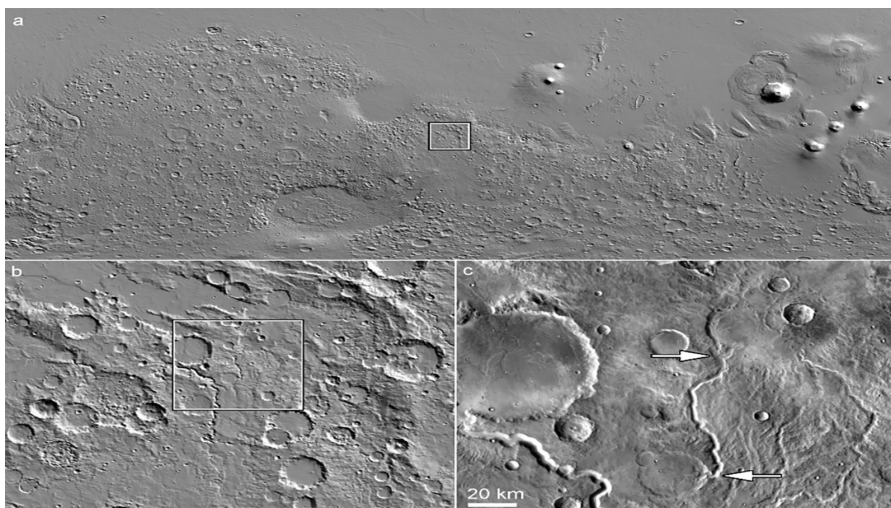
¹ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Természetföldrajzi Tanszék

² Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet

A Földön kívüli geomorfológiai elemzések sokat segítenek az égitestek felszínfejlődésének rekonstruálásában, emellett a belső folyamatok, valamint a légköri és éghajlati jellemzők is nyomokat hagynak rajtuk (HARGITAI – KERESZTURI 2015; KERESZTURI – NOACK 2016). A Mars esetében az egyik leginkább vizsgált témakör az egykori (DOMAGAL ET AL. 2016) és a mai élet lehetősége (HORVATH ET AL. 2009; MARSCHALL ET AL. 2012), amelyek megítélését erősen befolyásolja az egykori víz előfordulásának helye, mennyisége és időtartama (KERESZTURI 2012) - bár napjainkban csak rövid ideig és kis mennyiségben várható (PÁL – KERESZTURI 2017) a cseppfolyós halmazállapotú víz megjelenése a bolygón. Az idős marsi területeken bőséggel mutatkoznak az egykori víz és jég (ORGEL ET AL. 2018) előfordulására utaló nyomok, amelyek egy része a térbeli előfordulást (RAMSDALE ET AL. 2017; HARGITAI ET AL. 2017), és alaki jellemzőit tekintve a földi ismeretek és analóg területek segítségével is értelmezhető (ORGEL ET AL. 2014), mivel a folyóvíz felszínformáló hatása és a felszínmorfológia közötti kapcsolat sok vonatkozása már ismert (TELBISZ ET AL. 2014). A GIS alapú elemzések fejlődéstörténeti és területi kontextusban pedig segítenek a jövőbeli űrszondás vizsgálatok helyének kijelölésében (KERESZTURI ET AL. 2016).

A Mars korai időszakában viszonylag nedves lehetett, akkor jöhettek létre a bolygó főként déli féltekén található folyóvölgyek. Ezek a völgyek hasonló eróziós alakzatok, mint a földi sivatagos, félsivatagos területek folyóvölgyei, a vádik. Az erózió, illetve akkumuláció jellemzői, lezajlása ami kialakította ezeket alig ismert. A nemzetközi kutatásokban az ilyen irányú kutatások egyre nagyobb szerepet kapnak. A kapcsolódó munkák alapja a marsi és mars-analóg mintaterületek összehasonlítása, valamint a felszínformák morfológiájának vizsgálata, mivel ez segíthet rekonstruálni a Mars korai állapotát és az akkori uralkodó viszonyát. Emellett az eróziós-akkumulációs modelleket segíthetnek még célzottabbá tenni a Mars missziókat.

Ezen kutatás során használt marsi mintaterületet a Palos kráter és Tinto Vallis mellett található völgyhálózat képezi – ennek geomorfológiai jellemzőit egy eróziós modell segítségével elemeztem (*I. ábra*). A névtelen völgy hálózat az egyszerűbb hivatkozás miatt a Tinto-B nevet kapta. A Tinto-B (2°55' Dél és 111°53' Kelet) egy



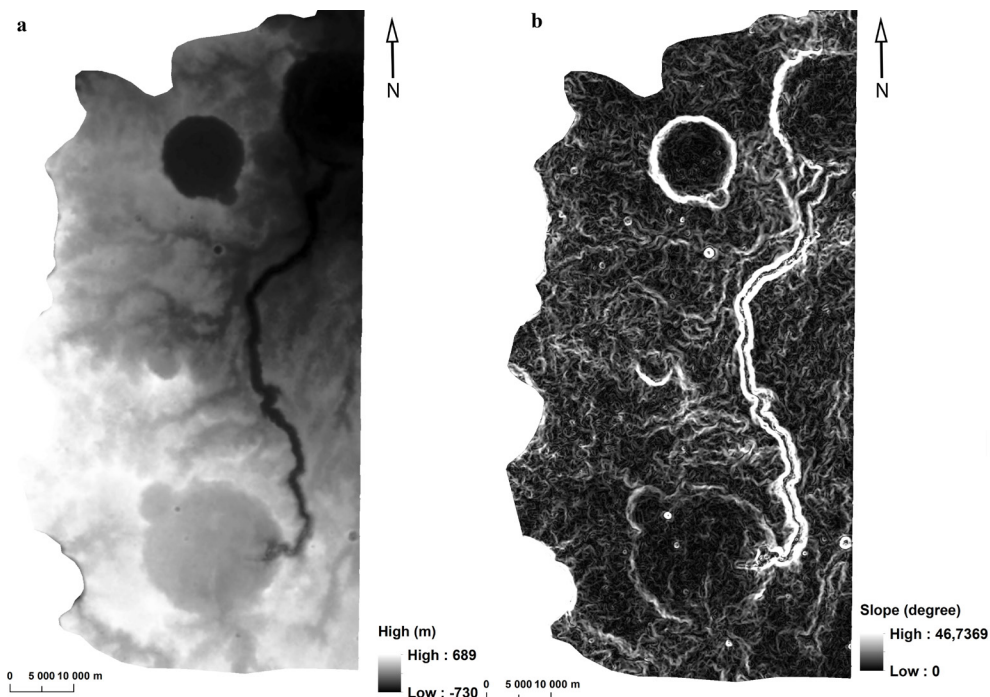
1. ábra Áttekintő térkép a vizsgált völgyhálózat helyzetéről

fő völgyből és egy kisebb fonatos völgyhálózatból áll. A fő völgy folyásiránya délről északra tart, míg a mellékvölgyek folyásiránya nyugat-keleti. A fő völgyet déli, illetve északi irányból két kráter határolja, a legmagasabb pont +689 m-en, a legmélyebb pont –730 m-en található. A fő völgy átlagos szélessége ~1,85 km, mélysége 250 m, hossza megközelítőleg 81 km.

Többféle elfogadott eróziós modell van földi körülményekre. A leggyakrabban használt modell model az USLE (WANG ET AL. 2016) (Universal Soil Loss Equation), mely az egyik legegyszerűbb modell, de marsi körülményekre nem megfelelő. A legjobb egy olyan modell, ami az erózió és akkumuláció mértékét jól mérhető vagy meghatározható fizikai paraméterek alapján számítja. Az egyik ilyen model a SIMWE (SIMulated Water Erosion) (MITASOVA ET AL. 2004), amely jól definiált paramétereket használ az erózió-akkumuláció megbecsléséhez. A kutatásban a SIMWE modell kísérleti adaptációja történt a már említett Tino-B völgyhálózatra.

A GIS alapú munka keretében a modell a marsi területet lefedő HRSC (High Resolution Stereo Camera – Mars Express) 50 méter/pixel (m/px) felbontású digitális terepmodellen (DTM-en) és a THEMIS TI (Thermal Emission Imaging System Thermal Inertia – Mars Odessey) 100 m/px felbontású hőtehetetlenségi adatain és az ezekből származtatható értékeken alapszik (2. ábra). A mintaterület korbecslése kráter statisztikai módszerrel történt, ami területet lefedő CTX (Context Camera – Mars Reconnaissance Orbiter) ~6 m/px felbontású képein alapul. A felhasznált adatok közös koordináta rendszere a GCS_MARS, a DTM és a THEMIS TI egységes felbontása 100 m/px lett, ami a spektrális adat felbontása. A kutatás során ArcMap (korbecslés, térképkészítés), QGIS (adat klasszifikáció), GRASS GIS 7.3 (eróziós modell futtatása), Craterstat (kormeghatározás) szoftverek kerültek felhasználásra.

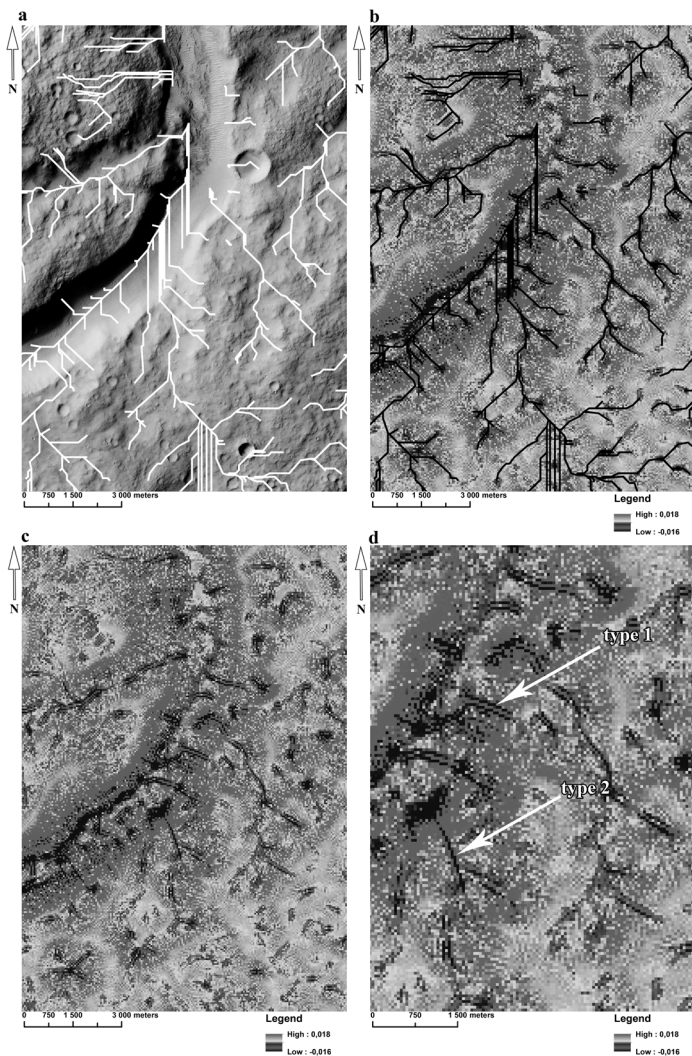
A SIMWE model a GRASS GIS-en belül kettő különböző script-en található. Az *r.sim.water* utasítás lemodellezi a pixelenkénti vízmélységet (m) és vízhozamot



2.ábra A Tinto B völgyhálózat DTM modellje (a kép), és lejtőszög térképe (b kép)

(m^3/s) a domborzatmodell, az abból származtatott lejtőszög x és y irányú deriváltja ($r.slope.aspect$ utasítás) alapján. A modell teljes lefutásához meg kell adni egy hipotetikus vagy valós csapadék értéket (mm/hr) és a csapadékesemény időtartamát (min). A modell másik modulja az $r.sim.sediment$ határozza meg az erózió és akkumuláció értékét ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$), a szediment koncentrációját ($\text{szemcse}/\text{m}^3$), szállítási maximumot (kg/ms). A modellhez szükséges az előzőleg már megadott DTM és lejtőszög deriváltak, a meghatározott vízmélység értékek, valamint a specifikus fizikai paraméterek: kritikus nyírófeszültség, Shield-féle paraméter, szállítási (transport) és elszakadási (detachment) koefficiensek.

A fizikai paraméterek alapját a területről készült hőtehetetlenségi értékek képezik, amelyekből meghatározhatók az átlagos szemcse átmérők. Ebből az értékből megbecsülhetőek a további fizikai paraméterek, mint a nyírófeszültség, kritikus nyírófeszültség és a Shield-féle paraméter. A TI értékek klasszifikációja (FENTON 2003; BERENBROCK – TRANMER 2008) a QGIS-ben készült az alábbi raszteres egyenlettel: $((\text{“raszter”} \geq x \text{ AND “raszter”} < y) * z) + ((\dots, \text{ ahol } x \text{ és } y \text{ az osztály minimum és maximum értéke, } z \text{ az új érték. A erodálási együttható a meghatározására a DG-formula (WANG ET AL. 2016) került felhasználásra, amely csak a szemcsék átmérőjét veszi figyelembe. Ez a formula a legalkalmasabb a marsi fizikai paraméterek meghatározására, mivel a többi elterjedt egyenlet figyelembe vesz olyan paramétereket (növényzet, művelés típusa...stb), ami a Marson nem található. A DG-formula egyenlete: } K_{fac} = 0,0034 + 0,0387 * \exp(-\frac{1}{2}(\log_{10}(Dg) + 1.533) / 0,7671)^2,$



3.ábra Összehasonlító ábra az ArcMap-ben futtatható Flow Accumulation tool és az eróziós-akkumulációs modell között. Jól látható, hogy a modell sokkal pontosabban rekonstruálja a kisebb vízfolyásokat. A d kép mutatja a két elkülönített vízfolyás-típust

ahol K_{fac} az erodálhatósági együttható, Dg meghatározható az alábbi egyenlettel: $exp(0.01 * \sum_{i=1}^n * f_i * ln * m_i)$, ahol f_i a szemcsék tömegszázaléka, mi a szemcsék átmérőjének a számtani átlaga.

Az elszakadási koefficiens meghatározható a DG-formula eredményéből és a már klasszifikált nyírófeszültségből és kritikus nyírófeszültségből az alábbi egyenlettel: $D_c = K_{fac}(\tau - \tau_c)$, ahol τ nyírófeszültség, τ_c kritikus nyírófeszültség A szállítási koefficiens több lépcsőben állapítható meg a Yavin-formula segítségével (NORD – ESTEVES 2007): $\gamma = Y/Y_{cr} - 1$; $\beta = 2,45 / (\rho_s/\rho_w)0,4 * Y_{cr} * \gamma$; $A = 0,635 * \gamma * (1 - 1/\beta * log(1+\beta))$, ahol Y és Y_{cr} a normál és kritikus Shield-féle paraméter, ρ_s

szediment sűrűsége, ρ_w víz sűrűsége, γ , β és A együtthatók. A szállítási koefficiens végső egyenlete: $A/Y\rho_w^{1/2} g_M$, ahol g_M a marsi gravitáció. A lefutott teszt model 5 mm/hr csapadék intenzitással számolt, mely 5 percig tartott.

A modell végeredménye segít pontosítani a vizsgált terület morfológiájának kialakulását. A eróziós-akkumulációs térkép segítségével pontosítani lehet a korábbi elemzések (főleg a keresztmetszetek) eredményeit. Ilyen információk a homokkal fedett kőzet-kibukkanások, amik potenciális kutatási célpontok lehetnek egy jövőbeni marsmisszióknak. A modellfuttatás végeredménye rávilágított arra, hogy két különböző típusú vízfolyás található a fő völgy falán. Az első típusú vízfolyásnál a modellezett erózió a vízfolyás alján. A második típus esetében a az erózió a vízfolyások falán erősebb és az akkumuláció inkább azok alján figyelhető meg (3. ábra).

A modell teljes adaptálása a marsi körülményekre még fejlesztés alatt van, de a jövőbeni pontosítások után még jobb és részletesebb morfológiai elemzéseket és felszín rekonstrukciós vizsgálatokat tesz majd lehetővé – numerikus értékeket kapcsolva a morfológiájához.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott munka felszínfejlődés és becsapódás alapú korbecslés kapcsolatát tekintve a GINOP-2.3.2-15-2016-00003 projekt és az NKFIH támogatta.

Referenciák

- BERENBROCK, CH. – TANMER, W.A. (2008): Simulation of flow, sediment transport, and sediment mobility of Lower Couer d’Alene river, Idaho, USGS Scientific investigation report.
- DOMAGAL-GOLDMAN, S.D. – WRIGHT, K.E. – ADAMALA, K. ET AL. (2016): The Astrobiology Primer v2.0. *Astrobiology*, 16, pp. 561–653.
- FENTON, L. (2003): Aeolian processes on Mars: atmospheric modeling and GIS analysis.
- HARGITAI, H. – WANG, J. – STOOKE, P.J. ET AL. (2017): Map Projections in Planetary Cartography. In: Lapaine M.-Usery E.L. *Choosing a Map Projection*. Springer, pp. 177–202.
- HARGITAI, H. – KERESZTURI, A. (2015): *Encyclopedia of Planetary Landforms*, Springer.
- HORVATH, A. – BÉRCZI, SZ. – GÁNT, T. ET AL. (2009): Analysis of Dark Albedo Features on a Southern Polar Dune Field of Mars. *Astrobiology*, 9, pp. 90–103.
- KERESZTURI, A. (2012): Review of wet environment types on Mars with focus on duration and volumetric issues. *Astrobiology*, 12, pp. 586–600.
- KERESZTURI, A. – BRADAK, B. – CHATZITHEODORIDIS, E. – UJVARI, G. (2016): Indicators and Methods to Understand Past Environments from ExoMars Rover Drills. *OLEB*, 46, pp. 435–454.
- KERESZTURI, A. – NOACK, L. (2016): Review on the role of planetary factors on habitability. *OLEB* 46, pp. 473–486.

- MARSCHALL, M. – DULAI, S. – KERESZTURI, A. (2012): Migrating and UV screening subsurface zone on Mars as target for the analysis of photosynthetic life and astrobiology. *PSS* 71, pp. 146–153.
- ORGEL, CS. – GROEMER, G. ET AL. (2014): Scientific Results and Lessons Learned from an Integrated Crewed Mars Exploration Simulation at the Rio Tinto Mars Analogue Site. *Acta Astronautica*, 94(2), pp. 736–748.
- MITASOVA, H. – THAXTON, C. – HOFIERKA, J. – MCLAUGHLIN, R. – MOORE, A. – MITAS, L. (2004): Path sampling method for modeling overland water flow, sediment transport, and short term terrain evolution in Open Source GIS. *Computational Methods in Water Resources: Volume 2, Proceedings of the XVth International Conference on Computational Methods in Water Resources Developments in Water Science*, pp. 1479–1490.
- NORD, G. – ESTEVES, M. (2007): Evaluation of sediment transport formulae and detachment parameters in eroding rills using PSEM_2D and the Water Erosion Prediction Project (WEPP) database, *Water Resour. Res.*, 43, W08420.
- ORGEL, CS. – HAUBER, E. – VAN GASSELT, S. ET AL. (2018): Grid mapping the Northern Plains of Mars: A New Overview of Recent Water- and Ice-Related Landforms in Acidalia Planitia. *Journal of Geophysical Research*, 124, pp. 454–482.
- PÁL, B. – KERESZTURI, A. (2017): Possibility of microscopic liquid water formation at landing sites on Mars and their observational potential. *Icarus*, 282, pp. 84–92.
- RAMSDALE, J. – BALME, M.R. – CONWAY, S. J. ET AL. (2017): Grid-based mapping: A method for rapidly determining the spatial distributions of small features over very large areas. *Planetary and Space Science*, 140, pp. 49–61.
- TELBISZ, T. – ELDEEN, F.E. – IMECS, Z. – MARI, L. (2014): Geomorphometric analysis and the evolution of drainage network in Trascău mountains (Romania). *Carpathian Journal Of Earth And Environmental Sciences*, 9, pp. 5–17.
- WANG., B. – ZHING., F. – GUAN., Y. (2016): Improved USLE-K factor prediction : A case study on water erosion areas in China, 2016, *International Soil and Water Conservation Research*, 4(3), pp. 168–176.

Felhajlított pászmavezetéssel készülő hídgerendák torzulás vizsgálata geodéziai módszerekkel

Stenzel Sándor

Földmérő mérnök, földrendező mérnök, UVATERV Zrt., stenzel.sandor@uvaterv.hu

Abstract: In my presentation, I introduce a special project of the UVATERV Zrt., which was a part of a Research+Development+Innovation tender (Széchenyi 2020). Our partners were the Department of Civil Engineering and Bridges and Structures, Budapest University of Technology. We've examined the durability and flexibility of a new concrete bridge beam family with geodetical technologies.

We have monitored the 3D movement during the bending of the beams with Robotic total station and 3D scanner. The burden of the beams was realized in several stages and we've measured in each steps. By the traditionally surveying method, we've mounted mini-prisms on the shoulders of the beams and measured the movings of these with Trimble S8 total station. In the other hand, we've scanned with a Trimble SX10 the surface of the beams and we compared positions the painted signs in 3D. The results of the two measuring methods produced the same values. Therefore we could compared the advantages and limitations between the traditionally monitoring and the 3D scanning in this project.

Az UVATERV Zrt. a Széchenyi 2020 Program keretében elnyert egy K+F+I pályázatot, amelynek címe a „Felhajlított pászmavezetéssel készülő nagyteljesítményű, tartós normál és könnyűbetonból készülő híd-gerendacsalád fejlesztése”. Ebben partnerünk volt a Budapesti Műszaki Egyetem Magasépítési, illetve Hidak és Szerkezetek Tanszéke.

A fejlesztés célja a tartóelemek erőtani hatékonyságnövelése, nagy terhelésű vasúti- és magasépítésű szerkezetekben való alkalmazása, illetve magában a hídszerkezetekben a gerendaszám csökkentése volt.

Emellett a célok között szerepelt egy sajátos mobil gyártósor kiépítése is. Ezzel a módszerrel a gerendák elkészítése a kivitelezési helyszín közelében valósulhat meg. Így a gerendák nem igényelnek szállítást a betonüzemből, csökken az azzal járó káros anyag kibocsátás és a környezet terhelés.

A pályázat célja kettős volt.

Az egyik magára a technológiai újításokra irányult. Ezen belül egyrészt a kedvezőbb erőtani teljesítőképesség elérésére a hídgerenda családnál. Másrészt az előbb említett, építési helyszínekre, vagy azok közelébe telepíthető mobil gyártósor kifejlesztésére.

A másik a piaci-gazdasági előnyökre fókuszált, hiszen sem a hazai, sem nemzetközi viszonylatban még nem alkalmaztak eddig előgyártásban ilyen megoldásokat.

A Műszaki Egyetem szakemberei a lehajlásokat különféle induktív elmozdulás mérő rendszerekkel vizsgálják, illetve a laboratóriumi körülmények között lehetőségük van a terhelő berendezésben a terhelőerő mérésére.

A terhelések ilyenén „hagyományosnak” nevezhető monitorozása mellett cégünk, az UVATERV Zrt. oldaláról felmerült a geodéziai módszerek használatának lehetősége is.

A geodéziai megoldásoknál pedig kétféle módszert is kidolgoztunk. Az egyik a tradicionális monitoring, mely során Robot mérőállomással az objektumra kihelyezett prizmákra történik a mérés több fordulóban, illetve azok koordináta különbségeiből következtethetünk a 3D elmozdulásra.

A másik pedig a 3D-szkennelés módszere.

A hagyományos monitoring módszernél el kellett dönteni a gerendára alkalmazott pontjelek jellegét. Először felmerült a reflexfólia alkalmazása, de mivel a mérést Robot mérőállomással és automatikus irányzással kívántuk megvalósítani, el kellett vetni.

A viszonylag rövid műszer-gerenda távolság és a gerendák alaki jellemzői miatt a túl hegyes, vagy túl tompa beesési szögekre is ügyelni kellett.

A jelek rögzítése az objektumon szintén sarkalatos kérdés volt, hiszen minél kisebb roncsolással kellett azokat elhelyezni a gerendákon. Mérlegelni kellett továbbá az optikai reflektorok esetleges sérülését, illetve az ezzel járó költségeket.

Végül elforgatható foglalatban rögzített mogyoró prizmák mellett döntöttünk. Ezek az optikai középpontjuk mozdulatlansága mellett, kiválóan a műszer felé fordíthatók, így a beesési szög problémát megoldottuk velük. Tesztelésük során jól vizsgáztak az AutoLock (automatikus irányzás) módban. Rögzítésüket a gerendán a Cégen belül legyártott ragasztott T-konzolokkal oldottuk meg.

A 3D-szkenneléses módszernél festett jelek mellett döntöttünk. Olyan alakú és festékanyagú jeleket kellett alkotnunk, melyek jól azonosíthatóak a reflektív pontfelhőben. Végül két színnel, kétféle alapanyagú, négyzetben rombusz jelek kerültek kialakításra, illetve sablonokkal felvitelre, a gerendák oldalára.

A mérőállomásos monitoring megoldásban 1"-es Trimble S8 képalkotó Robot mérőállomást alkalmaztunk. Ennek prizmára történő távmérési megbízhatósága



1. ábra Műszerállások elhelyezkedése a külső helyszínen



2. ábra Miniprizmák rögzítése a gerendavállon

1mm+2ppm, a FineLock technológiának köszönhetően pedig az automatikus irányzási pontossága kevesebb, mint 1 mm.

A műszer SurePoint aktív kompenzátorral rendelkezik, mely folyamatosan függőlegesen tartja a műszer állótengelyét, fizikailag kompenzálja a munkaterület esetleges mozgásait.

Ez az eszközpark minimálisra csökkentette a személyi hibákat, ugyanakkor biztosította a mérési megbízhatóság homogenitását.

A 3D-szkennelés módszerhez a szintén 1"-es Trimble SX10-et használtuk. A műszer távmérési megbízhatósága 1mm+1.5ppm. Az S8-hoz hasonlóan a kompenzálás itt is az aktív módon, a SurePoint technológiával működik. A képkalkoló mérőállomás szkennelési sebessége 26.600 pt/mp.

A projekt során két helyszínen, három gerendát vizsgáltunk. A terhelés módja azonos volt mindhárom gerendánál: két végük fel van bakolva, a terhelés pedig mindig a gerendák közepén valósul meg. Az első mérésre a CRH Magyarország Kft. rákospalotai üzemében került sor. A gerenda hossza csaknem 40 méter volt. Erre 5 db mini-prizmát helyeztünk el szimmetrikus elosztásban.

A szkennelés vizsgálati pontjait – mivel ott volt a legnagyobb lehajlás, a gerenda közepére festettük fel.

Kontroll – azaz mozdulatlan – pontokat mindkét mérési módszernél alkalmaztunk, a mozgó területen kívül. A hagyományos módszernél egy 360 fokos prizma állványon, a szkennelés esetén egy kényszerközponosított fekete-fehér jel lett kihelyezve.

Ezekre minden fordulóban történt mérés, illetve szkennelés.

A gerenda terhelése fokozatosan, 5 lépésben 8-8 tonnás betonkötegekkel történt. A teljes, 40 tonnás maximális terhelést követően a betonkötegeket le is vették a gerendáról. Mi minden fázisban végeztünk észleléseket, mindkét mérési módszerrel.



3. ábra 8 m-es gerenda a laboratóriumi terhelő berendezésben

Az álláspontok megválasztásánál a geodéziai észlelés szakmai szempontja mellett figyelembe kellett venni a balesetvédelmi szabályokat is. A Trimble S8-at a helyszínen felépített mobil gyártósor tetején, az SX10-t a gyártósor egyik kémlelő ablaka mögött állítottuk fel.

A hagyományos monitoring mérést null-állapotú fordulóval, majd annak megismétlésével kezdtük. Ezek eredményeinek ellenőrzésével fogadtuk el a kiinduló állapotot.

A prizmak durva irányását képképző videó módban a távvezérlő kijelzőjén hajtottuk végre a reflektorokra való rámutatással. A finom irányzást az S8 automatikusan maga végezte el.

A Trimble SX10 esetében szintén egy null-állapot felvétellel kezdtünk. Ezután a különböző terhelési fázisokban történt a szkennelés. A szkennelési területet poligonszerű kijelöléssel határoztuk meg minden egyes méréskor.

Természetesen, a legnagyobb lehajlást mindig a gerenda közepén elhelyezett prizma produkálta. Ez a 37 méteres gerenda esetében, a maximális 40 tonnás terheléskor 65 mm volt. Mikor aztán az összes súly szakaszosan lekerült róla, a prizma helyzete rugalmasan mindössze 6 mm-re visszaállt a null-állapotra.

Ezeket az értékeket mutatta a pontfelhőből, manuálisan levett két festett jel elmozdulása is: 66 és 68 mm.

A második két vizsgálatra a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék, Szerkezetvizsgáló Laboratóriumában került sor. A gerendák terhelése speciális hidraulikus terhelő berendezéssel történt. Az egyenként 8 méter hosszúságú gerendákra az előzőekhez hasonló, szimmetrikusan negyedelő módon erősítettük fel a mini prizákat. Kontrollpont itt is az állványon elhelyezett 360 fokos prizma volt.

A szkenneléses méréshez a vizsgált jeleket szintén a gerenda közepére festettük fel. Kontrolljeleket a szkennelőlátómezőjében elhelyezett, mozdulatlan fém konzolra erősítettük fel.



4. ábra Trimble S8 Robot mérőállomás monitoring közben



5. ábra Trimble SX10 Robot 3D-szkenner mérőállomás monitoring közben

Az álláspontokat a laboratóriumi vizsgálatoknál a gerenda hosszanti oldala mentén, átellenesen vettük fel. Így a helyszűke ellenére sem zavartuk a BME szakembereit, illetve az általunk használt érzékelőket.

A mérési módszerek megegyeztek a korábban, a külső helyszínen bemutatottakkal.

A két 8 méteres rövid gerendák esetében a vizsgálat a törésükig folytatódott. Ekkor a terhelés nagyjából 150 KN volt. Az egyik gerenda esetében a középső prizma maximális lehajlása 20.1 mm, a másikon pedig 19.1 mm volt.

Ugyanezeknél a gerendáknál a pontfelhőkben történő kiértékelés már automatikusan folyt. Cégünk informatikai irodája ugyanis kidolgozott egy jelfelismerő módszert, mely automatikusan legyűjtötte a különleges alakú festett pontjeleket, kijelölte azok középpontját, legyűjtötte koordinátaikat, sőt le is jegyzőkönyvezte az eltéréseket. Ez a módszer teljesen kizárta a kézi pontkijelölésekkor fellépő személyi hibákat és homogén azonosítási pontosságot biztosított.

A laborbeli első gerenda festett jelének automatizáltan mért süllyedése 19.9 mm volt, míg a második ez esetében 20.1 mm. Látható, hogy ezek az értékek jól egybeesnek a középső prizma koordináta eltéréseivel. Természetesen, a módszerek közötti minimális eltérések adódhatnak abból is, hogy a mini-prizma a gerenda tetejénél található kiszélesedő vállon volt rögzítve, míg a festett jelek a gerendaoldal közepére kerültek.

Végül foglaljuk össze a vizsgálataink eredményeit!

A prizmás módszer előnye, hogy az általunk, a projektben kidolgozott terepi logisztika viszonylag gyors, az irányzás, a mérés jól automatizálható és nagyon pontos, emellett kizárja a személyi hibákat.

Hátránya a jelek beszerzési költsége, illetve azok sérülékenysége és időtállósága. Ipari környezetben a jelek kihelyezése, beszedése, valamint védelme is komoly odafigyelést igényel.

A 3D-szkenneléses módszer esetében bebizonyosodott, hogy a terepi logisztika szintén hatékony. A mérőjelek előállítási költsége (é.: sablon, festék) töredéke a mini-prizmáénak. Emellett nem kell a jelek sérülésétől tartani, illetve a munkavégzés végeztével nem kell beszedni őket.

A szkennelés további előnye, hogy a „teljes terepet” visszük be az irodába, azaz az észlelések során sokkal több mérhető információt gyűjtünk a vizsgálandó objektumról és esetleg környezetéről, mint diszkrét pontok prizmás mérésekor.

Korlátként meg kell említeni ennél a módszernél, hogy a mérés szabad felületekre történik. Az előálló pontfelhő minősége pedig nagyban függ a vizsgált felület minőségétől, tisztaságától vagy pl. nedvességtartalmától, illetve magától az ipari környezetétől. A zajosság és visszaverődés szempontjából a jelek festékanyagának megválasztása is nagyon fontos.

A módszer feldolgozása akkor hatékony, ha az automatizált jelfelismerést alkalmazzuk, kizárandó a személyi hibákat és gyorsítandó a feldolgozást.

Búzatermés előrejelzés lehetőségének értékelése Landsat 8 idősoros adatok

Szabó Andrea¹ – Odunayo Adeniyi David² – Tamás János³ – Nagy Attila⁴

¹ PhD hallgató, Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, szabo.andrea@agr.unideb.hu

² Msc hallgató, Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet

³ egyetemi tanár, Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, tamas@agr.unideb.hu

⁴ egyetemi docens, Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, attilanagy@agr.unideb.hu

Absztrakt: A biotikus és abiotikus stresszhatások következtében csökken a termesztett növények aktív biomasszája, valamint a termésátlag. A csökkenés mértékének számszerűsítése távérzékelte adatok alapján elvégezhető. A kutatás célja, hogy a Landsat 8 adatok búza termésbecslésre való alkalmasságát értékeljük. Ezáltal a 2013–2019 közötti időszak Landsat 8 felvételeit dolgoztuk fel és hoztunk létre NDVI adatokat. Az idősoros NDVI adatokat búza termésátlagokkal kalibráltuk és validáltuk. A kutatási területünk a Karcag környéki mezőgazdasági parcellák voltak. A Landsat NDVI adatok és a termés hozam között a legerősebb kapcsolat a teljes biomassza időszakában volt a legmagasabb ($R^2=0,53-0,54$), a becslés hibája az RMSE alapján 0,48–0,7 t/ha közötti.

Bevezetés

Napjainkban a folyamatos népességnövekedés és a szélsőséges időjárási jelenségek gyakoriságának növekedése miatt az élelmezésbiztonság fontos kérdéskörre vált a világ minden területén (FUSS ET AL. 2015). Magyarországon a hőmérséklet emelkedése (BARTHOLY ET AL. 2011) mellett a csapadék csökkenése és az egyre gyakrabban megjelenő aszályos időszak lesz jellemző (SZÁSZ 2005). Emiatt a mezőgazdasági területeken való megfigyeléseket időben el kell kezdeni, melyek manapság különböző távérzékelési technikákkal is megoldható. A távérzékelésre alapozott mezőgazdasági monitoring rendszerek képesek időben tájékoztatást nyújtani a növénytermesztés állapotáról, fázisairól és a várható hozamáról (BOLTON – FRIEDL 2013; TEWKESBURY ET AL. 2015; VICENTE-SERRANO ET AL. 2015), kiegészítve ezzel a hagyományos módszertant (ATZBERGER 2013; TAMÁS ET AL. 2015; NAGY ET AL. 2018). A mezőgazdaságban érdekelt gazdálkodók vagy döntéshozók azonosítani tudják azokat a területeket, ahol a termés hozam változása várható lesz (CLEMENT 2013). Célul tűztük ki a Landsat 8 műholdfelvételein alapuló NDVI adatokra alapozott termésbecslő monitorozó rendszer elemzését és alkalmazását. A kutatásunk során a Landsat 8 passzív távérzékelő multispektrális szenzor által készített felvételeket használtuk. Az adatokból Normalizált Vegetációs Indexet hoztunk létre (NDVI – Normalized difference vegetation index) a termés hozam feltérképezésére és megfigyelésére. Az NDVI, mint a fotoszintetikus aktív vegetáció mutatója fontos

információt ad a gazdálkodók számára, hiszen a kapott érték korrelál a terület takaró növényzet fajlagos klorofill tartalmával és biomasza mennyiségével (BOLTON – FRIEDL 2013; PANDA ET AL. 2010; DEMPEWOLF ET AL. 2014; MKHABELA ET AL. 2011; DE LA CASA ET AL. 2018).

Anyag és módszertan

A kutatásunkhoz a Landsat 8 OLI által készített műholdfelvételeket dolgoztuk fel, melyből kiszámítottuk a terület idősoros NDVI adatait összevetve a valós termésátlagokkal 2013–2019-ig. A Landsat 8 OLI-nak 16 napos ismétlődési felvételi ciklusa van. A műholdfelvételek letöltése az <https://earthexplorer.usgs.gov/> oldalról történt, kiválasztva a Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1 képeket, melyeknek felhőborítását 50%-nál kevesebbre állítottuk. A képeket TIFF formátumban töltöttük le és használtuk a feldolgozás további lépéseihez. A letöltött állományok tartalmazzák a műhold által használt 11 spektrális sávot, melyekből a B4-es (vörös) és B5-ös (NIR) sávokat használtuk a további feldolgozáshoz. Elsőnek az NDVI indexnek a számítását végeztük el ArcGIS térinformatikai szoftverben Raster Calculatorral a következő képlet alapján:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

A kutatáshoz szükséges termésátlag adatokat (t/ha) a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Karcagi Kutatóintézet bocsátotta rendelkezésre. 16 db szántó terület (*1. ábra*) 2013–2019 közötti időszakának búzatermesadatait a Landsat 8 OLI alapján számított idősoros NDVI adatok kalibrációjára és az elkészített modell validálására használtuk.



1. ábra Vizsgált parcellák elhelyezkedése
Forrás: Google Earth

A kutatóintézet rendelkezésünkre bocsátotta a parcellánként betakarított búza valós termésátlagait, illetve a szántóterületek vektoros adatbázisát. ArcGIS szoftverkörnyezetben végeztük el a további szükséges térinformatikai számításokat. Első lépésként leválogattuk az egyes parcellákra vonatkozó NDVI átlagértékeket minden év márciusa és augusztusa között. A kapott parcellánkénti átlag NDVI értékeket a valós termésátlag adatokkal kalibráltuk. A kalibrációt lineáris regresszióval (1) végeztük és számítottuk a determinisztikus együtthatót, valamint a becslőegyenleteket. A regresszió megbízhatóságának elemzéséhez, a becslőegyenletek validálásához RMSE (Root Mean Square Error) (2) és NRMSE (Normalized Root Mean Square Error) (3) értékeket számoltunk. A kalibráció az első 6 év adatai (2013–2018) alapján történt, míg a validálás a 2018–2019 évek adatai alapján DEMPEWOLF ET AL. (2014) és NAGY ET AL. (2018) kutatásához hasonlóan, ahol a terméselemzésre minimum 6 éves távérzékelte idősorokat alkalmaztak. Ezek mellett kiszámítottuk a becsült értéknek a valós betakarított értéktől való relatív (4) és abszolút (5) eltéréseit.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2}{n}} \quad (2)$$

$$NRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2}{n}} / (\max(y_i) - \min(y_i)) \quad (3)$$

$$\frac{y_i' - y_i}{y_i} * 100 \quad (4)$$

$$\left| \frac{y_i' - y_i}{y_i} * 100 \right| \quad (5)$$

ahol

y_i : a mintára mért adatok,

y_i' : a minta becsült hozama,

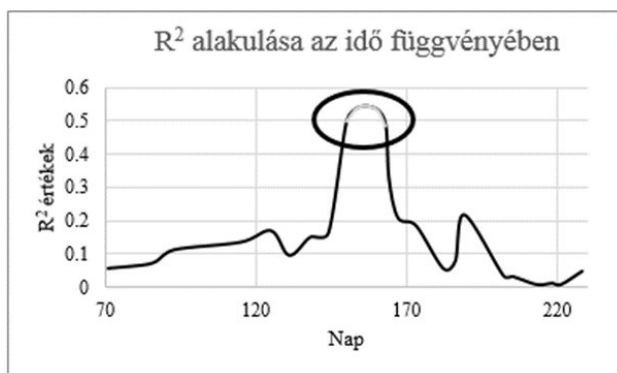
\bar{y} : átlag termés mennyiség,

n : minták száma.

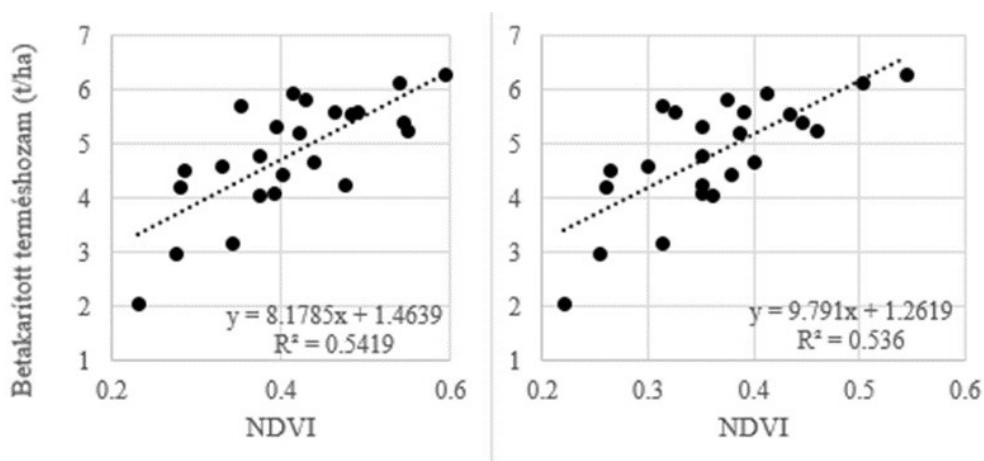
Eredmények

A lineáris regresszió eredményei alapján a márciustól augusztusig tartó időszakban május legvége és június első felének NDVI értékei alapján számolt determinisztikus együttható értékek mutattak erősebb összefüggést (2. ábra) a termésátlagokkal (összesen négy időpontban a 150, 154, 160 és 163. napon). Kiemelhető, hogy a 154. és 160. nap NDVI adatai mutatták a legerősebb kapcsolatot a termésátlagokkal ($R^2 = 0,542$ és $R^2 = 0,536$) (3. ábra).

A becslőmodellek számítása után a 2018–2019 év NDVI és termésadatai alapján validáltuk a modelleket a relatív eltérés, abszolút eltérés, RMSE és



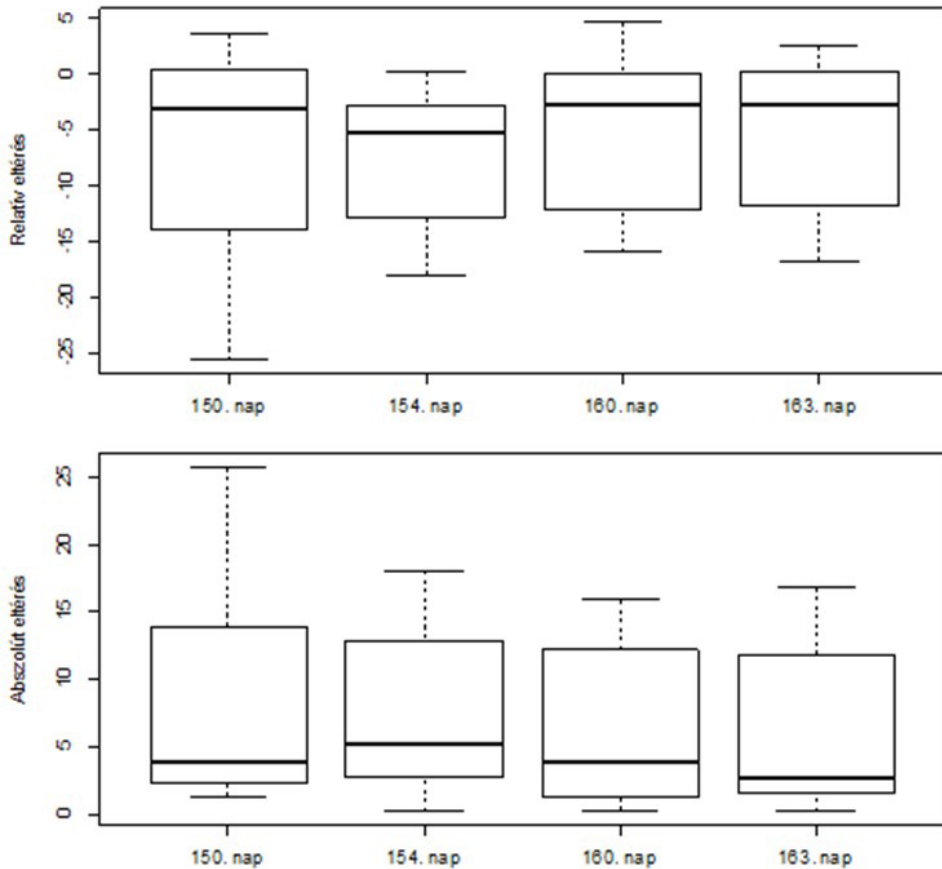
2. ábra R² értékek alakulása az idő függvényében



3. ábra A 154. és 160. nap NDVI és terméshozam közötti lineáris regressziója

1. táblázat Hozambecslési modellek 2018–2019-ig

Nap	Becsőegyenlet	Év	RMSE	NRMSE (%)
150.	$y = 9,5592 * NDVI_{150} + 0,792$	2018	0,865	15,87
		2019	0,519	9,54
154.	$y = 8,1785 * NDVI_{154} + 1,4639$	2018	0,455	8,35
		2019	0,626	11,49
160.	$y = 9,791 * NDVI_{160} + 1,2619$	2018	0,439	8,07
		2019	0,535	9,82
163.	$y = 9,1427 * NDVI_{163} + 1,7047$	2018	0,401	7,36
		2019	0,566	10,39



4. ábra Az előrejelzett érték valós értékektől való relatív és abszolút eltérései

NRMSE % értékek alapján. Az évekhez tartozó RMSE, NRMSE % értékeket az 1. táblázatban mutatjuk be. A validált 2 év átlag RMSE értéke a 150. napon 0,713 t/ha, a 154. napon 0,547 t/ha, a 160. napon 0,489 t/ha, a 163. napon 0,491 t/ha volt a bizonytalansága a termés becslésének. Az átlag NRMSE (%) értékek a validált 2 év alapján, a 150. napon 13,09 %, 154. napon 10,04 %, 160. napon 8,99 % és a 163. napon 9,01 % volt.

A 150. napon az előrejelzett érték valós értékektől való relatív eltérése $-6,87\%$, a 154. napon $-5,05\%$, a 160. napon $-5,06\%$, a 163. napon $-5,31\%$ lett. A relatív eltérések során negatív átlag értékeket kaptunk, mely során megállapítható, hogy a monitoring rendszer átlagban közel azonos de alacsonyabb becsült hozamértékeket eredményezett. Az abszolút eltérések esetében a 150. napon az eltérés $8,37\%$, 154. napon $7,51\%$, 160. napon $6,35\%$, 163. napon $6,14\%$ értékeket adott (4. ábra). Az abszolút eltérés értékei nem sokkal, de magasabbak lettek a szakirodalomban elfogadott 5% -os küszöbértéknél (FERENCZ ET AL. 2004). Az 5% -os küszöbértékhez legközelebb a legmagasabb R^2 -el rendelkező 160. nap állt, amely csak alig 1% -al tért el.

Konklúzió

A gabonanövények hozamkalkulációjának javításában fontos egy stabil monitorozó rendszer alapjainak a kidolgozása és fejlesztése. A korábbi kutatásokkal összhangban (MARTI ET AL. 2007; LABUS ET AL. 2002; MKHABELA ET AL. 2011; TIECHENG ET AL. 2019) a tanulmányunk is rámutatott arra, hogy az NDVI értékek a virágzás/termésérés periódusában legalkalmasabbak a termés előrejelzésére, mivel a búza virágzás időszakából származó júniusi Landsat NDVI adatok szignifikánsan korreláltak a búza terméshozamával minden vizsgálati helyszínen. Ezt az időszakot tartják a terméshozam előrejelzése során a legfontosabb időszaknak. A rendelkezésre álló idősor eredményei alapján a búza terméshozamának előrejelzésében a 160. nap LANDSAT NDVI adata a legmegfelelőbb a búzatermés előrejelzésére. A műholdfelvételek elemzése alapján hetekkel a betakarítás előtt megbecsülhető a várható termésátlag. Ezáltal a mezőgazdasági termelőknek vagy döntéshozóknak nyújtott időbeli információval a növénytermesztés során fennálló lehetséges veszteségeket minimalizálni lehet, illetve élelmezésbiztonsággal kapcsolatos cselekvési tervek, döntések kidolgozásához járulhat hozzá.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük, hogy a Debreceni Egyetem Agrár Kutatóintézetek és Tangazdaság Karcagi Kutatóintézet a kezelésében álló területek búza terméshozam adatait rendelkezésünkre bocsátotta. A kutatást az EFOP-3.6.2-16-2017-00001 számú Komplex vidékgazdasági és fenntarthatósági fejlesztések kutatása, szolgáltatási hálózatának kidolgozása a Kárpát-medencében című projekt támogatta.

Felhasznált irodalom

- ATZBERGER, C. (2013): Advances in remote sensing of agriculture: context description, existing operational monitoring systems and major information needs. *Remote Sens*, 5, pp. 949–981.
- BARTHOLY J. – BARCZA Z. – BIHARI Z. – CZIRA T. – HASZPRA L. – HORÁNYI A. – HORVÁTH E. S. – KRÜZSELYI I. – LAKATOS M. – MÉSZÁROS R. – MIKA J. – PÁLVÖLGYI T. – PIECZKA I. – PONGRÁCZ R. – PRÁGER T. – RADICS K. – SZENTIMREY T. – SZABÓ P. – SZÉPSZÓ G. – TORMA Cs. (2011): Klímaváltozás. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére. Országos Meteorológiai vizsgálat. Budapest.
- BOLTON D.K. – FRIEDL, M.A. (2013): Forecasting crop yield using remotely sensed vegetation indices and crop phenology metrics. *Agric. For. Meteorol*, 173, pp. 74–84.
- CLEMENT, S. – LASSMAN, F. – BARLEY, E. – EVANS-LACKO, S. – WILLIAMS, P. – YAMAGUCHI, S. – SLADE, M. – RÜSCH, N. – THORNICROFT, G. (2013): Mass media interventions for reducing mental health-related stigma (Review). *The Cochrane Library* 2013, 7.
- DE LA CASA, A. – OVANDO, G. – BRESSANINI, L. – MARTÍNEZ, J. – DÍAZ, G. – MIRANDA, C. (2018): Soybean crop coverage estimation from NDVI images with different spatial

- resolution to evaluate yield variability in a plot. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 146, pp. 531–547.
- DEMPEWOLF, J. – ADUSEI, B. – BECKER-RESHEF, I. – HANSEN, M. – POTAPOV, P. – KHAN, A. – BARKER, B. (2014.): Wheat yield forecasting for Punjab Province from vegetation index time series and historic crop statistics. *Remote Sens.*, 6, pp. 9653–9675.
- FERENCZ Cs. – BOGNÁR P. – LICHTENBERGE J. – HAMAR D. – TARCSAI Gy. – TIMÁR G. – MOLNÁR G. – PÁSZTOR SZ. – STEINBACH P. – SZÉKELY B. – FERENCZ O.E. – FERENCZ-ÁRKOS I. (2004.): Crop yield estimation by satellite remote sensing. *Int. J. Remote Sens.*, 25 (20), pp. 4113–4149.
- FUSS, S. – HAVLIK, P. – SZOLGAYOV, J. – SCHMID, E. – REUTER, W.H. – KHABAROV, N. – OBERSTEINER, M. – ERMOLIEV, Y. – ERMOLIEVA, T. – KRAXNER, F. (2015): Global food security & adaptation under crop yield volatility *Technol. Forecast. Soc.*, 98 (2015), pp. 223–233.
- LABUS, M.P. – NIELSEN, G.A. – LAWRENCE, R.L. – ENGEL, R. – LONG, D.S. (2002.): Wheat yield estimates using multi-temporal NDVI satellite imagery. *International Journal of Remote sensing*, 23(20), pp. 4169–4180.
- MARTI, J. – BORT, J. – SLAFER, G.A. – ARAUS, J.L. (2007.): Can wheat yield be assessed by early measurements of Normalized Difference Vegetation Index? *Annals of Applied Biology*, 150, pp. 253–257.
- MKHABELA, M.S. – BULLOCK, P. – RAJ, S. – WANG, S. – YANG, Y. (2011.): Crop yield forecasting on the Canadian Prairies using MODIS NDVI data. *Agric. For. Meteorol.*, 151, pp. 385–393.
- NAGY A.– FEHÉR J.– TAMÁS J. (2018.): Wheat and maize yield forecasting for the Tisza river catchment using MODIS NDVI time series and reported crop statistics. *Computers and Electronics in Agriculture*, 151, pp. 41–49
- PANDA, S.S. – AMES, D.P. – PANIGRAHI, S. (2010.) Application of vegetation indices for agricultural crop yield prediction using neural network techniques. *Remote Sens.*, 2, 673–696.
- SZÁSZ G. (2005.): Terméshingadozást kiváltó éghajlati változékonyság a Kárpát-medencében. („Agro-21” füzetek 40), pp. 33–69.
- TAMÁS J.– NAGY A.– FEHÉR J. (2015.): Agricultural biomass monitoring on watersheds based on remotely sensed data. *Water Science & Technology*, 72.12.
- TWEEKSBURY, A. P. – COMBER, A. J. – TATE, N. J. – LAMB, A. – FISHER, P.F. (2015.) : A critical synthesis of remotely sensed optical image change detection techniques. *Remote Sensing of Environment*, 160, pp. 1–14.
- TIECHENG, B. – NANNAN, Z. – BENOIT, M. – YOUQI, C. (2019.): Jujube yield prediction method combining Landsat 8 Vegetation Index and the phenological length. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, pp. 1011–1027.
- VICENTE-SERRANO S.M. – CABELLO D. – TOMÁS-BURGUERA M. – MARTÍN-HERNÁNDEZ N. – BEGUERÍA S. – AZORIN-MOLINA C. – KENAWY A.E. (2015): Drought variability and land degradation in semiarid regions: assessment using remote sensing data and drought indices (1982–2011). *Remote Sens.*, 7, pp. 4391–4423

RTK-alapú fotogrammetriai modell pontosságvizsgálata különböző felszínborításoknál

Szabó Gergely – Schlosser Aletta Dóra – Nagy Loránd Attila

Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék

Abstract: Nowadays, UAVs are increasingly involved in surveying and data collection. This is especially true for high-precision, RTK-based devices. However, examining their accuracy is important, as different types of surface cover can modify accuracy. In our study, we examined the measurement results of a DJI Phantom4 RTK UAV. The results showed that for clean surface points the error is not more than 10 cm, but for disturbing effect this accuracy is significantly lower.

Bevezetés, célkitűzés

Napjainkban az UAV-alapú fotogrammetria már a mindennapok részévé vált. A technológia egy újabb mérőföldkőhöz ért azzal, hogy gyors ütemben kezdtek terjedni az olyan légi eszközök, melyek „on the fly” ötvözik a légifotózás és az RTK GNSS módszereket, és segítségével már a képek elkészültekor rendelkezünk nagy pontosságú földrajzi koordinátákkal. E módszer segítségével jelentősen gyorsabbá tehetjük a terepi felméréseket, hiszen (elvileg) nincs szükség terepi illesztőpontokra (GCP) a nagy pontosságú magasságmodell és ortofotó előállításához.

Vizsgálataink célja e módszer pontosságának rövid vizsgálata volt, melynek segítségével képet kaphatunk az RTK-UAV technológia főbb vonásairól.

Anyag és Módszer

A felvételezéshez egy DJI Phantom-4 RTK UAV-t használtunk (*1. ábra*), melyet a MyActionCam Magyarország bocsájtott rendelkezésünkre. Az integrált kamera felbontása 5472*3648 pixel.

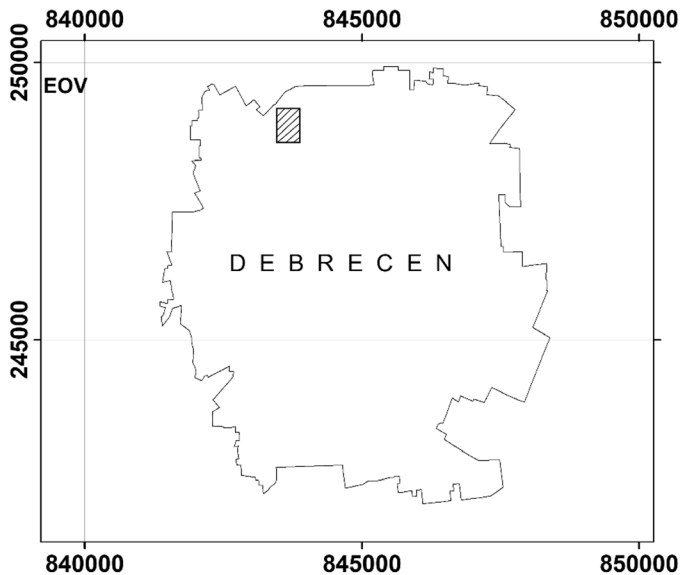
Az UAV közvetlenül a távirányítóba helyezett SIM kártya segítségével kapcsolódott a Geotools Europe GNSS Kft. hálózatához, így biztosítva a folyamatos realtime korrekciót.

A vizsgált terület a Debreceni Egyetem egy 16 ha-os részlete volt (*2. ábra*).

A felvételezést tavasszal végeztük, amikor a lombhullató fák még teljesen lombtalanok voltak, így lehetőségünk nyílt a lombok alatti felszíni pontok rögzítésére is.



1. ábra A DJI Phantom-4 RTK UAV

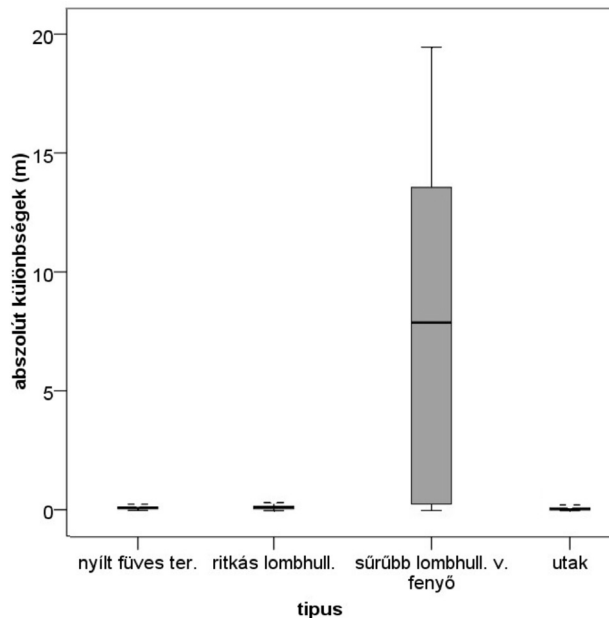


2. ábra A vizsgált mintaterület elhelyezkedése

A digitális magasságmodellt és az ortofotót Agisoft Metashape szoftverrel készítettük el az összesen 158 db felvételből, melyek 80 méteres felszín feletti magasságból készültek. A felvételek felszíni felbontása (GSD) 2 cm volt. A sűrített pontfelhőből leválogattuk azokat a pontokat, melyek nem a felszínre vonatkoznak, hogy domborzatmodellt állíthassunk elő. A munka során a Metashape belső osztályozóját használva szűrtük le a lombtalan fák ágai által előidézett pontokat. A sűrített pontfelhő 181 ezer pontból állt.

A magassági referencia egy, az Eurosense Kft. által biztosított, LiDAR-alapú felmérés volt, melyet 25 cm-es felszíni felbontású domborzatmodellként használtunk.

A két magasságmodell pixelértékeit kivonva egymásból megkapjuk a modellek közötti magassági eltéréseket. Ezt összesen 653 db, véletlenszerűen elhelyezett



3. ábra A különböző felszínborítások abszolút hibái

ponton mértük meg. A pontokhoz hozzárendeltük azok jellemző felszínborítását, így összesen négyféle felszín típust különböztettünk meg:

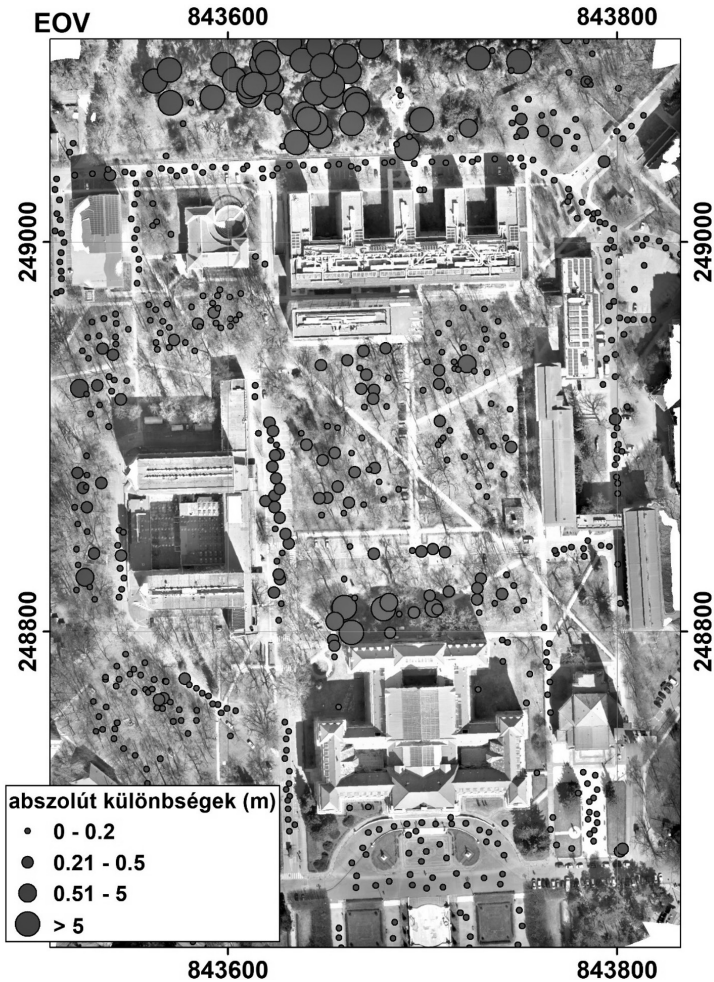
- útburkolat (305 db),
- fűvel borított felszín (39 db),
- lombhullató fák (lombtalan állapotban) (201 db),
- tűlevelű fák, nagyon sűrűn álló lombhullatók, vagy egyéb felszínközeli erősen zavaró tényezők (66 db).

A következőkben megvizsgáltuk, hogy a két modell között van-e jelentősebb átlageltérés. Ez ugyanis valamilyen számítási, vagy vonatkoztatási különbségre utalhat (pl. eltérő vetületi transzformációs paraméterek). E méréshez kizárólag az útfelszíneken felvett pontokat használtuk, melyeknél feltételezésünk szerint a két adatbázis magassági átlagértékének meg kell egyeznie.

A korrigált magassági eredmények alapján SPSS Statistics szoftverben megvizsgáltuk a jellemző hibaértékeket felszínborítási osztályonként.

Eredmények

A referencia mérésekhez képest az UAV-alapú felszínmodell magassági értékei 7,5–15,1 méteres átlageltérést mutattak (a Metashape WGS84 – EOVS transzformációs paramétereitől függően) azokon a pontokon, ahol teljesen tiszta rálátás volt a felszínre, mindkét módszer számára (az útfelszíneken). Ez az eltérés véleményünk szerint a vetületi transzformálás során keletkezett.



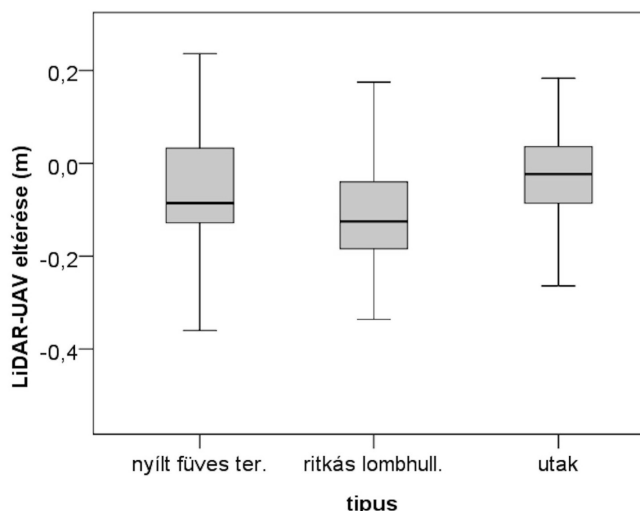
4. ábra A mérési pontok abszolút hibái

A különböző felszínborítással rendelkező területek magassági eltéréseit vizsgálva megállapítható, hogy a fenyő és a sűrű lombhullató felszínborítás lényegesen nagyobb átlageltérést mutat (7,3 m) a modellen, mint az összes többi felszínborítás (3. ábra), valamint az adatok szórása is igen nagy (6,3 m).

A fentiek megerősítik, hogy jelenleg a fotogrammetriai domborzatmodellezésben a sűrű növényzet még mindig jelentős korlátozó tényező, ami a LiDAR esetében kevésbé jelent problémát. A fenyő mellett ugyancsak a pontos modellkészítést korlátozó tényező a sűrűbben álló lombhullató fák, a lombtalan fákra felfutó örökzöldek, valamint az árnyékban lévő területeken elhelyezkedő lombtalan fás vegetáció is (4. ábra).

Ezekre a típusokra mind találunk példát a kiválasztott mintaterületen.

A legnagyobb eltéréseket adó osztályt kihagyva a többi felszínborítás esetében lényegesen kisebb átlagos hibákat tapasztaltunk (5. ábra).



5. ábra A különböző felszínborítások hibái a fenyő osztály nélkül

Mind a füvel borított felszíneken, mind pedig a ritkásan álló, lombtalan lombhullató fák esetében lényegesen kisebb átlaghibákat tapasztaltunk. A füves térszíneken az átlagos eltérés 6 cm volt, ami az ilyen jellegű növényzettel borított felszíneken nem számít kiugróan magasnak, a szórás 13 cm-es nagysága ugyancsak indokolható. A ritkább lombhullató fák esetén 11 cm-es átlageltérést kaptunk, 14 cm-es szórás mellett. Ezt az eltérést az ágak zavaró hatásával magyarázzuk, viszont a fotogrammetria módszere itt már jóval kisebb hibaértékeket produkált a fenyőkhöz viszonyítva, tehát a felszín elkülönítése itt megoldható.

Összegzés

Az RTK-val rendelkező UAV rendszerek hasznos segítői a terepi adatgyűjtésnek. A tisztán belátható pontok esetében, GCP nélküli feldolgozásnál a hiba nagysága 10 cm-es tartományban mozog, ami igen széles hasznosításra alkalmassá teszi a módszert.

Olyan környezetben viszont, ahol több a felszín beláthatóságát zavaró tényező, mint például fák, számolnunk kell a pontosság különböző szintű degradációjával. Ez fakadhat a fák ágainak zavaró hatásából, vagy a felszínt borító növényzetből, mely „megemeli” a felszíni magassági értéket. A vetületi transzformáció során lényeges, hogy megfelelő paraméterezést használjunk, különös tekintettel a magassági adatokra.

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.

Városi területek felszínborításának osztályozása különböző felbontású műholdfelvételek felhasználásával debreceni mintaterületen

Szabó Loránd¹ – Szabó Szilárd²

¹ tudományos segédmunkatárs, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, szabolorand.geo@gmail.com

² tanszékvezető egyetemi tanár, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem, szaboszilard.geo@gmail.com

Absztrakt: Ebben a tanulmányban áttekintjük a szubpixel alapú osztályozási módszerek alkalmazásának jelentőségét, majd egy esettanulmányban bemutatunk egy konkrét példát spektrális szétkeverés alkalmazására városi mintaterületen. Az esettanulmányban 30 méteres geometriai felbontású Landsat felvételen végeztünk spektrális szétkeverést, melynek következtében meghatároztunk három spektrális végpontot: vegetációt, beépített területet, valamint talajfelszínt. Az eredményeket 10, különböző beépítettségű mintaterületen validáltuk, egy egy méteres geometriai felbontású hiperspektrális osztályozott felvétel azonos felszínborítási osztályait alapul véve. A két adatsor között magas (0,87–0,97) korrelációt tapasztaltunk, viszont a spektrális szétkeverés eredménye abszolút értékben kifejezve alulbecsült a referenciaadathoz képest.

Bevezetés

A távérzékeléssel nyert adatok a Föld megfigyelésének talán a leghatékonyabb eszközei. A távérzékelés segítségével a kutatók képesek naprakész információt szolgáltatni a környezet állapotáról, valamint képesek detektálni annak változásait. A távérzékelte adatokat nem csak természetes, de épített környezetben is lehet hasznosítani (LILLESAND ET AL. 2014).

A távérzékelte adatok két fő csoportját az űrfelvételek, valamint a légi felvételek alkotják (HOMOLOVA ET AL. 2013). A felvételek használhatóságát nagyban befolyásolja a térbeli felbontás, mely az egy kilométerestől akár a szubméteresig is terjedhet (LONGBOTHAM ET AL. 2015). A spektrális csatornák számának alapján megkülönböztetünk multispektrális (3–10 csatorna) és hiperspektrális (100+ csatorna) szenzorokat (DALPONTE ET AL. 2012). Az egyes eszközök időbeli felbontása pedig egy adott területről készített felvételek gyakoriságát mutatja meg, mely általában 1–16 nap között változik.

Távérzékelte adatokat több helyről is be lehet szerezni (GOVENDER ET AL. 2008). Ezen adatbázisok között megtalálhatók kereskedelmi és ingyenes platformok is. Utóbbiak esetében természetesen kompromisszumot kell kötni leginkább a térbeli felbontás tekintetében. Az ingyenesen elérhető felvételek közül a legnagyobb időbeli átfogással a multispektrális Landsat műholdcsalád 30 méteres térbeli felbontású felvételei rendelkeznek. Az egyes Landsat műholdak időbeli felbontása 16 nap, több műhold együttes működése esetén ez kevesebb is lehet. Az újabb ingyenesen elérhető

multispektrális műholdak közül a Sentinel-2 10 méteres térbeli felbontását érdemes kiemelni. A Sentinel-2A és 2B műholdak együttes visszatérési ideje kevesebb, mint 5 nap, így folyamatos monitoring tevékenységre ezek a felvételek a legalkalmasabbak. A kereskedelmi szegmens felvételei között 0.3–5 méteres felbontású felvételek is megtalálhatók, valamint ezek akár rendelésre is készítenek felvételeket egy adott területről (WEI ET AL. 2016; SZABÓ ET AL. 2019).

Nagy kiterjedésű homogén, jellemzően természetes környezetben gyengébb geometriai és spektrális felbontás mellett is nagy pontossággal tudjuk elkülöníteni a különböző felszínborítási kategóriákat (pl. gyepek, erdők, víztestek, stb.; BURAI ET AL. 2015). A heterogén városi területek osztályozását viszont nagyban nehezíti az ingyenesen elérhető felvételek gyengébb geometriai felbontása, mivel a felvételek egyetlen pixelén belül számos felszínborítási kategória is szerepelhet (pl. vegetáció, burkolt út, tetőcserép, talaj, stb.). Így egy-egy felszínborítási osztály (pl. zöldterületek, burkolt utak, stb.) kiterjedésének meghatározásához nagy felbontású felvételek megvásárlásával lehet hozzájutni, vagy terepi felmérést kell alkalmazni, ami mind időben, mind költségek tekintetében nem rentábilis.

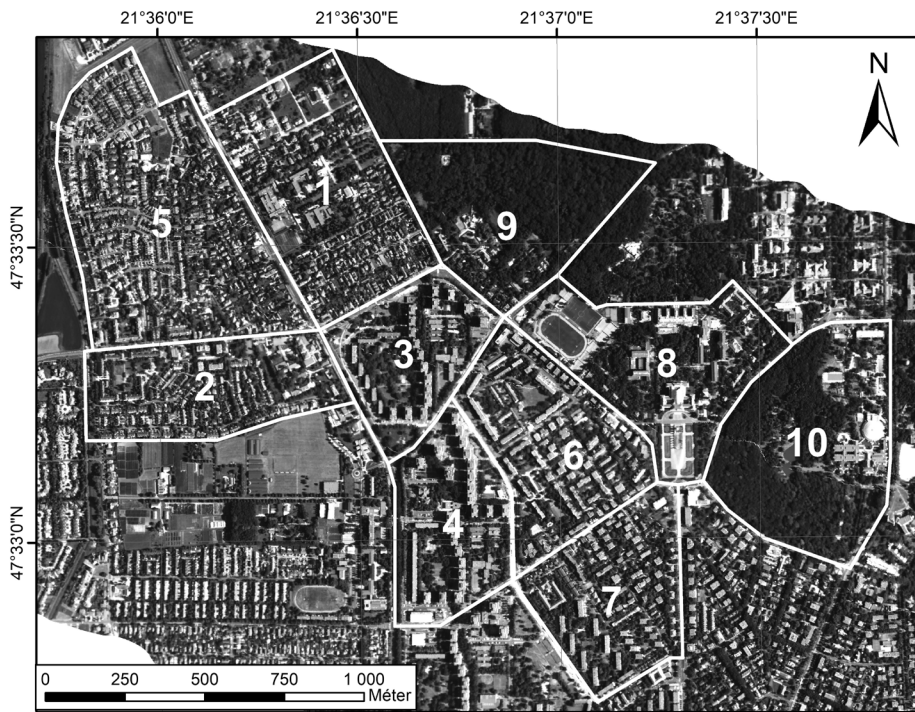
A probléma megoldását a szubpixel alapú osztályozási módszer jelentheti (BOARDMAN 1993). A módszer segítségével az egyes pixeleken belüli felszínborítási kategóriák százalékos megoszlását lehet megbecsülni, ha ismerjük ezen kategóriák homogén előfordulásainak spektrumgörbéjét, az úgynevezett végpontokat (KESHAVA – MUSTARD 2002; TARABALKA ET AL. 2009; DEÁK ET AL. 2017).

Esettanulmány

Ebben az esetben Debreceni mintaterületen Landsat felvételek alapján vizsgáltuk meg a szubpixel alapú osztályozás eredményességét. Az eredményeket egy nagy geometriai felbontású (1 m) hiperspektrális felvétel segítségével validáltuk.

A mintaterületen belül (*I. ábra*) lehatároltunk 10 különböző beépítettségű zónát (családiház, panelház, erdő), hogy az eredményeket különböző beépítettség mellett is tudjuk értékelni. A vizsgálat alapjaként egy 2013. július 24-ei Landsat felvétel szolgált, melyet Level-2 feldolgozottsági szinten a <https://earthexplorer.usgs.gov/> weboldalon töltöttünk le. A validációhoz használt hiperspektrális felvétel 2013 július 9-én készült.

A szubpixel alapú információk kinyeréséhez a Landsat felvételen ENVI/IDL 5.3 (EXELIS) szoftverben a Sequential Maximum Angle Convex Cone (SMACC) eszközzel végeztük el a spektrális szétkeverést (AGGARWAL – GARG 2015). Három végpontot – felszínborítási osztályt – nyertünk ki a folyamat eredményeként: vegetáció, beépített terület, talaj. A három végpontot egy-egy raszteres állományban kapjuk meg, melynek értéke az adott felszínborítási osztály százalékos előfordulási valószínűség értékeit tartalmazza pixelenként. Optimális esetben a három raszteres állomány summázott értéke 100 %-ot adna, de ez általában nem fordul elő, mivel homogén végpontokat kinyerni nagyon nehéz, illetve a valóságban a kinyert három



1. ábra 10 különböző beépítettségű vizsgált zóna a mintaterületen belül

végpont mellett egyéb felszínborítási osztályt is tartalmazhat az adott pixel, amelyet az adott végpontokból nem lehet visszakövetkeztetni, így az ilyen helyeken a becslés nem lesz pontos.

A hiperspektrális felvételt Maximum Likelihood osztályozóval 90,17 % általános pontosság mellett a következő felszínborítási kategóriákba soroltuk: víz, vegetáció, talaj, burkolt út, paneltető, vörös cserép, sötét cserép. Az egyes kategóriákat összevontuk, hogy a spektrális szétkeverés végpontjaival összehasonlíthatók legyenek az eredmények. Az egyes zónákon belül meghatároztuk a spektrálisan szétkevert Landsat felvételen a végpontok százalékos arányának átlagát, valamint az osztályozott hiperspektrális felvétel felszínborítási osztályainak százalékos arányának átlagát, majd az eredményeket összevetettük. Az eredmények korrelációját az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat A spektrális szétkeverés és az osztályozott hiperspektrális felvétel felszínborítási osztályainak korrelogramja

Korrelogram		Osztályozott hiperspektrális felvétel		
		vegetáció	talaj	beépített
Spektrálisan szétkevert Landsat végpontok	vegetáció	0,97		
	talaj		0,87	
	beépített			0,94

A számszerű eredmények tekintetében megállapíthatjuk, hogy a szubpixeles információ kinyerésével az eredmények magas korrelációt mutatnak a referenciaként használt osztályozott felvétellel, ám az abszolút adatok tekintetében a korábban említett okokból kifolyólag a spektrális szétkeverés értéke legtöbbször egy alulbecsült érték lesz, így pontos területmeghatározásra nem alkalmasak, viszont az egyes felszínborítási osztályok egymáshoz viszonyított, vagy becsült százalékos részarányait közelítőleg meg lehet határozni ezzel a módszerrel.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- AGGARWAL, A. – GARG, R. (2015). Systematic approach towards extracting endmember spectra from hyperspectral image using PPI and SMACC and its evaluation using spectral library. *Applied Geomatics*, 7(1), pp. 37–48.
- BOARDMAN, J.W. (1993). Automating spectral unmixing of AVIRIS data using convex geometry concepts. JPL, Summaries of the 4th Annual JPL Airborne Geoscience Workshop, Pasadena, CA. , 1, pp. 11–14.
- BURAI, P. – DEÁK, B. – VALKÓ, O. – TOMOR, T. (2015). Classification of herbaceous vegetation using airborne hyperspectral imagery. *Remote Sensing*, 7(2), pp. 2046–2066.
- DALPONTE, M. – BRUZZONE, L. – GIANELLE, D. (2012). Tree species classification in the southern alps based on the fusion of very high geometrical resolution multispectral/hyperspectral images and LiDAR data. *Remote Sensing of Environment*, 123, pp. 258–270.
- DEÁK, M. – TELBISZ, T. – ÁRVAI, M. – MARI, L. – HORVÁTH, F. – KOHÁN, B. ET AL. (2017). Heterogeneous forest classification by creating mixed vegetation classes using EO-1 hyperion. *International Journal of Remote Sensing*, 38(18), pp. 5215–5231.
- EXELIS, Inc., Boulder, CO, USA.
- GOVENDER, M. – CHETTY, K. – NAIKEN, V. – BULCOCK, H. (2008). A comparison of satellite hyperspectral and multispectral remote sensing imagery for improved classification and mapping of vegetation. *Water SA*, 34(2), pp. 147–154.
- HOMOLOVA, L. – MALENOVSKÝ, Z. – CLEVERS, J.G. – GARCÍA-SANTOS, G. – SCHAEPMAN, M.E. (2013). Review of optical-based remote sensing for plant trait mapping. *Ecological Complexity*, 15, pp. 1–16.
- KESHAVA, N. – MUSTARD, J.F. (2002). Spectral unmixing. *IEEE Signal Processing Magazine*, 19(1), pp. 44–57.
- LILLESAND, T. – KIEFER, R.W. – CHIPMAN, J. (2014). *Remote sensing and image interpretation* John Wiley & Sons.

- LONGBOTHAM, N.W. – PACIFICI, F. – MALITZ, S. – BAUGH, W. – CAMPS-VALLS, G. (2015). Measuring the spatial and spectral performance of worldview-3. *Hyperspectral Imaging and Sounding of the Environment*, pp. HW3B. 2.
- 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*, 40(13), pp. 4876–4897.
- TARABALKA, Y. – BENEDIKTSSON, J.A. – CHANUSSOT, J. (2009). Spectral–spatial classification of hyperspectral imagery based on partitional clustering techniques. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(8), pp. 2973–2987.
- WEI, Q. – BLOUCAS-DIAS, J. – DOBIGEON, N. – TOURNERET, J. – CHEN, M. – GODSILL, S. (2016). Multiband image fusion based on spectral unmixing. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 54(12), pp. 7236–7249.

A bűnözéstől való félelem térbeli elemzése, valamint az elkövetett tényleges bűncselekmények térbeli elhelyezkedésének vizsgálata települési szinten

Szikszainé Hegyi Zsuzsanna¹ – Pődör Andrea²

¹ geoinformatikai szakmérnök

² egyetemi docens, Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kar Geoinformatikai Intézet,
podor.andrea@amk.uni-obuda.hu

Absztrakt: Ebben a tanulmányban a szerzők 12 magyarországi település területén a bűnözéstől való félelem térbeli elemzésével, valamint az elkövetett tényleges bűncselekmények térbeli elhelyezkedésével foglalkoznak. Az elemzésekhez ESRI ArcGIS szoftvert használtak, leginkább annak a statisztikai elemzésekkel foglalkozó eszközeit. A szerzők vizsgálták a települések jellemző adatait népesség szempontjából, a bűnözéstől való félelem kérdőíves kutatás válaszadóinak jellemzőit. További vizsgálat tárgya volt a településeken előforduló leggyakoribb bűncselekmény típusok, a bűncselekmények elhelyezkedése a lakott területeken belül, a lakossági vélemények és a megtörtént bűnesetek közötti területi összefüggések, valamint a bűnesetek területi eloszlása, klaszterezettségének (csoportosulásának) vizsgálata, a települések bűnözés szempontjából problémás területeinek meghatározása.

Bevezetés

A bűnildözés elsősorban a rendőrség feladata, a téma összetettsége miatt a lakosság egészét érinti, és szakmai szempontból is állandó feladatot biztosít akár a szociális szférában, akár a közigazgatási, mérnöki szakterületek és tudományok esetén. A bűncselekmények elkövetése és a lakosok biztonságérzete többek között településfejlesztési, -rendezési kérdéskör is.

Egy korábbi felmérés során a szerzők webes alkalmazást használtak az egyének a bűnözéssel kapcsolatos területi félelmeinek megismerésére (PÖDÖR – DOBOS 2014). Jelentős különbséget találtak a hivatalos statisztika és az állampolgárok szubjektív biztonságérzete között. Megfigyelhető volt, amit a szakirodalom is alátámaszt, hogy a bűnözéstől való félelem nem elsősorban a bűncselekményekkel függ össze, hanem különböző környezeti tényezőkkel (DORAN – BURGESS 2012; LEDERER – LEITNER 2012).

A GIS alkalmazására is több példát találhatunk a témával foglalkozó kutatások között. A bűnözéstől való félelmet vizsgáló nemzetközi példák közül a GeoCHOROS – Geospatial Analysis and GIS Research Group (Athéni Műszaki Egyetem, Görögország) kutatását emelhetnénk ki, mely a <http://www.fearofcrime.com/index.html#home> honlapon érhető el. A projektjükben ők egy olyan platformot hoztak létre, amely a témában adatgyűjtéssel, statisztikai és térbeli elemzési módszerekkel, és WebGIS környezetben működő geovizualizációval és térképezési lehetőségekkel foglalkozik.

Anyag és módszer

Az országon belül több település került feldolgozásra, így az alkalmazott módszer és az eredmények egymással összehasonlíthatóvá váltak.

Online térképes kérdőív

PÖDÖR ET AL. (2016) a mentális térképezés módszerét alkalmazva kifejlesztett egy GoogleMaps alapú webes applikációt, melyen egy rövid kérdőív kitöltése mellett a válaszolóknak poligonnal kellett bejelölniük az általuk biztonságosnak tartott és félelmet keltő területeket. A válaszolók vonallal jelölték az általuk napi ingázásra használt útvonalat is. Az alkalmazást mobiltelefonra is optimalizálták. A kitöltendő kérdőív a résztvevők irányítószámára, korára, nemére és a jellemző közlekedési módjára tért ki. A módszer tesztelését Nagykanizsán végezték. Ezt a módszert a közelmúltban sikeresen alkalmazták a ppGIS ((Public Participation GIS) részvételi és szubjektív földrajzi kutatásokban (BOSCHMANN – CUBBON 2014).

A kutatáshoz a <http://bunmegelozes2019.amk.uni-obuda.hu/index.php> oldalon található kérdőívet használtuk fel. Ez egy online, okostelefonon is használható adatgyűjtő alkalmazás volt, amely térképi adatfelvételre és adatkinyerésre képes, geoinformatikai szoftverek számára. Fontos szempont volt a fejlesztés során, hogy az alkalmazás használata minél egyszerűbb legyen a felhasználóknak, egyúttal minél kevesebb időt vegyen igénybe az adatok bevitele (PÖDÖR ET AL. 2019). A bevitt térképi adatok poligonok lehetnek. A válaszadók a honlapot regisztráció nélkül is használhatják. (PÖDÖR – 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 (PÖDÖR ET AL. 2019).

Az online kérdőív használatából származó adatok 2019. szept. 9. és 2019. okt. 13., valamint 2020. apr. 2. és máj. 11. közötti időszakot ölelik fel.

Egyéb felhasznált adatok

A bűncselekmények térbeli elhelyezkedésére vonatkozóan pontszerű adatokat alkalmaztunk, amelyek rendőrségi adatbázisból származnak. Ezeket az adatokat a rendőrség nem nyilvános módon, csak kutatási célokra ajánlotta fel. Ezen adatok 2016. jan. 1. és 2018. dec. 30. között történt adatrögzítésből származnak.

Openstreetmap adatbázist, többek között a települések lakott, beépített területeinek lehatárolására, az úthálózat alapján a teletömbök lehatárolására és az ábrákhoz alaptérképnek is felhasználásra került. A letöltés a <https://download.geofabrik.de/europe/hungary.html> oldalról történt, ahol lehetőség van teljes országok Openstreetmap állományának különböző formátumokban való letöltésére. Az adatbázis a 2020. júliusi állapotokat tartalmazta.



1. ábra Az adatfeldolgozás menete

Az Európai Unió statisztikai weboldalán (<https://ec.europa.eu/eurostat/web/gisco/geodata/reference-data/population-distribution-demography/geostat>) elérhető területi (Geostat) adatok is, többek között a népesség vonatkozásában. A kutatáshoz a 2011. évi adatok lettek felhasználva. A letölthető állomány tartalmaz egy 1 km²-es rácshálót és a rácsháló egyes celláihoz tartozó azonosítón keresztül táblázatos formában elérhető népesség értékeket.

A feldolgozás menetét az 1. ábra szemlélteti. A vizsgálat során eltérő területi megközelítést alkalmaztunk. A lakónépesség vizsgálatánál 1*1 km²-es rácshálót, a kérdőívet kitöltők életkora, és a bűnözéstől való félelem kérdőív eredményeinél 100*100 m-es rácshálót, beépített területre vonatkoztatva a bűncselekményeket és a klaszterezettség esetén a lakótömbök szintjét vettük alapul. A bűncselekményi forró pont elemzésnél az ArcGIS *OPTIMIZED HOT SPOT ANALYSIS* eszközt használtuk minden település esetén. A klaszterezettség vizsgálatánál az *ANSELIN LOCAL MORANS I* módszert alkalmaztuk.

Mintaterületek

A települések között vannak városok és községek is, amelyek az ország területén elszórva helyezkednek el. A települések általános statisztikai jellemzőit az 1. táblázat tartalmazza.

Eredmények

A 12 település tekintetében 815 válaszadónk volt. Az egyes településeken eltérő számú kitöltő volt. A biztonságos és félelmetes helyeket jelölő poligonok számát a 2. táblázat tartalmazza

A válaszadókra vetített életkor szerinti vizsgálat is történt, amelynek célja kimutatni, hogy kik vettek részt a vizsgálatban és észrevehető-e eltérés az egyes korosztályok válaszai között. Az adatfeldolgozás menete (1. ábra) értelmében a települések 100*100 m-es rácshálójával történő lefedés után, az egyes rácshálóra eső átlagéletkor kiszámításával, a félelmetes és biztonságos értékekre vetítve történt.

A megjelenítésnél (2. ábra) az egyes cellákat külön színnel, hat kategória szerint osztályozva (korosztályos bontásban) színeztük. Az elkészült ábrák megmutatják, hogy az egyes településrészekben a fiatalabb vagy az idősebb korosztály fél vagy érzi magát biztonságban. Az eredmények értelmezését természetesen befolyásolja a válaszolók száma, az adatok mennyisége. Általánosságban elmondható, hogy a korosztályi szélsőértékeknél (35 év alatt, 56 év felett) jobban látszik az egyes korosztályok véleménykülönbsége, míg a középtételeknél (36–55 év) az átlag adódhat a fiatalok és idősek együttes válaszából, azaz a vélemény egyezésből.

1.táblázat

Ssz.	Település	Jogállás	Lakosságszám, 2011 (fő)	Területnagyság (ha)
1	Budapest 10. kerület	fővárosi kerület	78 733	3 249
2	Eger	megyeszékhely, megyei jogú város	55 291	9 221
3	Nagykanizsa	megyei jogú város	49 817	14 840
4	Hódmezővásár-hely	megyei jogú város	46 254	48 798
5	Karcag	város	20 854	36 863
6	Órbottyán	város	7 097	2 738
7	Tát	város	5 338	1 206
8	Esztergom	város	28 759	10 011
9	Sarkad	város	10 262	12 557
10	Tárnok	nagyközség	8 734	2 361
11	Nagykovácsi	nagyközség	6 648	2 767
12	Erdőkertes	község	7 408	575

2.táblázat

Ssz.	Település	„safe” poligonok száma	„fear” poligonok száma
1	Nagykanizsa	215	267
2	Budapest 10. kerület	129	104
3	Nagykovácsi	109	109
4	Eger	83	80
5	Karcag	70	116
6	Esztergom	52	55
7	Tárnok	51	54
8	Órbottyán	50	49
9	Tát	48	51
10	Sarkad	48	51
11	Erdőkertes	41	57
12	Hódmezővásárhely	14	14



2. ábra Erdőkertes községben a válaszolók átlagos életkora a félelmet keltő és a biztonságosnak jelölt területek vonatkozásában

A vizsgált településeken a bűncselekmények harmadát vagy felét teszik ki a vagyon elleni bűncselekmények, amelyek közé a különböző lopások, csalások, betörések, rongálások tartoznak. Ezek valószínűleg megegyeznek a lakosok által félelmet keltő tevékenységekkel, amelyeken a bűnözéstől való félelem kérdőív alapul. A további leggyakoribb típusok közé a közlekedési bűncselekmények (pl. cserbenhagyás, ittas vezetés), az emberi méltóság és egyes alapvető jogok elleni bűncselekmények (pl. zaklatás) és az egészséget veszélyeztető bűncselekmények (pl. kábítószerrel való visszaélés) tartoznak. A felsoroltak szintén a lakosok félelemérzetét tudják befolyásolni.

Hot Spot elemzés

A vizsgálat célja annak kimutatása, hogy hol történik a legtöbb bűncselekmény az egyes települések lakott, beépített területeit nézve? Hol nem történik bűncselekmény? Összehasonlítva a félelmetesnek és biztonságosnak tartott területekkel, van-e a válaszok és a valós események között összefüggés a bűncselekmények száma alapján?

A 12 települést vizsgálva az eredmények vegyesnek bizonyultak. Sarkad esetében például elég nagy egyezés jellemző. Megállapítható az is, hogy a nagyobb városokban (pl. Budapest, Eger, Esztergom, Hódmezővásárhely, Karcag, Nagykanizsa), ahol a népesség eloszlása nem egyenletes, ott az emberek jobban érzékelik a veszélyes helyeket. Ellenkezőleg pedig, a kisebb településeken (pl. Erdőkertes, Órbottyán, Nagykovácsi, Tát), ahol a népesség településen belüli megoszlása egyenletesebb, ott a veszélyes helyek nehezebben ítélték meg.

Területi autokorreláció és klaszterezettség

A települések többségén a tömbök területegységére nézve megfigyelhető a klaszterezettség (két kivétellel: Tárnok, Tát). A szétszórt (dispersed) mintázat egyik

vizsgált településre sem jellemző, vagyis a bűncselekmények elkövetésének központi helyei vannak.

Konklúzió

A vizsgálat célja a bűnözéstől való félelem és a bűncselekmények összehasonlítása települési szinten. A vizsgálatba több magyarországi település került bevonásra.

Az eredmények összegzéséből megállapítható, hogy jellemzően a bűncselekmények meghatározott helyeken koncentrálnak a településeken, azonban a bűnözéstől való félelem, illetve a biztonságosnak ítélt területek nem feltétlenül esnek egybe a bűncselekmények által indikált területi különbségekkel.

Az ilyen típusú online közvélemény-kutatás segíthet az önkormányzatoknak abban, hogy megértsék, hogyan értékelik a polgárok a környezetüket.

A kutatás bizonyította, hogy több, eltérő struktúrájú településen az online kérdőív alkalmas arra, hogy feltárja, hol van olyan, esetleg nem feltétlenül a bűnügyi statisztikában megjelenő bűncselekmények által is jelölt problémás terület, ahol a lakosság szubjektív biztonság érzetének növelése mindenképp célravezető lenne.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton szeretnék megköszönni az UNIGIS Magyarország (www.unigis.net) támogatását.

Felhasznált irodalom.

- 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.
- DORAN D.J. – BURGESS M.B. (2012): Putting Fear of Crime on the Map: Investigating Perceptions of Crime Using Geographic Information Systems. New York, NY: Springer.
- LEDERER, D. – LEITNER, M. (2012): Erfassung der stadtteilspezifischen Kriminalitätsfurcht und Verortung von Kriminalitätsfurchträumen in Linz. In: J. Strobl, T. Blaschke & G. Griesebner (Eds.), *Applied Geographic Information Technology*. Berlin/Offenbach: Wichmann.
- PÓDÖR 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.
- PÓDÖR, 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.
- PÓDÖR, A. – BOSFÖLDI, D. – KATONÁNÉ GOMBÁS K. (2019): Zajérzet mérése Székesfehérváron és Szombathelyen. In: Molnár, Vanda Éva (szerk.) *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X.: Theory meets practice in GIS Debrecen*, Magyarország: Debreceni Egyetemi Kiadó, pp. 249–255, 7 p.

Pontfelhő karcsúsítás – simplification

Szutor Péter

Informatikai szakértő, MVMI Zrt., szutorp@mvm-informatika.hu

Absztrakt: A pontfelhők rendkívül sok pontot tartalmaznak és ezért az összes velük való művelet nehezzé válik a számítás és memóriaigény miatt. Sok alkalmazásnál kevesebb pont is elég. A pontok számának csökkentésére több algoritmus is létezik; a fejlettebb algoritmusok igyekeznek figyelembe venni, hogy melyik pont lényeges, és azokat tartják meg; hátrányuk, hogy erőforrásigényesebbek. Az általam fejlesztett algoritmus leginkább előnézeti pontfelhő generálásra alkalmas, és viszonylag kisebb a számításigénye.

Bevezető

Az egyszerűsítő algoritmusok többféle területen felhasználhatók. Kisebb mértékű csökkentést kívánnak akkor, ha a cél például felületrekonstrukció, alakzatfelismerés. Nagyobb mértékű csökkentést kívánna az előnézeti kép generálás – akárcsak a képfeldolgozó programoknál. Ilyenkor a pontok körülbelül századrészt kellene megtartani ahhoz, hogy elég kis méretű pontfelhőket kapjunk a gyors kezelhetőség (megjelenítés, letöltés) miatt.

Egyszerű algoritmusok

Egyszerű algoritmusok, de jól használhatóak. Ide tartozik pl. a véletlen kijelölés, a sorrendben valahányadik eltávolítása, illetve a voxel alapú csökkentés. Közös jellemzőjük, hogy nem kell hozzájuk sok számítás, illetve a pontfelhő méretével nem nő exponenciálisan a számítási igény.

Összetett algoritmusok

Az összetett algoritmusok fő törekvése, hogy megőrizték a geometriai tartalmat (alakzatokat) a pont darabszám csökkentése mellett.

Itt kétféle csoportosítás lehetséges (ZHANG ET AL. 2019): a mesh alapú és a pont alapú algoritmusok. Sokáig a mesh alapúakat fejlesztgették – a mesh a felületrekonstrukció alapja, így „összeérték” az módszerek. Sokféle megoldás van,

pl. a csomópont összevonás, a normálisok alapján való összevonás, élek keresése, stb. Az ilyen algoritmusok viszont nagyon számításigényesek.

Újabban a pont alapú megoldásokat fejlesztik sokan. A legtöbbször itt egy geometriai jellemző alapján – távolság, normálvektor (LEE – YONG 2008), sűrűség, stb. – osztályozzák a pontokat. Legtöbbször valamilyen klaszterezési eljárás az alap, vagy Delaunay háromszögelés, esetleg Voronoi sokszögek (MOENNING – DODGSON 2003).

Ezek az algoritmusok nagyon jól megtartják az eredeti formákat akár 97%-os pontszám csökkentés mellett is, viszont számításigényesek; minél jobb eredmény, annál több számítás.

További közös jellemzőjük ezeknek az algoritmusoknak, hogy mindenképpen tartalmaznak legközelebbi szomszéd (NN) keresést. Emiatt ezeknek a számításigénye a pontfelhő méretével exponenciálisan nő. Ezt szegmentálással lehet kezelni – de ennek is megvannak a határai, különösen TLS (földi lézerszkennelés) esetében; tárgyszkennelés vagy légi szkennelés esetében a szegmentálás egyszerűbb, kisebb az esélye, hogy értékes részeket vágunk ketté.

Az algoritmus leírása

Előzmények

Az algoritmus a klaszter alapú algoritmusok közé tartozik. Többféle ilyen algoritmus van már, pl. k-means klaszterezés alapú (SHI ET AL. 2010), affinity propagation alapú (LI ET AL. 2009).

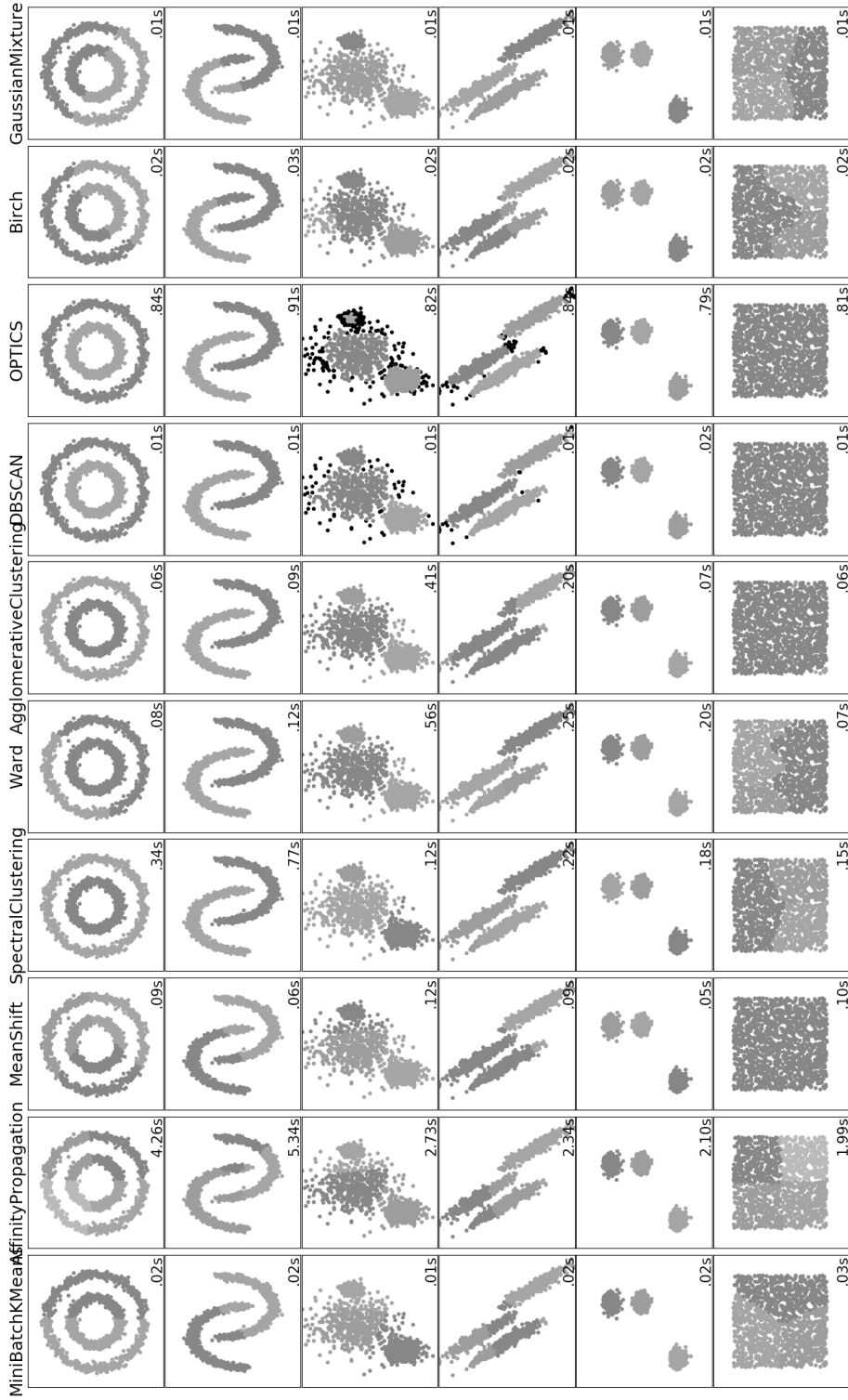
A különböző klaszterezési eljárások különböző gyorsaságúak, és vannak, amelyek különösen érzékenyek a pontok darabszámára. A scikit-learn klaszterezési metódusainak összehasonlítását megtaláljuk a dokumentációban (https://scikit-learn.org/stable/auto_examples/cluster/plot_cluster_comparison.html).

Ebből látszik, hogy a MiniBatchKMeans algoritmus mennyivel gyorsabb, mint az AffinityPropagation. Utobbinak előnye viszont az, hogy nem kell megadni a klaszterek számát előre, míg a MiniBatchKMeans-nak igen.

Ezért én nem ezeket választottam az algoritmusom alapjául. A tapasztalataim szerint a nagy pontszámokon is nagyon jól használható algoritmus a DBSCAN (Density-Based Scan). Az algoritmusban ennek egy továbbfejlesztett változatát, a Hierarchical DBSCAN-t (CAMPOLLO ET AL. 2013) használtam.

Követelmények

Az algoritmus kifejezetten előnézeti „képek” generálására szolgál. Ezért a cél az volt, hogy legyen legalább 98%-os a csökkentés aránya, illetve a futásidő 400000-s pontdarabszámnál ne legyen nagyobb 30 másodpercnél egy átlagos korszerű számítógépen (AMD ZEN vagy Intel 8. gen).



1. ábra Klaszterezési eljárások összehasonlítása (scikit-learn)

Működés

Az algoritmus igazából nagyon egyszerű. Az alapötlete, hogy a klaszterezzük a pontfelhőt sűrűség szerint, majd a klaszterek határpontjait tartjuk meg, és utána a klaszterek belsejét töltjük fel egy nagyon alacsony voxelszámú alulmintavételezéssel.

A programot python nyelvben írtam, de mivel a számításokat a C-ben írt python modulok végzik, ez nem csökkenti jelentősen a futásidőt, viszont könnyen átlátható és bővíthető.

A pontfelhők beolvasását az Open3D könyvtár segítségével (<http://www.open3d.org/>) végeztem. A HDBSCAN klaszterezést a hdbscan python modul végzi (<https://pypi.org/project/hdbscan>). A határok megállapításához a scipy.spatial Convexhull modulját használtam (<https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.spatial.ConvexHull.html>).

A Convexhull algoritmus szintén lelassul a pontszám növekedésével, de a klaszterek mérete nem nagy. A voxel alulmintavételezéshez az Open3d könyvtár voxel_downsampling metódusát használtam.

Az algoritmus lépései

1. Pontfelhő beolvasás
2. Kiterjedés számolása a voxelméret megállapításához
3. HDBSCAN futtatása (min.cluster=47,alpha=1.12)
4. Convexhull futtatása a klaszterekre
5. Voxel alulmintavételezés futtatása az egészre (voxelméret=legnagyobb kiterjedés/30)
6. Convexhull és voxel pontok összeolvasztása egy pontfelhőbe
7. Eredmény kiírása

Eredmények

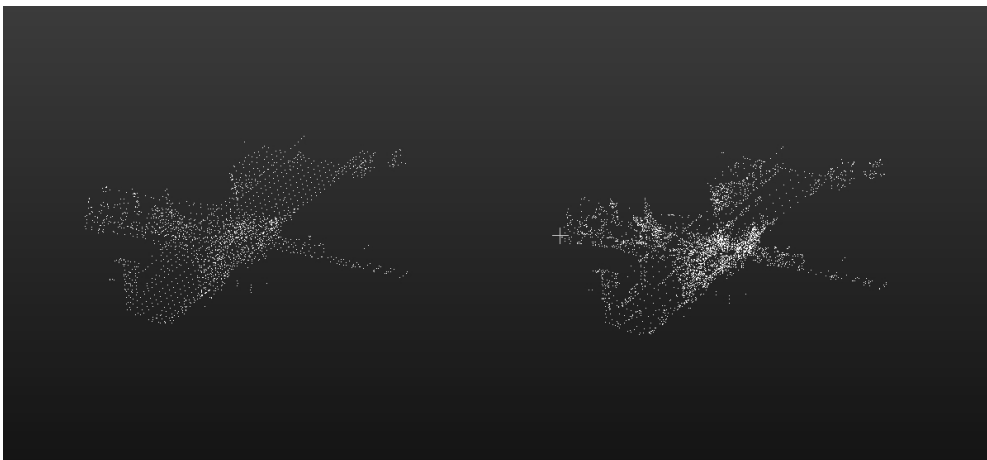
Az eredmények összehasonlításához egy voxeles alulmintavételezést használtam, kisebb voxelmérettel (legnagyobb kiterjedés/47). Ezzel a beállítással körülbelül ugyanakkora méretcsökkenés keletkezett (pontfelhőtől függően kisebb vagy nagyobb volt a voxeles állomány).

1. táblázat Az algoritmusra jellemző futási idők (AMD Ryzen 2700X, Fedora 31)

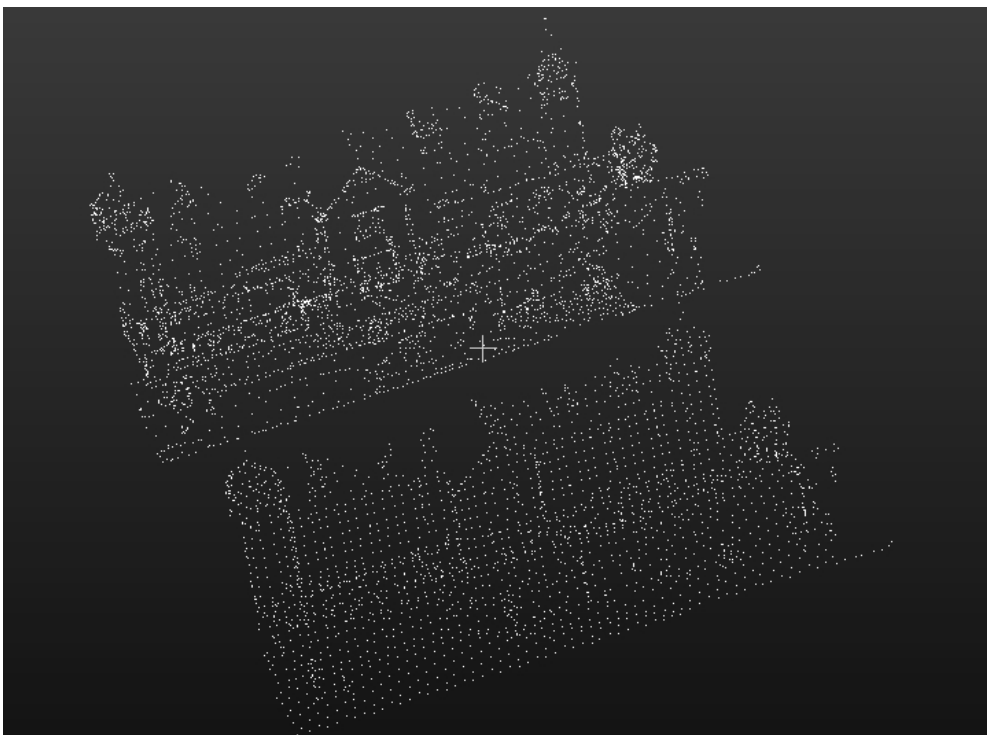
Pontszám	Futási idő (mp)
329684	14.8
419648	17.42
931538	59.89
2801526	1134.31

Az új algoritmus átlagban 15.99%-kal nagyobb méretet eredményezett, mint a voxeles alulmintavétel. Az egyszerűsítése átlagosan – fájl méret szerint – 99.5% volt (azaz az eredeti fájl méret 0.5% lett átlagosan).

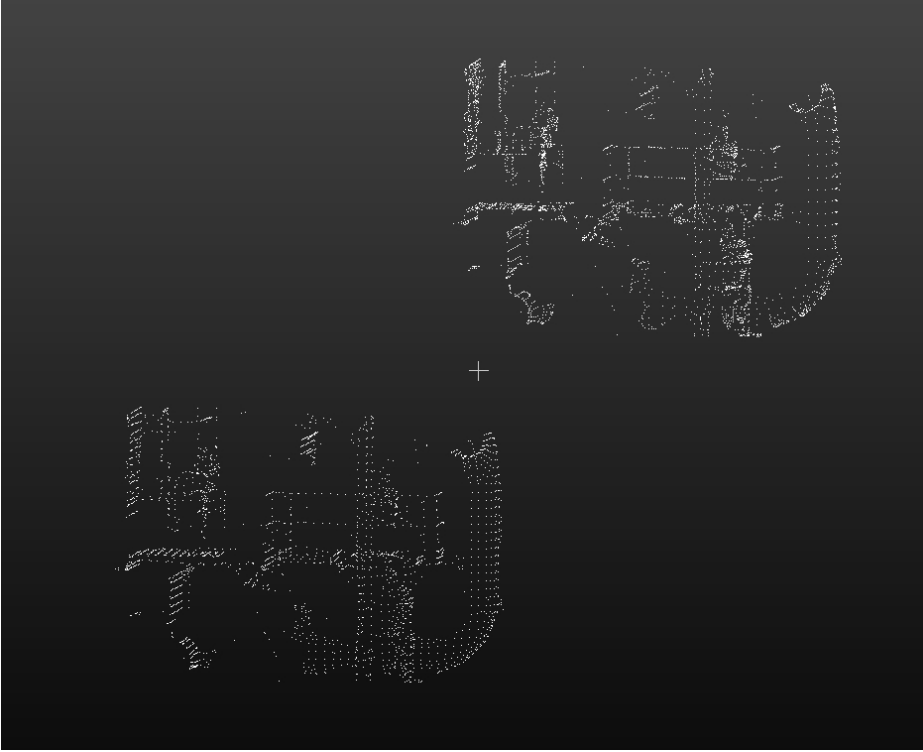
Több pontfelhőn is futtattam az algoritmust; ezekből öt jellegzetes típus látható a következő ábrákon.



2. ábra Utcakép: bal oldalon a voxeles, jobb oldalon az új algoritmus



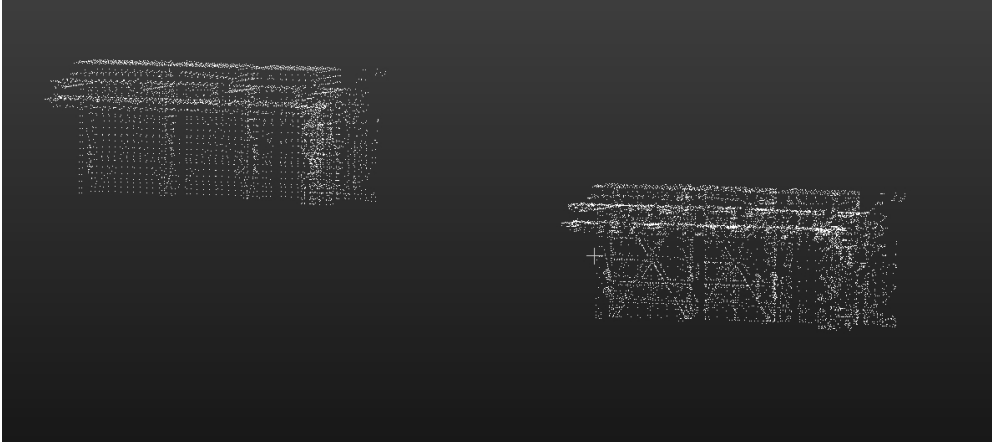
3. ábra Templom: alul a voxeles, felül az új



4. ábra Csövek: alul a voxeles, felül az új



5. ábra Csövek2: jobb oldalon a voxeles, balon az új



6. ábra Csarnok: bal oldalon a voxeles, jobb oldalon az új

A képeken látszik, hogy a jellegzetes pontokat jól megtartotta az algoritmus: a templomnál az épületek széleit, ablakszéleket, a csöveknél látszik, hogy szegmensekből van a cső, látszanak a kisebb szerelvények, a csarnoknál a csarnok keresztartói.

Összegzés

Az algoritmus jó hatásokkal egyszerűsít, és jobban megtartja a jellegzetes alakzatokat. Viszont a futási időkből látszik, hogy exponenciálisan nő a pontszámmal, ~400000 pontig még használható. Ezért nagyobb pontfelhőknél (és a a gyakorlatban a pontszám általában nagyobb, mint egymillió) szükséges a szegmentálás. A kezelt darabszám viszont elég nagy ahhoz, hogy kellően nagy egybefüggő részeket lásson az algoritmus – egy nagyságrenddel kisebb darabszámmal már túl kicsi lenne a szegmentált darab ahhoz, hogy értelmes részleteket tudjon kiemelni.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Kertész Imre kollégámnak a tanácsaiért, illetve Németh Andrásnak (Paksi Atomerőmű Zrt., Építészeti Osztály) a támogatásáért.

Felhasznált irodalmak

- CAMPELLO R.J.G.B. – MOULAVI D. – SANDER J. (2013): Density-Based Clustering Based on Hierarchical Density Estimates.
- LEE, P.F. – JONG, B.S. (2008): Point-based Simplification Algorithm.
- LI, L. – CHEN, S.Y. – GUAN, Q. – DU, X. – HU, Z.Z. (2009): Point Cloud Simplification Based on an Affinity Propagation Clustering Algorithm.

- MOENNING, C. – DODGSON, N.A. (2003): A new point cloud simplification algorithm.
- SHI, B.Q. – LIANG, J. – LIU Q. (2010): Adaptive simplification of point cloud using -means clustering
- ZHANG, K. – QIAO, S. – WANG, X. – YANG, Y. – ZHANG, Y. (2019). Feature-Preserved Point Cloud Simplification Based on Natural Quadric Shape Models.

A téri referenciakeret és a térképek északi tájolása

Török Zsolt Győző

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai Kar, Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet, zoltorok@map.elte.hu

Abstract: Navigating with maps requires the translation of the allocentric reference frame of the graphic representation into the user's egocentric reference frame. Beyond the scope of personal experience, to learn the configuration of large and complex spaces humans have been using maps. The effective support of human navigation and cognition is based on the design of cognitively relevant geo-visualizations considering human competences. The 'You are (a)where' orientation experiment, designed by ELTE Cognitive Cartography Research Group, demonstrated the significant cultural role of maps in spatial learning. Our test subjects first pointed to North in a misaligned vista space, then indicated the directions of landmarks in Budapest, and repeatedly pointed to North. Our results are consistent with previous research and demonstrate the influence of a learned, north-oriented geographical reference frame in the cognitive map.

Bevezetés: térkép és téri tájékozódás

Az utóbbi évtizedekben a kartográfiai, tágabb értelemben geovizualizációs és geoinformatikai kutatások fókuszába egyre inkább bekerülnek a felhasználót a rendszer részének tekintő, a kognitív képességeket és folyamatokat kutató, multidiszciplináris megközelítésű vizsgálatok (FABRIKANT – LOBBEN 2009). Az első hazai, a térképolvasó tekintetű követésén alapuló vizsgálatokat 2012-ben az ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszékén végeztük el (TÖRÖK – BÉRCES 2013), majd a következő években további kognitív kísérleteket fejlesztettünk (TÖRÖK ET AL. 2018) a grafikus interfészek és a téri megismerés kölcsönhatásnak tanulmányozása érdekében.

Az analóg térképi ábrázolásokra alapozott kartográfiai szakirodalomban meglehetősen kevés szó esik a térképek használatáról. A szakirodalom szerint a nyomtatott térképek használatának előfeltétele a térkép helyes *tájolása*, majd ezt követi a földrajzi helyzet, az *álláspont* meghatározása (KLINGHAMMER – PAPP-VÁRY 1986). A tájolás során meg kell keresnünk valamelyik földrajzi főirányt a természetben, leginkább az *északot*, majd a térképlapot úgy kell forgatnunk, hogy az azon jelölt északi irány egybeessen a valódi északi iránnyal. Ezután az álláspontunk meghatározása következik, vagyis terepi helyzetünk térképi megfelelőjét kell megtalálnunk, amit a terep jellemző, általában kiemelkedő objektumai, terepalakulatai alapján, iránymetszéssel tudunk megoldani. A térképet a két a fenti, egymás után végrehajtott

téri tájékozódási feladat helyes végrehajtása után használhatjuk, segítségével olyan tér feladatokat oldhatunk meg, mint az ismeretlen terepen leggyakrabban előforduló útvonaltervezés (*wayfinding*).

A 21. századi térképhasználóknak *látszólag* nincsen szüksége a hagyományos térképpel való navigációra, mivel ezeket a mobil és navigációs eszközök végzik helyette. A mobiltelefonok és járműfedélzeti navigációs eszközök ugyanis mára általánosan elterjedtek, és a műholdas helymeghatározásra – pl. a köznyelvben csak „GPS”-ként említett amerikai szolgáltatásra – alapuló térképes navigáció szinte a világ bármely pontján automatikusan megoldja helyettünk a navigációt. Az általában hálózati kapcsolattal rendelkező navigációs eszközöknél a felhasználó helyzetét, haladási irányát megismerve a megjelenítést automatikusan erre a helyzetre és a felhasználó irányultságára tudjuk optimalizálni. Az eredmény egy „felfelé-előre” (*head-up*) tájolású térképi megjelenítés, amely a használó nézőpontjából mutatja a környezetet, legtöbbször az útvonallal és az ahhoz kötődő információk grafikus ábrázolásával kiegészítve. A térképes ábrázolás vizuális csatornáját továbbá kiegészítheti a hang-alapú navigáció, amely a szóbeli utasítások sorozata. Kétségtelen hatékonyságuk ellenére a mai navigációs rendszerek rendszeres használatának hatását vizsgáló kutatások egy hosszabb távon különösen aggasztó, negatív hatást, a felhasználók tér tájékozódási képességeinek csökkenését mutatták ki (PARUSH ET AL. 2008). Az ebben az irányban folytatott vizsgálatok a legkorszerűbb képalkotó technológiát használva rámutattak például a térképhasználat és a hangos utasítások követésének lényeges különbségre, az agy eltérő működésére.

A kognitív „térkép” változó fogalma

A TOLMAN (1948) által több mint fél évszázada javasolt kognitív térkép az utóbbi évtizedekben a tér megismeréssel kapcsolatos vizsgálatok egyik leggyakrabban használt, ám egyben leginkább vitatott fogalmává vált. Az eredeti értelemben a kísérleti állatok elméjében a tér tanulás során létrejövő olyan mentális struktúrát jelentett, amely a labirintusban való tér tájékozódási feladat során a térképhez hasonló funkciót látott el, azaz segítette a navigációt. Az 1960-as évek végétől számos publikációban feltűnt a kognitív térkép fogalom, amit gyakran a kísérleti alanyok által rajzolt térképvázlatok vagy a nemegyszer karikatúraszerű illusztrációk kapcsán emlegettek. Ez még tovább erősítette a térképpel való hasonlóságot. Az 1970-es években az agyban, a hippocampusban kimutatott *helysejtek* felfedezése (O’KEEFE – NADEL 1978) arra is lehetőséget kínált, hogy a kognitív térkép működését ezen idegsejtek működésével magyarázzák a kutatók. A következő évtizedben sikerült kimutatni a fej irányát jelző sejteket, majd 2005-ben a norvég Moser-laboratóriumban a patkányok agyában, az entorhinális kéregben kimutatta a *rácssejtek* létezését. Ezek a sejtek sajátos hatszöges rácsot alkotó mintázatokban a tér tájékozódásban nagyon fontos geometriai tulajdonságok neurális leképezését adják. Az „agy GPS” felfedezéséért 2014-ben a kutatók megosztott orvos-élettani Nobel-díjat kaptak. Az

azóta felfedezett további sejtípusok (sebesség-sejtek, nyom-sejtek stb.) a humán téri tájékozódásban, valamint az emlékezettel kapcsolatos kognitív műveletekben egyaránt alapvető jelentőségű hippocampusz szerepét már nem a korábbi térkép metaforán keresztül látják, mivel a helysejtek együttes tüzelése valójában olyan neurális mintázatokat hoz létre, amely az agy számára az emlékezeti rekonstrukció lehetőségét hozza létre (LISMAN ET AL. 2017).

Téri tanulás és navigáció

A korszerű képalkotó eljárásokkal folytatott idegtudományi kutatások rendkívül ígéretesek, azonban a laboratóriumi körülmények között, elsősorban rágcslókon végzett kísérletektől még hosszú út vezet a valós környezetben mozgó, cselekvő ember téri viselkedésének megértéséhez. A viselkedépszichológiai vizsgálatok fontossága a téri tájékozódás és navigáció témakörében azért is rendkívül fontos, mert az olyan technológiák, mint a mobil-navigáció alakítja kognitív képességeinket, illetve azért is, mert pl. az önvezető járművek megjelenésével a közlekedésben a humán viselkedés teljesebb megértése életfontosságú a mesterséges intelligencia fejlesztésénél.

A téri tanulási stratégiában SIEGEL – WHITE 1975-ben közölt nagyhatású publikációjukban aktív és passzív tanulási módokat különböztetett meg. A szerzők a tudás hierarchikus szerveződését valószínűsítették, éppúgy, mint a gyermekek kognitív fejlődését, benne a térkategória alakulását, évtizedekkel korábban vizsgáló PIAGET – INHELDER (1948). A máig elfogadottnak tekintett elméleti keretben a téri tudás fejlődésének szintjei a tájékozódási pontok, az útvonalak és végül az átfogó téri tudás. Az egyes szintjei a környezet egyre teljesebb és átfogóbb megismerése során tárulnak fel. Először a jellegzetes tájékozódási pontok (*landmark*) tárolódnak, majd ezek a helyek és fordulók sorozatai *útvonalakba* szerveződve segítik a tájékozódást. Végül a legmagasabb szintet képviselő, átfogó vagy „térképinek” is nevezett téri tudást (*survey knowledge, map knowledge*) az jellemzi, hogy ezen a szinten a korábbi elemek összessége egyetlen összefüggő, konfigurációs téri rendszerbe szerveződik.

A téri tudás megszerzésének különböző módjai lehetségesek, de amíg a kisebb méretű környezetekben a személyes tapasztalás, addig a nagyméretű terekben a térképről való ismeretszerzés tűnik alapvetőnek. A kognitív pszichológiai kutatások egészen a legutóbbi időkig elsősorban az előbbi területtel foglalkoztak, azonban néhány kutató már korábban rámutatott a kartográfiai ábrázolás szerepére a tájékozódásban és nagyméretű terek esetében. Korábbi kísérletekben azt találták, hogy a statikus, nyomtatott térképeket használók nagyobb hatékonysággal oldották meg a tájékozódási, iránymutatási és távolságbecslési feladatokat, mint a dinamikus megjelenítéseket használók (THORNDYKE – HAYES-ROTH 1982). A statikus térképi megjelenítés jobban támogatja a téri tanulást, mint a dinamikus. Ugyanakkor a verbális utasítások és az útvonaltérkép navigációs hatékonyságát összehasonlítva, az utasítás-sorozatokat követő alanyok esetében kevesebb hibát találtak. A mobil

navigációs eszközök vizsgálataiból derült ki, hogy a hatékonyság ára maga a téri tudás. Vagyis az eszközök segítségével az emberek gyorsan és egyszerűen megtalálják a célpontot, azonban az így szerzett tudás az útvonalra vonatkozóan sem túl jó, és értelemszerűen hiányzik az átfogó tudásszint. A meglepő eredmény különösen az utóbbi évtizedekben rohamosan terjedő navigációs eszközök elterjedésének fényére *kognitív szempontból* némi árnyékot vet.

A téri referenciakeret és térkép

A téri tudás megszerzésében és a mentális reprezentációjában is döntő szerepet játszik a viszonyítási keret, amely a pszichológiában vagy a személytől függő, testhez kötött *egocentrikus*, vagy a nézőponttól független, *allocentrikus* (KLATZKY 1998). A méretviszonyok fontosságára Montello hívta fel a figyelmet: a nagyobb kiterjedésű terekben, amelyeket nem tudunk egyetlen nézőpontból áttekinteni (környezeti tér), vagy tapasztalással felderíteni (földrajzi tér), és javasolta a tér méret szerinti tipologizálását. A környezeti terekben, vagyis pl. városi térben való tájékozódással foglalkozó MEILINGER (2008) vizsgálatai alapján a korábbi elméleti keret helyett a referenciakeretek hierarchikus rendszerét javasolta.

A kognitív térkép északi tájolása

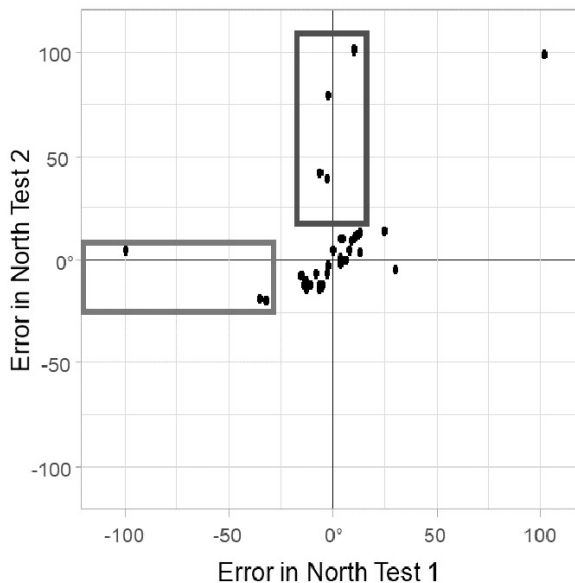
Frankenstein és társai kutatásukban egy kartográfiai, geovizualizációs szempontból is releváns kérdést, a kognitív térkép lehetséges *tájolásának* kérdését vizsgálták (FRANKENSTEIN 2012). A laboratóriumi kísérlet során a létrehozott virtuális városi környezetben tübingeni lakosok mutatták meg a nevezetes helyek irányát. A kísérlet során a legjobb eredményt akkor érték el, amikor nézési irányuk a várostérképek északi tájolásával esett egybe. A kutatók mindebből azt a következtetést vonták le, hogy a kognitív térkép *északi tájolású*. Ezzel ellentétes eredményre jutottak amerikai kutatók (BRUNYE 2015), akik Tufts University egyetemi kampuszán belül vizsgálták az iránymutatás pontosságát. Azt találták, hogy a jelölt irányok pontossága inkább a környezeti geometria tengelyeivel való párhuzamosságnál mutat korrelációt, míg a földrajzi főirány az északjelölései nagyjából 20°-os átlageltérést mutatott a mágneses északtól, vagyis a kognitív térkép *nem északra* tájolt.

Kísérletünkben a fenti két kísérlet eredményeiben – és értelmezésükben is – jelentkező ellentmondást kívántuk feloldani, amikor egy hasonló, iránymutatásos kísérletet terveztünk. A kísérletet a téri tanulást virtuális városi térben tesztelő kísérleteink (TÖRÖK ET AL. 2018) után terepen hajtottuk végre, mivel a korábbi kísérleti paradigma további fejlesztését támogatás nélkül nem tudtuk megvalósítani. A terepi kísérleti helyszín így részben kényszerűségből adódott, miközben fontosnak tartottuk a viselkedés valós tájékozódási helyzetben való vizsgálatát. Praktikus szempontokat figyelembe véve egy nagyon olcsó, könnyű és rövid idő alatt végrehajtható, azonban a téri tájékozódást és a viszonyítási keretek alaptulajdonságait tükröző paradigmát

hoztunk létre. Az önkéntes kísérleti személyeket a tájékoztatás és informált beleegyező nyilatkozatuk kitöltése után az ELTE Lágymányosi Kampuszán keleti irányba fordítva arra kértük, hogy grafikusán mutassák, rajzolják be a feladatlapra a földrajzi északi irányt. Ezután további környezeti irányokat, majd városok irányait mutatták meg ilyen módon. Végül ismételten kértük az északi irány mutatását. A kísérletben 36 önkéntes vett részt (12 nő) akik az ELTE alapszakos hallgatói voltak. Lényegében tehát a mobil navigációban jellemző, a nyomtatott térképészetben az „itt áll Ön”-típusúknak nevezett térképek használatát utánzó kísérleti helyzetet hoztunk létre, amely a korábbi terminológia szerinti „egocentrikus” térreprezentáció. A kísérlet különlegessége a kiválasztott terepi helyzet volt: egyrészt a budapesti iránypontokból egyetlen, a Duna volt látható; másrészt a kampusz belső részén látható valamennyi épület tengelye ehhez illeszkedve, egy sajátságos, eltájolt (*misaligned*) geometriát képviselt a vizuális, belátható térben.

Eredmények és következtetések

A két iránymutatás pontosságát R szoftverben elemeztük (TÖRÖK – TÖRÖK 2019). Mindenekelőtt azt vizsgáltuk, hogy vajon a Duna illetve a környezet geometriája befolyásolta-e az iránymutatást. Az analízis eredményeként azt találtuk, hogy a földrajzi északi irány mutatásának pontossága szignifikánsan kisebb volt a valódi északhoz, mint az eltájolt tengelyhez képest. Az eltérés a legtöbb esetben $\pm 5^\circ$ -nál kisebb hibát jelentett, ami meglepően jó eredmény. Ugyanakkor néhány esetben kiugróan hibás iránymutatást találtunk, volt olyan kísérleti alany, aki a második sorozatban is több mint 100° -os eltéréssel jelölt.



1. ábra Az északi irány mutatásának nagy pontossága jelentős egyéni különbségeket mutat

Ez egyrészt arra utal, hogy az életkori és kulturális szempontból nagyjából homogén csoporton belül is igen nagy lehet a téri kompetenciák különbsége. Másrészt a két iránymutatási sorozat igen jó egyezést mutatott, tehát a különböző méretű és típusú terekben egyaránt megjelent az északi irány mentális reprezentációja. Mivel a téri referenciakerettel kapcsolatban mind az idegtudományi mind a viselkedépszichológiai kutatások szerint alapvetően egocentrikus viszonyítási keretről van szó, kísérletünk a referenciakeretek hálózati szerveződésének (MEILINGER 2008) és az „egocentrikus-frissítés-újrátöltés” komplex referenciakeret (WANG – SPELKE 2000) hipotézisek relevanciáját támogatja. A felvett adatok és az iránymutatási pontosság közötti korrelációnál csak a Budapesten töltött idővel találtunk erős statisztikai összefüggést. A fenti eredmények, és a két iránymutatási sorozat meglepő pontossága azt a feltételezést támogatja, hogy a földrajzi észak főirányként a téri referenciakeret tengelye és kitüntetett tájolási iránya, egyben a kognitív térkép tanult komponense.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmányt megalapozó kutatás az *ED_18-1-2019-0030 szerződészáma* a *Tématerületi Kiválósági Program* projekt („Alkalmazásiterület-specifikus nagy megbízhatóságú informatikai megoldások”) keretében, a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással valósult meg. A kísérletben való közreműködésért külön köszönet Farkas-Németh Zoltán és Balla Dániel, az ELTE Kognitív Kartográfia kutatócsoport Térképész MSc hallgató tagjainak.

Felhasznált irodalom

- BRUNYÉ, T.T. – BURTE, H. – HOUCK, L.A. – TAYLOR, H.A. (2015): The Map in Our Head Is Not Oriented North: Evidence from a Real-World Environment. *PLoS ONE* 10(9):e0135803, DOI: 10.1371/journal.pone.0135803
- FABRIKANT, S.I – LOBBEN, A. (2009): Introduction: Cognitive issues in geographic information visualization. *Cartographica*, 44(3), pp. 139–143.
- FRANKENSTEIN, J. – MOHLER, B.J. – BÜLTHOFF, H.H. – MEILINGER, T. (2012): Is the Map in Our Head is Oriented North? *Psychological Science*, 23, pp. 120–125.
- KLINGHAMMER, I. – PAPP-VÁRY Á. (1984) : *Földünk tükre a térkép*. Gondolat, Budapest.
- LISMAN, J. – BUZSÁKI, GY. – EICHENBAUM, H. – NADEL, L. – RANGANANTH, C. – REDISH, D. (2017): Viewpoints: how the hippocampus contributes to memory, navigation and cognition. *Nature Neuroscience*, 20 (11), pp. 1434–1447.
- MEILINGER, T. (2008): *Strategies of orientation in environmental spaces*. MPI Series of Biological Cybernetics 22, Logos Verlag, Berlin.
- MONTELLO, D.R. (1993). Scale and multiple psychologies of space. In: A. U. Frank & I. Campari (szerk.): *Spatial information theory: A theoretical basis for GIS* (pp. 312-321). *Proceedings of COSIT '93*. Berlin: Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science 716.

- PARUSH, A. – AHUV, S. – EREV, I. (2008): Degradation in Spatial Knowledge Acquisition When Using Automatic Navigation Systems. In: Winter, M., Duckham, L., Kulik, B. Kuipers (szerk.) *Spatial Information Theory, Lecture Notes in Computer Science 4736*, Berlin: Springer, 2008, pp. 238–254.
- O'KEEFE, J. – NADEL, L. (1978): *The Hippocampus as a Cognitive Map*, Oxford University Press, Oxford.
- 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*. 10, pp. 9–55.
- THORNDYKE, P. W. – HAYES-ROTH, B. (1982). Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation. *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. (2019): Remember the North. Reference Frames and Spatial Cognition at Different Scale. In: Baranyi, P. (szerk.): *Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications*, pp. 21–26.
- 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. *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>
- WANG, R. F. – SPELKE, E.S. (2000): Updating egocentric representations in human navigation. *Cognition*, 77, pp. 215–250.

Szakterületek és országok közötti adatszabványosítás lehetőségei a földrészlet- és épületkataszterben

Utasi Zoltán

főiskolai docens, Eszterházy Károly Egyetem, utazo74@gmail.com

Abstract: This publication provides an overview of the principles of standardization required for the unified GIS database of land parcels and buildings, the reasons for creating compatibility between different disciplines, the theoretical and practical foundations and possibilities.

A szabványosítás szükségessége

Az adatszabványosítás alatt ezen publikáció a térképi objektumok topográfiájának és a nómenklatúrájának (kódrendszerének) egységesítését érti, amely az adatintegráció előfeltétele. A létrejövő adatbázisnak hitelesnek és közhitelesnek kell lennie. Hiteles alatt azt értjük, hogy az adatbázis a valós állapotokat tükrözi (az elvárható frissítési periódusban), a közhiteles alatt pedig azon jogi fogalmat, miszerint az adatok a közhiteles nyilvántartásokban szereplőkkel megegyeznek – optimális esetben e két feltétel ugyanazt jelentené. A valóságban azonban gyakori az eltérés, mely a kisebb, könnyebben korrigálható pontatlanságoktól (pl. épületfunkció) az egészen súlyos hibákig terjed (pl. ugyanaz az objektum eltérő forrásokban eltérő kiterjedéssel jelenik meg). Az adatbázisnak a pontosabb (épületeknél) vagy mindkét (földrészleteknél) állapotot tartalmaznia kell úgy, hogy mindig nyomon követhető legyen, mely elem közhiteles, illetve melyik nem, s eltérés esetén fel kell tüntetni a módosítás alapjául szolgáló forrást. Az adatszabványosítás igénye nemcsak nemzeti szinten jelentkezik, hanem nemzetközi viszonylatban is – a sokféle adatszerkezet megnehezíti az országhatárokon átnyúló együttműködést. Ezt elősegítendő született meg az INSPIRE keretrendszere (INTERNET1) is.

Az adatszabványosítás alapelvei

Az első alapelv a topográfiai következetesség: ugyanaz az objektum a különböző nyilvántartásokban pontosan ugyanabban a kiterjedésben és jellemzőkkel szerepeljen, továbbá ne legyenek hiányzó vagy duplikálódott elemek (utóbbi gyakori esete amidőn közművekhez kapcsolódó objektumok az ingatlankataszteren is megjelennek). Ez ma gyakran nem valósul meg (pl. épületek kiterjedése eltér az

ingatlankataszterben és a topográfiában). Ennek okai egyrészt a különböző forrásokra vonatkozó eltérő szabványokban keresendők, másrészt a terepi felmérések, illetve a már meglévő adatok konverziója során (pl. papírtérképek vektorizálása) jönnek létre. Továbbá az objektumok határvonalai a különböző nyilvántartásokban sokszor nem igazodnak egymáshoz még akkor sem, ha ez elvárható lenne (pl. az ingatlan-, illetve erdészeti kataszter eltérő egységei).

A második alapelv az objektumok egyértelmű beazonosíthatósága, mely alapvetően az aktuális állapotokra kell, hogy vonatkozzon, de a változások visszakövethetőek legyenek egy bizonyos időtávlatig (pl. helyrajzszámok változása). Ez megköveteli, hogy az adott objektum országos (sőt, lehetőség szerint nemzetközi szinten is) egyedi azonosítóval rendelkezzen. Jelen állás szerint még az egyértelmű esetekben is a különböző szakterületek ragaszkodnak saját, egymástól eltérő kódrendszerükhöz. Például egy település neve ugyan egyedi (pl. Eger), de eltér a postai irányítószám (3300), a KSH településazonosító törzsszám (2049), az erdészeti besorolás (AZOK).

A földrészletek adatszabványosítása

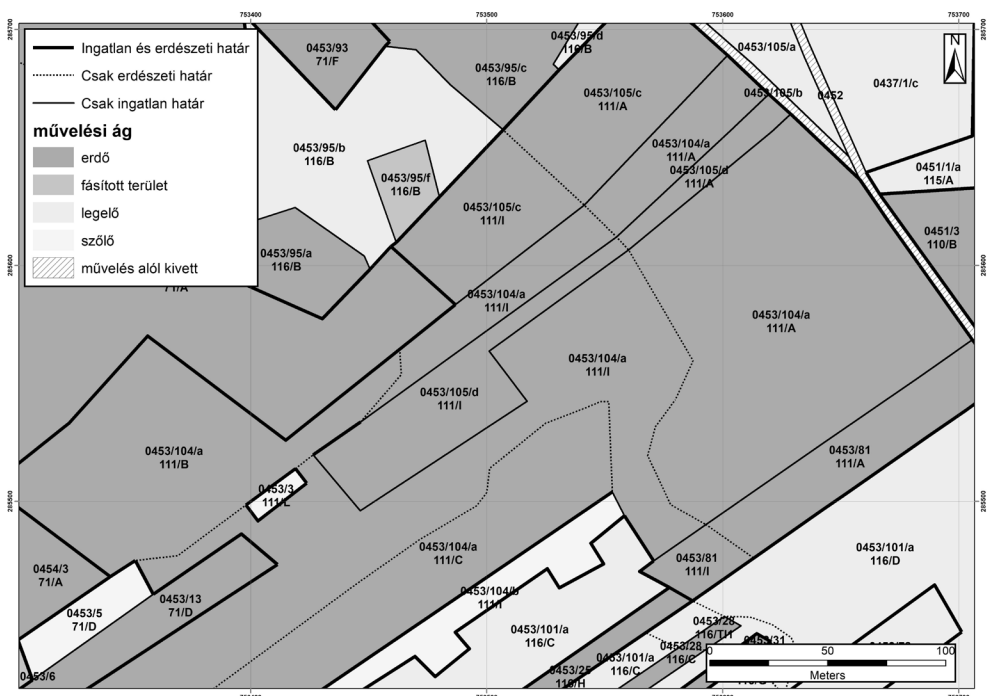
A topográfiai következetlenségek megszüntetése a modern felmérési technológiáknak köszönhetően várhatóan rövidebb időtávon belül megoldódik, feltételezvé, hogy az eltérő szakterületek ugyanazokat a határvonalakat, pontokat használják.

Az azonosítók rendszerében szükséges szabványosítás nagyon eltérő fázisban tart. Egyes esetekben ez már előrehaladott, melynek jó példája az erdészet, ahol már létezik a földrészletek országos szintű egyedi azonosítási rendszere. Ebben már minden tartalom (földrészletek azonosítója, termőhely minősége, faállomány jellemzői, stb.) átkódolásra került. Kiemelve a parcellák azonosítását: a településnév és a csak települési szinten egyedi tag és erdőrészlet megjelölés helyett az ún. AZOK kód került bevezetésre (DIGITERRA 1996), mely 10 számjegye országon belül egyértelművé teszi a földrészlet helyét. De topográfia tekintetében nem következetes: egyrészt alapvetően hiányzik az ingatlankataszterrel való összehangolás (az erdészeti utak eltérnek az ingatlankataszternél nyilvántartottól, egy erdőrészlet olykor több ingatlanra is átnyúlik, stb.), másrészt a 10 évenkénti felülvizsgálatnál is folyton változnak az elvileg ugyanott futó határok.

Mivel az ingatlankataszter (HAZAY – SZALONTAI 1976) esetében nincs az előzőekhez hasonló egyedi, egységes rendszer, így több települést érintő feldolgozások esetében egyedi megoldások szülehetnek. Az ingatlanok azonosítására ezen cikk szerzője által létrehozott rendszer lényege az, hogy a közhiteles nyilvántartások értékei nem kerülnek teljes átkódolásra, csak egy köztes állapotú, egységes formátumú megjelenítésre. Ebben a rendszerben az ingatlan azonosítója a következő elemekből áll: országcód + településnév + helyrajzszám és alrészlet betűjel (pl. HUN_Eger_168/4/b). Ezen formát átmeneti állapotnak tekintjük, melyet a jövőben

egy országos szintű, egységes rendszer kell felváltson (mint az erdészet esetében). A földrészletek minőségi paraméterei (pl. a földhasználat módja) pedig szinte településenként eltérően kerültek rögzítésre.

Az ingatlankataszter mellett több, jogi erővel bíró nyilvántartás is létezik, ezek integrálása is kívánatos. A feldolgozás során mindig az ingatlankataszter a referencia, a többi tartalmat szükség esetén ehhez kell igazítani. Ezek közül az erdészet esetében a legnagyobb problémát a két rendszer egymástól való függetlensége okozza. Ennek alapja, hogy eltérnek az egységek kijelölésének kritériumai: az erdőrészletek az azonos termőhelyi adottságú foltokhoz igazodnak, míg az ingatlanok nem feltétlenül követik a természetbeni határokat. Ennek következtében, mint az előzőekben már említésre került, az elvileg azonos határok sem esnek egybe, másrészt jelentős átfedések tapasztalhatók. A határok rendezése állami feladat, az adatfeldolgozás során annyit tehetünk, hogy az ingatlankatasztert az erdészeti nyilvántartás határvonalával is felosztjuk, s minden parcella tartalmazza mindkét rendszer azonosítóját. Az elvileg azonos, de a térképen eltérő határvonalaknál 1 méter távolságon belül azonosnak vettük a két vonalat (1. ábra). Ez a rendszer biztosítja az egyértelmű beazoníthatóságot azokban az esetekben is, amikor az elvileg ingatlanhoz kötődő szabályozások (pl. természetvédelmi oltalom) nem érintik az ingatlan egészét (pl. a siroki Nyírjes-tó). Hasonló módon integrálhatók egyéb, főként mezőgazdasági szempontú nyilvántartások is, például a borvidéki dűlők (OEM).



1. ábra Egyesített ingatlan és erdészeti kataszter (a parcellákban a felső érték a helyrajzszám, az alsó az erdőrészlet azonosító)

Az építmények adatszabványosítása

Az épületek kiterjedése és száma eltér a különböző nyilvántartásokban (pl. a topográfiai térképeknél az összeépült, de egyéb tekintetben egymástól független épületek egy elemként szerepelnek). Az épület azonosításának klasszikus módszere a postacím, mely a település, az – elvileg egyedi – házszám és a kapcsolódó közterület neve alapján pontos beazonosíthatóságot biztosít (HAZAY – SZALONTAI 1976). Valójában ezen rendszernek számos hiányossága van, a legfontosabb elvi és gyakorlati problémák a következők:

- A házszámozás alapelvei bár elméletben következetesek, a gyakorlatba sokszor nem kerülnek átvezetésre: megosztott házszámok (pl. 12/a, 2/1) következtelen használata, házszámok többszöröződése, egy épület több értékkel (pl. sarokteleknél), stb.
- Épülettömbök problémája: a nagy alapterületű, jellemzően sorépítésű épületek (pl. panellakások) esetében a szerkezetileg is egybefüggő épület cím alapján kisebb egységekre tagolt (leggyakrabban lépcsőházak alapján), mely eredményezhet teljes házszámot vagy alátöréssel jelölt értéket.
- Rendeltetésüket tekintve kapcsolódó, de építészetileg különálló épületek egy cím alá tartoznak (pl. oktatási, egészségügyi, stb. komplexumok).
- A házszámozás rendszere általában csak belterületen teljes, zártkertben és külterületen esetlegesen létezhet, de ez utóbbiaknál rendszerint az azonosítás a telek helyrajziszáma alapján történik.
- Nemzetközi viszonylatban eltér a házszámozás rendszere: több országban (pl. Szlovákia) az épületek számozása alapvetően az építés időpontját követi, s az utcaszintű (páros – páratlan oldali, monoton növekvő) számozás csak másodlagos.
- Nemzetközi viszonylatban a közterületek elnevezésének módja is eltér: szintén a szlovák példa alapján a kisebb településeken egyáltalán nincsenek utcanevek (továbbá annak sincs egységes szabályozása, hogy mekkora településmérettől használnak közterületi neveket).
- S végül minden rendszer nagy hiányossága: az érték rendszerint a telken csak egy (esetleg néhány) kiemelt épületre vonatkoznak, a többinek (pl. a gazdasági- és melléképületek, ipari épületek, stb.) egyáltalán nincs azonosítója.

Mindezek az adatok épületekhez történő kapcsolásában okoznak problémát: például az Egri Kistérség esetében a vállalalkozási adatbázisokban szereplő címek nagyjából ¼-ét nem lehetett az ingatlankataszterből kinyert postacímek alapján épületekhez kötni! Ezen tapasztalatokból kiindulva a cikk szerzője létrehozott egy egyedi azonosítást lehetővé tévő rendszert, az ún. épületazonosítót. Ennek lényege, hogy egy kiinduló időpontban létező épületállomány minden eleme településenként egy 1-től monoton növekvő, egész számértéket kapott (praktikusan ez az épületek megszerkesztése során automatikusan generált ID-hez igazodik, ennek sorrendjét követi), majd ebből került kialakításra az épületazonosító a következő formában:

országkód + településnév + az előzőekben ismertetett számérték 5 karakterre kiegészítve (pl. HUN_Eger_00012). Az öt számjegyet indokolja, hogy a legtöbb magyarországi település épületállománya nem éri el a 100000 darabot, ennél nagyobb érték esetén a település tovább osztható részekre, mely a településnévben jelenik meg (pl. Budapest kerületei). A sorszámozás a kiindulási állapotnál tehát nem jelent semmiféle többletinformációt, egyszerűen „csak” a pontos azonosítást szolgálja. Az adatbázis aktualizálásánál a megszűnő épületek azonosítója nem kerül ismét kiosztásra, (azaz pl. az ugyanazon telken létesülő épület nem kapja meg a lebontott értékét), hanem az új épületek mindig a sorban következő értéket kapják – így hosszú időtáv esetében az azonosító az épületek időrendiségének nyomon követésére is alkalmas lesz. A rendszer további finomítására a már említett, egy épülethez tartozó több postacím esetében volt szükség (pl. paneltömbök). Ez esetben az épülettömböt annyi részre osztottuk, mint ahány házsám tartozik hozzá, melynek során törekedtünk arra, hogy a felosztás lehetőleg a valós, épületen belüli határok alapján történjen – ez az épület alaprajza alapján határozható meg. Az így kapott részek a közhitelesség megtartása miatt (mivel ezek az ingatlankataszterben egy elemként szerepelnek) az eredeti épülettömb azonosítóját kapják kiegészítve az épületrész azonosítójával (ami egy 1-től monoton növekvő érték) (pl. HUN_Eger_00012_1). Egyedi megoldások lehetnek szükségesek az építészetileg nem tagolható, ugyanakkor több házszámmal bíró épületeknél (pl. sarki épületek különböző utcára nyíló bejáratai más közterülethez tartoznak, eltérő házszámmal).

Különleges építmény kataszterek

Az előzőekben ismertetett országos lefedettségű nyilvántartások mellett léteznek olyan speciális kataszterek is, melyek csak egy-egy települést vagy régiót érintenek – nyilvántartásuk azonban az előzőeknél rendezetlenebb. Ezeknek kicsiny, ám különleges részét képezik a pincekataszterek, melyeknél legtöbbször elegendő a nagyobb méretű, gazdaságilag jelentősebb objektumokat nyilvántartani, melyek legtöbbször borászati vagy védelmi célokat szolgálnak. Külön kihívást jelent, hogy ezen pincék valódi térbeli rendszert képeznek azon értelemben, hogy egymás fölött-alatt akár több is elhelyezkedhet, melyek bejárata, kiterjedése eltérő (2. ábra). A pincék kataszterezésénél rendezőelvként a bejárat helyét vettük alapul. Az ingatlankataszterből kiindulva két lehetőség áll fenn: vagy szerepel a pincebejárat (közterülről nyíló pincebejárat megjelöléssel), vagy nem. Maga a pince azonban egyáltalán nem szerepel az ingatlankataszterben, ez külön – erősen változó minőségű – nyilvántartásokból szerezhető be. Ha az ingatlankataszterben nincs a bejárat jelölve, akkor a rendelkezésre álló pincekataszterből kell az létrehozni. Ennek általunk követett módszere: a bejárat két szélét összekötő vonalhoz 0,5m-es pufferrel (kifelé) egy téglalap alaprajzú objektum generálása. Azért van erre szükség, mivel az ingatlankataszter épület-nyilvántartásában csak felület szerepelhet, vonal nem. Ezt követően a pince azonosítása az épületeknél ismertetett rendszerben (épületazonosító) történik. (A jelentősebbeknek akár saját postacíme is lehet.)



2. ábra Pincekataszter (az értékek a pincék relatív helyzetét jelölik, ahol a nagyobb érték jelenti a magasabb elhelyezkedést)

Konklúzió

A különböző szakterületek adatbázisainak egységesítésére a térinformatikai adatfeldolgozás robbanásszerű fejlődésével soha nem látott lehetőség nyílik: az adatszabványosítással könnyebbé válik ezen területek közötti kommunikáció, s nagymértékben megkönnyítik a gyakorlati alkalmazhatóságot, kiterjesztik a lehetőségeket. Ezen folyamatnak még csak az elején járunk, ahol a legfontosabb feladat a szabványok kidolgozása, melynek egyes lehetőségeit taglalta e cikk.

Irodalomjegyzék

- DIGITERRA Mérnöki Iroda Bt. (1996): Erdészeti Információs Rendszer (EIR) enumerációs (felsorolási) típusai. Szabványleírás.
- HAZAY I. – SZALONTAI L. (1973): Országos felmérés és műszaki rendezés. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Területi számjelrendszer, 2008. Központi Statisztikai Hivatal, Budapest.
- INTERNET1 – INSPIRE: <https://inspire.ec.europa.eu/>

Comparison of characteristics of CLC2018 categories concerning NDVI and SAVI values derived from Sentinel-2 images

Orsolya Gyöngyi Varga¹ – Zoltán Kovács² – Szilárd Szabó³

¹ PhD Candidate, University of Debrecen, Doctoral School of Earth Sciences, Department of Physical Geography and Geoinformation Systems, e-mail: varga.orsolya.gyongyi@science.unideb.hu

² Senior GIS Developer, EnviroSense Hungary Ltd., e-mail: kovacs@envirosense.hu

³ Full professor, University of Debrecen, Department of Physical Geography and Geoinformation Systems, e-mail: szabo.szilard@science.unideb.hu

Abstract: In our analysis we performed a Tukey pairwise comparison for Corine Land Cover (CLC) 2018 polygons where we extracted NDVI and SAVI means calculated in a Sentinel-2 image in a study area near Debrecen, Hungary. We intended to present which categories mix with each other according to the pairwise comparison analysis. We presented all mixtures in the data and we found that the categories most likely to mix were Airport (124), Green urban areas (141), Fruit and tree berry plantations (222), Natural grassland (312), Inland marshes (411) and Water bodies (512) according to CLC Level 3 nomenclature.

Introduction

NDVI and SAVI are widely used during the analysis of remotely-sensed data in order to classify vegetation. These indices are the basis for a wide range of environmental researches due to their characteristic enhancement of vegetation (ZHANG ET AL. 2017; HASHIM ET AL. 2019). While NDVI is a basic vegetation index, SAVI is an alternative for the same purpose, since NDVI is believed to be effected by soil background and SAVI was developed in order to correct this shortcoming (QI ET AL. 1994). They are often used together with even other vegetation indices to achieve a higher classification accuracy (PHADIKAR – GOSWAMI 2016). These indices utilize the fact that the reflectance – and other measurements – in a canopy depends on the structure of vegetation and the interaction between the sensor and various vegetation components, e.g. leaves (HORNING 2008).

In our research we examined which categories are likely to mix with each other in CLC2018 dataset in a study area around Debrecen, Hungary in case of two different vegetation indices. We intended to see how these vegetation indices' mean values in each Corine Land Cover (CLC) 2018 polygon reflect in the actual classes of CLC. The analysis was based on a Sentinel-2 image from August 2018. We calculated NDVI and SAVI vegetation indices and performed a hypothesis test by Tukey pairwise comparison based on the extracted mean pixel values in CLC2018 polygons. We also compared the results of category mixture concerning the two indices. We intended to analyze how category mixture is different concerning the two indices and compared our results to the experiences of analyses based on NDVI and SAVI, published in contemporary literature.

Methods

We analyzed the Sentinel-2 image within the administrative boundary of Debrecen, East Hungary. The study area is a quite heterogeneous area concerning land cover. In CLC standard nomenclature Level 1 has a maximum of 5, Level 3 has a maximum of 44 categories. The area contains all the 5 of CLC Level 1 categories and contains 21 of 44 Level 3 categories in CLC2018 dataset (*Figure 1*). In CLC nomenclature Level 1 has a maximum of 5, Level 3 has a maximum of 44 categories. This heterogeneity is advantageous for the analysis, because we could examine a large set of categories of Level 3 nomenclature.

CLC2018 is a LULC database distributed by the Copernicus Land Monitoring Service. The database was produced in every six years between 2000 and 2018 and had an early version in 1990. The database covers the EEA member and contributing countries and has a minimal mapping unit of 25 hectares (and 100 m for linear objects). The thematic accuracy is reported to reach 85%. CLC2018 is a freely available database which gives opportunity for a long-time monitoring of European countries with a consistent nomenclature (BÜTTNER – KOSZTRA 2017; KOSZTRA ET AL. 2019). We analyzed only the most detailed Level 3 categories of the study area.

We downloaded Sentinel-2 L2A image from 20 August 2018 which was available from Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/dhus/>). Sentinel-2 images has 10 m resolution and revisit the same area in every 5 days, so they provide a good quality data regarding temporal and spatial resolution (EUROPEAN SPACE AGENCY 2015). The L2A images are the atmospherically corrected versions of the original images with surface reflectance values. We searched for cloud-free images with sensing dates which are close to the time of production of CLC2018 dataset and likely to reflect a diverse vegetation status. We selected the image from 20 August 2018 which met all of our requirements.

NDVI is a really popular vegetation index for distinguishing vegetation and main land cover classes. NDVI was introduced by ROUSE JR. ET AL. (1974) and is calculated based on red and near-infrared bands, due to the sensitivity of near-infrared band to vegetation. It is calculated as follows (HORNING 2008):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

However, according to HUETE (1988), NDVI is effected by external factors, like soil background variation, and that is why he introduced SAVI as an alternative, which included a soil-adjustment factor (L) in the formula (QI ET AL. 1994). The SAVI is calculated as follows:

$$SAVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED + L} (1 + L)$$

We calculated both NDVI and SAVI for the pixels of the Sentinel-2 image within the study area. Then we projected and clipped CLC2018 vector dataset so as to

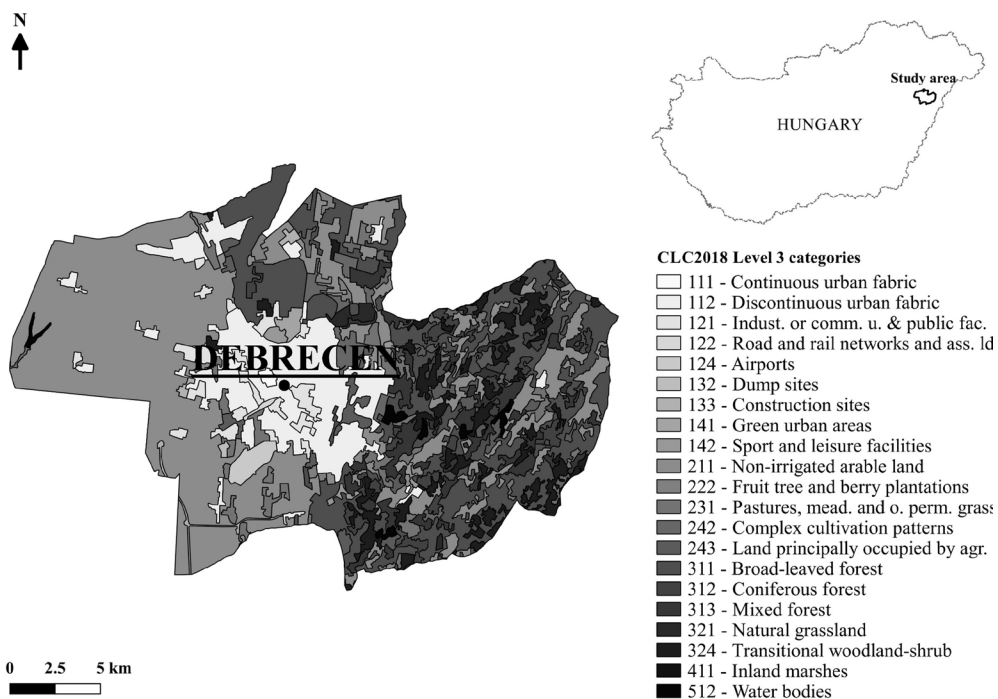


Figure 1. Location and land cover map of the study area based on the CLC Level 3 nomenclature

match the projection of the satellite image (UTM34N) and to match the boundary of the study area. We extracted the means of each CLC2018 polygon concerning NDVI and SAVI values in QGIS Desktop (QGIS DEVELOPMENT TEAM 2020). Then we ran a Tukey pairwise comparison in R software (R CORE TEAM 2019) which determined if the dataset consisting of mean values of each polygon of a certain class is statistically different from the same dataset of a different class. If the classes were not statistically different ($p < 0.05$) according to Tukey pairwise comparison, then they were regarded as mixing categories.

Results

Based on the results of Tukey pairwise comparison we set up a matrix which presents the category mixture in case of each categories (Figure 2). The results of NDVI and SAVI were slightly different in case of the interaction between the following categories:

- Discontinuous urban fabric (112) and Industrial or commercial units and public facilities (121)
- Discontinuous urban fabric (112) and Road and rail networks and associated land (122)
- Coniferous forest (312) and Natural grassland (321)

- Transitional woodland-shrub (324) and Water bodies (512).
- Besides these differences, all the categories showed the same mixture dynamics. The following categories were the most likely to participate in a mixture: Discontinuous urban fabric (112), Airports (124), Green urban areas (141), Natural grassland (321), Inland marshes (411) and Water bodies (512). The following interactions were the most characteristic between the mixing categories:
 - Continuous urban fabric (111) was likely to mix with other categories which are related to artificial surfaces, but Discontinuous urban fabric (112) category was likely to mix with categories which are outside the limit of artificial categories (even with categories related to agriculture or Inland marshes (411) and Water bodies (512)).
 - Airport (124) category mixed with almost all other categories, excluding two type of forests (Broad-leaved and Mixed forests (311,313))
 - Green urban areas (141) category was likely to mix with categories of categories consisting more natural vegetation (categories related to forests (311,312,313), Inland marshes (411)).
 - Fruit and tree berry plantations (222) were likely to mix with all categories related to artificial surfaces (111,112,121,122,124,132,133,141,142).
 - Natural grassland (312) was likely to mix with all categories related to agriculture (211,222,231,242,243).
 - Inland marshes (411) was likely to mix with all other categories, excluding two type of forests (Broad-leaved and Mixed forests (311,313)).
 - Water bodies (512) category was likely to mix with all categories related to agriculture (211,222,231,242,243) and almost all categories related to artificial surfaces (112,124,132,133,141,142).

Discussion

According to Feranec et al. (2016), the CLC classes' spectral characteristics are really heterogeneous. CLC polygons are partly based on visual interpretation, and scale is quite large for grabbing all the objects present in the landscape in a detailed way. The scale also causes that the categories contain different type of objects and these are hard to or cannot be classified by computers in classes with such a broad tolerance (FERANEC ET AL. 2016).

We found that there was serious mixture between the classes, not only in the classes belonging to the same thematic group (or CLC Level 1 category), but between the various thematic groups as well. CLC Level 3 analysis gave opportunity to analyze the category dynamics in details.

However, we did not find outstanding differences in the mixture between SAVI and NDVI means concerning CLC2018 categories. There are several publications about the analysis of NDVI and SAVI and their comparison. According to CAO ET

	111	112	121	122	124	132	133	141	142	211	222	231	242	243	311	312	313	321	324	411	512	DIFF.	
NDVI																							
SAVI		■																					
NDVI			■																				X
SAVI			■	■																			
NDVI				■																			
SAVI				■	■																		
NDVI					■																		
SAVI					■	■																	
NDVI						■																	
SAVI						■	■																
NDVI							■																
SAVI							■	■															
NDVI								■															
SAVI								■	■														
NDVI									■														
SAVI									■	■													
NDVI										■													
SAVI										■	■												
NDVI											■												
SAVI											■	■											
NDVI												■											
SAVI												■	■										
NDVI													■										
SAVI													■	■									
NDVI														■									
SAVI														■	■								
NDVI															■								
SAVI															■	■							
NDVI																■							
SAVI																■	■						
NDVI																	■						
SAVI																	■	■					
NDVI																		■					
SAVI																		■	■				
NDVI																			■				
SAVI																			■	■			
NDVI																				■			
SAVI																				■	■		
NDVI																					■		
SAVI																					■	■	
NDVI																						■	
SAVI																						■	
NDVI																							■
SAVI																							■

Figure 2. Results of pairwise comparison between CLC2018 categories concerning NDVI and SAVI values. Cells with black color mean that the intersecting categories mix with each other according to NDVI mean values. Cells with dark grey color mean that the intersecting categories mix with each other according to SAVI mean values. Cells with light grey color contains no information. In rows assigned with an X, NDVI and SAVI is different concerning the mixing categories.

AL. (2014) the values of SAVI were higher than NDVI in Landsat ETR+ and ASTER images in the areas where bare soil or water was present, and this phenomenon was the opposite when lush vegetation was present. In hyperspectral images, classification with purpose of monitoring a disease infection in oil palm field returned the same classification accuracy when using NDVI or SAVI (ZULHAIDI ET AL. 2009). Kongwongjan et al. (2012) also achieved the same classification accuracy when used NDVI and SAVI for mangrove mapping.

There are results in our analysis, like the mixture of Water bodies (512) and categories related to artificial surfaces, which should be surprising from a land cover classification point of view. However, they are not extraordinary, due to the specific scale of e.g. NDVI, where both water and artificial surfaces return low values.

Conclusions

In our analysis we examined how the NDVI and SAVI vegetation index values relate to the CLC2018 polygons in a study area near Debrecen, Hungary. We extracted the means of pixel values for each polygon and then performed a statistical test on the dataset. We ran a Tukey pairwise comparison analysis by which we tested if the values related to a class is statistically different from another class ($p < 0.05$). We found that the categories most likely to mix were: Continuous urban fabric (111), Airport (124), Green urban areas (141), Fruit and tree berry plantations (222), Natural grassland (312), Inland marshes (411) and Water bodies (512). We did not find any substantial difference between the category mixture dynamics of NDVI and SAVI concerning a Sentinel-2 image. We believe that it is useful to see the category dynamics and interaction between a widely popular environmental monitoring dataset and remotely-sensed data, since both of them are often used for the same – land monitoring and environmental research – purposes.

Acknowledgement

On behalf of Orsolya Gyöngyi Varga, this research was supported by the ÚNKP-19-3-III-94 New National Excellence Program of the Ministry for Innovation and Technology.

References

- BÜTTNER, G. – KOSZTRA, B. (2017): CLC2018 Technical Guidelines.
- CAO, L. – LIU, T. – WEI, L. (2014): A comparison of multi-resource remote sensing data for vegetation indices. In: 35th International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE35), IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 17, IOP Publishing.
- EUROPEAN SPACE AGENCY (2015): Sentinel-2 User Handbook.

- FERANEC, J. – SOUKUP, T. – HAZEU, G. ET AL. (2016): European Landscape Dynamics: CORINE Land Cover Data. CRC Press.
- HASHIM, H. – LATIF, Z.A. – ADNAN, N.A. (2019): Urban Vegetation Classification with NDVI Threshold Value Method with Very High Resolution (VHR) Pleiades Imagery. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4/W16, 6th International Conference on Geomatics and Geospatial Technology (GGT 2019), Kuala Lumpur, Malaysia, 1–3 October 2019.
- HORNING, N. (2008): Remote Sensing. In: Encyclopedia of Ecology, pp. 2986–2994.
- HUETE, A. (1988): A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 25, pp. 295–309. DOI: 10.1016/B978-008045405-4.00237-8
- KONGWONGJAN, J. – SUWANPRASIT, C. – THONGCHUMNUM, P. (2012): Comparison of vegetation indices for mangrove mapping using THEOS data. In: Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network.
- KOSZTRA, B. – BÜTTNER, G. – HAZEU, G. ET AL. (2019): Updated CLC illustrated nomenclature guidelines. European Topic Centre on Urban, land and soil systems.
- PHADIKAR, S. – GOSWAMI, J. (2016): Vegetation indices based segmentation for automatic classification of brown spot and blast diseases of rice. In: 2016 3rd International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT), Dhanbad, India, 3–5 March 2016.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM (2020): QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.
- QI, J. – CHEHBOUNI, A. – HUETE, A.R. ET AL. (1994): A modified soil adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment, 48(2), pp.119–126.
- R CORE TEAM (2019): A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- ROUSE JR., J.W. – HAAS, R.H. – SCHELL, J.A. ET AL. (1974): Monitoring the vernal advancements and retrogradation of natural vegetation, final report. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Md, pp. 1–137.
- ZHANG, X. – WU, S. – YAN, X. ET AL. (2017): A global classification of vegetation based on NDVI, rainfall and temperature. International Journal of Climatology, 37(5), pp. 2318–2324., DOI:10.1002/joc.4847.
- ZULHAIDI, H. – SHAFRI, M. – HAMDAN, N. (2009): Hyperspectral Imagery for Mapping Disease Infection in Oil Palm Plantation Using Vegetation Indices and Red Edge Techniques. American Journal of Applied Sciences, 6(6), pp.1031–1035.

Hullámtéri érdességvizsgálat egy felső-tiszai mintaterületen

Vass Róbert¹ – Turi Zoltán²

¹ főiskolai docens, Nyíregyházi Egyetem Turizmus és Földrajztudományi Intézet, vass.robert@nye.hu

² adjunktus, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék,
turi.zoltan@science.unideb.hu

Abstract: Floods slowing down due to the significant decrease of the gradient have considerable sediment accumulation capacity in the floodplain. The grade of accumulation is further increased if the width of the floodplain is not uniform as water flowing out of the narrow sections diverge and its speed is decreased. Surface ruggedness in a study area of 492 hectares in the Upper Tisza region was analysed based on CIR (color-infrared) orthophotos from 2007. An NDVI index layer was created first on which object-based image segmentation and threshold-based image classification were performed. The study area is dominated by land cover / land use types (grassland-shrubs, forest) with high ruggedness values. It was concluded that vegetation activity based analyses on their own are not enough for determining floodplain ruggedness.

Bevezetés

A Felső-Tisza ukrán-magyar országhatár és Szamos torkolat közötti szakaszának esése legalább két-háromszorosa az alsóbb szakaszokon mért értékekhez képest (GÁBRIS ET AL. 2002; SÁNDOR – KISS 2006; VASS ET AL. 2009). Ennek tükrében nagyobb a fajlagos hordalékhozam, amelynek árvizek idején jelentős akkumulációs hatása lehet a hullámtereken. A hullámtéri akkumuláció mértéke nagyban függ a hullámtér érdességi viszonyaitól. Az utóbbi évtizedek kutatási eredményei egyértelműen bizonyítják, hogy a sűrű aljnövényzet csökkenti az áramló víz sebességét és növeli az akkumuláció mértékét (NAGY ET AL. 2017). Egy adott hullámtéri szakasz potenciális akkumulációs viszonyainak meghatározásához tehát elengedhetetlenül szükséges az érdességi viszonyok ismerete (OROSZI – KISS 2006; SÁNDOR – KISS 2008).

Meg kell jegyezni, hogy ez az érték egy változó, amely a mérés vagy a megfigyelés pillanatában jellemző állapotokat mutatja. Ennek ismeretében olyan időpontban célszerű a hullámtéri érdességet meghatározó felszínborítási/területhasználati foltok terepi adatfelvételezését – pl. műholdas helymeghatározó rendszerekkel (GPS), pilóta nélküli repülő eszközökkel (UAV/UAS), légi, mobil vagy földi lézerszkenneléssel – végezni, amikor a vegetációs ciklus csúcán járunk. Amennyiben nem magunknak állítjuk elő az elemzésekhez az adatokat, akkor a hullámtéri felszínborítás- és területhasználat-vizsgálatokban gyakran alkalmazott légi és/vagy űrtávérzékelte felvételek készítési időpontját és időbeli felbonátását érdemes figyelembe venni.

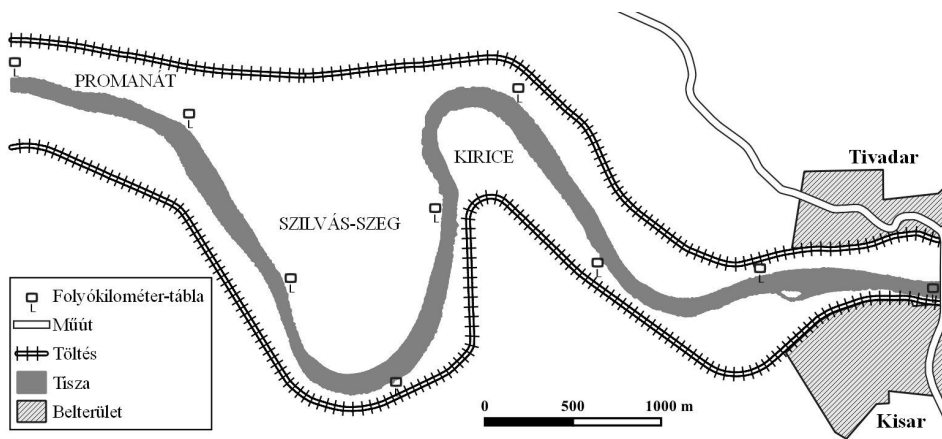
A szakirodalomban számos példát találunk a különböző távérzékelt adatok, történeti, topográfiai térképek számítógép-képernyő előtti vektorizálására és vizuális interpretációjára a hullámtéri felszínborítás/területhasználat vizsgálatában (MORVA ET AL. 2019; VASS 2019). Megjelennek emellett a pixel vagy képbjektum alapú elemzések is, amelyeknél félautomata vagy automata képosztályozó eljárásokat alkalmaznak a foltok elkülönítésére (BERTALAN – SZABÓ 2015; VARGA ET AL. 2015; SZABÓ – SZABÓ 2018; SZABÓ – SZABÓ 2019).

Módszertani dolgozatunkban arra keressük a választ, hogy a légi távérzékelt adatokból számított spektrális indexréteg (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) alkalmazásának milyen lehetőségei vannak a hullámtéri érdességvizsgálatokban, továbbá az ezek alapjául szolgáló felszínborítási/területhasználati foltok előállításában gyakran alkalmazott számítógép-képernyő előtti vektorizálás és vizuális interpretáció kiváltható-e a képbjektum alapú szegmentálással és a szakértői képosztályozással.

Anyg és módszer

Az elemzést a Tivadart Kisarral összekötő Tisza-híd (705. folyókilométer) és a 697. folyókilométer közötti 492 hektáros hullámtéri mintaterületen végeztük (1. ábra). A hullámtér átlagos szélessége ezen a folyószakaszon 500–700 méter. A közúti híd szűkületénél a töltések közötti távolság csupán 300–350 méter, a Szilvás-szeg hullámtéri tágulata mintegy 1800 méter széles. A mintaterület Tisza jobb parti része a természeti tájak rendszertani felosztása szerint a Bereg-Szatmári-síkság kistájcsoport Beregi-Tiszahát, bal parti része a Szamosköz kistájhoz tartozik (CSORBA ET AL. 2018). Három település – Gulács, Kisar és Tivadar – közigazgatási területének egy részét fedi le.

A mintaterület térképének (1. ábra) elkészítéséhez a QGIS program 3.10.4 (A Coruña) verzióját használtuk. A települések belterületeinek poligonjait és



1. ábra A mintaterület elhelyezkedése (az OpenStreetMap, a *Vízrajzi Atlasz Tisza* 5. kötet és a 2007-es ortofotók felhasználásával)

1. táblázat Az elemzésnél alkalmazott felszínborítási/területhasználati kategóriák és azok érdekességi értékei (CHOW 1959; NÉMETH 1959 alapján)

Hullámtéri felszínborítás/területhasználat	Érdekességi érték (n)
Vízfelület	0,025
Növényzetmentes felszín (szántó, burkolt)	0,03
Növényzettel fedett felszín (szántó, gyepek, cserjés)	0,06
Erdő	0,2
Árnyék	?

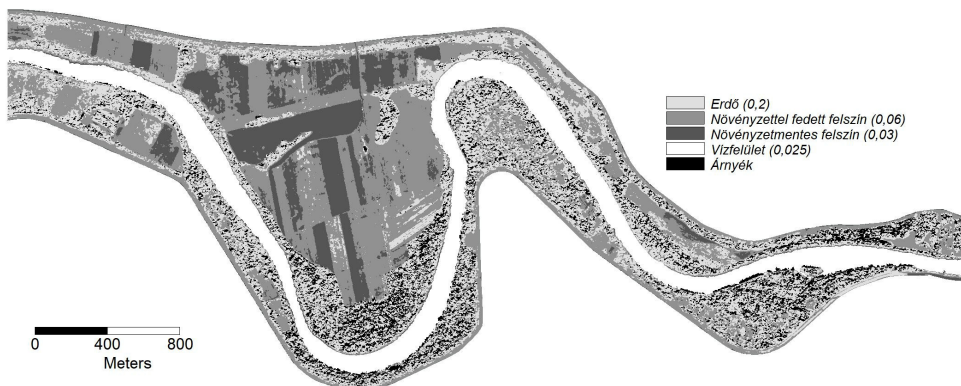
az úthálózati elemek vonalláncait az OpenStreetMap-ből töltöttük le a szoftver OSMDDownloader moduljának segítségével. Az árvízvédelmi védvonalakat a 2007-es ortofotókról (LECHNER TUDÁSKÖZPONT) 1:1000, a folyókilométer-táblákat a Tisza Atlasz (VÍZGAZDÁLKODÁSI TUDOMÁNYOS KUTATÓ KÖZPONT 1979) 10 ezres méretarányú georeferált térképszelvényeiről vektorizáltuk 1:4000 számítógép-képernyő előtti léptékben.

A hullámtéri érdekességvizsgálathoz a Lechner Tudásközpont téradat-webáruházából (geoshop.hu) a 2007-es ortofotók mintaterületet lefedő állományait (4 szelvény) töltöttük le. A légi távérzékelt adatok kiválasztásánál a következő szempontokat vettük figyelembe: 1. a tíz évnél régebben készült távérzékelt adatok díjmentesen hozzáférhetők; 2. a felvételek lerepülési időpontja a vegetációs időszakra essen; 3. nagy terepi felbontás; 4. minél nagyobb radiometriai felbontás. A 2007 júliusa és szeptembere között készült 0,5 méter/pixel terepi felbontású ortofotókon (INTERNET1) a különböző felszínborítási/területhasználati kategóriákhoz tartozó foltok akár vizuálisan is jól interpretálhatók és elkülöníthetők egymástól. A 32 bites radiometriai felbontás lehetővé teszi pl. a különböző vegetációs indexek bevonását az elemzésbe.

Az ortofotók előfeldolgozásához (képminőség egységesítése, mozaikolás, kivágatkészítés) és a képosztályozáshoz a SAGA szofver 7.8. kiadását alkalmaztuk. Először az infravörös színes állományok közeli infravörös és vörös csatornáinak felhasználásával egy NDVI indexréteget állítottunk elő. Ezen objektum alapú képszegmentálást végeztünk, mely során a pixelek színjellemzőit vettük figyelembe. A szegmensek NDVI átlagértékei alapján csoportokat képeztünk, és küszöbértékek megadásával osztályoztuk az eltérő felszínborítási/területhasználati típusokba (1. táblázat) tartozó foltokat, ill. egy árnyék kategóriát is létrehoztunk. Végül az egymással szomszédos, azonos típusba tartozó szegmenseket összevontuk és ezekből néhány egyszerű mutatót számszerűsítettünk.

Eredmények

Az NDVI spektrális indexréteg küszöbérték alapú osztályozása alapján a mintaterületen a magas érdekességi értékekkel rendelkező növényzettel fedett felszínnek (terület 171,2 ha, relatív területi arány 34,8%) és az erdők (136 ha, 27,64%)



2. ábra A különböző felszínborítási/területhasználati foltok térbeli mintázata a képosztályozás alapján

dominálnak (2. ábra). Utóbbi felszínborítási/területhasználati típusba elsősorban a Tisza folyó medrét két oldalról övező puhafás ligeterdők, a keményfás ligeterdők maradványfoltjai, a nemesnyár-ültetvények, az árvízvédelmi töltések előterében húzódó kubikerdők és az ártéri gyümölcsösök faegyedei tartoznak. Tapasztalataink szerint a számítógép-képernyő előtti vektorizálás és vizuális interpretáció során gyakori, hogy pl. a gyümölcsfákat és az azokat elválasztó lágyszárú növényzettel borított vagy növényzetmentes felszíneket azonos felszínborítási/területhasználati kategóriába (gyümölcsös) sorolják, és egy poligonként rajzolják meg. Az eltérő fizikai tulajdonságokkal rendelkező mozaikok különböző érdességi jellemzőkkel rendelkeznek, emiatt célszerű önállóan vizsgálni azokat.

Nehézséget jelentett a különböző növénykultúrákkal fedett szántók, a gyepek és a bokros-cserjés területek elkülönítése egymástól a szegmensek hasonló NDVI értékei miatt, ezért ezeket a mozaikokat összevontuk és a képosztályozás során azonos kategóriába soroltuk be őket. Sajnos a spektrális indexréteg önmagában nem tette lehetővé, hogy a pixelek intenzitásértékei (vegetációs aktivitás) mellett egyéb képjellemzőket (pl. alak, textúra, topológia) is bevonjunk az elemzésbe. A képbjektum alapú szegmentálás során az alapadatokat és más spektrális indexréteget (Enhanced Vegetation Index, EVI) is szeretünk volna alkalmazni az egyes felszínborítási/területhasználati típusokba tartozó foltok minél pontosabb elkülönítése és osztályozása érdekében, de az algoritmus számítási igénye meghaladta az általunk használt számítógép számítási kapacitását.

Az ortofotókon a változó (magas) napállásszögekből eredő megvilágítási különbségek miatt jelentős volt az árnyék kategóriába sorolt szegmensek területe (52,35 ha) és relatív területi aránya (10,64). Ezeknél a foltoknál nem sikerült egyértelműen meghatározni, hogy melyik felszínborítási/területhasználati típusba tartoznak, így érdességi értékeket sem tudtunk hozzájuk rendelni. A folyó partján elhelyezkedő vagy a meder fölé benyúló fák, továbbá a tivadari Tisza-híd szerkezetének árnyékhatása tovább csökkentette a vízfelület szegmenseinek

egyébként is alacsony NDVI értékeit. Ugyanezt a jelenséget figyeltük meg a csupasz talajfelszínű szántókat, alacsony vegetációs aktivitású lágyszárú növényzettel fedett felszíneket szegélyező erdősávok, facsoportok faegyedeinek lombkoronái által vetett árnyékok esetében is.

A mintaterület 15,46%-át (76,06 ha) a Tisza alacsony érdességi értékkel rendelkező vízfelszíne képezi. Problémát jelentett a hasonló spektrális tulajdonságok miatt a mesterséges anyagokkal burkolt felületek és a növényzetmentes szántók mozaikjainak elkülönítése egymástól, így ezeket a szegmenseket szintén egy kategóriába vontuk össze. A növényzetmentes felszínek területe 56,37 ha, relatív területi aránya 11,46% volt az elemzés időhorizontjában.

Konklúzió

Az NDVI réteg objektum alapú képszegmentálása során többségében kisméretű, néhány pixelből álló – szegmensek jönnek létre. Ezeket az esetek többségében nem tekinthetjük a valóságban is létező objektumoknak, tereptárgyaknak. Az egymással szomszédos, hasonló intenzitásértékű pixelekből képzett szegmensek összevonásával már képződhetnek olyan képobjektum-kezdemenyek, képobjektumok (pl. faegyedek lombkoronái), amelyek önálló jelentéstartalommal bírnak, és ezeket a hullámtéri érdességvizsgálatokban felszínborítási/területhasználati foltokként értelmezhetjük. Az időigényes, felhasználó szubjektivitása által terhelt számítógép-képernyő előtti vektorizálás és vizuális interpretáció részben vagy teljes egészében kiváltható az objektum alapú képszegmentálással és automata képosztályozó eljárásokkal, de önmagában egy spektrális indexréteg általában nem elegendő a hullámtéri felszínborítás/területhasználat mintázatának meghatározására, a hullámtéri érdesség vizsgálatára.

Köszönetnyilvánítás

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

Felhasznált irodalom

- BERTALAN L. – SZABÓ G. (2015): Mederfejlődési vizsgálatok a Sajó hazai szakaszán. In: BODA J. (szerk.) Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás VI. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen. pp. 61–68.
- CHOW V.T. (1959): Open-channel hydraulics. McGraw-Hill, New York, pp. 89–127.
- 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. – 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.
- GÁBRIS GY. – TELBISZ T. – NAGY B. – BELARDINELLI E. (2002): A tiszai hullámtér feltöltődésének kérdése és az üledékképződés geomorfológiai alapjai. *Vízügyi Közlemények* 84(3), 305–322.
- MORVA T. – GYENIZSE P. – ORTMANNÉ A. A. – LÓCZY D. – HALMAI Á. – PIRKHOFER E. (2019): A Dráva nagyvízi meder területhasználati térképe. In: MÓDOSNÉ BUGYI I. – CSIMA P. – HANYECZ K. (szerk.): A táj változásai a Kárpát-medencében. XII. tájtörténeti tudományos konferencia. Füleky György Emlékkonferencia. Érd, pp. 75–81.
- NAGY J. – FIALA K. – BLANKA V. – SIPOS GY. – KISS T. (2017): Hullámtéri feltöltődés mértéke és árvizek közötti kapcsolat az Alsó-Tiszán. *Földrajzi Közlemények* 141(1), 44–59.
- NÉMETH E. (1959): Hidrológia és hidrometria. Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 179–210.
- OROSZI V. GY. – KISS T. (2006): Területhasználat-változás a Maros egy hullámtéri öblözetében a XIX. századtól napjainkig. *Tájökológiai Lapok* 4(2), 309–316.
- SÁNDOR A. – KISS T. (2006): A hullámtéri üledékfelhalmozódás mértékének vizsgálata a Közép- és az Alsó-Tiszán. *Hidrológiai Közöny* 86(2), 58–62.
- SÁNDOR A. – KISS T. (2008): A területhasználat változás hatása az üledék-felhalmozódásra, közép-tiszai vizsgálatok alapján. IV. Magyar Földrajzi Konferencia (CD-kiadvány), 6 p.
- SZABÓ L. – SZABÓ SZ. (2019): Hosszútávú vegetációterjedés-monitoring a Tisza-tó területén spektrális indexek alkalmazásával. In: MOLNÁR V.É. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában X. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 287–291.
- SZABÓ ZS. – SZABÓ SZ. (2018): A rakamazi ártér vízborítottság rövid távú változásának nyomon követése Sentinel-2 felvételek alapján. In: MOLNÁR V.É. (szerk.): Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IX. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 333–339.
- VARGA K. – SZABÓ SZ. – SZABÓ G. – DÉVAI GY. – TÓTHMÉRÉSZ B. (2015): Improved land cover mapping using aerial photographs and satellite images. *Open Geosciences* 7(1), 15–26.
- VASS R. – SZABÓ J. – TÓTH CS. (2009): Ártéri morfológia és akkumuláció kapcsolata felső-tiszai mintaterületeken. In: KISS T. (szerk.): Természetföldrajzi folyamatok és formák. SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged, 11 p.
- VASS R. (2019): A hullámtéri művelési ág változás árvízvédelmi kockázata a Felső-Tisza Badaló és Gulács közötti szakaszán. In: FAZEKAS I. – LÁZÁR I. (szerk.): Tájak működése és arculata. MTA DTB Földtudományi Szakbizottság, Debrecen, pp. 103–107.
- VÍZGAZDÁLKODÁSI TUDOMÁNYOS KUTATÓ KÖZPONT (1979): *Vízrajzi Atlasz* sorozat 22. Tisza 5. kötet Záhony–Tiszabecs (628–705 fkm). Budapest, 82 p.

Internetes források

INTERNET1 – <http://www.ftf.bfkh.gov.hu/portal/index.php/termekeink/legifelvelek> (letöltés dátuma: 2020. október)

POSZTEREK

A lignitbányászat területi változásának vizsgálata geoinformatikai módszerekkel a bükkábrányi mintaterületen 1990-től napjainkig

Juhász Dániel

MSc hallgató, Földtudományi Intézet, Debreceni Egyetem, juhaszdaniel0798@gmail.com

A lignitbányászat tér- és időbeli változásait egy 5263,97 hektáros mintaterületen vizsgáltam, melynek méretét a bányát körülölelő települések (Bükkábrány, Vatta, Csincse) közigazgatási területeinek a nagysága alapján határoztam meg. A különböző idősíkokban (1990, 2000, 2006, 2012, 2018) készült CORINE (CLC) felszínborítási adatbázisok felhasználásával vizsgáltam a bányászati tevékenységekhez kapcsolódó nyersanyag-kitermelés és a lerakóhelyek, meddőhányók tematikus kategóriákba tartozó mozaikok mintázatait. 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 téradelemzéseket és a tematikus térképeket ArcGIS szoftverrel készítettem el.

Jól megfigyelhető, hogy az 1990-es felszínborítási adatbázisban a mintaterületen a nem öntözött szántóföldek dominálnak. A mintaterület 80%-án, 4264,19 hektáron figyelhető meg ez a felszínborítási/területhasználati típus. Ez a nagyarányú területi dominancia a másik négy idősíkban is megmarad. A jelentős területi kiterjedés oka, hogy a termékeny mezőségi talajokkal fedett alacsony hordalékkúpsíksági, illetve alacsony eróziós dombsági tájtípusokba tartozik a mintaterület. Jelentősebb területi kiterjedéssel rendelkeznek a lerakóhelyek, meddőhányók (241,2 ha), a rétek, legelők (182,46 ha), valamint a nem összefüggő településszerkezetek (281,3 ha). A későbbi években még a nyersanyag-kitermelés és a lomblevelű erdő kategóriák jelentek meg jelentősebb területi aránnyal.

A CLCC-adatbázisok jól mutatják, hogy a bányákat korábban mezőgazdasági művelés alatt álló területeken alakították ki. Ugyanez figyelhető meg a lerakóhelyek, meddőhányók esetében is. A 2012–2018 közötti időszakban kezdődött meg a bányaterületek rekultiválása. A meddőhányók területi zsugorodása a mintaterületen mind a négy CLCC-adatbázisban megfigyelhető. Ezeket a foltokon leggyakrabban

átmeneti erdős-cserjés területek, néhány esetben gyepek vagy lomblevelű erdők alakultak ki.

A poszterismertető elkészítését az Emberi Erőforrások Minisztériuma és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő támogatta (pályázati azonosító: NTP-HHTDK-19-0005).



A felsőgerebeni erődítményrendszer (Árpád-vonal) háromdimenziós modellezése hagyományos geodéziai módszerekkel

Kinárov Krisztián

geográfus MSc hallgató, Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debreceni Egyetem,
kinarov.k@gmail.com

A kutatás során az egykori Magyar Királyi Honvédség egyik védelmi vonalának, az Árpád-vonal erődítményrendszer legnagyobb fennmaradt létesítményének – a felsőgerebeni bunkernek – a felmérését és egy háromdimenziós objektummodell elkészítését tűztem ki célul, ami hűen ábrázolja a hegy belsejében található járatok és óvóhelyek pontos méretét, a felszínhez és egymáshoz viszonyított elhelyezkedését és irányát.

Miután Magyarország visszaszerezte Kárpátalját, felmerült a védelmi vonal kiépítésének szükségessége (1939), melynek szerves részét alkotta a felsőgerebeni erődítmény. A bunkerben kórházat, raktárakat, laktanyát, páncélozott tüzelőállásokat és az azokat összekötő járatokat létesítettek. 1944. október közepén a szovjet erők elérték a Felsőgereben közelében található völgyzárakat. A bekerítés elkerülése érdekében október 16-án a bunkert feladták. 1945-ben a bunkert konzerválták, a be- és a kijáratokat berobbantották. Több mint 20 éven át a bunker érintetlen volt. 1968-tól a szovjet hadsereg munkácsi határszolgálatának az egységei hasznosították. A Szovjetunió összeomlását követően a bunkert felhagyták, vasszerkezeteit és tartalmát pedig széthordták. 2012-től helyi vállalkozók kezdték el bérelni a bunkert, amit felújítottak és napjainkban múzeumként hasznosítanak.

Tekintve, hogy a bunker járatainak hossza több száz méter, némely részeinek a megközelítése nehézkes, célszerű volt több mérési kampányban, a helyi adottságok figyelembevételével elvégezni a méréseket. A munka 3 fő fázisból állt: 1. Járatrendszer felmérése. A gyakori irányváltással jellemezhető (cikk-cakk futásvonalú) járatok és a helyiségek hosszának és az irányszögeknek a pontos felméréséhez lézerteodolitot és prizmát alkalmaztam. 2. A helyiségek és a járatok alaprajzának felmérése. 3. Az adatfeldolgozás során először a bunker vázrajzát készítettem. Ezt követően a bunker

kétdimenziós alaprajzát vektorizáltam. Végül az alaprajz egyes elemeinek megadtam a háromdimenziós tulajdonságait, az egyes óvóhelyek és a járatok magasságát és szögeit, ill. finomítottam az objektummodellt.

A poszterismertető elkészítését az Emberi Erőforrások Minisztériuma és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő támogatta (pályázati azonosító: NTP-HHTDK-19-0005).



Térképi kommunikáció a földtudományokban

Pál Márton – Albert Gáspár

ELTE IK Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék
(marchello@map.elte.hu, albert@ludens.elte.hu)

A tudományos kutatások földrajzi térben értelmezendő eredményeit, valamint bármely egyéb térbeli tulajdonságokkal bíró szakadatot a földtudományok szakemberei a tematikus kartográfia eszközeivel jelenítik meg szakmai közleményeikben. Emiatt a különféle tudományos publikációk, folyóiratok és szakkönyvek térképeinek szerkesztésekor a pontos és megbízható adatmegjelenítésre kell törekedni. Egy térkép alapvető feladata, hogy gazdagítsa az írott tartalmat. Ehhez a szerzőknek a térképészet és a vizuális megjelenítés alapvető szabályait kell alkalmazniuk. Ezek segítségével magasabb olvasószámot, jobb megértést érhetnek el publikációikkal.

A különböző kartográfiai módszerek használata során a pontosság, a (grafikai) minőség és a tematikus adatok egyensúlyára kell törekednünk. A fő cél, hogy egy áttekinthető képet tudjunk nyújtani az eredményeinkről, amely korlátozottan, de magában foglalja az írott szöveg fő mondanivalóját. Olykor azonban ezek az ábrák, térképek híján vannak bizonyos megértést segítő elemeknek, ami miatt nehezebben értelmezhetők.

Kutatásunk a földtudományos szakágak térképszerkesztési szokásait vizsgálja ezen elemek alapján egy objektív kritériumrendszer segítségével. Ilyen kritériumok a képminőség, lokalizációt segítő térképi elemek (pl. koordináták, tájolás), topográfiai tartalom és szerzői jogok. Az egyes kritériumok meglétét és minőségét osztályoztuk és pontoztuk, majd az eredményeket összesítettük. E rendszer használatával minden térkép objektíven értékelhető. A munka során több mint 300 térképet vizsgáltunk a különböző tudományterületekről (geológia, geográfia, geofizika, meteorológia, térképtudomány) vegyesen nemzetközi és hazai folyóiratokból, konferenciaposzterekről.

Az értékek összesítésével különböző, az egyes szakágakat jellemző következtetéseket vonhatunk le. Adatokat kapunk az egyes tudományterületek

térképhasználati szokásairól: milyen típusú térképet használnak általában (pl. tematikus vagy topográfiai), milyen a megjelenítés minősége, kutatási eredményeket mutatnak-e be a térképek, vagy csak a vizsgált terület térbeli elhelyezését segítik. A vizsgált anyagban a legjobb képminőség a geológus, míg a legrosszabb a térképész-kartográfus lapokra jellemző. A térképi elemek feltüntetésében a tudományágak nagyjából egyensúlyban vannak: név és jelmagyarázat közel mindegyik, míg koordináta-információ csak kb. a térképek felén található. A legnagyobb különbség a méretarány megjelenítése terén mutatkozik: a térképész, geográfus és geológus ábrákon ez szinte általános, de a geofizikus és meteorológus térképeken alig található. A topográfiai tartalom terén nagyobb a különbség a szakágak között, ez nagyban függ a tematikus térkép típusától is. A földrajzi nevek, vízrajz és közigazgatási határok általánosan jelen vannak segítve a tájékozódást, míg az úthálózat és a települések ábrázolása háttérbe szorul a meteorológia és geofizika térképein. Legkevésbé az úthálózatot emelik ki a szakági térképek: ez az az elem, amely legkönnyebben elhagyható az ábrázolandó téma javára. A szerzői jogok kezelésében hasonlóak az eredmények: a magas kvartilisben lévő lapoknál szinte minden térképen láthatunk forrásmegjelölést, az alsóbb kategóriákban ez kevésbé jellemző.



A felszínborítás változásai a Tiszafüred-Kunhegyesi síkon

Szopkó Anikó¹ – Lóki József²

¹ Geográfus MSc, Debreceni Egyetem Földtudományi Intézet

² Professzor Emeritus, Debreceni Egyetem Természettföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék

A kutatás során a felszínborítás változásait vizsgáltuk a Tiszafüred-Kunhegyesi sík területén, ami a Nagykunságban a Hortobágytól Ny-ra helyezkedik el.

A kistáj felszínének kialakulásában a Pannon-beltő feltöltődése után kezdetben az É-ről, a középhegység irányából lefutó vízfolyásoknak, majd a Tiszának volt jelentős szerepe. A területet az állandóan és időszakosan vízzel borított területek jellemezték. Az ártér fölé emelkedő folyóvízi homokkal borított felszíneken a szél homokbuckás területeket alakított ki. Az elmúlt évezredekben az itt élő emberek a vízparti magasabb térszíneken éltek. Ezt igazolják a régészeti leletek. A Tisza árvizei veszélyeztették a területet, ezért az itt élők megépítették 1754-ben a Mirhó-gátat. A lakosság jelentős része halászatból élt, amelyet a gát megépítése veszélyeztetett, ezért lerombolták, majd a gátat újra építették 1787-ben.

A XIX. századi ármentesítési munkálatok hatására a terület szárazzá vált. A mezőgazdasági termelés segítése érdekében csatornahálózatot építettek. A terület felszínének változásait jól tükrözik az adatbázisok, a korabeli térképek, továbbá a légi- és űrfelvételek.

Az adatbázisok közül először a Szolnoki Damjanich Múzeum régészeti adatbázisát dolgoztuk fel és szerkesztettünk korokra tagolt tematikus térképeket. Ezek jól szemléltetik azt, hogy az őskortól az Árpád-korig hol éltek emberek a kutatási területünkön.

A térképi adatbázisok közül először az I. és II. Katonai Felvételezések 1:28.800-as méretarányú, majd a III. Katonai Felvételek 1:25.000-es méretarányú térképeinek a felhasználásával szerkesztettünk tematikus térképeket. A XX. században készült térképek közül a két világháború között készült 1:50.000-es és az EOTR szelvényezésű 1:10.000-es térképeket használtuk fel digitális tematikus térképeink előállításához. Az utolsó 30 év felszínváltozásai a légi- és űrfelvételeken jól követhetők. Végül a SPOT műholdfelvételek elemzésével készült CORINE adatbázis segítségével szemléltettük a terület felhasználását. Különböző színek mutatják, hogyan osztották fel a területet mezőgazdasági, vagy építési célokra.

A poszter tematikus térképein jól látszik, hogyan változott a terület hasznosítása az évszázadok során. Az ármentesítések előtti állapot után a kiépített csatornahálózat, hogy változtatta meg a területet. Megjelentek az utak és vasutak, hogyan változott meg a településhálózat.

*A poszterismertető elkészítését az Emberi Erőforrások Minisztériuma
és az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő támogatta (pályázati azonosító:
NTP-HHTDK-19-0005).*



Szőlőterületek talajerózió változásának megfigyelése UAV technológiával a Gerecse területén

Takáts Tünde¹ – Albert Gáspár²

¹ PhD hallgató, ELTE IK Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, tunde.takats@gmail.com

² Egyetemi docens, ELTE IK Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék, albert@ludens.elte.hu

A talajerózió egy olyan természetes folyamat, amelyet az emberi tevékenység befolyásolhat. A megnövekedett népesség miatt intenzívebb mező- és erdőgazdálkodásra van szükség, azonban ez fokozódó talajpusztuláshoz vezethet. A nagymértékű talajpusztulás a termény minőségének és/vagy mennyiségének a rovására mehet. Ezért mind gazdasági, mind pedig társadalmi szempontból fontos számunkra a talajerózió mértékének ismerete. A kutatás célja a Gerecse északi területén található kiemelten erózióveszélyes szőlőterületek megfigyelése.

A kutatás a Neszmélyi borvidéken, a Hilltop szőlészet területén zajlott három mintaterületen, melyeken az egy év során mérhető talajpusztulást, és annak évszakonkénti eloszlását vizsgáltuk. A mintaterületek megfigyelését pilóta nélküli

repülőgép segítségével (Unmanned Aerial Vehicle – UAV) végeztük. A légi felvételek fotogrammetriai feldolgozásával nagyfelbontású digitális terepmodellek (DTM) készültek, amelyek térinformatikai módszerekkel elemezhetők. A talajerózió becslése az Egyetemes Talajvesztési Egyenletet (Universal Soil Loss Equation – USLE) felhasználásával történt. Ez egy többváltozós egyenlet, amelyben a domborzat, a növényfedettség, a csapadékintenzitás és a talajművelés is érvényesül. A talajpusztulás becslése során kiemelt figyelmet kapott az évszakonként változó növényborítottság, illetve a csapadékmennyiség- és intenzitás változása. A szőlészet több különböző eróziócsökkentő módszert alkalmaz a gazdálkodás során (pl. a tőkesorok lejtőre merőleges ültetése, a sorok közötti gyepesítés). A kutatás során a sorok közötti gyepesítés jelentőségére is készült modell. A tőkesorok között található gyepek megköti a talaj felső rétegét, illetve lassítja/ felfogja az esővizet, ezzel csökkentve az eső talajeródító hatását.

Az eredmények alapján megfigyelhető, hogy az intenzív nyári esőzésnek egy nagyságrenddel nagyobb a hatása a talajpusztulás alakulásában, mint a többi évszakban hulló csapadéknak. Az eredmények azt is megmutatják, hogy a sorok telepítésének az iránya is jelentősen befolyásolja az erózió mértékét. A mintaterületek azon részén, ahol a lejtőre merőlegesen telepítették a szőlőtőkét alacsonyabb, míg ahol a lejtő irányával megegyezően, ott magasabb a pusztulás mértéke. A kiválasztott mintaterületek esetében a sorok közötti gyepesítésnek is jelentős szerepe van. A két gyepesített mintaterület (2. és 3.) esetében a következőképpen változna a talajpusztulás mértéke az év során: 2. területen minimum 2,54-szoros és maximum 4,07-szoros, míg a 3. területen minimum 1,71-szoros és maximum 3,05-szoros lenne. A gyepesítés alkalmazhatósága nagymértékben függ az éves csapadékmennyiségtől. Ezekben a területeken a szakirodalom szerint éppen a módszer alkalmazhatóságának a határán van, így ha tovább csökken az évi csapadékmennyiség már konkurenciát jelent a gyepetakaró a szőlő számára.

Az Információs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-2 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával, valamint az NKFI 2020-4.1.1.-TKP2020 pályázati kódszámú Tématerületi Kiválósági Program Nemzeti Kihívások Alprogramja finanszírozásában valósul meg.



MELLÉKLETEK



GDi Magyarország Kft.

1134 Budapest, Váci út 33/9.

+361 428 80 40

www.gdi.hu

sales@gdiesri.hu

Vásároljon nálunk GNSS-t és egy évre
átvállaljuk a hálózati RTK korrekció díját!

Részletek: +36 30 625 7939



Fedezze fel a
Leica egyedi
igényekre szabott
megoldásait

WWW.LEICAGEOSYSTEMS.HU
WWW.SVAJCI PONTOSAN.COM



Hyperspectral cameras and remote sensing systems

Spectral resolution and spatial information in one image

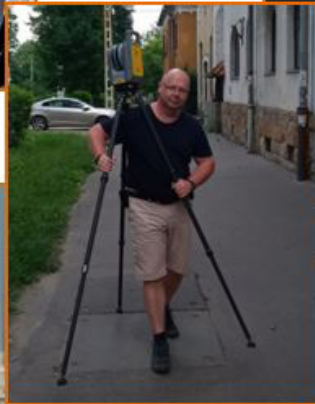
- Applications in environmental monitoring, geology, vegetation and agriculture
- Fast acquisition
- High spectral and spatial resolution
- For airborne, field or laboratory use
- Analysis in visible, NIR, MID infrared, longwave infrared





GeoEdu Magyarország Kft.

Szenvedélyünk a Support



| Gyártófüggetlen műszeroktatás | Terméktámogatás | Szaktanácsadás |
| Speciális geoinformatikai feladatok végrehajtása | 3D-modellkészítés |

www.geoedu.hu



envirosense
the remote sensing professional



SZOLGÁLTATÁSAINK:

- Légi LiDAR felmérés
- Légi mérőkamerás felmérés
- Légi hiperspektrális felmérés
- Drón/UAV felmérés
- Műholdas adatfeldolgozás
- Földi geodéziai mérések
- GIS HPC adatfeldolgozás
- GIS termékfejlesztés
- GIS Kutatás és Fejlesztés

www.envirosense.hu info@envirosense.hu Tel.: +36/30-266-2984



- 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



Authorized ENVI Distributor



www.geoiq.hu

+36 26 346 019

+36 30 931 0626

2098 Pilisszentkereszt, Kakashegy utca 56.

Szolíd árak, transzparencia, s az iparág vezető szoftverei.

SZPONZOROK ÉS KIÁLLÍTÓK



esri

Leica
Geosystems



Quantum Design
EUROPE



envirosense



GeoIQ



