

GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA



2018/5
LXX. ÉVFOLYAM

Életbiztonságra veszélyes alkalmazások
Domborzatolvasás
Erdőmonitoring és klímaváltozás
Bombakráterek térképezése
Léckalibrálás
Turistatérképektől a QR-kódig
Rendezvények
Nekrológ

nka
támogatással

MEMBER OF
Crossref

Scopus

MAGYAR FÖLDMÉRÉSI,
TÉRKÉPÉSZETI ÉS TÁVÉRZÉKELÉSI
TÁRSASÁG/
HUNGARIAN SOCIETY OF SURVEYING,
MAPPING AND REMOTE SENSING



AZ ÁGRÁRMINISZTERIUM FÖLDÜGYI ÉS
TÉRINFORMATIKAI FŐOSZTÁLY ÉS A MAGYAR
FÖLDMÉRÉSI, TÉRKÉPÉSZETI ÉS TÁVÉRZÉKELÉSI
TÁRSASÁG LAPJA/MONTHLY OF THE DEPARTMENT
OF LAND ADMINISTRATION IN THE MINISTRY OF
AGRICULTURE AND THE HUNGARIAN SOCIETY OF
SURVEYING, MAPPING AND REMOTE SENSING

SZERKESZTŐSÉG/EDITORIAL OFFICE:
1149 Budapest, Bosnyák tér 5., I. em. 109.
Tel: 222-5117, E-mail: mfttt.titkarsag@gmail.com;
Web: https://www.mfttt.hu/

FŐSZERKESZTŐ/EDITOR-IN-CHIEF:
Buga László

SZERKESZTŐK/EDITORS:
Balázsik Valéria, Fábrián József,
dr. Gercsák Gábor, Homolya András,
Iván Gyula, Mátyás László, Olasz Angéla

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG/EDITORIAL BOARD:
Dr. Ádám József, Barkóczy Zsolt
Dr. Barsi Árpád, Dr. Bányai László
Dr. Biró Péter, Dr. Bucsis György
Cseri József, Dobai Tibor
Fekete Gábor, Holéczy Ernő
Horváth Gábor István, Kassai Ferenc
Dr. Klinghammer István, Dr. Kurucz Mihály
Dr. Mihálik József, Dr. Mihály Szabolcs
Dr. Papp-Váry Árpád, Dr. Rózsa Szabolcs
Dr. Riegler Péter, Szalay László
Dr. Timár Gábor, Dr. Toronyi Bence
Dr. Zentai László

OLVASÓSZERKESZTŐ/PROOF-READER:
Kota Ágnes

TECHNIKAI SZERKESZTŐ, TÖRDELŐ/
TECHNICAL-EDITOR: Szrogh Gabriella

KIADJA/PUBLISHER:
A Magyar Földmérési, Térképészeti és
Távérzékelési Társaság/ Hungarian Society
of Surveying, Mapping and Remote
Sensing
HU ISSN 0016-7118; eng.száma/ registry no.:
B/SZI/280/1/1995

FELELŐS KIADÓ/RESPONSIBLE FOR
PUBLISHING: Dobai Tibor

A kiadást a Budapest Főváros Kormányhivatala,
Földmérési, Távérzékelési és Földhivatali
Főosztálya támogatja/Supported by the
Government Office of the Capital City Budapest,
Department of Geodesy, Remote Sensing and
Land Office

SOXSZOROSÍTJA/PRINTING:
HM Zrínyi Nonprofit Kft./MoD Zrínyi
Nonprofit Ltd.
Megjelenik: 1000 példányban/Printed in:
1000 copies

A folyóiratban megjelenő cikkek tartalma nem
feltétlenül tükrözi a szerkesztőség álláspontját.
Három hónapnál régebbi kéziratokat nem őrzünk
meg és nem küldünk vissza. / The content of the
papers published in the scientific review does not
reflect necessarily the Editorial Board's standpoint.
After three months, papers will not be kept, neither
sent back.

SJR SCImago
Journal & Country
Rank



Tartalom

<i>Dr. Rózsa Szabolcs – Ambrus Bence – Juni Ildikó – Ober Pieter Bastiaan – Mile Máté: Troposferikus maradék ellentmondások becslése az életbiztonságra veszélyes GNSS-alkalmazások esetén</i>	» 4
<i>Szigeti Csaba – dr. Albert Gáspár – Kis Dávid: A domborzatrajz értelmezésének vizsgálata nagyméretarányú térképeken</i>	» 13
<i>Dr. Kovács Ferenc – Gulácsi András: MODIS EVI/NDVI alapú monitoring erdőterületeken 2000–2017 között a klímaváltozás földrajzi hatásának kimutatásában</i>	» 19
<i>Neuberger Hajnalka – dr. Juhász Attila: Világháborús bombakráterek automatikus térképezése</i>	» 28
<i>Ács Ágnes Mária – dr. Égető Csaba – dr. Rózsa Szabolcs: Léckalibrálás gyakorlati megvalósítása</i>	» 32
<hr/>	
A turistatérképtől a QR-kódig	» 37
Bárány Nándor-szobrot avattak a Műegyetemen	» 39
Intézőbizottsági ülés	» 41
Semmeringi kirándulás	» 43
Nekrológ	» 45

Contents

Advanced Tropospheric Delay Residual Error Models for Safety-of-life Applications (<i>Szabolcs Rózsa, Dr. – Bence Ambrus – Ildikó Juni – Pieter Bastiaan Ober – Máté Mile</i>)	» 4
Measuring the Interpretation of Hypsography on Large Scale Maps (<i>Csaba Szigeti – Gáspár Albert, Dr. – Dávid Kis</i>)	» 13
MODIS EVI/NDVI Monitoring in Forest Areas between 2000 and 2017 Evaluating the Climate Change Effects in Hungary (<i>Ferenc Kovács, Dr. – András Gulácsi</i>)	» 19
Automated Mapping of the World War II Bomb Craters (<i>Hajnalka Neuberger – Attila Juhász, Dr.</i>)	» 28
Implementation of the Levelling Staffs' Calibration (<i>Ágnes Mária Ács – Csaba Égető, Dr. – Szabolcs Rózsa, Dr.</i>)	» 32
<hr/>	
From Tourist Maps to QR Code	» 37
Opening Ceremony of Nándor Bárány's Statue at Technical University	» 39
Meeting of the Executive Board	» 41
Excursion to Semmering	» 43
Obituary	» 45

Címlapon: Carl Ritter von Ghega emlékműve a semmeringi vasútállomáson (Fotó: Hodobay-Böröcz András) (Lásd a kapcsolódó cikket: 43. oldal)
On the Cover Page: Carl Ritter von Ghega Memorial at Semmering Railway Station (Photo: András Hodobay-Böröcz) (See related article: page 43.)

Troposzférikus maradék ellentmondások becslése az életbiztonságra veszélyes GNSS-alkalmazások esetén

Rózsa Szabolcs – Ambrus Bence – Juni Ildikó – Ober Pieter Bastiaan – Mile Máté

DOI: 10.30921/GK.70.2018.5.1

1. Bevezetés

A Globális Navigációs Műhold-rendszerek (GNSS) magas integritásigényű alkalmazásai esetében a rendszer fő paramétere annak belső megbízhatósága. Ezt a jellemzőt a védelmi szintek bevezetésével számszerűsítik, ami tulajdonképpen a pozíciómeghatározás hibáinak felülbecslése valamilyen nagyon kicsiny valószínűségi szinten. A felhasználó a védelmi szint előrejelzéséhez egy, a helymeghatározás hibájára vonatkozó modellt használ, amely azonban a műhold-vevő távolságmérése következtében fellépő hibák modelljeinek függvénye. Annak érdekében, hogy a védelmi szint kellően konzervatív becslést adhasson, az összes fellépő hibára vonatkozó modellnek önmagában is konzervatív becslőnek kell lennie. Cikkünkben a lehetséges hibaforrások egyikének – a troposzféra által okozott maradék hibáknak – a konzervatív modellezésével foglalkozunk.

A GNSS esetében a geocentrikus rendszerben végrehajtott helymeghatározást a műhold és a vevő közötti távolság meghatározására vezetjük vissza, amelyet a mérőjelek terjedési idejének mérésével hajtunk végre. Az elektromágneses jelek a troposzférán való áthaladásuk során jelentős késleltetéseket szenvednek, melyek hatását rendszerint empirikus modellekkel csökkentik.

Magas integritásigényű felhasználások esetében, mint amilyen például a repülőgépes navigáció, az említett modellek validációjára van szükség annak érdekében, hogy a felhasználók biztonsággal döntheszenek a fedélzeti GNSS-vevők által szolgáltatott koordinátamegoldás megbízhatóságáról.

A jelenleg de facto szabványként alkalmazott ajánlás (RTCA 2006) a troposzférikus maradék hibák esetében túlságosan konzervatívnak mondható, ami ugyan előnyös lehet a biztonság szemszögéből, azonban a rendszer elérhetőségét és a helymeghatározási

szolgáltatás folytonosságát negatívan befolyásolja.

Az RTCA MOPS (Radio Technical Commission for Aeronautics Minimum Operational Performance Standards) dokumentumban ismertetett troposzféramodell egy globálisan konstans értékben (0,12 m) maximálja a zenit irányú maradék hiba szórását. Habár a szabályozás nem részletezi a konstans megállapításának módját, Collins és Langley (1998) eredményei is alátámasztják a 0,12 méteres értéket.

Van Leeuwen et al. (2004) is tanulmányozták a fent említett modellt Hollandia területén, ami alapján arra a megállapításra jutottak, hogy az túlságosan konzervatív. Ez alapján tehát úgy tűnik, hogy valós igény mutatkozhat egy új, kevésbé konzervatív, azonban a biztonságot nem kompromittáló modell kifejlesztésére.

Mivel a közeljövőben várhatóan a többfrekvenciás GNSS-vevők köré csoportosulni az alkalmazások jelentős része, az ionoszférikus hatások egyre kevésbé lesznek meghatározó hibaforrások. A troposzféra által okozott késleltetések azonban nem küszöbölhetők ki a különböző vivőfrekvenciák alkalmazásával, ezért továbbra is szükség lesz minél pontosabb, nagy megbízhatóságú empirikus modellekre.

Az alábbi cikkben egy új, fejlett eljárást mutatunk be a troposzférikus maradék ellentmondások becslésére, melynek alapja az általános extrémérték-elmélet. Annak érdekében, hogy a modell mind a biztonság, mind az elérhetőség szempontjából optimális legyen, figyelembe veszi a maradék ellentmondások szezonális és éghajlati függését is.

2. A troposzférikus maradék hibák szerepe a GNSS-rendszerek integritásában

A GNSS rendszerek esetében a rendszer integritása a korábban említett

védelmi szintek segítségével számszerűsíthető. A védelmi szintek a helymeghatározás hibájának felülbecsléseként képzelhetők el, melyek meghaladása csak rendkívül kicsiny valószínűségi szinten megengedett (ez a szint jellemzően 10^{-7} – 10^{-9} között van). Amikor a kiszámított védelmi szint meghaladja az adott alkalmazáshoz szükséges elfogadható mértéket, a felhasználó már nem bízhat a meghatározott pozícióban és alternatív helymeghatározási módokhoz kell fordulnia. A felhasználó a védelmi szintet különböző modellekkel számíthatja, melyek a helymeghatározáshoz használt távméréseket terhelő hibák felülbecslésével jönnek létre.

Az RTCA (2006) ajánlása maradék hibaértékeket határoz meg a pálya és az órahibákra, a vevőantennát terhelő zajra, valamint az ionoszférikus és troposzférikus késleltetésekre. Ezen ellentmondások mindegyike zérus középpértékű normális eloszlás szórásával írható le. A műhold irányú hiba szórása:

$$\sigma_i^2 = \sigma_{i,flt}^2 + \sigma_{i,UIRE}^2 + \sigma_{i,air}^2 + \sigma_{i,tropo}^2 \quad (1)$$

ahol:

- σ_i az i -edik műholdhoz tartozó pszeudótávolság mérés szórása [m],
- $\sigma_{i,flt}^2$ az időben gyorsan valamint hosszabb távon változó korrekciók maradék hibájának a varianciája [m^2],
- $\sigma_{i,UIRE}^2$ a ferde irányú ionoszférikus késleltetés maradék hibájának varianciája [m^2],
- $\sigma_{i,air}^2$ a repülőgépen lévő vevő hibához tartozó variancia [m^2],
- $\sigma_{i,tropo}^2$ a troposzférikus késleltetés maradék hibájának varianciája [m^2].

A maradék troposzférikus ellentmondás az alábbiak szerint számítható az i -edik műhold irányában:

$$\sigma_{i,tropo}^2 = \sigma_{TVE} \cdot m(\theta_i) \quad , \quad (2)$$

$$m(\theta_i) = \frac{1.001}{\sqrt{0.002001 + \sin^2 \theta_i}} \quad , \quad (3)$$

ahol a σ_{TVE} a zenitirányban meghatározott troposzférikus maradék hiba (értéke 0,12 méter) θ_i pedig a műhold

magassági szöge. Megfigyelhető, hogy a zenit irányú hiba egy globálisan konstans érték, mely elhanyagolja a troposzferikus késleltetések meghatározási pontosságának a földrajzi szélességtől és az évszakoktól való függését. Ezáltal azonban a világ számos területén túlságosan konzervatív becslést szolgáltat.

A felsorolt tényezők együttes figyelembevételével megállapítható a teljes maradék hiba varianciája, ami alapján kiszámítható a horizontális valamint a vertikális védelmi szint (horizontal/vertical protection level – HPL/VPL):

$$HPL = K_H \cdot d_{major}, \quad (4)$$

$$VPL = K_V \cdot d_U, \quad (5)$$

ahol K_H és K_V a különböző repülőgéplandolási eljárásoktól függő konstansok, d_{major} [m] pedig a hibaellipszis főnyitengelyéhez tartozó bizonytalanságot jellemzi:

$$d_{major} = \sqrt{\left(\frac{d_{east}^2 + d_{north}^2}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{d_{east}^2 - d_{north}^2}{2}\right)^2 + d_{EN}^2}} \quad (6)$$

A képletben szereplő tagok jelentése a következő:

- d_{east}^2 a keleti koordinátatengely mentén értelmezett hibaeloszlást felülbecslő modell varianciája [m²],
- d_{north}^2 az északi koordinátatengely mentén értelmezett hibaeloszlást felülbecslő modell varianciája [m²],
- d_{EN}^2 a modelleloszlás kovarianciája a keleti és északi koordinátatengelyek mentén [m],
- d_U^2 a függőleges tengely mentén értelmezett hibaeloszlást felülbecslő modell varianciája [m²].

Az összes modellvariancia számítása a helymeghatározási hiba megfelelő irányban vett parciális deriváltjaival történik.

A HPL és a VPL értékek felhasználásával a rendszer ellenőrizheti, hogy az aktuálisan elérhető pontosság megfelel-e a navigációs követelményeknek.

3. A modellfejlesztés módszertana

A navigációs kiegészítő rendszerekre vonatkozó általános integritásbeli követelményeket az ICAO (2006) foglalja össze. Ez alapján a GNSS-helymeghatározó rendszer a megközelítési eljárások esetében 2×10^{-7} -es

szignifikancia szinten vizsgálandó. Amennyiben egy időben egyetlen megközelítést feltételezünk és egy megközelítés hosszát 150 másodpercre becsüljük, akkor a rendszer integritásvesztésének visszatérési ideje hozzávetőlegesen 25 év.

Mivel nem állnak rendelkezésre a hibákra vonatkozó adatok a rendszer teljesítményének vizsgálatához, így egy valószínűségi alapokon nyugvó megközelítésre van szükség. Első megfontolásra a maradék hibák becslése történhetne a műhold-vevő irányban a légköri paraméterek ismeretében sugárkövetéssel meghatározott „tényleges” késleltetési értékek és az RTCA-troposzféra modell által szolgáltatott késleltetési értékek különbségképzésével, majd az így kapott eredményekre egy normális eloszlás illesztésével. Ezután a maradék ellentmondások bármilyen szignifikanciaszinten becsülhetők lennének. A probléma abban rejlik, hogy a troposzferikus késleltetés maradék hibái, az eloszlás szárnyai általában nem követik a normális eloszlás lefutását. Az 1. ábrán egy tipikus, a normális eloszláshoz tartozó valószínűségi ábra látható a hidrosztatikus troposzferikus késleltetések maradék hibáira vonatkozóan. Az ábrából látszik, hogy az

eloszlás szárnyain a hibák nem követik a normális eloszlást.

Annak érdekében, hogy az eloszlás szárnyainak jellegét is figyelembe vegyük, a maradék hibák vizsgálatához az extrémérték-elemzést hívtuk segítségül. Ez a matematikai eljárás széles körben használt például árvízi vízszintek becslésénél, de újabban a GNSS és a hozzá tartozó kiegészítő rendszerek vizsgálatára is alkalmazzák (Ober 2014).

A Fischer-Tippett-Gnedenko tétel kimondja, hogy független és azonos eloszlású valószínűségi változók maximuma megfelelő normalizálás után az alábbi három lehetséges eloszlás felé konvergál, nevezetesen a Gumbel-, a Fréchet- vagy a Weibull-eloszlás felé.

A három eloszlás jellemzői a következők:

$$H(x) = \begin{cases} 0 & \text{ha } x \leq 0 \\ \exp\{-x^{-\alpha}\} & \text{ha } x > 0 \end{cases} \quad (7)$$

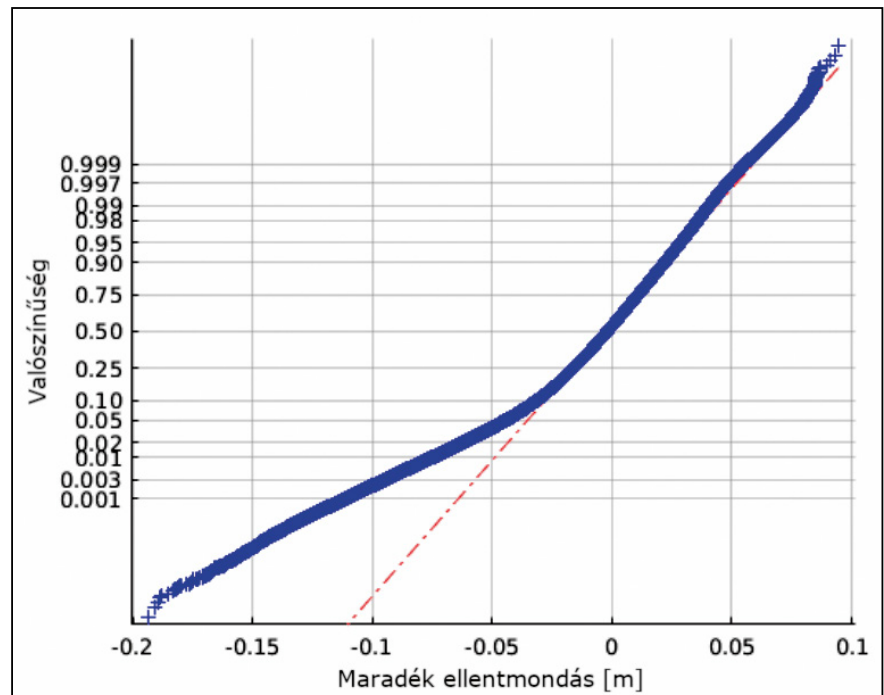
a Fréchet-eloszlás esetében,

$$H(x) = \begin{cases} \exp\{-(-x)^{-\alpha}\} & \text{ha } x < 0 \\ 1 & \text{ha } x \geq 0 \end{cases} \quad (8)$$

a Weibull eloszlás esetében és

$$H(x) = \exp\{-\exp\{-x\}\} \quad x \in \mathbb{R} \quad (9)$$

a Gumbel-eloszlás esetében.



1. ábra. A hidrosztatikus troposzferikus késleltetések maradék hibáinak valószínűségi ábrája az északi szélesség 40° és 50° közötti sávra vonatkozóan 2000 és 2016 között. A maradék hibák az RTCA-troposzféramodell által becsült és az ECMWF ERA-Interim numerikus időjárásmodellből sugárkövetéssel levezetett referenciaadatok különbségei.

A Jenkinson (1995) által bevezetett általánosított extrémérték-elmélet (Generalized Extreme Value theory – GEV) egyesíti a fenti három eloszlást egy általános extrémérték-eloszlással. Az eloszlás képlete a következő:

$$H(x) = \begin{cases} \exp\left\{-\left[1 - \frac{k(x-\xi)}{\alpha}\right]^{\frac{1}{k}}\right\} & \text{ha } k \neq 0 \\ \exp\left\{-\exp\left\{\frac{-x-\xi}{\alpha}\right\}\right\} & \text{ha } k = 0 \end{cases} \quad (10)$$

ahol az x változót a $\xi + \alpha/k$ határolja felülről, ha $k > 0$, illetve alulról, ha $k < 0$. ξ és α az ún. helyzeti és skálaparaméterek, k pedig az ún. alaktényező. Az alaktényező befolyásolja, hogy végső soron melyik eloszlással van dolgunk:

- $k > 0$ esetében a Fréchet-eloszlással,
- $k = 0$ esetében a Gumbel-eloszlással,
- $k < 0$ esetében pedig a Weibull-eloszlással.

4. A maradék troposzférikus késleltetésekre vonatkozó modell levezetése

Annak érdekében, hogy egy troposzféramodell megfelelését vizsgálhassuk, a maradék hibák kiszámítására van szükség. Az RTCA-modell által szolgáltatott késleltetésbecsléseket össze kell hasonlítani a troposzférikus késleltetések „valódi” értékével. Mivel ezen „valódi” értékek nem ismertek, a zenit irányú troposzférikus késleltetésekre vonatkozó referenciaként numerikus időjárás modellek adataira épülő és sugárkövetéssel meghatározott adathalmazt használtunk. Az extrémérték-analízist a két adatsor különbségeként kapott maradék hibákra alkalmaztuk.

5. Meteorológiai adatok

A maradék hibák modellezése számos különböző meteorológiai adathalmaz felhasználásával történhet. Collins és Langley (1998) az UNB3 troposzféramodell maradék hibáinak meghatározására például az Észak-Amerikában felbocsátott rádiószondák adatait használták és kimutatták, hogy a maximális maradék hiba zenit irányban 60 cm körül mozog. Ugyanakkor, mivel a rádiószondás adatok nem fedik le a teljes Föld felszínét, megfelelő sűrűséggel,

ezért esetünkben más adatsor felhasználása volt szükséges.

A bemenő meteorológiai adatok kiválasztásánál az alábbi szempontokat vetjük figyelembe:

- megfelelően hosszú időt magába foglaló adatsorra van szükség, ugyanis az extrémérték-elmélet az eloszlás szélein extrapolációt alkalmaz;
- a meteorológiai adatoknak stacionáriusnak kell lenniük, valamint konzisztens feldolgozási eljárással kell őket levezetni a vizsgált időszakra vonatkozóan;
- az adathalmaznak megfelelően kell jellemeznie a meteorológiai paraméterek szezonális és éghajlati változását.

A feltételek teljesítése érdekében a Középtávú Időjárás Előrejelzések Európai Központja (European Center for Medium Range Weather Forecasts – ECMWF) által szolgáltatott ERA-Interim (Dee et al. 2011) $1^\circ \times 1^\circ$ felbontású adatsoraira támaszkodtunk. Habár az adatok 1979-ig visszamenően rendelkezésre állnak, vizsgálatunk a 2000 és 2016 közötti 17 éves periódusra terjedt ki. Az adatsor napi négy értéket tartalmazott, 00, 06, 12 és 18 UTC időpontokra vonatkozóan. A kiválasztott intervallum egyrészt lehetőséget adott, hogy minimalizáljuk a klímaváltozás által okozott hatásokat, másrészt a 25 éves visszatérési időt tekintve, az extrapoláció szempontjából is kielégítőnek mondható.

A műhold irányú troposzférikus késleltetés becslése a numerikus időjárásmodell adatsorának felhasználásával, a sugárkövetés módszerével történt. Mivel az ECMWF-modell legfelsőbb szintje felett található semleges atmoszféra még jelentősen befolyásolja a jelterjedést (Rózsa 2014), ezért az adatsort kiterjesztettük 86 kilométer magasságig a Nemzetközi Szabványos Atmoszféra (International Standard Atmosphere – ISA) adataival. A magasságokat és a hozzájuk tartozó meteorológiai paramétereket Rocken et al. (2001) által ismertett módszerrel felülmintavételeztük.

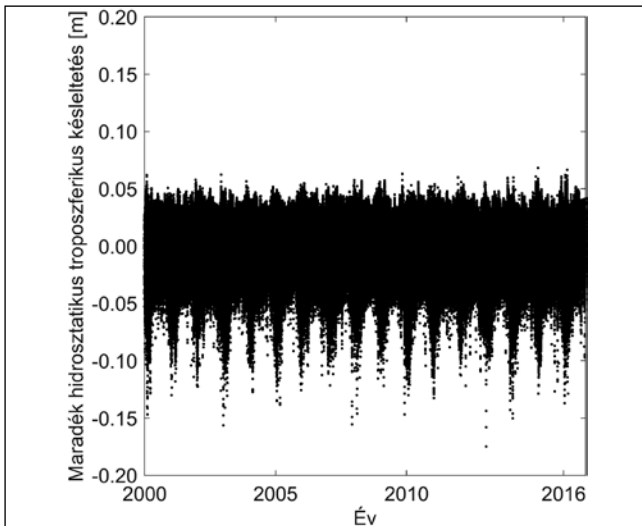
6. A maradék hibák modellezése

A maradék hibák modellezéséhez először előállítottuk a troposzférikus

késleltetések referenciaértékét az ECMWF meteorológiai adatokra épülő sugárkövetéssel (Boehm-Schuh 2003). A sugárkövetést minden rácsponthoz zenit irányban, valamint 3° -os, 5° -os, 10° -os és 45° -os magassági szögekre hajtottuk végre mind a hidrosztatikus, mind a nedves késleltetés esetében. Ezek közül további felhasználásra jelen munkánkban csak a zenit irányú eredmények kerültek.

Ezután a maradék hibákat megkaphattuk, ha az empirikus modellek által becsült késleltetés értékeket levontuk a referenciaadatokból. Az éghajlati és szezonális hatások a maradék hibák idősorában is felfedezhetők. A 2. ábra a hidrosztatikus késleltetés maradék hibáit mutatja a 31° és 40° északi szélességek között elhelyezkedő sávban. Az ábráról leolvasható, hogy a maradék hibák terjedelmének jelentős szezonális fluktuációja van. Annak érdekében, hogy az extrémérték-elemzés elvégezhető legyen, először az adatsor normalizálására van szükség. Ehhez valamilyen, az egyes napokhoz tartozó maradék hibák szórásának szezonális változását jól leíró függvény alkalmazható. Az így megkapott normalizált ellentmondásokra már végrehajtható az extrémérték-elemzés. Végül, a maximális maradék troposzférikus késleltetés a korábban használt függvény segítségével az év bármely napjára kiszámítható. A 2. ábrából ugyanakkor az is látszik, hogy a maradék hibák a zérushoz képest jelentős eltolódással (ún. bias-szel) rendelkeznek, melynek szintén van egy szezonális váltakozása. Elméleti szempontból szükség lenne a bias érték figyelembe vételére, azonban a modellalkotás során a normalizáláskor mi zérus átlagot feltételeztünk. Ezen egyszerűsítés oka, hogy amennyiben a bias előzetesen levonásra kerül, később, a védelmi szint számításakor ugyanúgy szükség van a visszaállítására. Mivel az RTCA MOPS javaslata alapján a védelmi szinteket zérus középérték feltételezésével és egyszerű hibaterjedéssel történő levezetéssel számolják, az összhang megtartása érdekében mi is ezt a feltételezést választottuk a normalizációs lépés során.

A maradék hibák normalizálása érdekében először egy periodikus függvényt illesztettünk az ellentmondások szórásának napi értékeire,



2. ábra. A hidrosztatikus maradék ellentmondások időSORA a 40° és 30° északi szélességek közötti sáVBan.

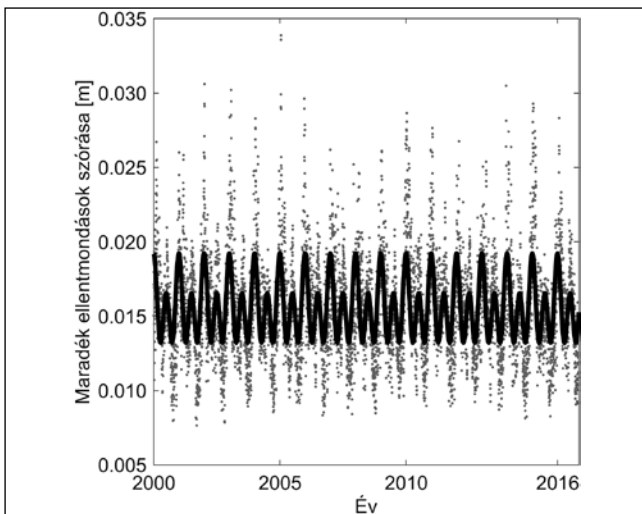
melyben figyelembe vettük a szezonális változás éves, valamint féléves összetevőit (lásd 3. ábra).

A napi szórásértékekre vonatkozó periodikus függvény:

$$\sigma(DOY) = A_0 + A_1 \cos\left(\frac{DOY - DOY_0}{365.25} 2\pi\right) + A_2 \cos\left(\frac{DOY - DOY_0}{365.25} 4\pi\right) \quad (11)$$

ahol az ismeretlen paraméterek a következők:

- A_0 a maradék hibák napi szórásértékeinek átlaga a teljes időSORra vonatkozóan,
- DOY_0 a napi maradék hibák éves extrémértékéhez tartozó nap (a fázis),
- A_1 a szezonális változás éves összetevőjének amplitúdója,



3. ábra. A napi maradék hibák szórásának szezonális változása a 31° és 40° északi szélességek között elhelyezkedő sáVBan, valamint az éves és féléves periodicitást figyelembe vevő illesztett modell.

- A_2 a szezonális változás féléves összetevőjének amplitúdója.

A napi maradék ellentmondásokhoz tartozó szórás értékek és az illesztett modell függvény a 3. ábrán látható.

Ezután a maradék hibák normalizálása történt meg az alábbi módon:

$$\delta_n = \frac{\delta}{\sigma(DOY)} \quad (12)$$

A következő lépésben a normalizált

maradék ellentmondások extrémérték-elemzését hajtottuk végre. Ennek során összesen 17 éves extrémérték (maximum és minimum) került meghatározásra. A korábban ismertett GEV eloszlást ráillesztettük az extrémértékekre, majd ebből extrapolálással meghatároztuk a 25 éves visszatérési időhöz tartozó pozitív és negatív extrémértékeket. A két érték közül a nagyobb abszolút értékűt választottuk, mint a normalizált maradék ellentmondások maximális várható értékét ($\Delta_{n,max}$).

Mivel az RTCA MOPS ajánlása szerint a védelmi szinteket normális eloszlású valószínűségi változók szórásából

$$\sigma_{max}(DOY) = \frac{\Delta_0}{K} + \left(A_0 + A_1 \cos\left(\frac{DOY - DOY_0}{365.25} 2\pi\right) + A_2 \cos\left(\frac{DOY - DOY_0}{365.25} 4\pi\right) \right) \sigma_{n,max} \quad (15)$$

kiindulva számítják, ezért arra volt szükség, hogy a becsült maximális hibát egy szórás jellegű mennyiséggé alakítsuk át:

$$\sigma_{n,max} = \frac{\Delta_{n,max}}{K} \quad (13)$$

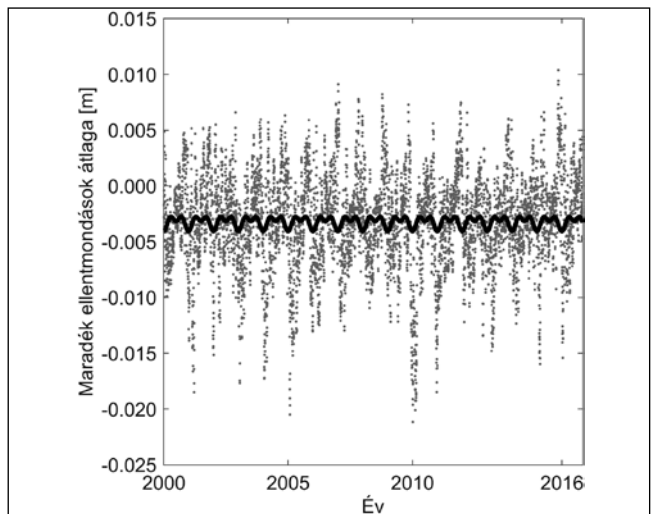
ahol $K = 5.33$, figyelembe véve a standard normális eloszlást a $1 \cdot 10^{-7}$ valószínűségi szinten.

Figyelembe kell vennünk azonban, hogy a normalizálás zérus közéérték feltételezésével történt. Amennyiben nem ez az eset áll fent, úgy a modell elvesztheti felülbecslő jellegét. Ezt elkerülendő, a meghatározott maximális szórás értéket megnöveltük egy konstans értékkel, ami az eredeti maradék hibák legnagyobb napi közéértékével egyezik meg. Így tehát a maximális szórás a következőképpen alakul:

$$\sigma_{max}(DOY) = \frac{\Delta_0}{K} + \sigma(DOY) \quad (14)$$

ahol Δ_0 egy eltolási paraméter. A maximális bias értékek becslése szintén extrémérték-elemzéssel történt, ezáltal a napi maradék ellentmondások közéértékeire illetve az extrémérték-eloszlást (lásd 4. ábra). A modell összhangjának fenntartása érdekében a napi bias értékeket szintén 25 éves visszatérési idő figyelembevételével határoztuk meg.

Végül, a maximális maradék troposzférikus késleltetés értéke az év bármely napjára (DOY) az alábbi képlettel számítható:



4. ábra. A napi maradék hibák átlagának szezonális változása, valamint a rájuk illesztett, éves és féléves periódusokat figyelembe vevő modellfüggvény.

7. A levezetett maradék troposzférikus késleltetési modellek

Habár a maradék hibák modellezése rácspontonként is elvégezhető, célszerű a lehető legegyszerűbb modell létrehozására törekedni, ugyanis végső soron ezeket a modelleket a GNSS-vevők firmware-jében kell tárolnunk. A RTCA MOPS ajánlásának egyik előnye pontosan az egyszerűségében rejlik, ugyanis mindössze egyetlen konstans érték eltárolására van szükség ahhoz, hogy a zenit irányú maximális maradék troposzférikus késleltetést meghatározhassuk a Föld bármely pontján.

Annak érdekében, hogy a számítás egyszerűségének megőrzése mellett egy kevésbé konzervatív, de a biztonságot nem kompromittáló modellt szolgáltatassunk a maradék hibák becsléséhez, összesen három különböző modellszintet alakítottunk ki (Advanced Residual Tropospheric Error model – ARTE):

- ARTE Szezonális Sávos Modell (ARTE Band Seasonal Model – ARTE-BSM): ezen a szinten a modell az összes olyan paramétert szolgáltatja, mellyel figyelembe vehető a szezonális változás az adott 10°-os szélességi sávon belül, így tehát nem csak az éghajlati, hanem a maradék hibák szezonális változása is modellezett.
- ARTE Konstans Sávos Modell (ARTE Band Constant Model – ARTE-BCM): ez a modellszint egyetlen értéket határoz meg a maximális maradék hiba mértékére, minden 10°-os szélességi sávban. A szezonális változást tehát elhanyagolja a modell, viszont az éghajlati változást figyelembe veszi.
- ARTE Globális Konstans Modell (ARTE Global Constant Model – ARTE-GCM): ez a modell egyetlen globális konstans értéket határoz meg a Föld teljes területére. Habár a legegyszerűbb, a maradék hibáknak mind a szezonális, mind az éghajlati függését elhanyagolja.

8. ARTE Szezonális Sávos Modell

Az ARTE-BSM modell a (15)-ben szereplő összes paramétert (Δ_0 , A_0 , A_1 , A_2 , DOY_0 , $\sigma_{n,max}$) szolgáltatja az egyes 10°-os

szélességi sávokra. A különböző sávokra vonatkozó hidrosztatikus és nedves késleltetésekhez tartozó együtthatókat az 1., illetve a 2. táblázat tartalmazza.

Az ARTE-BSM modell paraméterei az egyes sávokra a hidrosztatikus maradék késleltetés esetében

1. táblázat.

Sáv	Δ_0 [mm]	A_0 [mm]	A_1 [mm]	A_2 [mm]	A_3 [mm]	A_4 [mm]	DOY_0 [nap]	$\sigma_{n,max}$
Északi féltéke								
90 - 81	87,8	14,1	2,8	0,4	-0,2	0,2	2	2,0
80 - 71	51,0	21,6	6,0	1,6	-0,1	0,4	0	1,3
70 - 61	43,2	22,9	8,4	1,5	0,1	0,0	0	1,3
60 - 51	29,7	24,3	10,0	1,8	0,5	0,1	1	1,5
50 - 41	26,6	20,9	7,0	2,5	2,0	0,7	0	1,7
40 - 31	20,7	15,6	1,3	1,8	2,3	1,1	0	2,1
30 - 21	15,2	11,6	-3,6	0,4	1,5	1,0	3	2,7
20 - 11	16,0	7,1	-2,1	0,1	0,6	0,4	8	3,9
10 - 0	17,5	4,6	-0,2	-0,1	0,4	0,2	1	3,3
Déli féltéke								
1 - 10	17,3	5,0	-0,2	-0,5	0,4	0,2	3	2,6
11 - 20	15,3	6,7	0,8	-0,3	0,5	0,4	2	3,6
21 - 30	10,6	10,2	0,3	-0,9	0,7	0,5	2	2,3
31 - 40	21,1	16,4	-2,8	-1,6	0,5	0,1	0	2,0
41 - 50	41,8	25,1	-3,4	-1,5	0,0	0,0	0	1,4
51 - 60	73,9	31,3	-3,4	-1,3	-0,9	0,4	2	1,3
61 - 70	101,1	26,6	-5,2	-2,1	-1,0	0,5	0	1,8
71 - 80	97,1	23,0	-8,6	-5,4	-0,3	-0,4	1	2,8
81 - 90	92,4	13,2	-5,4	-3,3	-0,3	0,0	1	4,0

Az ARTE-BSM modell paraméterei az egyes sávokra a nedves maradék késleltetés esetében

2. táblázat.

Sáv	Δ_0 [mm]	A_0 [mm]	A_1 [mm]	A_2 [mm]	A_3 [mm]	A_4 [mm]	DOY_0 [nap]	$\sigma_{n,max}$
Északi féltéke								
90 - 81	70,4	8,5	-3,8	-2,7	0,8	1,5	6	2,9
80 - 71	54,6	15,5	-5,6	-3,5	1,1	1,5	1	1,9
70 - 61	55,7	22,3	-6,7	-3,9	1,8	1,5	2	1,6
60 - 51	59,8	29,0	-6,0	-4,5	1,8	1,4	3	1,2
50 - 41	60,2	37,3	-6,1	-5,8	0,8	1,2	1	1,1
40 - 31	72,5	47,7	-10,7	-6,7	2,1	1,1	2	1,0
30 - 21	89,9	59,7	-13,6	-5,1	2,8	0,0	0	0,8
20 - 11	117,6	57,0	-1,2	-1,4	1,3	-5,4	0	1,0
10 - 0	58,6	46,8	6,7	1,6	1,1	2,9	1	0,9
Déli féltéke								
1 - 10	74,6	55,3	2,4	-6,5	3,4	-2,0	2	0,7
11 - 20	120,1	61,0	9,0	2,2	2,0	-1,3	1	0,9
21 - 30	100,8	53,6	9,5	3,9	1,3	1,0	0	0,8
31 - 40	111,3	42,6	7,0	5,1	0,1	1,1	2	0,9
41 - 50	97,1	34,1	4,6	4,5	-0,2	0,7	0	1,1
51 - 60	94,6	25,1	2,3	3,0	-0,5	0,5	1	1,1
61 - 70	86,4	17,2	1,0	1,5	-0,4	0,2	2	1,3
71 - 80	60,8	13,9	6,6	4,4	-0,8	-0,2	1	2,5
81 - 90	48,2	9,2	5,9	3,8	-0,7	-0,5	3	5,1

Ennek a modellnek a legnagyobb előnye, hogy mind a szezonális, mind az éghajlati változásokat figyelembe veszi a maximális maradék késleltetés becslésekor (lásd 5. ábra). A modellel továbbá egymástól függetlenül megbecsülhető a maximális maradék késleltetési hiba zenit irányú hidrosztatikus és a nedves összetevője is, ezáltal akár eltérő leképezési függvényt is felhasználhatunk az egyes komponensekre.

9. ARTE Konstans sávós modell

Habár az ARTE-BSM modell figyelembe veszi a szezonális és az éghajlati változást, bizonyos esetekben a számítási komplexitás problémát okozhat. Ennek elkerülésére egy egyszerűbb modell is megalkotásra került.

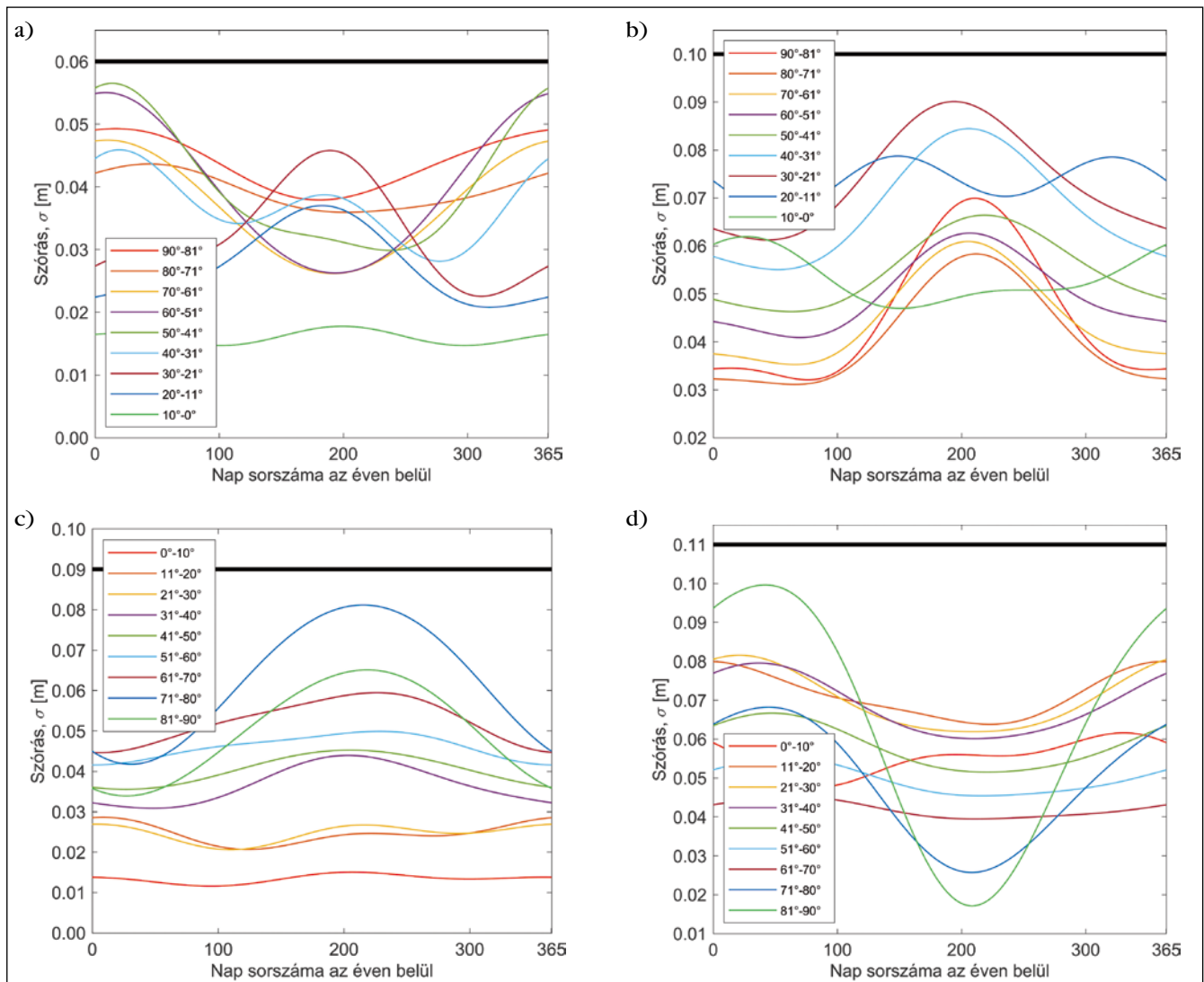
Az ARTE-BCM a szezonális sávós modellből került levezetésre, az egyes sávokra vonatkozó, (15) szerint kiszámított maradék késleltetések éves maximumának meghatározásával. Az i -edik sávra vonatkozóan:

$$\sigma_{\max,i} = \max(\sigma_{\max}(\text{DOY}, i)) \quad (16)$$

Az ARTE-BCM paramétereit

3. táblázat.

Sáv	Északi félteke		Déli félteke	
	Hidrosztatikus σ_{\max} [m]	Nedves σ_{\max} [m]	Hidrosztatikus σ_{\max} [m]	Nedves σ_{\max} [m]
90 - 81	0,05	0,06	0,08	0,07
80 - 71	0,05	0,06	0,11	0,07
70 - 61	0,05	0,06	0,08	0,04
60 - 51	0,06	0,06	0,06	0,05
50 - 41	0,06	0,06	0,05	0,06
40 - 31	0,05	0,08	0,04	0,07
30 - 21	0,05	0,08	0,04	0,08
20 - 11	0,04	0,08	0,04	0,09
10 - 0	0,02	0,06	0,02	0,07



5. ábra. A maximális maradékkésleltetés-értékek szezonális változása az északi féltekén a hidrosztatikus (a) és a nedves (b), valamint a déli féltekén a hidrosztatikus (c) és nedves (d) komponensekre vonatkozóan.

10. Az ARTE globális konstans modell

Az ARTE-GCM az ARTE-BCM felhasználásával került levezetésre. Mind a hidrosztatikus, mind a nedves maradék késleltetés esetében a korábban bemutatott sávos modell legnagyobb értékeit vettük figyelembe. A 3. táblázat alapján a hidrosztatikus késleltetés esetében ez 0,11 méter, a nedves késleltetés esetében pedig 0,07 méter. Az ezen az értékekből számolt, a teljes troposzférikus késleltetésre vonatkozó szigmaérték jó összhangban van az RTCA ajánlásában megfogalmazott konstans globális értékkel.

11. Műhold irányú maradék troposzférikus késleltetés

Az RTCA ajánlása alapján a maradék hibák kiszámítását a műhold irányában kell elvégezni. Ezért az ARTE-modellek által szolgáltatott zenit irányú késleltetések műhold irányú transzformációjára van szükség. A lépés a megfelelő leképzési függvények alkalmazásával könnyedén elvégezhető, majd a teljes műhold irányú maradék késleltetés az alábbiak szerint számítható:

$$\sigma_{\max, STD} = \sqrt{\sigma_{\max, ZHD}^2 \cdot m_h^2 + \sigma_{\max, ZWD}^2 \cdot m_w^2} \quad (17)$$

ahol m_h és m_w a hidrosztatikus, illetve a nedves összetevőkhöz tartozó leképzési függvényegyütthatók az egyes műholdakra vonatkozóan. Továbbfejlesztve az RTCA-modellt, amely csak egyetlen

leképzési függvény használatára ad lehetőséget, az ARTE-modellek becsléseinél az egyes összetevőkre akár eltérő leképzési függvények is alkalmazhatók.

12. A modellek validációja IGS-referenciaadatok felhasználásával

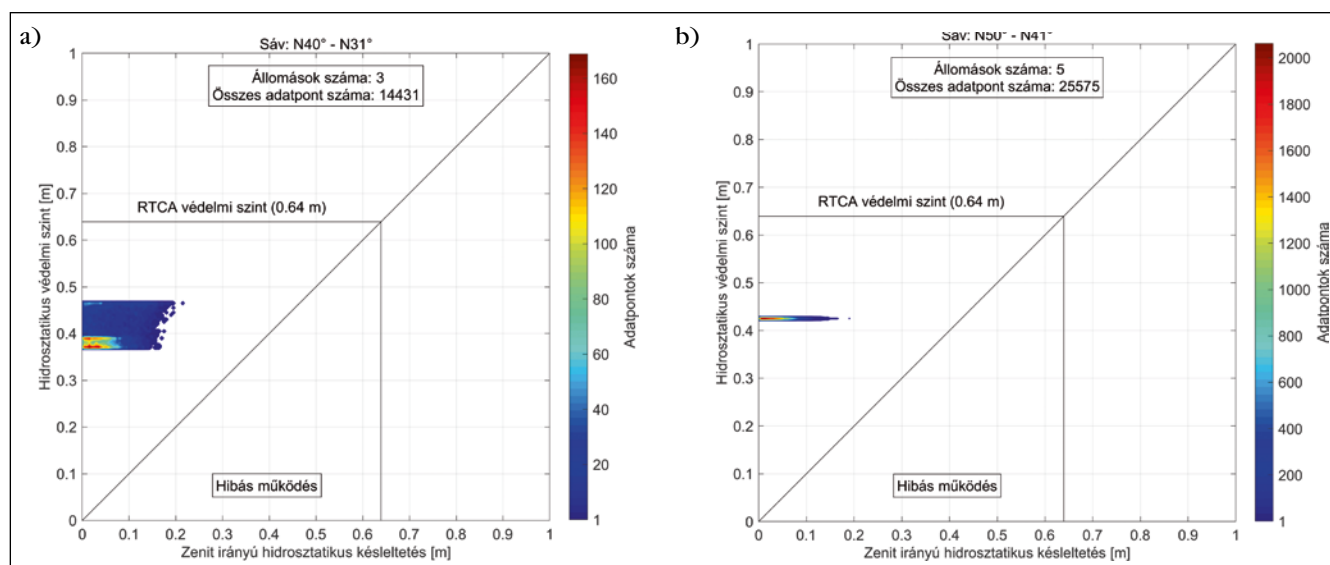
Annak érdekében, hogy a modellek felülbecslő tulajdonságát ellenőrizni tudjuk, a Nemzetközi GNSS Szolgálat (International GNSS Service – IGS) által szolgáltatott troposzférikus késleltetési értékekre épülő validációt végeztünk. Azért esett az IGS-adatok felhasználására a választásunk, mivel a GNSS mérésekből levezetett troposzférikus késleltetések függetlenek a bemenő adatként felhasznált numerikus légköri modellektől. Az egyes IGS-állomásokon mért késleltetési értékek szabadon hozzáférhetők az IGS globális adatközpontján keresztül. Mivel egyes állomásokon jelentős hézagok találhatóak az adatsorokban, így a validáció elvégzése előtt a rendelkezésre álló 300 állomásból 49 olyan állomást választottunk ki, amelyeknél a legzavartalanabb az adatok folytonossága, valamint megfelelően elosztva találhatóak a Föld felszínén. 2000. január 1. és 2017. október 31. közötti időszakban napi egy (12:00 UTC) késleltetésértéket használtunk fel a validációra. Mivel a 81°–90° szélességi sávban sem az északi, sem a déli féltekén nem található állomás, így ezen sávokra vonatkozó modellek validációját nem tudtuk elvégezni.

A teljes, nem modellezett, ún. maradék troposzférikus késleltetésértékeket az RTCA MOPS által becsült értékek IGS-referenciaértékekből történő kivonásával határoztuk meg. Ezeket a maradék hibákat aztán összehasonlítottuk az ARTE-modellek által szolgáltatott értékek alapján kiszámított védelmi szintekkel.

A validáció eredményének szemléltetésére az ún. Stanford-ábrákat használtunk. Az ábrák az IGS-adatok segítségével kiszámolt maradék hibák és az ARTE-BSM (6. a) ábra) valamint az ARTE-BCM (6. b) ábra) által meghatározott védelmi szintek közötti kapcsolatot szemléltetik két szélességi sávra. Mint az az ábrából is látható, a ARTE-BCM esetében a Stanford-ábra egyetlen sávot mutat mindössze, amelyre tulajdonképpen a megfelelő ARTE-BSM-modellből számított védelmi szintek lettek rávetítve.

13. Validáció extrém időjárási körülmények esetén

A horvátországi Zadar környékén rendkívül nagy mennyiségű csapadék hullott 2017. szeptember 10–11 között. Az időjárási megfigyelések alapján napi négy, egyenként hatórás időszakot lefedő csapadéktérképet készítettünk el az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) által rendelkezésre bocsátott nagy felbontású, 0,1° × 0,1°-os ALADIN-időjárásmodell segítségével.



6. ábra. Az ARTE-BSM (a) és az ARTE-BCM (b) modellek validációja két eltérő szélességi sávban. Az ábrán az RTCA MOPS-modell által megadott védelmi szint is feltüntetésre került.

A szeptember 11-én, 6–12 óra közötti csapadéktérkép szerint ebben az időszakban Zadarban 59 mm csapadék hullott.

A validáláshoz szükséges referenciaadatokat a korábban bemutatott sugárkövetés módszeréhez hasonló, de továbbfejlesztett algoritmussal számítottuk. A nagy felbontású modell alkalmazása miatt, ebben az esetben már figyelembe kellett vennünk a számításokban azt az esetet is, amikor a sugár elhagyja a kezdeti, állomás feletti vertikális profilt, és egy szomszédos vertikális profilba kerül át.

Az eredmények (7. ábra) megfelelnek annak az elvárásnak, hogy az RTCA MOPS troposzféra késleltetési modell egy ilyen szélsőségesen csapadékos időszakban alulbecsüli a nedves troposzférikus késleltetést. Meg kell jegyeznünk, hogy az ARTE-BSM- és RTCA MOPS-integrációsmodellek is megfelelően konzervatív becslést adnak a nem modellezett troposzférikus késleltetés hibáira mind a hidrosztatikus, mind a nedves késleltetés esetére. Viszont az ARTE-BSM-modell hatékonyabbnak bizonyul a hibabecslésnél, kisebb védelmiszintérték mellett továbbra is megbízható becslést ad a maradék hibákra.

14. Eredmények és konklúzió

Tanulmányunkban egy új, a troposzférikus maradék ellentmondások

modellezésére szolgáló eljárást mutatunk be. A modellek levezetéséhez numerikus időjárásmodellekből származó, 17 évnyi időszakot átölelő adatsort és a sugárkövetés módszerét használtuk fel. A meghatározott modellek három különböző komplexitási szinten kerültek kialakításra attól függően, hogy figyelembe vesszük-e a maradék hibák szezonális, illetve éghajlati függését. Amennyiben egyik hatást sem vesszük figyelembe, a létrehozott modell jó összhangot mutat a jelenleg de facto szabványként felfogható RTCA MOPS maradék troposzférikus késleltetés modelljével. Ugyanakkor azt is bemutattuk, hogy az új modellek jelentősen hatékonyabbnak bizonyulnak, amennyiben a szezonális és az éghajlati változásokat figyelembe vesszük, és ezáltal javítják a GNSS-alapú helymeghatározás elérhetőségét és folytonosságát.

Annak érdekében, hogy a bemutatott modelleket ellenőrizni tudjuk, két validációs eljárást hajtottunk végre. Az IGS által szolgáltatott troposzférikus késleltetések mint referenciaadatok felhasználásával egy hosszabb időszakra vizsgáltuk, hogy a modellek megfelelő mértékben felülbecsülik-e a fellépő troposzférikus maradék késleltetéseket.

A modellek extrém időjárási körülmények közötti működését egy esettanulmány segítségével vizsgáltuk meg, nagy felbontású numerikus időjárásmodellből származó adatok

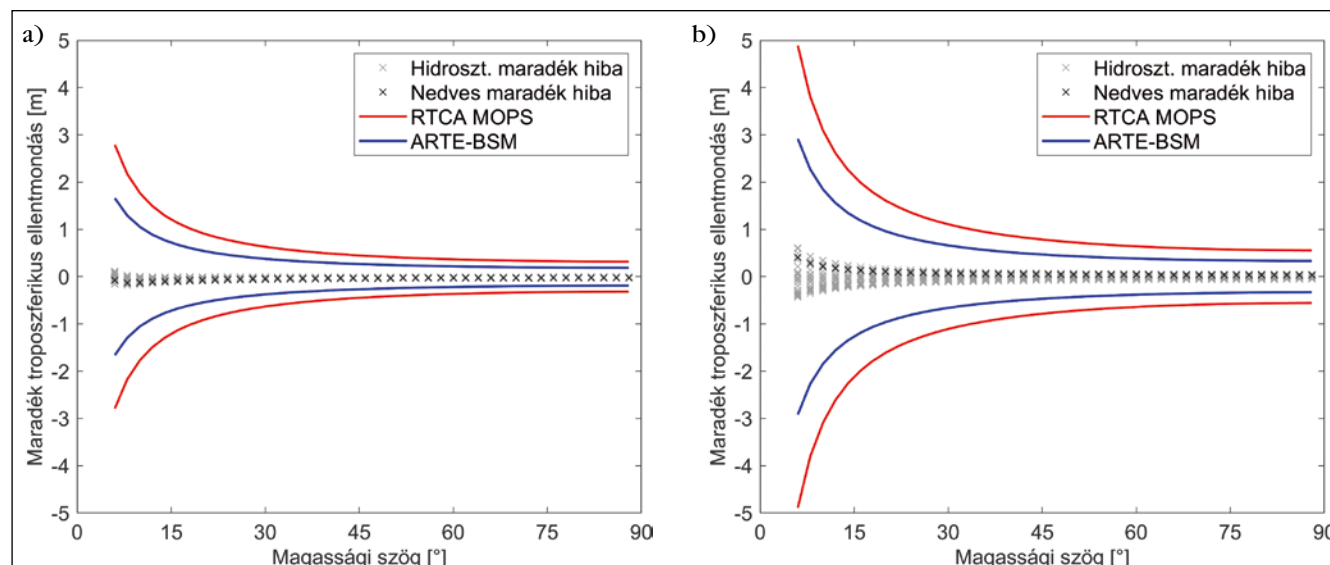
felhasználásával. Az extrém időjárási körülmények ebben az esetben egy rövid, de igen intenzív csapadékos időszakot takartak.

A levezetett modellek mindkét esetben hatékonyabbnak bizonyultak a maradék hibák becslésében, mint a jelenleg alkalmazott RTCA MOPS-modell. A modellek ugyanakkor továbbra is megfelelő mértékben felülbecsülik a maradék ellentmondásokat, így tehát nincs szükség kompromisszumokra még a magas integritásigényű alkalmazások esetében sem.

Figyelembe veendő továbbá, hogy a modellek levezetéséhez használt eljárás alkalmazható bármilyen más troposzférikus késleltetésmodell, mint például az ESA GALTROPO (Krueger et al. 2004) vagy a GPT2W (Boehm et al. 2014) esetére is. Utóbbi eredetileg a felszíni meteorológiai paraméterek becslésére kifejlesztett modell, mely bemeneti adatokkal szolgálhat olyan troposzférikus késleltetéseket számító modellekhez, mint például az Askne és Nordius (1987) által kifejlesztett eljárás.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton is köszönik az Európai Űrügynökség (European Space Agency – ESA) támogatását, amelyhez a 40000114534/15/NL/Nde számú szerződésen keresztül jutottak hozzá.



7. ábra. Maradékhiba-értékek a hidrosztatikus a) és nedves b) RTCA MOPS-troposzféramoddellel számított késleltetések alapján a két vizsgált integrációsmodell maximális maradék hibáival együtt

Irodalomjegyzék

- Askne, J. – Nordius, H. 1987. Estimation of tropospheric delay for microwaves from surface weather data. *Radio Science*. Vol. 22. No. 3. pp. 379–386.
- Boehm, J. – Schuh, H. 2003. Vienna Mapping Functions. *16th Working Meeting on European VLBI for Geodesy and Astrometry*. pp. 131–143.
- Boehm, J. – Möller, G. – Schindelegger, M. – Pain, G. – Weber, R. 2014. Development of an improved empirical model for slant delays in the troposphere (GPT2w). *GPS Solutions*. Vol. 19. No. 3. pp. 433–441.
- Collins, J. P. – Langley, R. B. 1998. The residual tropospheric propagation delay: How bad can it get? *11th International Technical Meeting of the Institute of Navigation*. Nashville, Tennessee.
- Dee, D. P. – Uppala, S. M. – Simmons, A. J. – Poli, P. – Kobayashi, S. – Andrae, U. – Balmaseda, M. A. – Balsamo, G. – Bauer, P. – Bechtold, P. – Beljaars, A. C. M. – van der Berg, L. – Bidlot, J. – Bormann, N. – Delsol, C. – Dragani, R. – Fuentes, M. – Geer, A. J. – Haimberger, L. – Healy, S. B. – Hersbach, H. – Hólm, E. V. – Isaksen, I. – Kållberg, P. – Köhler, M. – Matricardi, M. – McNally, A. P. – Monge-Sanz, B. M. – Morcrette, J. J. – Park, B. K. – Peubey, C. – de Rosnay, P. – Tavolato, C. – Thépaut, J. N. – Vitart, F. 2011. The ERA–Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. Vol. 137. No. 656:553–597.
- Douša, J. – Eliaš, M. – Václavovic, P. – Eben, K. – Krč, P. 2018. A two-stage tropospheric correction model combining data from GNSS and numerical weather model. *GPS Solutions*, Vol. 22. No. 3. pp. 77. DOI: 10.1007/s10291-018-0742-x
- ICAO – International Civil Aviation Organization. 2006. Aeronautical Telecommunication. Vol. 1., Radio Navigation Aids. In *Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation*. p. 578.
- ISO – International Organization for Standardization. 1975. Standard Atmosphere. *ISO 2533:1975*, Int. Stand. Organ., vol. 2533.
- Jenkinson, A. F. 1955. The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) of meteorological elements. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. Vol. 81. pp. 158–171.
- Krueger, E. – Schueler, T. – Hein, W. G. – Martellucci, A. – Blarmino, G. 2004. Galileo Tropospheric Correction Approaches Developed within GSTB-V1. *Proceedings of the ENC-GNSS 2004*. Rotterdam, the Netherlands, May 16–19.
- McGraw, G. A. 2012. Tropospheric error modeling for high integrity airborne GNSS navigation. *Record – IEEE PLANS, Position Location and Navigation Symposium*, pp. 158–166. DOI: 10.1109/PLANS.2012.6236877
- Rocken, C. – Sokolovskiy, S. – Johnson, J. M. – Hunt, D. 2001. Improved mapping of tropospheric delays. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. Vol. 18. pp. 1205–1213. doi: 10.1175/1520-0426(2001)018<1205:IMO TD>2.0.CO;2
- Rózsa, Sz. 2014. Modelling Tropospheric Delays Using the Global Surface Meteorological Parameter Model GPT2. 4. pp. 301–308.

RTCA – Radio Technical Commission for Aeronautics. 2006. Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning System/Satellite-Based Augmentation System Airborne Equipment. RTCA DO-229.

Ober, P. B. 2003. Integrity Prediction and Monitoring of Navigation Systems. *European Journal of Navigation* 1.

Ober, P. B. – Imperato, D. – Verhagen, S. – Tiberius, C. – Veerman, H. – Van Kleef, A. – Wokke, E. – Bos, A. – Mieremet, A. 2014. Empirical integrity verification of GNSS and SBAS based on the extreme value theory. *Navigation, Journal of the Institute of Navigation*. Vol. 61. pp. 23–38. DOI: 10.1002/navi.55

van Leeuwen, S. S. – van der Marel, H. – Toussaint, M. – Martellucci, A. 2004. Validation of SBAS MOPS troposphere model over the EGNOS service area. *European Navigation Conference (GNSS-2004)*. Rotterdam, The Netherlands.

Summary

In safety-of-life navigation applications of GNSS the major concern of the user is not the accuracy, but rather the integrity of the positioning service. To assess integrity, the protection level that bounds the positioning error even at very small probability levels must be determined. Recent studies show that – due to the emerging multi-frequency civilian signals – the tropospheric delay will become the most significant error source, especially at low elevation angles. The RTCA MOPS (Minimum Operational Performance Standard) for GNSS systems in aeronautics specifies a global constant for the maximum tropospheric residual error in the zenith direction. Recent studies suggest that this value is too conservative in many regions of the globe leading to lower availability and continuity of the positioning service. To overcome this limitation, a new residual tropospheric error model has to be formulated, that considers both the geographical and the seasonal variations of the tropospheric delay model performances. Our study focuses on the development of an advanced residual tropospheric delay error model (ARTE) using the methodology of extreme value analysis for the RTCA MOPS troposphere model. The developed ARTE model was validated with IGS zenith total delay (ZTD) estimates and numerical weather models obtained in a case study of extreme weather in Central-Europe. The results show that the proposed model maintained the conservatism of

the original model, nevertheless yields a significantly lower residual error estimate in many regions of the globe.

Kulcsszavak: életbiztonságra veszélyes GNSS-alkalmazások, maradék troposzférikus késleltetés, troposzférikus ellentmondás-modell

Keywords: safety-of-life navigation applications of GNSS, tropospheric residual delay, Advanced Residual Tropospheric Error model – ARTE



Dr. Rózsa Szabolcs
egyetemi docens

BME Általános- és Felsőgeodézia
Tanszék
rozsa.szabolcs@epito.bme.hu



Ambrus Bence
doktorandusz

BME Általános- és Felsőgeodézia
Tanszék
ambrus.bence@epito.bme.hu



Juni Ildikó
doktorandusz

BME Általános- és Felsőgeodézia
Tanszék



Ober Pieter Bastiaan
ügyvezető,

műholdas navigációs rendszer-
szakértő
IntegriCOM NL



Mile Máté
meteorológus,
modellfejlesztő

Országos Meteorológiai Szolgálat

A domborzatrajz értelmezésének vizsgálata nagy méretarányú térképeken

Szigeti Csaba – Albert Gáspár – Kis Dávid

DOI: 10.30921/GK.70.2018.5.2

Bevezetés

A nagy méretarányú térképek információtartamának értelmezése számos kompetenciát igényel, például a térképi jelek értelmezését, domborzati elemek felismerését, irányok értelmezését, a koordináta, a távolság és a méretarány olvasását (Muir 1985; Clarke 2003). Ezek a kompetenciák segítik a térképek olvasóit abban, hogy megértsék a nagy méretarányú térképek különböző adattípusait, például a vonalas objektumokat, a vízrajzot, a fedettséget, a domborzatot, a pontszerű objektumokat és a névrajzot (Thompson 1979; Buckley et al. 2004; Usery–Finn–Starbuck 2009). Az előzőekben említett kompetenciák és térképadattípusok kombinálásával különböző képességeket lehet meghatározni a nagyméretarányú térképek olvasásához. Ezek a készségek magukban foglalják a domborzat értelmezését, a térképi jelek felismerését, a tájékozódást és mentális forgatást, a távolság- és menetidőbecslést, a névrajz értelmezését, az aránymérték alkalmazását és a síkrajzi elemek értelmezését (Albert et al. 2016). Ezeket a térképolvasási képességeket felhasználói tesztekkel mérhetjük. A leggyakoribb mérési módszerek közé tartoznak a tesztek és kérdőívek (pl. Deeb et al. 2011; Wakabayashi–Matsui 2013), szemmozgáskövetés (pl. Çöltekin et al. 2008; Ooms et al. 2013), a hangos gondolkodás módszere (Albert 2014; Szigeti–Albert 2015), vagy a felhasználók megfigyelése (pl. Pick et al. 1995; Ito–Sano 2011). A kutatások szerint a térképolvasók tapasztalata jelentős hatással van ezekre a képességekre (Guzmán–Pablos A. M.–Pablos C. 2008, Ooms–De Maeyer–Fack 2013, Wakabayashi 2013). Ugyanakkor a tapasztalaton kívül vannak más tényezők, amelyek befolyásolhatják a térképolvasási készségeket, például a térképolvasó neme (Lawton 1994), a kulturális háttere (Ito–Sano, 2011),

kognitív képességei és a memóriája (Petchenik 1977, Montello 2002, Guzmán, Pablos A. M.–Pablos C. 2008). Fontos megjegyezni, hogy a térképolvasás olyan készség, amelyet a gyakorlat fejleszthet, különösen fiatal korban (Muir 1985).

A domborzatértelmezési készséghez kapcsolódóan Murakoshi és Higashi (2016) négy kompetenciatípust vizsgált kutatásában: a domborzati formák felismerését, az összeláthatóság megítélését, a magasság meghatározását, valamint a térkép és a terep összehasonlítását. Tesztjük 18 kérdésből álló kérdőívet és 6 térképes feladatot tartalmazott, amelynek kitöltése 30 percet vett igénybe. A vizsgált célcsoport kifejezetten a hegyi túrázók köre volt. Elemzésük célja elsősorban a terepi tájékozódás sikerességét befolyásoló főkomponensek meghatározása volt, de kimutatták azt is, hogy a térképi jelek ismerete és a navigációs képesség egyaránt függ a térképolvasási tapasztalattól, és ez különösen meghatározó volt a domborzati formák felismerésénél. Albert és társai (2016) létrehoztak egy olyan tesztet, amely több térképolvasási képességet vizsgált, beleértve a domborzat értelmezését is. A vizsgált célcsoport európai egyetemistákból és egyetemi végzettségűekből állt. Vizsgálatuk során a domborzat értelmezéséhez kapcsolódóan két kompetenciát teszteltek, nevezetesen a relatív magasságok meghatározását és a lejtésirányok értelmezését. Tíz perces tesztjükben a domborzatolvasásra vonatkozó két kérdésük közül a relatív magasságot vizsgáló szignifikáns különbséget mutatott ki korcsoportra és nemre. A másik kérdésük ezen változók mellett a térképhasználati gyakoriságra és a végzettségre is statisztikailag jelentős különbségeket talált. Mindkét kutatás szerint tehát a térképhasználat az a faktor, amely leginkább meghatározó a domborzat olvasásakor. Fontos viszont, hogy egy ismeretlen képességű tesztalany esetén a lehető

legrövidebb idő alatt nagy bizonyossággal ki tudjuk deríteni, hogy milyen képességekkel rendelkezik. A térképolvasó képességeink gyors azonosítása nagy szerepet kap az adaptív, felhasználói képességekhez igazodó online térképek szerkesztésekor (Szigeti et al. 2017).

Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Kísérleti Térképészeti Kutatócsoportja egy olyan többlépcsős kutatáson dolgozik, amely segítségével meghatározhatók az egyes térképi adattípusok olvasását befolyásoló térképhasználati tulajdonságok (mint pl. a térképhasználati gyakoriság). Ezek ismeretében kialakíthatók azok a kérdéstípusok, amelyek hatékonyan mérhetik fel ezeket a tulajdonságokat egy online tesztelő felületen. Jelen kutatás célja, hogy a szakirodalmi adatok alapján olyan kérdéssort állítsunk össze, amely a domborzatrajz értelmezésével kapcsolatosan statisztikailag szignifikáns különbségeket eredményez a különböző térképolvasási tapasztalattal rendelkező térképhasználók között. Az eredmény alapján kiválasztható az a kérdéstípus, amely akár önmagában is felhasználható egy gyors teszthez. Ennek köszönhetően hosszútávon létrehozható lesz egy olyan „gyorsteszt”, amellyel fel lehet mérni az emberek térképolvasási képességét, akár más kutatások előszűrőjeként is.

A kutatás felépítése

A kutatáshoz egy olyan magyar nyelvű online tesztet készítettünk, amely hat kérdéssel vizsgálta a domborzatrajz értelmezéséhez kapcsolódó különböző készségeket Albert és társai (2016), valamint Murakoshi és Higashi (2016) tanulmányai alapján. Ezen készségek a következők: a relatív magasságok meghatározása, a lejtésirány meghatározása, a domborzati formák felismerése, az összeláthatóság megítélése, a magasság meghatározása, a térkép és a terep összehasonlítása. A teszt eleje

tartalmazott egy demográfiai kérdőívet is, hogy információt kaphassunk a résztvevők koráról, neméről, végzettségéről és térképhasználati szokásairól. Minden feladathoz egy feleletválasztós kérdés tartozott, négy válaszlehetőséggel, ebből egy helyes válasszal. A kérdések és az azokra adható válaszok véletlenszerűen jelentek meg a kitöltők számára. A teszt kitöltése 5-6 percet vett igénybe.

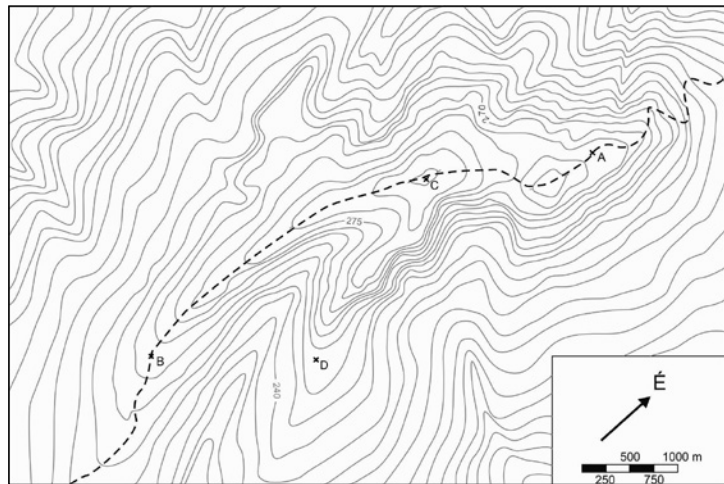
Tesztalanyok

Összesen 195 befejezett, érvényes adatsort használtunk fel a tanulmányhoz. Az értékelhető kitöltők 63%-a férfi volt, 37%-a nő. Koruk 19–77 év közötti. A kitöltőket koruk szerint négy csoportra lehetett felosztani: 28 év alattiak (28%), 29–34 (22%), 35–40 (22%), 41 év feletti (27%). Továbbá a résztvevőket térképhasználati szokásaik alapján is osztályoztuk: azokat, akik legalább havi egyszer olvasnak térképet tapasztalt térképolvasónak, az ennél ritkábban térképet használókat tapasztalatlan térképolvasónak soroltuk be. A kutatást e-mailes levelezőlistákon, valamint közösségi médiás platformon át terjesztettük, amelyben a Budapesti Természetbarát Sportszövetség is segítséget nyújtott. Mivel kutatásunk feltáró jellegű, ezért nem tűztük ki célunk, hogy a mintánk reprezentatív legyen.

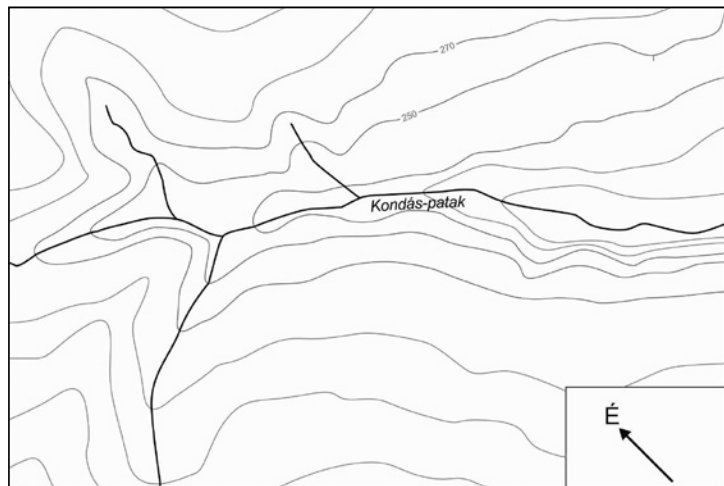
Kérdések és vizsgált kompetenciák

A kérdések célja az volt, hogy különböző, a domborzatrajz olvasásához szükséges kompetenciát vizsgáljanak meg. A kérdésekhez a négy válaszlehetőség mellett egy „nem tudom” opció is tartozott.

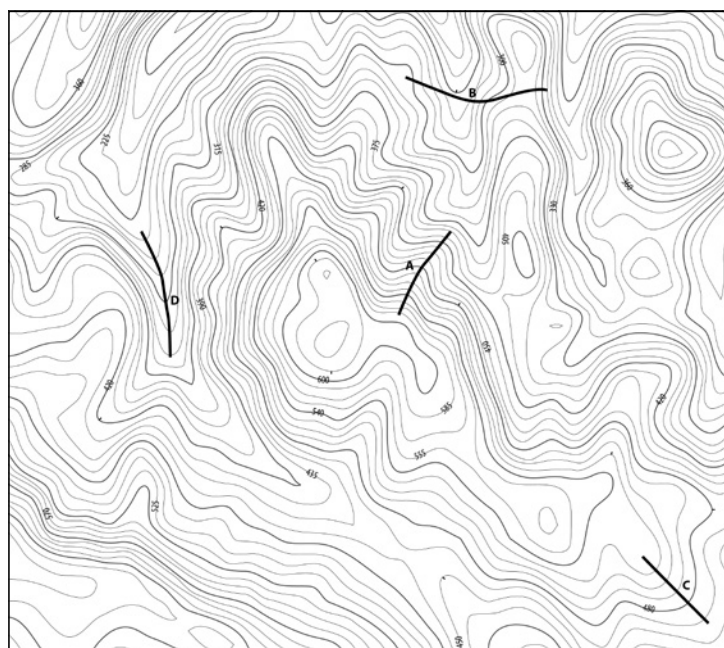
Relatív magasságok meghatározása (Q1): ehhez a feladathoz egy szintvonalas térkép tartozott, amelyen 4 pont volt megjelölve (1. ábra). A feladat során a kitöltőnek négy állítás közül kellett kiválasztania a helyeset. Az állítások a pontok egymáshoz viszonyított elhelyezkedéseire vonatkoztak. A feladat segítségével meg lehetett vizsgálni, hogyan képesek meghatározni a résztvevők a relatív magasságokat a szintvonalas domborzatábrázoláson.



1. ábra. A relatív magasságok meghatározását vizsgáló feladat (a helyes válasz félkövérrel van jelölve): Melyik állítás igaz? **B pont alacsonyabban van, mint A; D pont alacsonyabban van, mint A; C pont van a legalacsonyabban; B és D egy magasságban van**



2. ábra. A lejtésirány meghatározását vizsgáló feladat: Merre folyik a Kondás-patak? **Délnyugat; Délkelet; Északkelet; Északnyugat**



3. ábra. A domborzati formák felismerését vizsgáló feladat: Melyik jelöl völgyet az alábbi vonalak közül? **A; B; C; D**

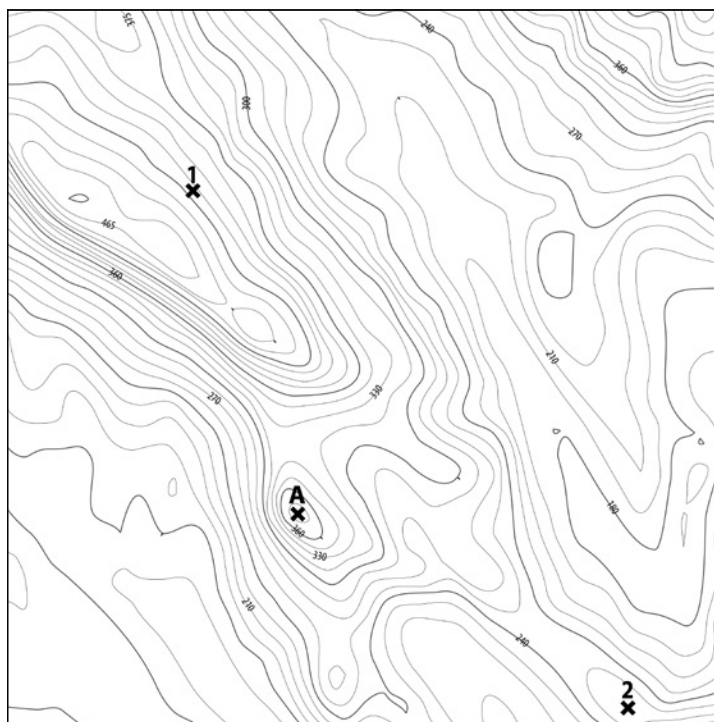
Lejtésirány meghatározása (Q2): a feladat során a tesztalanyoknak egy szintvonalas domborzati térképen kellett meghatározniuk egy patak folyásirányát (2. ábra). A térkép szándékosan nem északnak tájolt (ez a térkép sarkában jelezve van egy északi irányt jelölő nyíllal). A kitöltőknek négy irány közül kellett kiválasztaniuk a helyeset. Ennek a komplex feladatnak a megoldásához egyszerre volt szükség a lejtésirány megfelelő meghatározására a szintvonalak segítségével, és mentális forgatásra a térkép megfelelő tájolásához.

Domborzati formák felismerése (Q3): ennél a feladatnál a kitöltők egy szintvonalas térképet kaptak, amelyen négy idomvonal volt feltüntetve (3. ábra). A feladat során a kitöltőknek meg kellett találniuk a völgyet jelölő idomvonalat. A feladat megoldásához a szintvonalas domborzat értelmezésére és a domborzati formák felismerésére volt szükség.

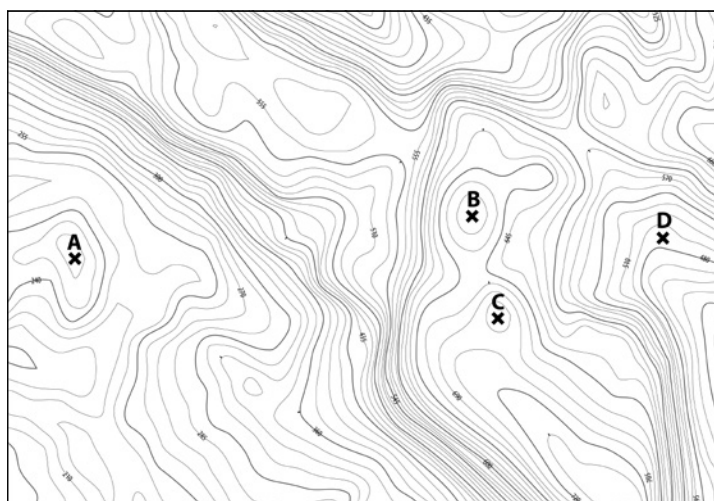
Összeláthatóság megítélése (Q4): a feladat során a kitöltők egy olyan szintvonalas térképet kaptak, amelyen meg volt jelölve egy kilátópont (A pont) és két másik pont (1-es, 2-es pont) (4. ábra). A tesztalanyoknak meg kellett határozniuk, hogy a kilátóponton állva az 1-es, a 2-es pont, mindkettő, vagy egyik sem látszódik. A feladathoz a korábbiakkal ellentétben a domborzat átfogóbb értelmezésére volt szükség: az összeláthatóság megítéléséhez fel kellett ismerni a domborzati elemek kapcsolatát.

Magasság meghatározása (Q5): ennél a feladatnál a tesztalanyoknak négy pont közül kellett kiválasztaniuk a legmagasabban fekvőt, egy szintvonalas térkép segítségével (5. ábra). Az első feladattal ellentétben itt nem „igaz-hamis” állításokat kellett vizsgálniuk. Mivel a két feladat jellege hasonló, összehasonlításukból kiderülhet, hogy a legmagasabb pont keresése könnyebb feladat-e, mint a pontok relatív magasságainak meghatározása.

Térkép és terep összehasonlítása: a feladat során a tesztalanyoknak egy szintvonalas domborzati térkép, valamint négy, hegyet ábrázoló kép jelent meg (6. ábra). A feladat során össze kellett hasonlítaniuk a képeket a térképpel, és eldönteni melyiket ábrázolja. A kitöltőknek össze kellett kapcsolniuk



4. ábra. Az összeláthatóság megítélését vizsgáló feladat:
Az A ponton állva melyik pontot lehet látni szabad szemmel?
1; 2; Mindkettőt; Egyiket sem



5. ábra. A magasság meghatározását vizsgáló feladat:
A négy pont közül melyik fekszik a legmagasabban? A; B; C; D

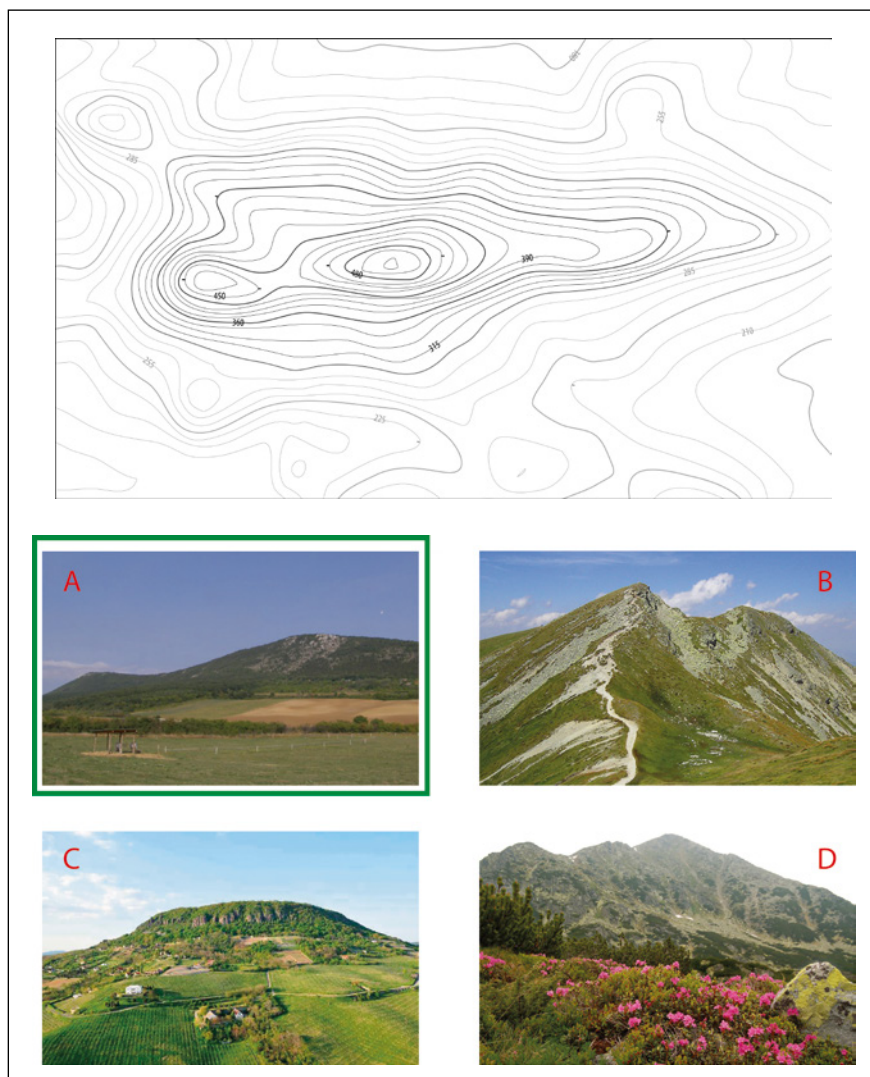
a térképet, azaz a valóság modelljét a terepet ábrázoló fényképekkel ahhoz, hogy összepárosíthassák őket.

Eredmények

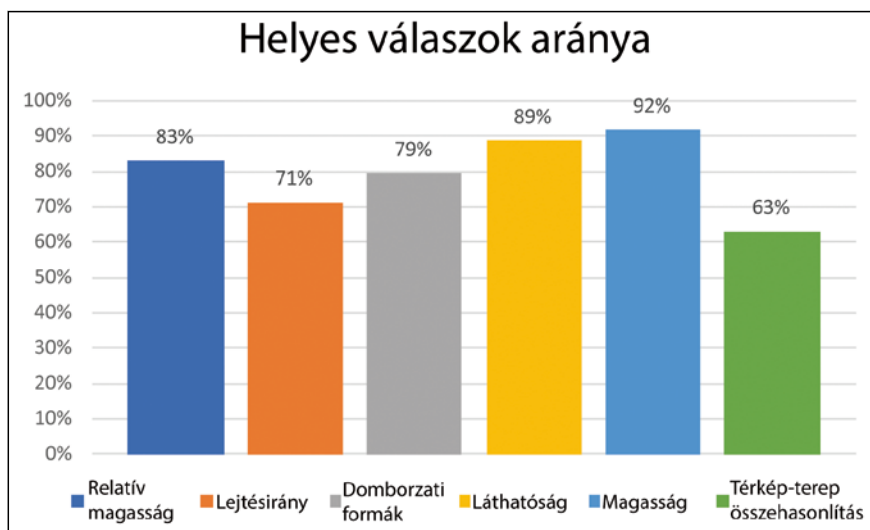
Az egyes kérdésekre adott helyes válaszok aránya megmutatja, hogy mely feladatok voltak a legkönnyebbek, illetve legnehezebbek (7. ábra). Az eredmények azt mutatják, hogy a Q4 és Q5-ös feladatok voltak a legkönnyebbek a kitöltők számára, ezeknél 92% és 89% volt a helyes válaszok aránya. Ugyanakkor a két legnehezebb feladat

a Q2 és Q6 voltak, ahol a helyes válaszok aránya mindössze 63% és 71% volt. Érdekes, miszerint a Q1 és Q4-es feladat hasonló képességeket vizsgált, mégis a relatív magasságok meghatározása nehezebb feladatnak bizonyult, mint a legmagasabb pont megkeresése.

Az eredmények pontosabb értelmezéséhez szükséges volt az egyes demográfiai változókra (életkor, nem, térképhasználati gyakoriság) lebontva megvizsgálni azokat (1. táblázat). A cél az volt, hogy fel lehessen fedni a statisztikailag szignifikáns eltéréseket



6. ábra. A térkép és terep összehasonlítását vizsgáló feladat (a helyes válasz zöld kerettel van jelölve):
A képek alapján határozza meg, hogy a szintvonalrajz melyik hegyre vonatkozik!



7. ábra. A helyes válaszok aránya képet ad az egyes feladatok nehézségéről

az egyes változók esetében. Ehhez kétmintás t-próbát alkalmaztunk, ahol p (szignifikanciaszint) $< 0,05$ esetében

mutatkozik meg a szignifikancia, azaz a különbséget nem a mintavételezés, hanem az adott feladat okozta.

Az eredmények azt mutatják, hogy az egyes korcsoportok eredményei közt nincs matematikailag számottevő eltérés. Ez arra enged következtetni, hogy nincs kapcsolat a vizsgált alanyok életkora és a domborzatrajz-értelmezési képessége között, azaz ez a képesség nem függ az életkoruktól.

A kitöltők nemét vizsgálva, a Q2-es kérdés esetében statisztikailag számottevő különbség vehető észre: ennél a feladatnál a férfiak 13%-kal jobban teljesítettek, mint a nők. A két nem közti különbség okozója a feladat komplexitása lehet, mivel a résztvevőknek egyszerre kellett értelmezniük a szintvonalakat és a domborzatot, valamint mentálisan elforgatniuk a nem északnak tájolt térképet. Ezt a következtetést korábbi kutatási eredmények szintén alátámasztják (pl. Lawton 1994, Albert et al. 2016), amelyek kimutatták, hogy a mentális forgatás a nők számára bonyolultabb feladat.

A legjelentősebb különbségekre a térképhasználati gyakoriság vizsgálatakor derül fény. Négy feladatnál lépett fel statisztikai szignifikancia a gyakran és ritkán térképet olvasók eredményei között: a Q1, Q2, Q3 és Q6 esetében, míg a Q4, Q5 esetében nem található számottevő különbség a két csoport közt. A relatív magasságok meghatározása (Q1) külön érdekes eredményt mutat, ha összevetjük a magasság meghatározását vizsgáló feladattal (Q5). Az látható, hogy a gyakori térképolvasók közel hasonló eredményt értek el mindkét feladatnál. Ezzel szemben a ritka térképolvasók esetében jól észrevehető különbség van a két feladat eredménye közt: míg a Q5 esetében az eredmények közel megegyeznek a gyakori térképolvasók eredményeivel, addig a Q1 esetében szignifikánsan rosszabbul teljesítettek. Ez arra enged következtetni, hogy kezdő térképolvasók számára a relatív magasságok meghatározása nehezebb feladat, mint a legmagasabb pont megtalálása a térképen. Ugyanakkor ez a különbség a tapasztalt térképolvasóknál nem lép fel, az ő számukra mindkét feladat könnyen teljesíthetőnek bizonyult.

A Q2-es feladat esetében valószínűleg a ritka térképolvasók rosszabb teljesítményét a nőkhöz hasonlóan a feladat komplexitása okozhatta. Az

A helyes válaszok aránya demográfiai változók szerinti bontásban.

A kék háttérrel jelölt értékek statisztikailag szignifikáns eltérést mutatnak ($p < 0,05$) az aloszlop szomszédos soraihoz képest.

1. táblázat.

	Életkori kategóriák				Nemek		Térképhasználói gyakoriság	
	0–28 (28%)	29–34 (22%)	35–40 (22%)	41– (27%)	Férfiak (63%)	Nők (37%)	Ritkábban, mint havonta (29%)	Havonta, vagy gyakrabban (71%)
Relatív magasság (Q1)	84%	84%	86%	79%	85%	81%	71%	88%
Lejtésirány (Q2)	72%	68%	71%	73%	76%	63%	54%	78%
Domborzati formák (Q3)	74%	75%	81%	88%	82%	75%	68%	84%
Összeláthatóság (Q4)	95%	89%	81%	88%	91%	85%	91%	88%
Magasság. (Q5)	89%	93%	93%	92%	93%	89%	93%	91%
Térkép-terep összehas. (Q6)	70%	61%	60%	60%	66%	58%	48%	69%

eredményekből arra lehet következtetni, hogy a domborzat értelmezése és a mentális forgatás együttesen megnehezíti számukra a térképolvasást. A Q3 (domborzati formák felismerése) esetében a tapasztalt térképolvasók szignifikánsan jobban teljesítettek, mint a kezdők. A Q6 (térkép és terep összehasonlítása) esetében szintén statisztikailag alátámaszthatóan jobb eredményük lett a tapasztalt térképolvasóknak. Ez utóbbi két kérdésből arra lehet következtetni, hogy a tapasztalt térképolvasók jobban képesek a terep komplexebb változásait értelmezni a térképen.

Mivel az eredményeket vizsgálva a térképhasználói és a túrázási gyakoriság korrelációt mutatott egymással, feltételezhető, hogy a relatív magasság és a lejtésirány meghatározása, a domborzati formák felismerése, valamint a térkép és terep összehasonlítása hasznosak a terepi tájékozódás során. Ebből következik, hogy a tapasztalt térképolvasók gyakrabban használják ezeket a kompetenciákat, mint a kezdők.

A kitöltési időt a felhasználói oldalon nem mértük, csak a szerveroldalon. Ennek elemzését jelen tanulmányban nem közöltük, mivel felmerült, hogy a kitöltő hálózati kapcsolatának sebessége is befolyásolhatta a mért kitöltési időt.

Összefoglalás, konklúzió

Az ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszékének Kísérleti Térképészeti Kutatócsoportja egy olyan kutatássorozatot folytat, amely során statisztikailag kimutatható különbségeket keres különböző térképolvasási képességű tesztalanyok között, a nagy méretarányú térképek értelmezéséhez szükséges készségek

esetében. Jelen vizsgálat során a domborzatrajz értelmezését elemeztük kezdő és tapasztalt térképolvasók között. Emellett többféle demográfiai változón (pl. életkor, nem) is kerestünk eltéréseket. Az online tesztre 195 értékelhető kitöltés érkezett.

Négy feladatnál lépett fel statisztikailag szignifikáns különbség a kezdő és a haladó térképolvasók között: a relatív magasságok meghatározása, a lejtésirány meghatározása, a domborzati formák meghatározása, valamint a térkép és terep összehasonlítása esetében. Ez azt jelenti, hogy e kompetenciák vizsgálatával meghatározható valószínűséggel el lehet különíteni a kezdő és tapasztalt térképolvasókat akkor is, ha nem adnak magukról semmilyen egyéb információt. Erre a legalkalmasabb kérdéstípus egy gyorsesztes esetében a komplex lejtésirány-meghatározás és a térkép-terep összehasonlítása, amelyek jelen kutatás során a nehezebb kérdések közé tartoztak. Ezek közül a lejtésirány meghatározása a tesztalany nemére is adhat utalást. Az életkorra vonatkozóan jelen kutatás során nem sikerült olyan kérdéseket feltenni a tesztalanyoknak, amelyek eséllyel megjósolhatnák ezt a tulajdonságot a válaszok alapján.

Mivel a felhasznált kérdések olyan kutatásokból származnak, ahol speciális célcsoportokat vizsgáltak, a jelen kutatás eredménye egy általánosabb képet ad arról, hogy a vizsgált tulajdonságok milyen összefüggésben vannak az eredményekkel. Ez például abban is tükröződik, hogy nem minden kérdéstípus reprodukálta azt a szignifikáns különbséget a jelen vizsgálatban, amit esetleg korábban. Mindezt figyelembe véve azonban kialakítható lehet egy mérési módszer, amivel a térképolvasási képesség

meghatározhatóvá válik, pusztán térképes feladatok alapján.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszékének Kísérleti Térképészeti Kutatócsoportjának programjába tartozik. Köszönettel tartozunk a Budapesti Természetbarát Sportszövetségnek, valamint minden kollégánknak és barátunknak, akik segítettek a tesztek terjesztésében. A kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

Irodalomjegyzék

- Albert G. 2014. What Does an Archive Map Tell the Contemporary Map Readers?: Information Transmissivity Analysis on the Survey Maps of the Josephinische Landesaufnahme (1763–1787). In Pazarli, E. L. M. (ed.) *9th International Workshop on Digital Approaches to Cartographic Heritage*. Budapest: International Cartographic Association, pp. 288–298.
- Albert, G. – Ilyés, V. – Kis, D. – Szigeti, Cs. – Várkonyi, D. 2016. Testing The Map Reading Skills of University Students. In Bandrova, T. and Konecny, M. (eds) *6th International Conference on Cartography and GIS*. Albená: Bulgarian Cartographic Association, pp. 188–199.
- Buckley, A. – Hurni, L. – Kriz, K. – Patterson, T. – Olsenholler, J. 2004. Cartography and visualization on mountain geomorphology. In Bishop, M. P. and Shroder, J. F. (eds) *Geographic Information Science and Mountain Geomorphology*. Chichester, UK: Springer, pp. 253–287.
- Clarke, D. 2003. Are You Functionally Map Literate?. in *Proceedings of the 21st International Cartographic Conference*. Durban, pp. 713–719.
- Çöltekin, A. – Garlandini, S. – Heil, B. – Fabrikant, S. 2008. Evaluating the effectiveness of interactive map interface designs: A case study with eye movement analysis. *Cartography and Geographic Information Science*. Shepherdstown, West Virginia, US, 36(1), pp. 5–17.

Deeb, R. – De Maeyer, P. – Ooms, K. 2011. The influence of Jacques Bertin. *Proceedings of the 25th International Cartographic Conference*, (1), p. 8.

Guzmán, J. E. – Pablos, A. M. – Pablos, C. 2008. Perceptive-Cognitive Skills and Performance in Orienteering. *Perceptual and motor Skills*, 207, pp. 159–164.

Ito K. – Sano Y. 2011. Cultural Differences in The Use of Spatial Information in Wayfinding Behavior. In *Proceedings of the 25th International Cartographic Conference*.

Lawton, C. A. 1994. Gender differences in way-finding strategies: Relationship to spatial ability and spatial anxiety. *Sex Roles*, 30(11–12), pp. 765–779. DOI: 10.1007/BF01544230.

Montello, D. R. 2002. Cognitive Map-Design Research in the Twentieth Century: Theoretical and Empirical Approaches. *Cartography and Geographic Information Science*, 29(3), pp. 283–304. DOI: 10.1559/152304002782008503.

Muir, S. P. 1985. Understanding and Improving Students' Map Reading Skills. *Elementary School Journal*, 86(2), pp. 206–216.

Murakoshi, S. – Higashi, H. 2016. Cognitive characteristics of navigational map use by mountaineers. *International Journal of Cartography*, 1(2), pp. 210–231. DOI: 10.1080/23729333.2016.1158490.

Ooms, K. – De Maeyer, P. – Fack, V. 2013. Study of the attentive behavior of novice and expert map users using eye tracking. *Cartography and Geographic Information Science*, 41(1), pp. 37–54. DOI: 10.1080/15230406.2013.860255.

Petchenik, B. 1977. Cognition in Cartography. *Cartographica*, 14(1), pp. 117–128. DOI: 10.1073/pnas.0703993104.

Pick, H. L. – Heinrichs, M. R. – Montello, D. R. – Smith, K. – Sullivan, C. N. – Thompson, W. B. 1995. Topographic Map Reading. In *Hancock, P. A. et al. (eds) Local applications of the ecological approach to human-machine systems*. Vol. 2. NJ: Hillside: Lawrence Erlbaum, pp. 255–284.

Szigeti, Cs. – Albert, G. 2015. Measuring the Adequacy of Maps for Field Use. In Gartner, G. and Haosheng, H. (eds) *Proceedings of the 1st ICA European Symposium on Cartography*. Vienna: International Cartographic Association, pp. 341–343.

Szigeti, Cs. – Albert, G. – Ilyés, V. – Kis, D. – Várkonyi, D. 2017. On the Way to Create

Individualized Cartographic Images for Online Maps Using Free and Open Source Tools. In *Advances in Cartography and GIScience*. Springer, pp. 131–144.

Thompson, M. M. 1979. Maps for America : cartographic products of the U.S. Geological Survey and others. Reston, VA: U.S. Geological Survey.

Usery, E. L., – Finn, M. P. – Starbuck, M. 2009. Data layer integration for the national map of the United States. *Cartographic Perspectives*, (62), pp. 28–41. DOI: 10.14714/CP62.183.

Wakabayashi, Y. – Matsui, Y. 2013. Variation of geospatial thinking in answering geography questions based on topographic maps. In *Proceedings of the 26th International Cartographic Conference*.

Wakabayashi Y. 2013. Role of Geographic Knowledge and Spatial Abilities in Map Reading Process: Implications for Geospatial Thinking. *Geographical reports of Tokyo Metropolitan University*, 48, pp. 37–48.

means that one or more of these competencies can estimate people's map reading ability.

Kulcsszavak: térképolvasás, domborzatrajz-értelmezés, domborzati formák felismerése

Keywords: map reading, interpretation of hypsography, landform recognition

Summary

This research presents the first module of the latest research series performed by the Research Group on Experimental Cartography, at Eötvös Loránd University. The aim of the research was to develop an effective test method that can be used to determine the interpretation of hypsography with statistical certainty. Participants were tested using an online test in Hungarian, with six multiple choice questions. The questions were divided into various competences that are required to interpret the hypsography. In our research we processed 195 results. Based on these results, determination of relative heights, determination of the slope direction, recognition of landforms, and map-terrain association is a statistically more difficult task for inexperienced map users. This



Szigeti Csaba
doktorandusz

ELTE Térképtudományi és
Geoinformatikai Tanszék
szgcsaba@map.elte.hu



Dr. Albert Gáspár
adjunktus

ELTE Térképtudományi és
Geoinformatikai Tanszék
albert@ludens.elte.hu



Kis Dávid
MSc egyetemi
hallgató

ELTE Informatikai Kar
kidraai@inf.elte.hu

Tájékoztatjuk kedves olvasóinkat,
hogy a Magyar Földmérési, Térképészeti és
Távérzékelési Társaság programjairól, híreiről
rendszeresen tájékozódhatnak honlapunkon is.

www.mfttt.hu

MFTTT vezetősége



MODIS EVI/NDVI alapú monitoring erdőterületeken 2000–2017 között a klímaváltozás földrajzi hatásának kimutatásában

Kovács Ferenc – Gulácsi András

DOI: 10.30921/GK.70.2018.5.3

1. Bevezetés

A klímaváltozási hatások, területhasználati változások földrajzi kérdései is közrejátszanak abban, hogy a környezeti monitoring rendszerek egyre nagyobb tér-, idő- és spektrális felbontásra törekcszenek. Az Alföldön regisztrált klímaváltozás nem átmeneti jelenség és a biomasza-produkció, mint a folyamatosan változó környezeti kondíciók funkciója még nem teljesen ismert, alátámasztott. A vegetáció klímaindikátor szerepe kiemelhető, változása visszahat az éghajlatra, szélsőségek és trendek jelzője, aminek távérzékelési megfigyelési módszertana hazánkban is alkalmazható. A trendszerű folyamatok mellett a számítások az éghajlati szélsőségek növekedését is előre vetítik, ezért indokolt a melegedés folyamatának, az aszályok kialakulásának és hatásának nagy időfelbontású, regionális/lokális vizsgálata. A tanulmány célja, hogy a klímaváltozás ismeretében megfigyelje és értékelje az egyik fő tájalkotó tényezőt, a vegetációt, azon belül is az erdőket érintő következményeket. A vegetáció változása indikátor, ami a klíma alakulását összekapcsolja a tájjal (Farkas et al. 2015), és a monitoring eszköz a változási küszöbérték meghatározásához. Ez hasznos, mert az extrém időjárási helyzetekkel sújtott területen a heterogén klímakondíciók mellett a felszínfedettség is heterogén. A földhasználatban a 26%-os erdősültség elérése érdekében 35 év alatt 600-750 ezer ha erdősítés várható (Nemzeti Vidékstratégia 2012–2020), miközben az erdei ökoszisztémák szerint hazánk a klímaváltozás által fokozottan veszélyeztetett régió (Mátyás et al. 2010).

Az erdők és a klímaváltozás kapcsolatát illetően a Nemzeti Erdőstratégiaiban, a Nemzeti Tájstratégiaiban a klimatikus viszonyoknak megfelelő fajfajok felhasználása szerepel és a klímaváltozással

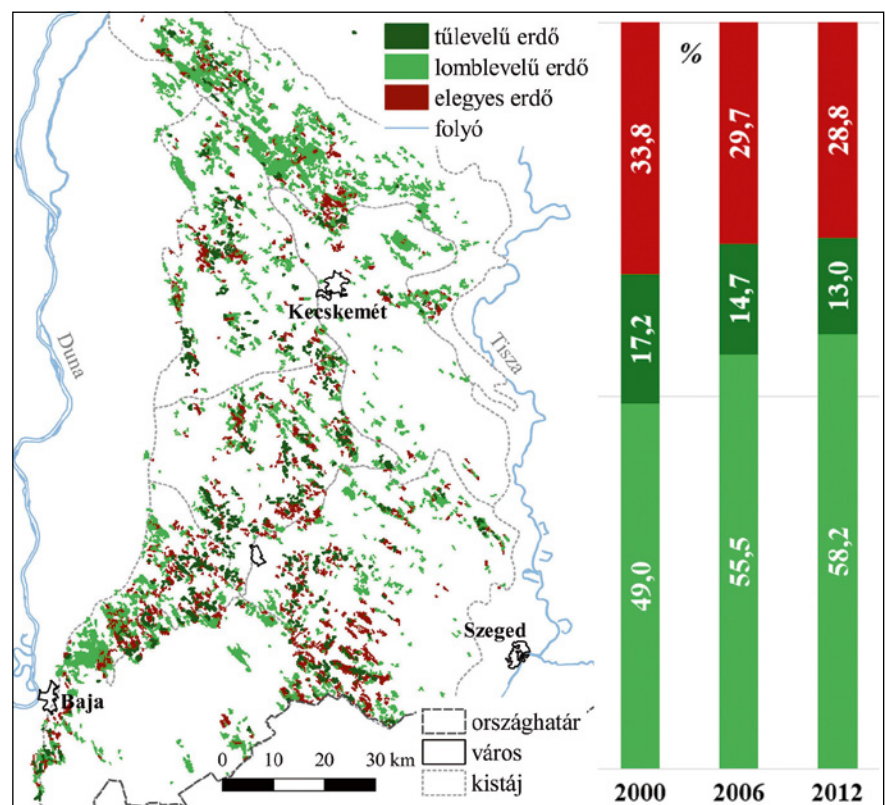
kapcsolatosan az erdőkárok mennyiségi növekedése is szóba kerül. A gyakorlatban kell csökkenteni a hatások mértékét, így annak számszerűsítése, területi lehatárolása, tervezésbe való bevonása csak megalapozott tér- és időbeli értékelésekkel valósítható meg.

2. A mintaterület lehatárolása és a vizsgálat tárgya

Síkvidéken a mezőgazdaság, a településhálózat miatt az erdők általában ritkábbak, ezért a klímaváltozás hatása nehezebben felismerhető, de a Duna-Tisza köze jó mintaterület a fásszárúak magas aránya és az intenzív erdősítés miatt. A rendelkezésre álló műholdfelvételek alapján a mintaterületi változások földrajzi értékelését az erdőterületek 2000–2017

nyári félévi monitoring vizsgálatával dolgoztuk fel; a 81–288. napok közötti időt értékeltük. Az általunk felhasznált, 250 m-es térbeli felbontású MODIS-szenzor által adott raszterhálón a CLC (Corine Land Cover) térképek (2000, 2006, 2012) alapján határoltuk le az erdőket. A nagyobb területeket érintő, természeti zavarás – szárazodás – megfigyelésére a kis felbontás alkalmas, a MODIS-szal változást mérő rendszerek foltmérete minimum 15 ha és az 1,5 ha-nál kisebb változás ezeken a felvételeken nem látszódik (Lunetta et al. 2006, Xin et al. 2013).

A lomb-, tűlevelű és elegyes erdőket külön térképezve a legalább 2/3 részben fedett pixeleket figyeltük meg ott, ahol minimum 3 pixel határol le egy foltot. Kijelölt celláink a CLC időpontok szerint a tényleges



1. ábra. A CLC 2012 alapján vizsgálatba vont erdőterületek és a 2/3 részben fedett erdős cellák megoszlása a CLC térképezési időpontokban a mintaterületen

erdők 71-85%-át jelentik (1. ábra). A CLC rétegekben jegyzett változások 2000–2006 között a vizsgált erdők maximum 1,5%-át, 2006–2012 között a 7-9%-át érinthetik. Teszt jelleggel csak az állandó lomblevelű erdőterületeket is vizsgáltuk, amely igazolta, hogy a területi változások nem befolyásolják a teljes adatsor szerinti eredményeket.

2.1. Környezeti probléma a Duna-Tisza közén: klímaváltozás és az erdő

A Duna-Tisza közén az utóbbi 30 évben +1,2–1,5°C a melegedés és hússzal-harminccal több nyári nap a jellemző (Lakatos et al. 2014), amely fokozottabb vízigényt von maga után (Blanka et al. 2014). A szárazodást jellemző „átlag feletti hőmérséklet, átlag alatti csapadék” együttes előfordulásának átlaga a havi adatok alapján a Duna-Tisza közén 2000–2017-ben 40%; sőt 2000–2003 és 2006.09–2009.09. között több, mint 60%. A helyzet súlyosságát az aszályt értékelő Pálfi-féle aszályindex (PaDI) fejezi ki, melynek 1961–1987-es 4,4–5,5-es átlaga 1988–2012-ben már 5,6–6,6 (Fiala et al. 2014). A víz funkció változása a talajvíz adatokon trendszerűen mérhető. A Duna-Tisza közére leírt talajvízhiány az 1960-as évektől mérve 9 km³ is lehet, amit egy-két csapadékos év középtáji léptékben

csak részlegesen tud visszapótolni (Rakonczai – Fehér 2015). A talajvíz-szint-süllyedésben 13-15%-ban az erdőterületek és azok növekedése is szerepet játszott (Szilágyi – Vörösmarty 1993, Völgyesi 2006).

A szárazsági határ eltolódásával optimális termőhelyi adottságú helyek kerülnek klimatikus határhelyzetbe, amihez az utóbbi 30 év aszályossága döntően hozzájárult (Móricz et al. 2011). A szignifikáns tavaszi csapadécsökkenés, az utóbbi évtizedekben egymást követő száraz nyarak hatására Rakonczai et al. (2012) szerint a biomassza-produkció és annak diverzitása is csökken. A Duna-Tisza közti szárazságot erősíti, hogy az erdők alatti talajok 98%-a gyengén víztartó, 2/3-a futóhomok! A klímahatás erőssége, a magassági viszonyok és az esővíz gyors beszivárgása miatt itt közvetlen a biomassza–csapadék kapcsolat. A Czúcz et al. (2008) szerinti a táji, természeti tőke index a túlevélű erdőknél átlagosan 7,7% (max. 32), a lomblevelűeknél 5,8% (max. 28), elegyes erdőknél 7,1% (max. 32) (2. ábra).

A fák fenofázis-elcsúszására jellemző, hogy erdeink 20%-át adó fehér akác virágzása a 90-es évekre már csak május végéig tartott és 1952–2000 (valamint 1984–1997) alapján 1,9–4,4 nap/dekáddal változott (Varga et al. 2012, Hunkár et al. 2013, Szabó et al. 2016).

3. Alkalmazott módszertan

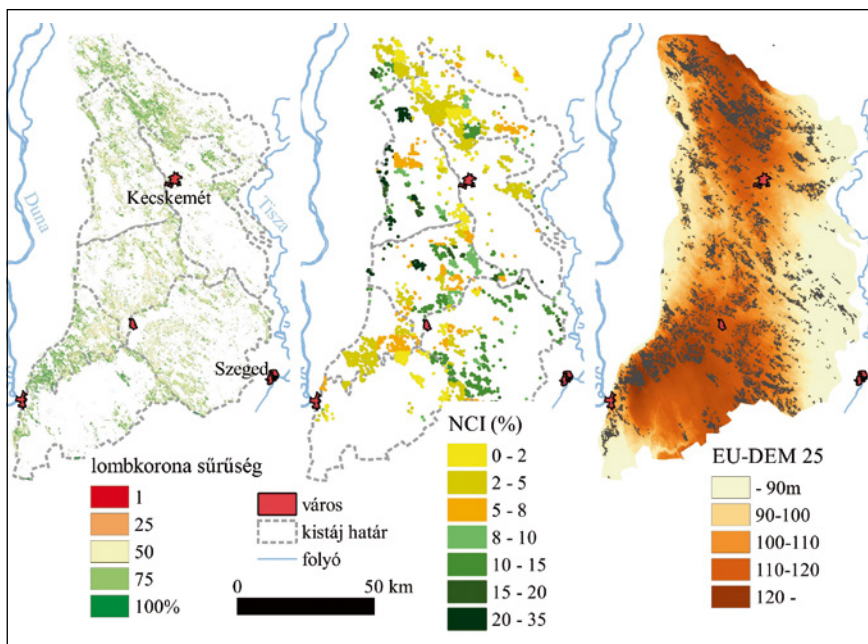
3.1. Multispektrális alapadat és termék

A regionális léptékű megfigyelések fő távérzékelési adata ma a MODIS. A fenológiai folyamatok megkívánják a két hordozó (Terra, Aqua) együttes használatát, de adott vizsgálat-hoz általában egyet használnak és a reflektancia korreláció a Terra esetében jobb (Kristóf et al. 2007). A MODIS MVC (Maximum Value Composit) a 8–16 napos periódusokban a cellához az NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) maximum érték által prezentált pálya szerinti reflektanciát párosítja. A 8-16 napos periódusok legnagyobb NDVImax értékét és ezáltal a pixel reflektancia értékét az adatminőségi vizsgálat után kapott 5-10 kép közül a kisebb látószögű cella szerint határozzák meg. A kompozit pixeleinek 87%-a a ±30°-os látószögű tartományban van (Solano et al. 2010). Vizsgálatunkban a MOD13Q1, 16 napos, 250 m-es felbontású kompozit termékét használtuk. A képfeldolgozás miatt a kompozit közelebb áll a terepi adatokhoz, mint a napi reflektancia adat (Hmimina et al. 2013).

A pixel alapon elérhető minőségi adatok (MOD13Q1 QA) szerinti részletes ellenőrzést programozási megoldásokkal hajtottuk végre, amivel országos átlagban 75% érvényes pixelértéket kaptunk (Kovács et al. 2017). Ha a leválogatott erdős cellák minimum 80%-a elemzésre alkalmas, akkor 18 év 468 képi értékből álló idősorának 95%-át értékelhetjük (1. táblázat). A nyári félévet jellemző 13 kompozitnál 6 darabra jellemző a hiánytalan adatsor, illetve maximum két rossz időszak van egy nyári félévben. Az éveket tekintve 11 év adatsora hiánytalan és itt is maximum két rossz időszak fordul elő egy évben. A 80%-nál kisebb, de 60%-nál nagyobb értékű időpontok képeit korlátozottan vettük figyelembe.

3.2. NDVI és EVI, mint általánosan használt vegetációs indexek

A '70-es évek óta a spektrális vegetációs indexek (VI) biztos értéket adnak a kvantitatív elemzéshez; a vegetációs információ legalább 90%-a mérhető



2. ábra. A Duna-Tisza köze erdőterületei (HrL, Czúcz et al. 2008, EU-DEM 25 alapján)

A MOD13Q1 erdő cellák teljessége (2000–2017)

(szürke cella: adathiányos idő, világoszöld cella: korlátozottan elemezhető idő, sötétzöld cella: jó minőségű és elemezhető idő, fehér cella: tökéletesen elemezhető idő)

1. táblázat

MOD	81	97	113	129	145	161	177	193	209	225	241	257	273
16 nap	03.22-04.06.	04.07-04.22.	04.23-05.08.	05.09-05.24.	05.25-06.09.	06.10-06.25.	06.26-07.11.	07.12-07.27.	07.28-08.12.	08.13-08.28.	08.29-09.13.	09.14-09.29.	09.30-10.15.
2000	<60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	<80%	100%
2001	100%	>80%	100%	100%	100%	>80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2002	100%	100%	100%	100%	>80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	<80%	100%
2003	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	>80%	100%	100%	100%	100%	100%
2004	100%	100%	100%	100%	>80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2005	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2006	100%	100%	100%	100%	<80%	100%	100%	100%	<80%	100%	100%	100%	100%
2007	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2008	100%	100%	<60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2009	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2010	100%	100%	100%	<60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	<80%	100%	100%
2011	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2012	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2013	<60%	100%	100%	100%	~60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2014	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	>80%	100%	100%	100%	100%
2015	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2016	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
2017	100%	100%	<60%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

így és a megfelelő léptékben, a zavaró hatások ellenére – normalizációval – jól leírják a vegetációt, a terepi mérésekkel jól korrelálnak (Bannari et al. 1995, Solano et al. 2010). A VI célja növelni a vegetáció válaszát és minimalizálni a talajvilágosságot, a talajszínt, az atmoszférhatást, az árnyékot és a nedvesség-tartalmat. Empirikusan meghatározott értékhatárok jellemzik. Jó indikátor, igaz a multispektrális alapú táji fenológia más, mint az ökológiában gyakori, egyedi karaktert jellemző fenológia. A vegetációs karakterrel jellemezhetjük a mezőgazdasági aszály szintjét, de kimutathatók közvetett környezeti hatások (erózió) is. A talaj-vegetáció-atmoszféra rendszer leírására törekedve empirikus úton más-más súlyokkal szorozták meg a sávok reflektancia értékeit; ilyen az első generációs Green Vegetation Index, amely a LANDSAT MSS és TM sávjaira is számítható (Bannari et al. 1995). A különbségre alapuló indexek használata nem feltétlenül gond, de a normalizált változatok pontosabbak, operatíván használhatók. A második generációs indexek által figyelembe vett háttérzajok közepes (40–60%) vegetációnál erősebbek (Huete et al. 2002). Vegetációmonitoring vizsgálatunkban

a MOD13Q1 NDVI és EVI (Enhanced Vegetation Index) értékeket használtuk.

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + C_1)$$

(Rouse et al. 1974)

$$EVI = G * (NIR - Red) / (NIR + C_1 * Red + C_2 * Blue + L)$$

(Liu és Huete 1995)

NIR: közeli infravörös, Red: vörös, Blue: kék hullámhossz-tartomány, L=1, C1=6, C2=7,5, G=2,5

Az NDVI index alkalmas az erdőterületek lehatárolására, de a nyári félév kezdetén túl, a végén pedig alábecsülhet. A sok biomasszával bíró erdőterületeken tendál a telítettség felé (Huete et al. 2002). A lombzat alatti résznek köszönhetően (amely a vizsgált mennyiség 14%-a is lehet) lehetséges a korábbi kizöldülés és ezért stabil a VI maximum lombhullatáskor. Felszíni heterogenitásra mutatott érzékenysége miatt érdemes leválogatni a mintaterület növényzetét. A MODIS-adatoknál előny a keskenyebb vörös hullámhossz-tartomány, de az atmoszférikus korrekció hibái a reflektancia 1,5–5%-át tehetik ki, ami a dús vegetációnál okozhat nagyobb eltérést, míg a kalibráció 1,8% bizonytalanságot okoz (van Leeuwen et al. 2006). Ahl et al. (2006) +/- 0,04-es elfogadható MODIS NDVI hibával is kalkulál, ami a kis értékváltozásokat

mutató adatsorban fontos paraméter lehet.

Az AVHRR szenzor NDVI termékének a helyét a MODIS EVI és levélfelületi index (LAI) adatai vették át (Ahl et al. 2006). Az EVI pontos a biomassza-termék értékelésénél, mert a dús vegetációnál az NDVI és a klorofill-tartalom kapcsolata nem lineáris az indexértékek telítődése miatt. Az EVI magas biomassza esetén is jól használható. A kék hullámhossz-tartományú reflektancia a pixelen belüli részleges felhőborítás és légköri aeroszol-tartalom miatt magasabb lehet és nagyobb aeroszol-koncentráció nagyobb különbséget okoz a sávok között; így ezzel a hullámhosszal javítva az index stabilabb. Pontosabban becsüli a lombzat borítottságát, fajtáját, állapotát (Solano et al. 2010). Az óriási adatbázisban az éves, évszakos változás-változékonyság megkülönböztethető. Érzékeny az erdőtipusokra; a túlevelű és a lombos erdő EVI között 1,5-szeres az eltérés. Hangsúlyosabb a csökkenés a levélvesztés idején. Az 500 és 1000 m-es, 16 napos MVC VI a látószög és atmoszféra összetételével kapcsolatos érzékenység figyelembe vételével jól becsül, adatai még a sokkal jobb felbontású légi-felvételezéssel

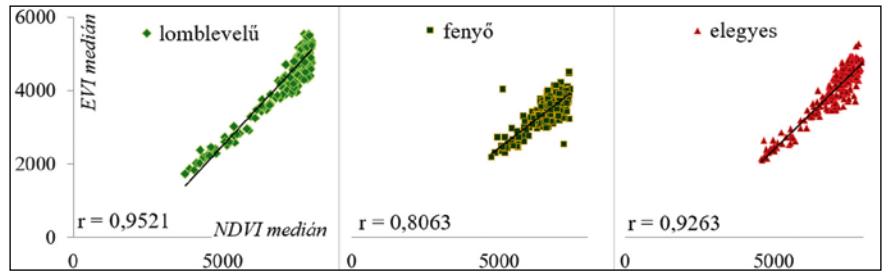
is összeegyeztethetők (Huete et al. 2002). Az EVI simább, szimmetrikusabb évszakos profilú, jobban definiált csúccsal, értéke az NDVI-nél alacsonyabb, ami előny a telítettség kiküszöbölésében. A kétféle VI erdőknél általában nem korrelál, de mintaterületi értékeink ezt nem igazolják (3. ábra). A telítettségi problémát és az értéktartományt jellemzi, hogy az indexértékek füves-cserjés közötti különbsége – ahol az $EVI_{max} = 0,4$ és $NDVI_{max} = 0,7$ – az erdőknél lecsökken; $EVI_{max} = 0,8$ és $NDVI_{max} = 0,9$ (Huete et al. 2002). Az indexek kiegészítik egymást, így eredményesebb a változás-detektálás, a biofizikai paraméterek kinyerése. Az EVI előnyei ellenére (Li et al. 2010) erdős-cserjés területi vizsgálatának 32 napos MODIS MVC adatsorában például az NDVI volt pontosabb.

A standardizált anomália variabilitása kifejező az évek közötti vizsgálatban. Az eltéréseket pixelenként számoltuk 2000–2017 átlagának és szórásának ismeretében.

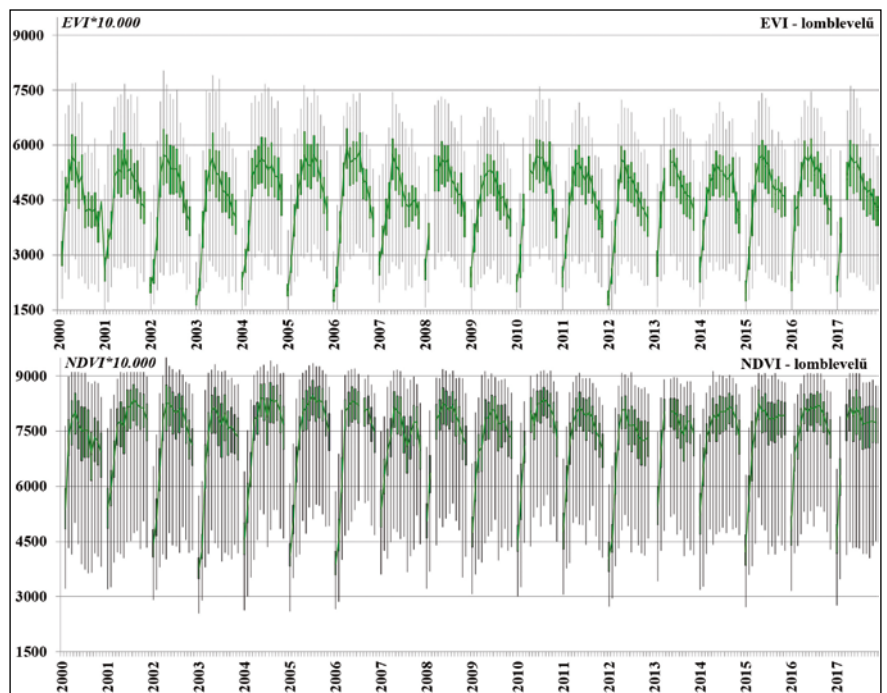
$$EVI_{standardizált} = (EVI_{i,j} - EVI_{\text{átlag}_{i,j}}) / EVI_{\text{szórás}_{i,j}}$$

A különböző területhasználato-
kon (pl. szántó, rét/legelő, erdő) vizsgált standardizált anomália együtt fut a PaDI értékekkel és az aszályos éveket jellemző negatív eltéréssel határozza meg a mintaterületen (Ladányi – Blanka 2014). Az 500 m felbontású, 8 napos MVC alapján számolt spektrális indexek közül az NDWI (Normalized Difference Water Index) kapcsolata a legszorosabb a Pálfi-féle aszályindexszel (Gulácsi – Kovács 2018).

Napi mérésű MOD09 NDVI alapján a kizöldülés és a lombzat kiteljesedésének kezdete között 21 nap van, így a 16 napos MVC alul-, illetve felülbecsülheti a fenológiai állapotot (Ahl et al. 2006). Terepi és MODIS NDVI mérések közötti kapcsolat a lomblevelűeknél a kizöldülés és dúsulás időpontjaiban szignifikáns (Hmimina et al. 2013). Az index alapú modell inflexió pontjai kevesebb, mint 1 hét eltéréssel illeszkednek a tavaszi zöldsülés és az őszi sárgulás időpontjaira. A 16 napos MODIS 1,5–7 napos eltéréssel alkalmas a tavaszi NDVI görbe és az inflexió pont megadására, mert előfeldolgozásuk megbízhatóbb a napi adatokénál.



3. ábra. EVI és NDVI értékek kapcsolata a Duna-Tisza köze erdőterületein (2000–2017)



4. ábra. Lomblevelű erdők EVI/NDVI nyári félév medián értékeinek alakulása (2000–2017)

4. Erdős vegetáció értékelése 2000–2017 között a Duna-Tisza közén

4.1. A vegetációs index idősorok jellemzése

A 2000–2017 közötti EVI adatsor az NDVI indexnél szabályosabb, a külső hatásokra érzékenyebb képet mutat, az évszakos variációkban feltűnnek a száraz és a vízben gazdagabb időszakok (4. ábra). A medián értékek jól mutatják az NDVI telítettségi problémát ($NDVI_{lomb} < 0,85$; $EVI_{lomb} < 0,59$). A lomblevelű és tűlevelű erdő közötti különbség az EVI indexnél általában 25% feletti, így a különböző vegetációkat jobban lehatárolja. A mintaterületi szárazodás ellenére a 2000–2017 közötti NDVI és EVI idősor (medián, minimum, maximum, összeg) nem mutat trendszerű változást, ami annak ellenére is érdekes, hogy tudjuk 18 év kevés a hosszabb távú változások

egyértelmű kimutatására. A trend elmaradásában szerepe van a 2013-tól erősödő biomaszaprodukciónak (pedig 2013. és 2015. országosan aszályos évek). 2016 és 2017 általánosan a legmagasabb VI értékű évek!

Az adatok változékonyságát jellemzi, hogy adott hónapokban egy kedvező, esős év is rendelkezhet alacsony EVI értékkel. A 2010. év például a 18 év legalacsonyabb májusi végi – júniusi EVI_{lomb} értékét adja, ellenben a kedvezőtlen, aszályos 2003. és 2012. évek júniusi EVI_{lomb} értékei átlag feletti. NDVI_{fenyő} esetében 2001 a legalacsonyabb értékű, míg az NDVI_{elegyes} ekkor rendelkezik a legmagasabb biomaszaprodukcióval és az NDVI_{lomb} szerint is ez a legjobb évek egyike. Ez a kettősség jellemző 2004., 2006., 2009. években is.

A legintenzívebb év közbeni változás a lomblevelű erdők tavaszi növekedése, amikor VI medián értékek május

elejéig akár +0,16–2,2-vel is nőnek egy-egy 16 napos időszak alatt. A kedvezően növekvő VI értékek egy kevésbé csapadékos – és általánosan melegedő – évben gyorsan lecsökkennek; pl. 2006. utáni 2007. évre. Az egyedülálló nedves évek (2010) magasabb, illetve aszályos évek (2015) alacsonyabb értékei nem kiugróak. 2003 és 2004, illetve 2012 és 2013 összevetésénél látszódik, hogy egy aszályos év alacsony értéke vízutánpótlás esetén gyorsan megnő, ez kb. 8–10%-os értéknövekedést jelent a lomblevelű erdők éves biomassza-termelésében. A túlevelű erdőben a különbség vagy eltolódva tapasztalható, vagy nincs lényeges különbség.

A jelenleg 18 éves időszakból ki lehet ragadni hosszabb, különböző irányultságú időtartamot (ez is jelzi a folyamatos monitoring fontosságát); a biomassza-termelés összeg az erdők 2004–2012. évi időszakában trendszerűen csökkenő (EVI_{fenyő} 2005-től), de az aktuálisabb 2009–2017 közötti időben növekvő. A maximum 5, egymást követő szárazabb év csökkenése rendszerint egy csapadékosabb év miatt áll meg, ami elég a fás biomassza-termelésnek, hogy hosszabb távon ne gyengüljön. Csökkenési időszakok EVI/NDVI medián esetében: a rövidebb 2001–2003, a karakteres 2006–2009 (NDVI_{lomb} esetében 2005–2009) és a 2010–2014-es időszak (NDVI szerint inkább 2010–2013).

A lomblevelű erdők indexértéke a tavaszi időszakban (03.22–05.08.) a

2000–2006., 2007–2013., 2014–2017. éves csoportokat tekintve összesen 14–25%-kal is emelkedett (5. ábra). Ez igazolja a melegedés miatt egyre intenzívebb kiszáradást mérő és prognosztizáló elemzéseket (Szabó. et al. 2016). A klimatológia szerinti tavaszi szignifikáns csapadékcsökkenés elemzéseinkben nem látható. Az NDVI_{lomb} esetében figyelhetők meg hosszabb, jellemző csökkenést mutató kritikus időszakok tavasszal (04.23.–05.08.) 2000–2006 között illetve a csúcsidegkorban (06.26.–07.11.) 2006–2012 között. A tavaszi intenzitás nő, de a biomassza-termelés csúcs elérésének ideje – 05.25–07.11. között – és a lomblevelű termelékenység mennyisége általánosan nem változik. A csúcserő nyári eltolódása a fenyő- és elegendő erdők EVI értékeinél jellemző; a június eleje 2008-tól a későbbi júniusi és júliusi időszakokra tolódik. A 06.10.–07.11-ig terjedő időszakban a 18 év alatt jellemző a növekedés. A növekvő termelés értékkel együtt ezeknél az erdőtípusnál gyakoriak a stabil vegetációra utaló másodlagos csúcserő, ami nem támasztja alá a fenyők gyengülésére vonatkozó erdészeti előrejelzéseket (Mátyás et al. 2010).

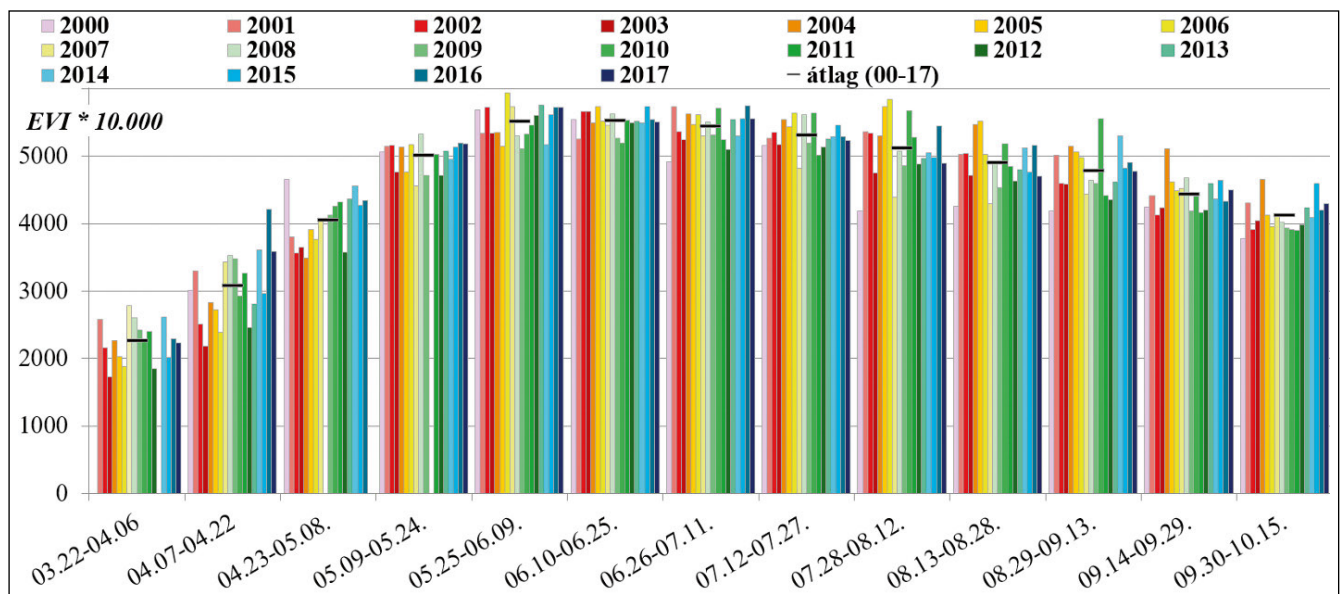
Az aszályos 07.12.–09.13. időszakokban jellemzők az egymást követő csapadékos/száraz évek közötti – akár 0,8-1,2-es VI medián – különbségek; vagyis a fásszárú vegetáció jól jelzi a környezeti változást; például 2000 és 2001, 2006 és 2007, valamint 2010 és

2011–2012 között. 2007-től a 07.28.–08.28. időszak is kritikus, mert – még az általában jobb VI értékű években is – inkább átlag alatti értékek jellemzik. Szeptember második felében (09.14.–09.29.) a lombos és elegendő erdő esetében is csökkenés jellemző 2004–2012 között. 09.30.–10.15-ei időszak EVI_{elegendő} emelkedő értékei a növekvő tavaszi értékekkel együtt alátámasztják a teljes vegetációs periódus növekedését, amit Menzel et al. (2006) európai fenológiai megfigyelései során tapasztalt.

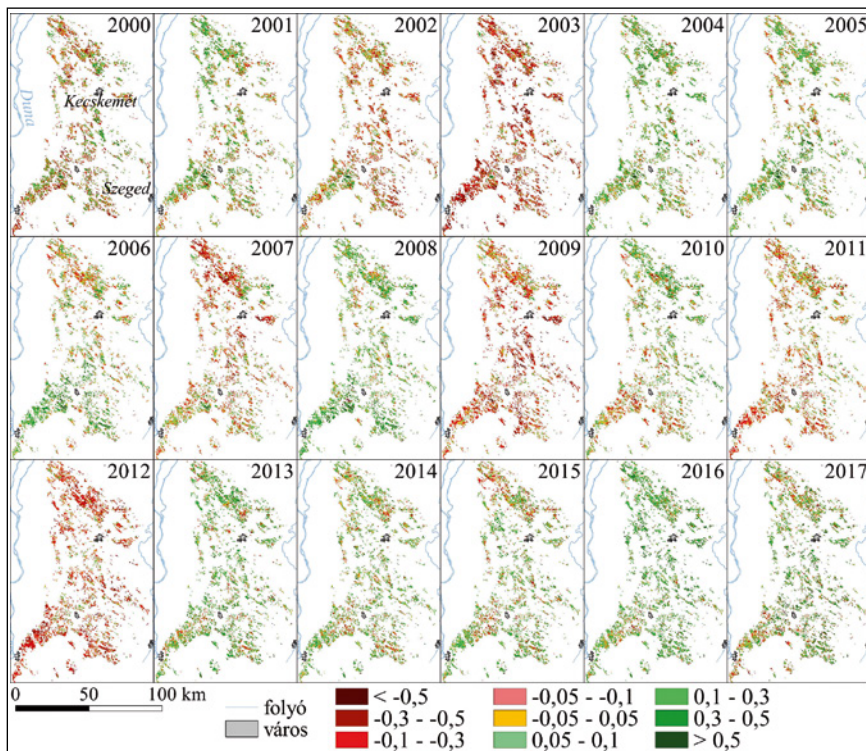
4.2 . EVI átlagtól való eltérésének vizsgálata

A standardizált EVI pixelenkénti vizsgálata időben és térben is kijelöli a biomasszamennyiség-csökkenés miatt potenciálisan veszélyeztetett területeket (6. ábra). A tartós eltérések, veszélyeztetettségi szintek a klímaváltozás hatására adott vegetációs válaszok, melyekkel megadható, hogy hol van szükség erdőgazdasági beavatkozásra. A vizsgált 2000–2017 között 7 db átlag alatti év van, így az átlag feletti száma több, de ezen eltérések mértéke például az elegendő erdőknél csekély, illetve térben nem általánosítható.

A standardizált EVI térképek alapján a három legjobb évnek 2004., 2008. és 2016. tekinthető. Aszályos éveknek feltűnő 2003., 2009. és 2012., amikor az egész mintaterület az átlagtól jelentősen elmaradó biomassza-termeléssel bír. 2000., 2002., 2007. és 2011.



5. ábra. Lomblevelű erdő EVI 16 napos időszakos medián értékek alakulása (2000–2017)



6. ábra. Standardizált EVI évenkénti térbeli eloszlása a Duna-Tisza közti erdők területén 2000–2017 között

évek is aszályosak, de az előbbi évekhez képest 35–40%-al kevesebb a negatív eltérés – ami egyben minősíti az aszályos jelleg extrémítását is – és több az átlagos és a pozitív eltérésű erdő. A térbeliség figyelembe vételével a fentebb jellemzett statisztikai értékelésnél hosszabb negatív trendű időszakok is kijelölhetők. A 2007–2012-es negatív időszak a Duna-Tisza köze déli és főleg északi területeinek átlagot el nem érő – piros színű – árnyalatait nézve akár 2006–2014/2015-re is bővíthető, így a 2013-tól jellemző emelkedő VI értékek a térbeli megoszlás alapján nem vonatkoznak minden területre. Elsősorban 2014., 2015-ben, de 2017-ben, mint átlagos és pozitív eltérésű években is több, térben koncentráltan megjelenő negatív érték figyelhető meg, elsősorban az északi és a déli kistájakon. A 2013. évtől jellemző produkció-növekedés (a jelentős növekedés részaránya a 35–40%-ot is meghaladja) közben például 2014–2015-ben a fenyőerdők csökkenésének aránya 40% feletti.

Érdekes, hogy 2010-ben, a legtöbb esőt adó évben jelentős térbeli különbségek láthatók. Az országos statisztikai adatsor szerint ekkor nem volt aszály, de az erdőknek több mint 30%-a negatív eltérésű. A legcsapadékosabb évet

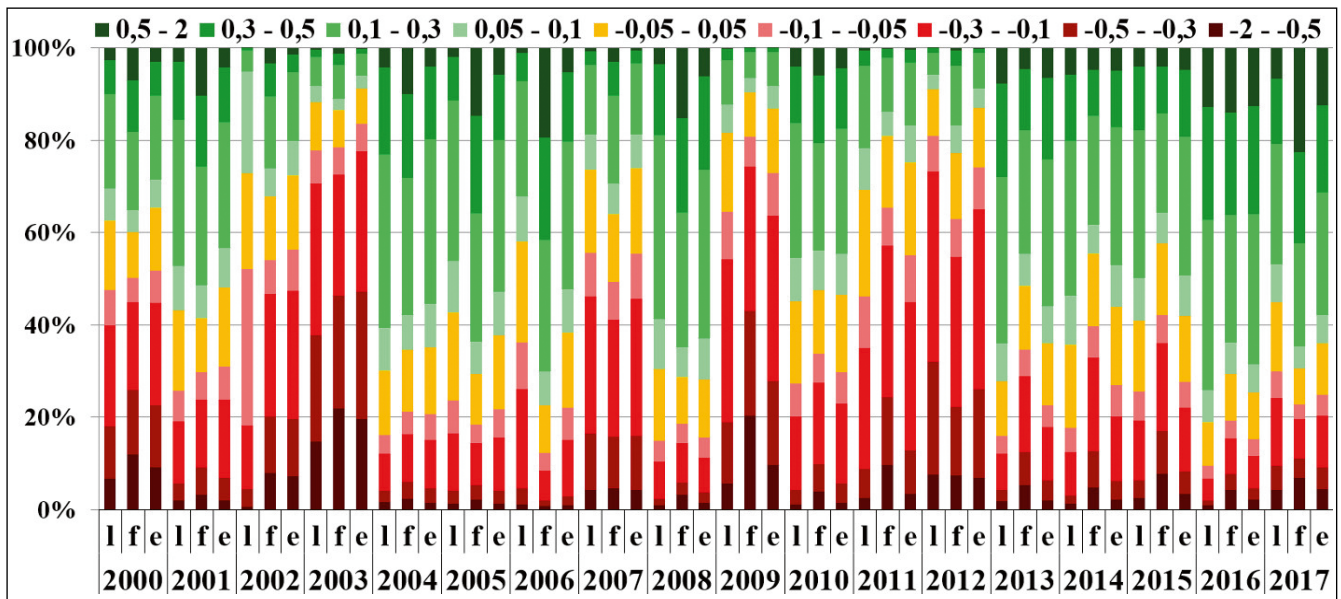
követő legrázább 2011. év jelentős mértékben visszaveti a zöldtömeget, a lomblevelű 27%-os negatív eltérése 46%-ra nő, míg ez az elegyes erdőnél 30%-ról 44%-ra, a tűlevelűnél 34%-ról 66%-ra emelkedik. A mintaterület déli részén az Illancson és a Dorozsma-Majszai-homokháton még 2010-ben is negatív eltérés jellemző, így a területen 2009–2012 között (kisebb foltokon 2013-ig) folyamatosan aszályos körülmények jellemzők. Eltérés-alapú számításaink során több aszályos év hatása nem mutatkozik meg, 2013., 2015. és 2017. egyébként aszályos években láthatók nagyobb negatív eltérésű területek, de 2013-tól a biomassza-produkció pozitív eltérése jellemző. A 2012. év hasonló mértékű aszálya az eltérés térképen még jól látható, de 2013-ra ez már nem mondható el. A fenyőerdő 40%-os negatív eltérése kiemelhető, de aszálynál inkább 70–80%-os eltéréseket tapasztalunk.

A 2000–2012-es standardizált EVI eltérés adatsor alátámasztja a Kárpát-medencében a közeljövőben fokozódó aszályok földrajzi hatását, de az utóbbi 5 évre ez nem jellemző (7. ábra). Az aszályos 2003., 2009., 2012. évek és az ezeket követő/megelőző dúsabb évek – 2004., 2008., 2013. – különbsége

szerint aszálykor az átlagosnál gyengébb biomassza-produkció a tűlevelű és elegyes erdőknél 4-szeresére (15–23%-ról 74–83%-ra), a lomblevelű erdőnél 5–6-szorosára nőhet (12–16%-ról 79–81%-ra). Látható, hogy az erdőterületek több mint 4/5-e is érintett az aszály által. Még a jelentősebb eltérést mutató (-0,1– -0,5) kategóriánál is jellemző a 4-5-szörös növekedés; lomblevelűnél 9–10%-ról 48–56%-ra. Egy-egy aszályosabb év hatása a fásszárú vegetációnál is gyors és drasztikus következményekkel jár, ami jelentős erdőgazdasági kockázatot jelent és alátámasztja a megfigyeléseket, melyek szerint a fák is kiszáradhatnak pár hét alatt. Egy, a negatív évet (éveket) követő csapadékos év is gyors és jelentős biomassza-produkció növekedéssel jár, még akkor is ha több, egymás utáni aszályos évet követ.

A standardizált éves eltéréseket a CLC térképezés szerinti 6 éves időszakokban összegezve (2000–2005, 2006–2011, 2012–2017), a folyamatos eltéréseket vettük figyelembe. A legaktuálisabb térképezési időszak kedvezőbb biomassza-produktum értékei mellett a lomblevelű 19%-a, az elegyes erdők 22%-a és a fenyők 29%-a érzékeny a környezeti hatásokra, a klímaváltozásra. A 2000–2005-ös időszak aszálygyakoriságán keresztül a klímaváltozás jövőbeni hatásaira a lomblevelűek 35%-a, az elegyes erdők 43%-a és a fenyők 39%-a érzékeny.

Az erdős vegetációt tekintve a negatív eltérések ismeretében aktuálisan a Pilis-Alpári-homokhát és az Illancs a klímaváltozás szempontjából legveszélyeztetettebb „hot spot” terület. Így erdőgazdasági szempontból északi részen a Csévharaszt-Felső-Tápióvidéki, a pusztavacsi és a nagykörsői körzetek, míg a déli részen a kiskörsői, kiskunhalasi, bajai és Alsó-Dunamenti erdőgazdasági körzetek a legérzékenyebbek. A kiskunhalasi, bajai és a Csévharaszt-Felső-Tápióvidéki körzeteknél további kockázatot jelentenek a jelentős területeket elfoglaló tűzveszélyes erdők. A mintaterület részletezve a Pilis-Alpári-homokháton a lomblevelűek kedvezőtlen állapota a második térképezési időben tovább nőtt és a kedvezőbb 2012–2017-ben 100–170 hektáros (elegyes erdőnél



7. ábra. A standardizált EVI évenkénti megoszlása a különböző erdőtüpusokon (2000–2017) (l: lomblevelű, f: fenyő, e: elegyes erdő)

akár 250 hektáros) egybefüggő foltokon vannak jelentős negatív eltérések. Összességében itt van a legtöbb negatív eltérést mutató erdő a mintaterületen a vizsgált időszakba. Hasonló állapot jellemzi a szomszédos Pesti hordalékkúp-síkságra, Kiskunsági-lőszőhátra, Kiskunsági-homokhátra átnyúló erdőket. A Kiskunsági- és a Dorozsma-Majszai-homokháton a lomblevelűek biomassza-termésként a Bugaci-homokháttal együtt a sok kisebb erdőfolt méret miatt érzékenyebbek az aszályokra. Az Illancson a 2006–2011-es időszak után a nagyobb kiterjedésű lomblevelű erdőknél nőtt a negatív eltérés aránya. Az elegyes és a kisebb kiterjedésű tűlevelű erdők

aktuális 2012–2017 időszaki állapota a legaszályosabb 2000–2005 időszakihoz hasonló. A kistáj területén az általánosan pozitív értékeket mutató 2012–2017 között is nagyon jelentős negatív eltérés tapasztalható.

4.3. EVI és NDVI értékek validációja

Az EVI/NDVI értékeinket a CARPATCLIM adatbázisba készített 10 km-es felbontású, 2000–2010-es időközre rendelkezésre álló PaDI adatokkal vetettük össze (Szalai et al. 2012). A MODIS alapú erdős pixeleket tartalmazó PaDI cellákra lineáris regressziót, Pearson-féle korrelációt erdőkategóriánként külön számoltunk. A 2. táblázat szoros kapcsolatot mutat a 250 m felbontású VI értékek és az aszályindex

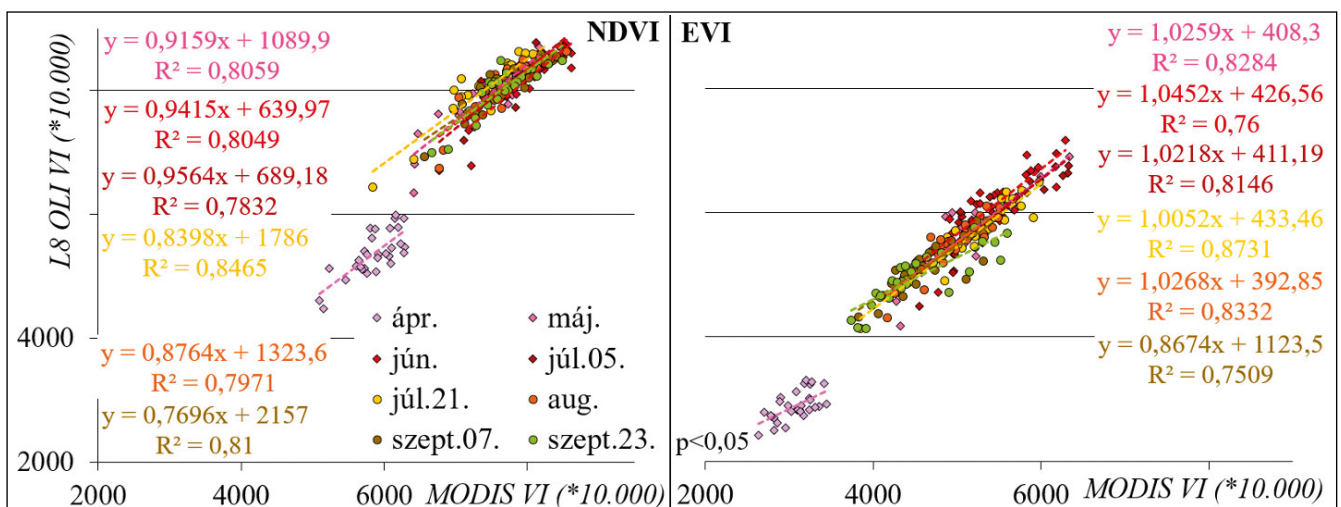
között, de érdekes, hogy a determinációs együttható mindhárom erdőtüpusnál az NDVI esetében a magasabb és az elegyes erdőknél a legmagasabb.

NDVI és EVI kapcsolata PaDI értékekkel 2000–2010 éves átlagai alapján 2. táblázat

	NDVI~PaDI (R ²)	EVI~PaDI (R ²)
Lomblevelű erdők	0,76 ***	0,72 ***
Tűlevelű erdők	0,74 ***	0,72 ***
Elegyes erdők	0,85 ***	0,76 ***

*** p < 0,001

A különböző felbontási paraméterekkel, különböző hullámhossztartományokban készülő műholdadatok összehasonlításának módszerével is ellenőriztük az eredményeinket. A MODIS EVI és NDVI kompozit értékeket az egyedi időpontokra készült,



8. ábra. MODIS és OLI NDVI/EVI lomblevelű lineáris regresszió vizsgálat a 2015. évi nyári félévi adatok alapján

30 m-es felbontású, előfeldolgozott LANDSAT OLI EVI és NDVI mérésekkel vetettük össze 2015. nyári félévének 8 időpontjára. A 30 legnagyobb erdőfolttra vonatkozó értékeket mind a 8 időpontban összehasonlítottuk, ahol a determináltsági koefficiens értéktartományok alapvetően szoros kapcsolatra utalnak; $0,5546 < R^2_{EVI} < 0,8731$ és $0,2593 < R^2_{NDVI} < 0,8465$ (8. ábra).

Az időpontok felében az NDVI, felében az EVI kapcsolat szorosabb. A vegetációs periódusnak megfelelően az áprilisi jól elkülöníthetően a leggyengébb kapcsolat (pl. EVI_{lomb} szerint $R^2=0,3959$, illetve az $NDVI_{fenyő}$ esetében $R^2=0,2593$). A júliusban tapasztalt igen magas értékek szerint (EVI_{lomb} : $R^2=0,8731$) az ezen időpont felvételei hasonlíthatók össze a legjobban. Az $EVI/NDVI_{lomb}$ kapcsolat a többi nyári hónapban is szoros: $0,7214 < R^2_{NDVI/EVI} < 0,8465$. A determinációs együtthatók alapján a megfelelő minőségű, nagy időfelbontású, homogén felszínfedettségű MODIS adatok nagyon jól használhatók a regionális vizsgálatokra. A fenyő esetében a kapcsolat ennél általánosan gyengébb, de a statisztikai kapcsolat a nyári hónapokban, főleg az EVI indexet tekintve itt is szoros ($0,6033 < R^2 < 0,7572$). Ez az összehasonlító elemzés az EVI jobb használhatóságát, pontosságát igazolja.

5. Összefoglalás

Környezeti monitoring vizsgálatunk egyedi jellegét a nagy időfelbontású regionális elemzés adja, amelyet a minél pontosabb, homogénebb felszínfedettségű lehatárolás mellett a legnagyobb térbeli felbontás használatával értük el. Eredményeinket az adatok körültekintő előfeldolgozása is megalapozta. Az előfeldolgozás és elemzés módszertana eredményül szolgál az automatikus változás-érzékeléshez, amely az alkalmazott MODIS adatok esetén közel valós idejű monitoringot, így a gyakorlati alkalmazást is támogatja.

A lomblevelű, elegyes és tűlevelű biomassza-produktumra jellemző alapvető különbségek jelzik, hogy a folyamatok csak ebben az egy tájalkotó tényezőben is összetettek. A változékony vegetáció megfigyelésében a háromféle fásszárú vegetációt kétféle vegetációs indexszel vizsgáló elemzés adatai különböző

folyamatokat is mutatnak, a környezeti adatok ismeretében is meglepő értékeket produkálnak. A monitoring folytatásával a hosszabb idősor segít elkülöníteni a lassabb – klímaváltozás okozta – változásokat, a gyorsabb – erdőgazdasági – hatásoktól és pontosítja a változékony vegetáció megfigyelését.

A 2000–2017 közötti teljes vegetációs index adatsorokban az erdő biomassza-produktuma összességében nem mutat trendszerű változást. A klímaváltozás földrajzi hatásaként az extrém vízhiányos éveknek/időszakoknak az erdős vegetációban okozott befolyása az eltérések statisztikai és térbeli megjelenésével jól értékelhető. Ezek gyakoribb előfordulása már rövidebb idősorban is megfigyelhető biomasszaszökkenést mutat; például 2004–2012 között a lomblevelű erdőknél. Jól értékelhetők a vegetációs periódus egy-egy időszakára jellemző módosulások, mint a tavaszi intenzitás növekedése, vagy a nyári produktum változása.

Az évközi változások a közel két évtizedes időtávban jelenleg kiegyenlítődnek és évtizedes léptékben stabil állapotúak, de az erdők rövid időtartamon belül sérülékenyek. A változékonyságon látható a vegetáció környezeti hatásokra adott gyors válasza. A klimatológiai előrejelzések alapján a melegedés folyamata, illetve az extrém száraz, aszályos időszakok előfordulásának gyakorisága a közeljövőben fokozódni fog, ami tartóssá teszi a jelenleg még rövidebb időszakra jellemző biomassza-produktum csökkenést.

A folyamatok összetettsége miatt az aridifikációs kutatásokban érdemes törekedni a szintézis alapú gyakorlati javaslatok megfogalmazására, amelyben a vegetációmonitoring használatát már több ingyenes, nagy felbontású távérzékelési adatszolgáltatás is támogatja. Eredményeink a távérzékelési adatszolgáltatás minőségi javulásának is köszönhetőek.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

A kutatást az Interreg-IPA Magyarország-Szerbia Határon Átnyúló Együttműködési Program keretében és az Európai Unió

társfinanszírozásával (IPA) megvalósuló HUSRB/1602/11/0057 WATERatRISK projekt támogatta.

Irodalomjegyzék:

- Ahl, D.E. – Stith, T.G. – Sean, N.B. – Nikolay, V.S. – Myneni, R.B. – Knyazikhin, Y. 2006. Monitoring spring canopy phenology of a deciduous broadleaf forest using MODIS. *Remote Sensing of Environment* 104, pp. 88–95. DOI: 10.1016/j.rse.2006.05.003
- Bannari, A. – Morin, D. – Bonn, F. – Huete, A.R. 1995. A review of vegetation indices. *Remote Sensing Reviews* 13. pp. 95–120. DOI: 10.1080/02757259509532298
- Blanka, V. – Ladányi, Zs. – Mezősi, G. 2014. A jövőben várható klímaváltozás a régióban. In Blanka, V. – Ladányi, Zs. (szerk.): *Aszály és vízgazdálkodás a Dél-Alföldön és a Vajdaságban*. SZTE, Természeti Földrajzi Tanszék Szeged, pp. 142–151.
- Czucz, B., Molnár, Zs., Horváth, F. – Botta-Dukát, Z. 2008. The natural capital index of Hungary. *Acta Botanica Hungarica* 50 (Suppl.1), pp. 161–177. DOI: 10.1556/ABot.50.2008.Suppl.8
- Farkas, J. – Rakonczai, J. – Hoyk, E. 2015. Környezeti, gazdasági és társadalmi éghajlati sérülékenység: esettanulmány a Dél-Alföldről. *Tér és Társadalom* 29 (1), pp. 149–174. DOI: 10.17649/tet.29.1.2675
- Fiala, K. – Blanka, V. – Ladányi, Zs. – Szilassi, P. – Benyhe, B. – Dragan, D. – Pálfi, I. 2014. Drought severity and its effect on agricultural production in the Hungarian-Serbian cross-border area. *Journal of Environmental Geography* 7 (3–4), pp. 43–51. DOI: 10.2478/jengeo-2014-0011
- Gulácsi, A. – Kovács, F. 2018. Drought monitoring of forest vegetation using MODIS-based normalized difference drought index in Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin* 67 (1), pp.29–42, DOI: 10.15201/hungeobull.67.1.3
- Hmimina, G. – Dufrêne, E. – Pontauiller, J-Y. – Delpierre, N. – Aubinet, M. – Caquet, B. – De Grandcourt, A. – Burban, B. – Flechard, C. – Granier, A. – Gross, P. – Heinesch, B. – Longdoz, B. – Moureaux, C. – Ourcival, J-M. – Rambal, S. – Saint André, L. – Soudani, K. 2013. Evaluation of the potential of MODIS satellite data to predict vegetation phenology in different biomes: an investigation using ground-based NDVI measurements. *Remote Sensing of Environment* 132. pp. 145–158. DOI: 10.1016/j.rse.2013.01.010
- Huete, A. – Didan, K. – Miura, T. – Rodriguez, E.P. – Gao, X. – Ferreira, L.G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment* 83, pp. 195–213. DOI: 10.1016/s0034-4257(02)00096-2
- Hunkár, M. – Vincze, E. – Németh, Á. 2013. Tavaszi felmelegedés néhány vadnövény fenológiai reagálásában. *Léggör* 58 (3), pp. 98–105.
- Kovács, F. 2012. A klímaváltozás földrajzi hatásainak értékelése távérzékelési módszerekkel. In: Nyári, D. (szerk.) *Kockázat – Konfliktus – Kihívás*. SZTE TFGT., Szeged, pp. 444–452.
- Kovács, F. – van Leeuwen, B. – Ladányi, Zs. – Rakonczai, J. – Gulácsi, A. 2017. Regionális léptékű aszálymonitoringot

- támogató vegetáció- és talajnedvesség értékelés MODIS adatok alapján. *Földrajzi Közlemények* 141 (1), pp. 14–29.
- Kristóf, D. – Pataki, R. – Neidert, D. – Nagy, Z. – Pintér, K. 2016. Integrating temporal and spectral information from low-resolution MODIS and high-resolution optical satellite images: two Hungarian case studies. *Proceedings of SPIE*, Vol. 6742. DOI: 10.1117/12.739474
- Ladányi, Zs. – Blanka, V. 2014. Az aszály és a biomassza produkció kapcsolata In.: Blanka, V. – Ladányi, Zs. (szerk.) *Aszály és vízgazdálkodás a Dél-Alföldön és a Vajdaságban*. SZTE TFGT, Szeged, pp. 103–110.
- Lakatos, M. – Bihari, Z. – Szentimrey, T. 2014. A klímaváltozás magyarországi jelei. *Léggör* 59 (4), pp. 158–163.
- Liu H.Q.; Huete A.R. 1995. A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 33, pp.457–465. DOI: 10.1109/36.377946
- Lunetta, R.S. – Knight, J.F. – Ediriwickrema, J. – Lyon, J.G. – Worthy, L.D. 2006. Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data. *Remote Sensing of Environment* 105 (2), pp. 142–154. DOI: 10.1016/j.rse.2006.06.018
- Mátyás, Cs. – Führe, E. – Berki, I. – Csóka, Gy. – Drüsler, Á. – Lakatos, F. – Móricz, N. – Rasztovcics, E. – Somogyi, Z. – Veperdi, G. – Vig, P. – Gálos, B. 2010. Erdők a szárazsági határon. *Klíma-21 Füzetek*, 61. pp. 84–97.
- Menzel, A. – Sparks, T.H. – Estrella, N. – Koch, E. – Aasa, A. – Ahas, R. – Alm-Kübler, K. – Bissolli, P. – Braslavskaja, O. – Briede, A. – Chmielewski, F.M. – Crepinsek, Z. – Curnel, Y. – Dahl, A. – Defila, C. – Donnelly, A. – Filella, Y. – Jactzak, K. – Mage, F. – Mestres, A. – Nordli, O. – Penuelas, J. – Pirinen, P. – Remisova, V. – Scheffinger, H. – Striz, M. – Susnik, A. – van Vliet, A.J.H. – Wielgolaski, F.E. – Zach, S. – Züst, A. 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology* 12 (10), pp. 1969–1976. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2006.01193.x
- Móricz, N. – Berki, I. – Rasztovcics, N. 2011. A Nagyalföld erdeinek állapota és hatásuk a talajvízszintre. In: Rakonczai, J. (szerk.) *Környezeti változások és az Alföld*. Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba. pp. 119–126.
- Nemzeti Vidékstratégia 2012–2020. Vidékfejlesztési Minisztérium, p. 126. <http://videkstrategia.kormany.hu/download/4/37/30000/Nemzeti%20Vid%C3%A9kstrat%C3%A9gia.pdf> (utolsó letöltés 2018.06.28.)
- Rakonczai, J. – Deák J.Á. – Ladányi, Zs. – Fehér, Zs. 2012. A klímaváltozás és tájváltozás kapcsolata alföldi mintaterületeken. In.: Rakonczai, J. – Ladányi, Zs. – Pál-Molnár, E. (szerk.) *Sokarcú klímaváltozás*, GeoLitera, Szeged, pp. 37–62.
- Rakonczai, J. – Fehér, Zs. 2015. A klímaváltozás szerepe az Alföld talajvízkészleteinek időbeli változásaiban. *Hidrológiai Közöny*, 95 (1), pp. 1–15.
- Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Scheel, J.A.; Deering, D.W. 1974. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. In.: *Proceedings, 3rd ERTS Symposium* 1, pp. 48–62.
- Solano, R. – Didan, K. – Jacobson, A. – Huete, A. 2010. MODIS vegetation index user's guide (MOD13 Series) p. 42. https://vip.arizona.edu/documents/MODIS/MODIS_VI_UsersGuide_01_2012.pdf (utolsó letöltés: 2018.06.28.)
- Szabó, B. – Vincze, E. – Czúcz, B. 2016. Flowering phenological changes in relation to climate change in Hungary. *International Journal of Biometeorology* 60, pp. 1347–1356. DOI: 10.1007/s00484-015-1128-1
- Szalai, S. – Auer, I. – Hiebl, J. – Milkovich, J. – Radim, T. – Stepanek, P. – Zahradnicek, P. – Bihari, Z. – Lakatos, M. – Szentimrey, T. – Limanowka, D. – Kilar, P. – Cheval, S. – Deak, Gy. – Mihic, D. – Antolovic, I. – Mihajlovic, V. – Nejedlik, P. – Stastny, P. – Mikulova, K. – Nabyvanets, I. – Skyrky, O. – Krakovskaya, S. – Vogt, J. – Antofie, T. – Spinoni, J. 2012. Climate of the Greater Carpathian Region. Final Technical Report.
- Szilágyi, J. – Vörösmarty, C. 1993. A Duna–Tisza közti talajvízszint-süllyedések okainak vizsgálata, *Vízügyi Közlemények*, 75 (3), pp. 280–294.
- van Leeuwen, W.J.D. – Orr, B.J. – Marsh, S.E. – Herrmann, S.M. 2006. Multi-sensor NDVI data continuity: Uncertainties and implications for vegetation monitoring applications. *Remote Sensing of Environment* 100, pp. 67–81. DOI: 10.1016/j.rse.2005.10.002
- Varga, Z. – Varga-Haszonits, Z. – Enzsölné Gerencsér, E. – Lantos, Zs. – Milics, G. 2012. A fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) fejlődésének bioklimatológiai elemzése. *Acta Agronomica Óváriensis* 54 (1), pp. 35–52.
- Völgyesi, I. 2006. A homokhátság felszínalatti vízháztartása. Vízpótlási és visszatartási lehetőségek. In: *XXIV. Országos Vándorgyűlés Kiadványa*. Pécs, pp. 1–12.
- Xin, Q. – Olofsson, P. – Zhu, Z. – Tan, B. – Woodcock C.E. 2013. Toward near real-time monitoring of forest disturbance by fusion of MODIS and Landsat data. *Remote Sensing of Environment* 135, pp. 234–247. DOI: 10.1016/j.rse.2013.04.002
- subsequent wet season is sufficient for the woody biomass product to avoid a decrease over the longer term. In the main dry periods of July–August, the effect of dry year following the rainy years immediately reduces the green biomass. Based on climate predictions, a permanent decrease rate in biomass is expected in the future. The changes in the vegetation period were also well-assessed in the relatively short 18-year data series, such as a change in spring intensity or an increase in summer biomass product. For example, mixed forests not only shows growth in the spring, but also at the highest summer values. The deciduous characteristic is the decrease in the maximum biomass production. Currently, the changes over the almost two decades are compensated, but forests are vulnerable within a short period of time. According to the standardized EVI anomalies, in consecutive years with significant biomass differences, production in the north and southwest part of the Danube-Tisza Interfluvium was reduced.
- The determination coefficients between VI data and CARPATCLIM drought index data show strong relationship ($R^2 \sim 0,85$). This connection is confirmed by the LANDSAT OLI VI data from 2015 as well.

Summary

Due to the complexity of the climate change induced processes, efforts should be made to formulate practical proposals based on synthesis, in which the use of vegetation monitoring is supported by free remote sensing database services. The forest ecosystem is a particularly important climatic indicator factor. In our study area, Danube-Tisza Interfluvium in Hungary the proportion of the forests is high and the afforestation is intense. For the geographic evaluation of climate change, MOD13Q1 NDVI/EVI data in the summer period of 2000–2017 were investigated.

In the whole VI series the biomass does not show any trend change in neither of the forest categories. Reduction in biomass is typical for consecutive drier years, but a

Kulcsszavak: erdőmonitoring, EVI, klímaváltozás, MODIS, NDVI
Keywords: EVI, climate change, forest monitoring, MODIS, NDVI



Dr. Kovács Ferenc
 egyetemi
 adjunktus

Szegedi Tudományegyetem Természeti
 Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék
 kovacs@geo.u-szeged.hu



Gulácsi András
 doktorandusz

Szegedi Tudományegyetem
 Földtudományi Doktori Iskola
 guland@protonmail.com

1. Bevezetés

A II. világháború során a szembenálló felek óriási mennyiségű bombát dobtak le az ellenséges területekre. A háború befejezése óta eltelt több mint 70 év ellenére mind a mai napig komoly veszélyt jelentenek a fel nem robbant bombák, elég csak a viszonylag sűrűn előforduló ezzel kapcsolatos híradásokra gondolnunk, amikor különböző építkezéseken kerülnek elő a föld alól ezek a veszélyes objektumok. Korábbi kutatások és a szakirodalom alapján kijelenthetjük, hogy a ledobott bombák legalább 10%-a nem robbant fel (Brenner et al. 2018). 1974 óta, csak Magyarországon több, mint 5 millió darab lőszer, robbanótestet hatástalanítottak a különböző tűzszerész-szolgálatok munkatársai. Ezek döntő többsége lejárt szavatosságú lőszer volt, és csak 1-2%-nyi mennyiséget jelentettek a bombák, amelyeknek azonban kiemelt a jelentőségük a veszélyességük miatt (Linder 2008). A fel nem robbant bombák nagy része településeken belül kerül elő, ahol mai felvételek alapján sajnos nincsenek esély távérzékelési, térinformatikai módszerekkel az előzetes felderítésükre, potenciális előfordulási területeik meghatározására. Kutatásunkban ezért mi is a külterületekre koncentráltunk. Az eljárásunk alapját a vizsgált területen végrehajtott automatikus bombakráter-detektálás jelenti, melynek eredményét bombázási és kockázati térképek előállítására használjuk fel a későbbiekben. Emellett az azonosított kráterek segítséget nyújthatnak világháborús katonai objektumok rekonstrukciójának támogatására is. Az előbbi megoldásra talán a legismertebb nemzetközi példa London bombázottsági adatbázisa (Marchionni et al. 2013). A szűkebb katonai, hadtörténeti alkalmazás mellett más területeken is felhasználható az eljárásunk, például a töbrök (Látos et al. 2016), kátyúk, égitestek természetes krátereinek térképezésére (Cohen et al. 2016).

A kockázati térképet egyfajta tematikus térképnek tekinthetjük, amelyen megjelenítjük egy vizsgált terület bombakrátereit és azok szűkebb környezetét, amelyek potenciálisan veszélyt jelenthetnek a fel nem robbant bombák miatt (Szikszai 2018). A kulcsfeladat tehát, a sokszor nagyszámú kráter megbízható azonosítása és térképezése. A nemzetközi szakirodalomban több ez irányú kutatással is találkozhatunk, amelyek archív légi fotókat használnak fel a különböző eljárásokhoz. Jellemzően neurális hálózatokkal (Brenner et al. 2018), illetve az úgynevezett „marked point process” eljárással történő megvalósításokat publikáltak (Kruse et al. 2017). Ezzel szemben – a fényképek felhasználásának komoly nehézségeit is figyelembe véve –, mi légi lézerszkennelt adatokat használtunk fel a kutatásainkban. Ezek egy része a németországi OpenNRW-projektből származik, melyben Észak-Rajna-Vesztfália területéről nagy mennyiségű és változatos térbeli adatokat tettek ingyenesen elérhetővé (Isenburg 2017). A két mintaterület: Emmerich am Rhein 146 km² területtel, valamint Rheine 186 km² kiterjedéssel. A salzgitteri adatokat, amelyek 281 km²-es területet fednek le, a hannoveri Leibniz Egyetem Fotogrammetria és Térinformatikai Intézetétől kaptuk meg.

A LiDAR-adatakon alapuló vizsgálatoknak számos előnye van az archív légi felvételekkel szemben:

- nem jelentkezik a felhőzet és a terepi objektumok által okozott kitarítás és árnyékolás,
- a sokszor nagyon rossz minőségű részleteket is tartalmazó archív légi felvételekkel szemben homogénnek tekinthető nagy sűrűségű pontfelhővel dolgozhatunk,
- közvetlenül kinyerhető egy nagy pontosságú terepmodell a pontfelhőből, akár vegetációval borított területeken is, aminek esetünkben kiemelt jelentősége van.

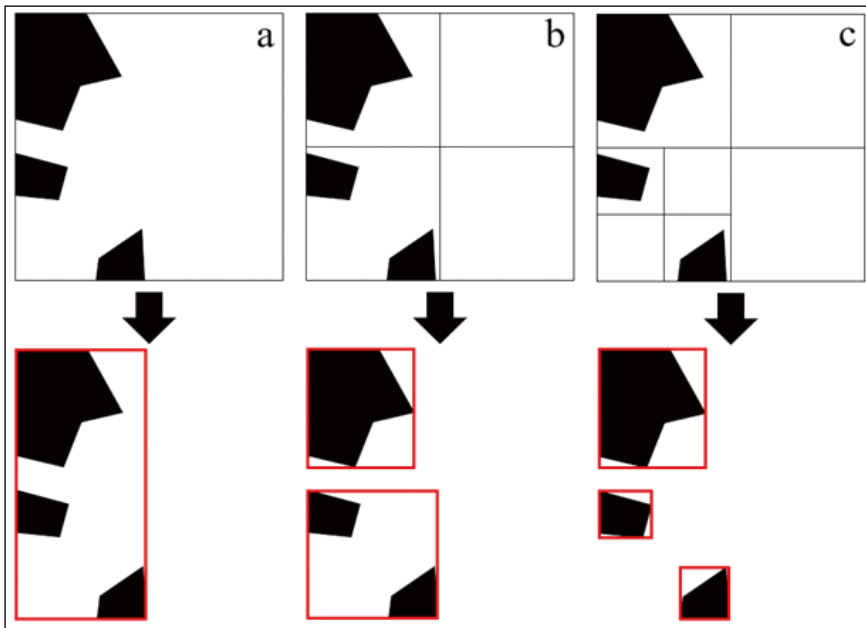
Természetesen a hátrányokról sem feledkezhetünk meg, amelyek közül a

legjelentősebb a felvétel készítésének időpontja, a lézerszkennelt állományok a mai állapotról szolgáltatnak információt. Mivel a légi felvételek a háború alatt, illetve közvetlenül utána készültek, nyilvánvalóan teljesebb képet adnak a bombázottságról. Kihívást jelent továbbá, hogy a legtöbb képfeldolgozó eljárás valódi képekre van kidolgozva, így ezek használata terepmodelleken több esetben is módosításokat igényel.

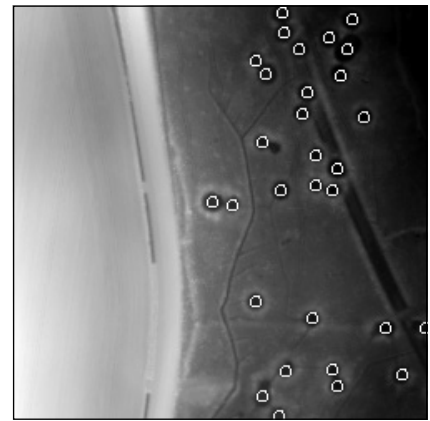
2. A kockázati térképezést megalapozó eljárás

A bombázási és kockázati térképek alapjául egy olyan eljárást fejlesztettünk ki, ami lehetővé teszi nagy területek átfogó vizsgálatát, és minimális felhasználói beavatkozást igényel. Az eljárás fontosabb lépéseit és az ezeket befolyásoló tényezőket az alábbiakban tekintjük át.

Elsőként, – figyelembe véve azt a lehetőséget is, hogy akár országos területi kiterjedésű vizsgálatra is sor kerülhet – kidolgoztunk egy módszert a potenciálisan feldolgozandó területek hatékony leválogatására, ami nagyban csökkenti a kutatómunka idő- és erőforrásigényét. A korábbi tapasztalatok azt mutatják, hogy az elmúlt évtizedek során szinte kizárólag erdős, fás, ligetes területeken maradtak fenn szignifikáns nyomai a bombázásoknak. Ebből kiindulva a területi leválogatás alapjául az OSM (OpenStreetMap) térképi adatai közül az erdőfedvényt használtuk fel. A módszer lényegében szabályos négyzetláncokra bontja a területet, majd megvizsgálja az erdők részarányát az egyes rácokban. Ha a részarány egy bizonyos határérték alatt van, akkor további, kisebb rácselemek következnek. Így egy adaptív eljárást kapunk, amely folyamatosan zárja ki a vizsgálatból a hasznos információt nem tartalmazó „üres” terület egységeket, valamint a megtartott rácselemek esetében a minél nagyobb potenciális vizsgálati területarányra törekszik



1. ábra. Potenciális területleválogató eljárás lépései és eredményeik
a) teljes terület, b) terület felosztása négy részre, c) szükség szerint az egyes területek továbbosztása)



2. ábra. A bombakráterek azonosítása a salzgitteri mintaterületen: 33 db referenciakráterből 30 db azonosított, 3 nem azonosított, téves azonosítás nélkül

szűrők alkalmazása, végül a törlés megismétlése (Neuberger et al. 2017). Az így elért eredményeket tovább javítottuk a potenciálisan kráterként azonosított pixelhalmazok körszerűségének vizsgálatával, az alábbi képlet felhasználásával (Mallick 2015). Szabályos kör esetén ez az érték maximum 1 lehet.

Az esetlegesen átfedő kráterek azonosításához a „Distance transform” megoldást alkalmaztuk (Distance Transform Documentation 2017). Az eljárás minden pixel esetén kiszámolja, hogy mi a legkisebb távolság az objektum széléhez viszonyítva, bináris képeken. Így az objektum súlypontjában a legnagyobb, a körvonalat az egyes érték jelzi, ha pedig nem az objektum része egy pixel, akkor a nulla értéket vesz fel.

A leírt eljárást alkalmazva több mintaterületen is jó eredményeket értünk el. (1. táblázat). Az egyes területeken a referenciakráterek számát manuálisan, tapasztalatainkra támaszkodva határoztuk meg. Az algoritmus paraméterei az első területre lettek optimalizálva (2. ábra), nagy valószínűséggel a 2. és 3. területek esetében is jobb eredmények érhetőek el a paraméterek területspecifikus definiálásával.

3. A kockázati térkép elkészítése

A kockázati térkép alapvető funkciója, hogy tájékoztassa a felhasználót az ábrázolt területen lévő különböző mértékű veszélyességi értékekkel rendelkező részterületek térbeli

A kráterdetektálás eredményei a mintaterületeken

1. táblázat.

	Kráter-szám (ref)	Valós találat	Téves találat	Teljesség (%)	Helyesség (%)	Minőség (%)
Salzgitter	33	30	0	90,9	100,0	90,9
Rheine 1	56	35	5	62,5	87,5	57,4
Rheine 2	37	27	21	73,0	56,2	46,6

Teljesség = Valós találat / Referenciakráterek száma
Helyesség = Valós találat / (Valós + Téves találatok)
Minőség = Valós találat / (Referencia kráterek + Téves találatok)

(1. ábra). Az esetlegesen előforduló – méretükből adódóan – nem releváns, kis erdőrészek törlése után előállnak azok a maszkok, amelyek segítségével az eredeti LiDAR-állományból kimetszhetjük a további vizsgálatok alapját képező pontfelhőrészleteket (Juhász – Neuberger 2018).

A leválogatott területekre eső állományok nagysága még így is jelentősnek tekinthető, ezért a következő lépést a LiDAR-pontfelhő méretének radikális csökkentése jelentette. A cél az volt, hogy a célobjektumok és a terep jellegzetes pontjai megmaradjanak, de a kutatás szempontjából irreleváns pontokat minél nagyobb számban elimináljuk. A kutatás során több módszert is teszteltünk, kerülve a szabályos ritkítási eljárásokat, amelyeket ez esetben nem tartunk megfelelőnek. Tapasztalataink szerint az az eljárás vezetett a legjobb eredményre, amely egy vizsgált pont 1 m²-es körzetében csak azokat a pontokat tartja

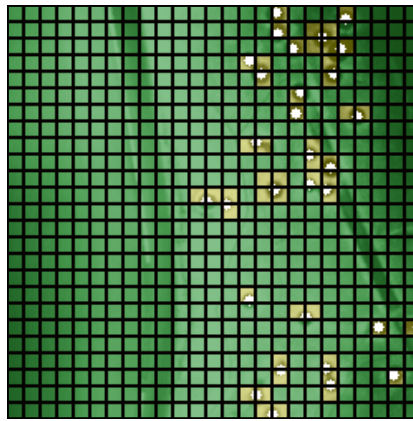
meg, amelyek magassága egy bizonyos küszöbértéknél nagyobb mértékben eltér ettől a kiválasztott ponttól. A küszöbérték növelésével a pontfelhő mérete jelentősen csökkenthető. Esetünkben 10-20%-ra redukálható a pontfelhő mérete, de egy minimálisan megadott pontszám alá (ami akár az egyetlen vizsgált pont is lehet) nem kerülhetünk (Neuberger-Juhász 2016).

Az így rendelkezésre álló, előfeldolgozott adatok képezték az alapját a harmadik lépésnek, ami a kráterdetektálási eljárás. Ez a módszer digitális képfeldolgozási műveleteket hajt végre meghatározott sorrendben a LiDAR-adatokból levezetett raszteralapú digitális terepmodellen (DTM). A műveletek sorrendben a következők: trendfelület generálása simításokkal, különbségkép készítése az eredeti és a trendfelületből, küszöbölés, irrelevánsan kicsi és nagy pixelfoltok törlése, morfológiai

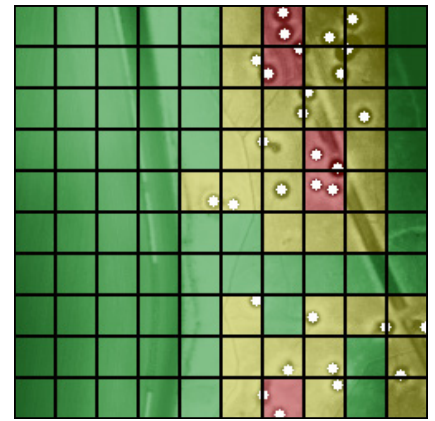
eloszlásáról. A korábban már említett külföldi kutatócsoportok több különböző eljárást is alkalmaztak a kockázati térképek generálására (Kruse et al. 2018). Figyelembe véve a későbbi, potenciális felhasználók igényeit és gyakorlatát, mi a szabályos négyzög-rács alapú térképezés mellett döntöttünk. A régészetben, roncskutatásban, illetve a tűzszerzési gyakorlatban is döntően a szabályos négyzet vagy téglalap felosztást használják a terepi munkákban. A tematikát tekintve, alapvetően három (veszélyességi) osztályt különböztettünk meg, amelyeket eltérő színekkel jelöltünk (3. ábra).

- Piros színnel jelöltük a legkockázatosabb területeket, ahol az adott területegységre több, mint egy kráter esik. Egy esetleges terepi vizsgálat során mindenképpen ezekkel a területekkel célszerű kezdeni a bombamentesítést.
- Sárgával azokat a potenciális területeket jelöltük, amelyeket pontosan egy kráter volt található. Emellett biztonsági megfontolások miatt, a piros területek szomszédjai is sárga színt kaptak. Továbbá, ha egy sárga egység szélén (pl. 10 méteres pufferben) helyezkedett el egy detektált kráter, akkor ebben az esetben is sárga színt kapott a szomszédos terület is.
- A krátermentes részek zöldek.

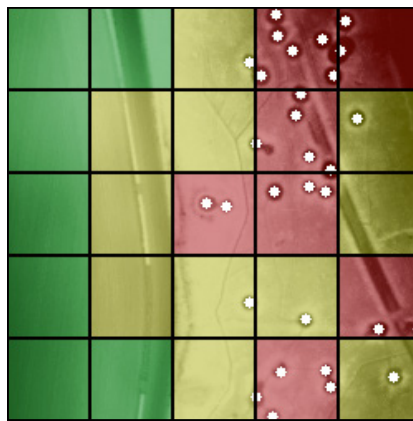
A kockázati térkép elkészítésének másik fontos paramétere volt a megfelelő felbontás. Mindhárom mintaterületen több felbontás is teszteltünk 10 métertől 100 méterig (3. ábra), (2. táblázat), melyek közül az 50 méterest ítéltük a legcélravezetőbbnek. A kisebb méret ellen szól, hogy azokban a felbontásokban szinte csak a bombakráterek reprezentálták a legveszélyesebb területegységeket (a méretük miatt) nagyon széttagoltan, és csak a nagyon szűk környezetük a még potenciálisan vizsgálendő (sárga) területeket (3. ábra a) része). Emellett, a kisebb méretű rácselemek esetében olyan „biztonságos” folyosók keletkezhetnek a térképen, amelyek véleményünk szerint nem életszerűek, nem hagyhatók ki a gyakorlati bombakeresésből (3. ábra). 100 méteres felbontás esetében (3. ábra d) része) viszont már relatíve nagy, veszélyesnek ítélt területek álltak



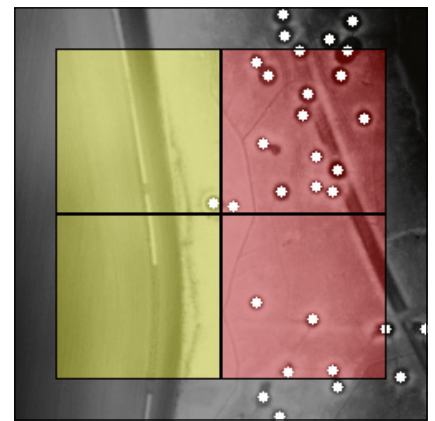
3. a) ábra. 10 m-es felbontás (Salzgitter)



3. b) ábra. 25 m-es felbontás (Salzgitter)



3. c) ábra. 50 m-es felbontás (Salzgitter)



3. d) ábra. 100 m-es felbontás (Salzgitter)

elő, ami fokozott biztonsági szempontból akár indokolt is lehet. Azonban ez jóval nagyobb költséget is jelent, tekintettel a bombakeresés gyakorlati megvalósítása. Természetesen igény esetén eltérő felbontású kockázati térképek előállítására is van mód a különböző – lokálistól a regionális, országos – szintig terjedő célokhoz megfelelően. Emellett a beazonosított kráterek alapján pufferzónák is generálhatók térinformatikai alkalmazásokban.

A tesztek során kezelni kellett azokat az eseteket is, amikor a kiválasztott kockázati térképi rácselem nagysága nem volt kompatibilis az adott szelvények méretével. A Salzgitter terület egy 250 × 250 m-es kivágat, ahol a 100 m-es felbontású kockázati térkép

elkészítése értelemszerűen nehézégekbe ütközik. Az algoritmusunk azonban bármilyen méretű szelvény és felbontás kombinációját képes kezelni, néhány megkötéssel:

- A kockázati térkép minimális felbontása a szelvény nagyságával egyezik meg. Például, ha egy 500 m-es felbontás szeretnék egy 250 × 250-es területen, akkor a felbontás 250-re fog változni, automatikusan.
- Természetesen a felbontás nem lehet negatív, azonban felhasználói hibák előfordulhatnak. Ekkor a program figyelmeztet erre, és kéri a valós felbontást.
- A 3. ábra d) részének megfelelően, ha a szelvény területe nem osztható maradéktalanul a felbontással,

A különböző veszélyességű területek részaránya a felbontás tekintetében

2. táblázat.

	10 m-es felbontás		25 m-es felbontás		50 m-es felbontás		100 m-es felbontás	
	Piros %	Sárga %	Piros %	Sárga %	Piros %	Sárga %	Piros %	Sárga %
Salzgitter	0	15	5	37	28	44	50	50
Rheine 1.	0	8	1	25	15	45	50	50
Rheine 2.	0	3	0	11	4	35	28	53

akkor a szelvény közepén zajlik a vizsgálat, a széleket arányosan kihagyva. Ezek a részek amúgy is bizonytalanok, hiszen a szomszédos szelvényeken levő veszélyes területek is hatással lehetnek rájuk. A kapcsolódó szelvények együttes vizsgálata további kutatás részét képezi.

A programot teljesen egészében C++ nyelven írtuk; a munkánk során csupán szabadon hozzáférhető OpenCV (OpenCV 2018) függvényeket használtunk fel. Eredményül egy olyan szoftvert állítottunk elő, mely egy átlagos asztali számítógépen néhány másodperc alatt (a sebesség főként a számítógép paramétereitől, illetve a feldolgozandó terület nagyságától függ) tetszőleges terepmodellen megtalálja a bombakrátereket, és abból kimenetként egy kockázati térképet állít elő.

4. Összefoglalás, kitekintés

A kidolgozott, automatikusnak tekinthető módszer alkalmas nagy területeken történő bombakráter-azonosításra és ezek alapján bombázottsági és kockázati térképek elkészítésére. Az algoritmus egyes lépéseiben használt paraméterek optimalizálásakor figyelembe kell venni a vizsgált terület nagyságát, a felbontást, a kutatott objektumok jellemző méreteit, ami nagy tapasztalatot igényel. Reményeink szerint előbb-utóbb sor kerülhet országos szintű magyarországi adatok feldolgozására is, melynek eredményeképpen egy átfogó kockázati elemzés készülhet. Eredményeink felhasználhatók egy-egy nagyobb terület bombamentesítésének idő- és költségkalkulációjához is.

A fentiekben bemutatott, speciálisnak tekinthető alkalmazási terület mellett az eljárás, vagy annak egyes alkotóelemei, felhasználhatók minden olyan területen ahol pontfelhők feladatspecifikus leválogatása, ritkítása, illetve lokálisan előforduló magasságkülönbségek detektálása a feladat. Ilyen lehet a karsztos területeken megfigyelhető töbrök azonosítása, égitestek krátereinek térképezése, vagy akár útállapot felmérésének

támogatása a kátyúk detektálásával, és a rossz minőségű utak kockázati térképezésével.

Irodalom

- Brenner, S.- Zambanini, S.- Sablatnig, R. 2018. Detection of Bomb Craters in WWII Aerial Images. *Proceedings of the OAGM Workshop 2018*, pp. 94-97. DOI: 10.3217/978-3-85125-603-1-20.
- Cohen, J. P. - Lo, H. Z. - Lu, T. - Ding, W. 2016. Crater Detection via Convolutional Neural Networks. *47th Lunar and Planetary Science Conference (LPSC 2016)*, pp. 1-2.
- Distance Transform Documentation. 2017. OpenCV: Image Segmentation with Distance Transform and Watershed Algorithm. https://docs.opencv.org/3.3.0/d2/dbd/tutorial_distance_transform.html, utolsó elérés: 2018. 8. 14.
- Isenburg, M. 2017. First Open LiDAR in Germany | rapidlasso GmbH. <https://rapidlasso.com/2017/01/03/first-open-lidar-in-germany/>, utolsó elérés: 2017. 10. 13.
- Juhász, A. - Neuberger, H. 2018. Automatic selection of potential WWII bombed areas by using spatial data. *Pollack Periodica*, 13. évf. pp. 173-183. DOI: 10.1556/606.2018.13.2.17.
- Kruse, C. - Neuberger, H. - Rottensteiner, F. - Hoberg, T. - Ziems, M. - Huth, J. - Heipke, C. 2017. Automatische Detektion von Bombenkratern in Kriegsluftbildern mittels markierter Punktprozesse. *37. Wissenschaftlich-Technische Jahrestagung der DGPF in Würzburg*, pp. 245-261.
- Kruse, C. - Rottensteiner, F. - Hoberg, T. - Ziems, M. - Rebke, J. - Heipke, C. 2018. Generating impact maps from automatically detected bomb craters in aerial wartime images using marked point processes. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, IV. évf. pp. 127-134. DOI: 10.5194/isprs-annals-IV-3-127-2018.
- Látos, T. - Telbisz, T. - Deák, M. - Székely, B. - Koma, Z. - Standovár, T. 2016. LiDAR és topográfiai térkép alapú digitális terepmodellekből levezetett, illetve kézzel digitalizált töbrök-vonalak morfológiai összehasonlítása az Aggteleki-karszt példáján. *Karsztfejlesztés XX.*, pp. 145-165.
- Linder 2008. Fel nem robbant bombák - A hibahatáron belül. http://magyarnarancs.hu/tudomany/fel_nem_robbant_bombak_a_hibahataron_belul-68929, utolsó elérés: 2018. 7. 12.
- Mallick, S. 2015. Blob Detection Using OpenCV (Python, C++) | Learn OpenCV. <https://www.learnopencv.com/blob-detection-using-opencv-python-c/>, utolsó elérés: 2018. 8. 14.
- Marchionni, P. - Findlay, P. - Dunning, A. - Southall, H. - Heally, R. - Aucott, P. - Ladd, B. - Brown, M. 2013. Bomb Sight - Mapping the World War 2 London Blitz Bomb Census. <http://www.bombsight.org/>, utolsó elérés: 2018. 7. 5.
- Neuberger, H. - Juhász, A. 2016. Objektum detektálás LiDAR adatokból a pontsűrűség függvényében. *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VII.*, Debrecen, pp. 345-352.

- Neuberger, H. - Juhász, A. - Kruse, C. 2017. Automatic detection of World War II objects based on air-borne LiDAR data. *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VIII.*, Debrecen, pp. 259-265.
- OpenCV. 2018. OpenCV library. <https://opencv.org/>, utolsó elérés: 2018. 8. 14.
- Szikszai, C. 2018. Magyarország II. világháborús bombázottsági adatbázisának tervezése. *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában IX.*, Debrecen, pp. 341-347.

Summary

After more than 70 years the remained unexploded bombs of the World War II still pose a serious threat. In this paper a method is presented about how can be the bomb craters detected and mapped from LiDAR data in an automatic way. Firstly, the potential areas must be delineated, where the bomb craters can be found. Secondly, the huge amount of data must be reduced considering the time and resource needs of the research. Digital terrain model can be generated from LiDAR data easily and the craters can be found by analyzing the local height differences. The output of this process is a risk map, which can help to prioritize the most dangerous areas.

Kulcsszavak: bombakráter, kockázati térkép, LIDAR, automatikus térképezés

Keywords: bomb crater, risk map, LIDAR, automated mapping



Neuberger Hajnalka
doktorjelölt

BME Fotogrammetria és
Térinformatika Tanszék
neuberger.hajnalka@epito.bme.hu



Dr. Juhász Attila
adjunktus

BME Fotogrammetria és
Térinformatika Tanszék
juhasz.attila@epito.bme.hu

Kísérlet a szintezőléc-kalibrálás megvalósítására

Ács Ágnes Mária – Égető Csaba – Rózsa Szabolcs

DOI: 10.30921/GK.70.2018.5.5

Bevezető

A minőségre való törekvés szakmánkkal egyidős. Törekedünk erre, amikor méréseinket két távcsőállásban végezzük el, vagy amikor a szintezéseket odavissza irányban hajtjuk végre. A különböző mérési eljárásokon túl akkor tudunk minél pontosabb eredményt elérni, ha a mérést rendszeresen kalibrált eszközökkel végezzük.

Ha a szintezésről beszélünk, kétféle kalibrációs módszer létezik, a léckalibráció és a rendszerkalibráció (Woschitz 2003). Előbbi egymástól függetlenül kezeli a szintezőműszert és a szintezőlécet; a kalibrálás során csak a lécen található osztások hibáit tanulmányozza. Ezen kívül vizsgálандó minden olyan egyéb hatás, amely befolyásolja mérési eredményeinket, mint például a léc talpponti hibája, sérülések, kopások, lécvetemedések stb. A rendszerkalibráció esetén a két főkomponens, azaz a műszer és a léc együttesen kerül kalibrálásra, így jobb képet kaphatunk a szintezés várható pontosságáról. Ez esetben nem a lécosztásokat, hanem a műszerben előállt magasságértékeket vizsgálják.

Egy másik lehetséges szempont a kalibrációs módszerek csoportosítására a szintezőléc mozgatása alapján történhet. Lehetséges a léc függőleges mozgatása a kalibráció során, amelyre jó példa a Grazi Műszaki Egyetem kalibráló laboratóriuma (Woschitz-Brunner 2002). A módszer hátránya, hogy kis belmagasságú helyiségek esetében földemáttöréseket kell alkalmazni. A gyakorlatban alkalmazott másik módszer a horizontális mozgatás, mely egyszerűbben kivitelezhető, viszont ez esetben gondoskodni kell a műszerhorizont 90 fokos megtöréséről (Heister 2002). Ilyen rendszer valósult meg a Münchener Egyetemen is.

Míg az egyes laboratóriumok kivitelezése nagyban eltérhet egymástól, addig az alkalmazott alapelv mindenhol megegyezik. Léckalibráció esetén a léc osztásait vagy a rendszer méréseit egy nagy pontossággal meghatározott

távolságértékkel hasonlítják össze. Erre legalkalmasabb az interferencián alapuló távolságváltozás-mérés, amellyel megfelelő körülmények között a mikrométer alatti pontosság is elérhető. Az úgynevezett interferométerek mára szinte elengedhetetlen elemei lettek bármely nagy pontosságú műszer kalibrálásának. A léckalibráció másik fontos kelléke a nagy felbontású CCD-kamera, avagy digitális mikroszkóp, amely szükséges az osztások pontos detektálásához.

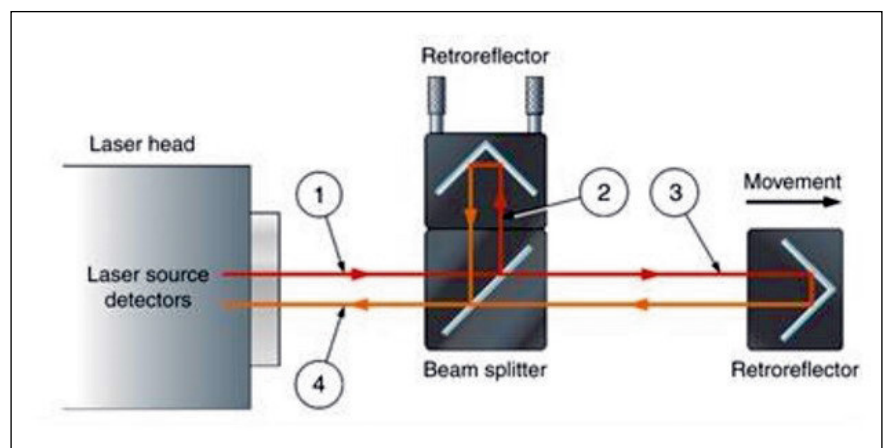
A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Általános és Felsőgeodézia Tanszék hallgatójaként lehetőséget kaptam arra, hogy a tanszék eszközeit felhasználva megcélazzam egy léckalibrációra alkalmas laboratórium összeállítását, mindezzel tapasztalatot szerezve a mérések hibaforrásairól és a leküzdendő nehézségekről.

A mérésekhez felhasznált eszközök

A mérési eljárás legfontosabb eleme az Albert Michelson által feltalált interferométer, amelynek működési elvét az 1. ábra szemlélteti. A kép bal oldalán található lézerforrás (laser head) egy olyan koherens lézernyalábot állít elő, amelynek hullámhossza nagy pontossággal ismert. Ez a nyaláb az 1-es útvonalon eléri az interferométer-tükört (beam splitter), amely nem más, mint egy félig áteresztő tükör. Így a rá

eső lézernyaláb részben megtöri, és a 2-es útvonalon haladva egy sarokprizmához érkezve onnan a beesési irányával párhuzamosan visszaverődik. Ez a prizma (retroreflector) a mérés során mozdulatlan marad, amely a jelen esetben a félig áteresztő tükörhöz való erősítéssel biztosított. A lézernyaláb másik része a 3-as útvonalon haladva egy, az előbbihez nagyban hasonló prizmahoz érkezik, ami csupán annyiban különbözik, hogy a mérés során a mozgást végző testtel együtt mozog. A két visszaverő prizmáról érkező nyaláb az interferométer-tükörön újra egyesül, és a 4-es jelzett útvonalon a lézerforrás detektorához érkezik. A két sugár közül annak fázisa, amely a mozdulatlan prizmáról verődött vissza, nem változik. Viszont a mozgó prizmáról visszaverődött jel fázisa annak elmozdulásával arányosan változik. A fáziskülönbség interferenciát okoz, amelyből ki lehet számolni a mozgó prizma, azaz közvetve a mozgó test távolságváltozását.

Az egyetem egy Renishaw XL-80 típusú interferométerrel rendelkezik, amelynek része (a fent ismertetett rendszeren felül) egy környezeti szenzor is. Az XC-80 szenzor a lézer hullámhosszát befolyásoló tényezőket (hőmérséklet, légnyomás és páratartalom) regisztrálja, és azok ismeretében korrigálja a mért távolságokat. Ha ezeket nem vennénk figyelembe, akkor az interferométer pontossága csupán $\pm 20\text{-}30 \mu\text{m/m}$, míg bekapcsolt környezeti korrekciókkal



1. ábra. Az interferométer működési elve (Renishaw nyomán)

elérhető a $\pm 0,5$ ppm, azaz egy méter hosszon $\pm 0,5 \mu\text{m}$ (XL-80 Brochure).

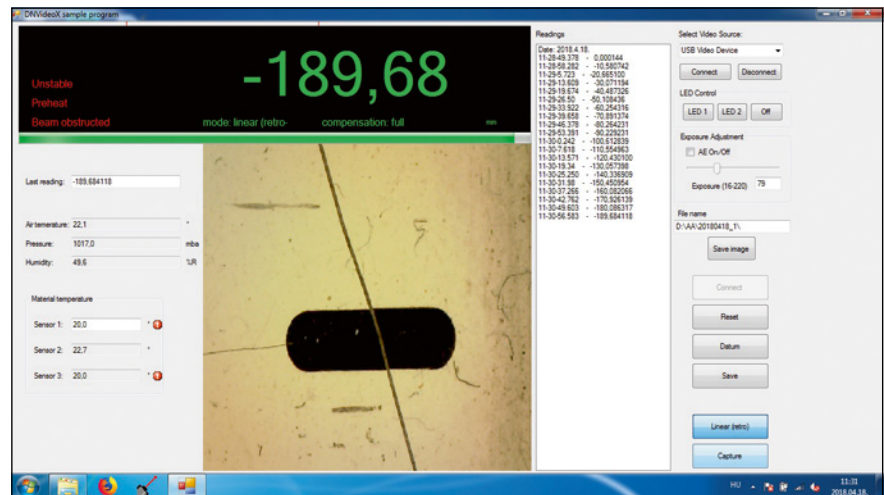
A mérések során a digitális mikroszkóp tölti be az index szerepét. Ahhoz, hogy az így kapott információkat felhasználhassuk, szükséges a pixelek metrikus, „terepi” mérete, ami a nagyítás mértékétől függ. Ez könnyen megállapítható az interferométer segítségével. Ha a léce egyik osztásáról képet készítünk a CCD-kamerával, majd a léce elmozdítva és annak elmozdulását mérve, az azonos pontok két kép közötti, pixelben mért távolságából meg lehet állapítani a pixel metrikus méretét. Így logikusan következik két alapkövetelmény a digitális mikroszkóppal szemben: a nagy képfelbontás és a rögzíthető fókuszsík. Az általam használt szenzor egy Dino-Lite digitális mikroszkóp, mely 1,3 megapixel (1280 × 1024 pixel) és a nagyítási mértéke 10–90 között állítható.

Szoftveres háttér

Mind a lézer-interferométer, mind a mikroszkóp működtetéséhez szükséges egy-egy szoftver. A lécekalibráláshoz kapcsolódó mérések megkövetelik, hogy az adott osztásról közel azonos időpillanatban készüljenek interferometrikus távmérések és képfelvételek is.

Ezt megoldandó, egy olyan programra volt szükségünk, ami egy gomb lenyomásával mindkét eszköznek utasítást küld a megfelelő mérések végrehajtására. Erre a célra megkaptuk mind a Renishaw, mind a Dino részéről a szoftverfejlesztő készleteket, az SDK-kat. Az előbbihez tartozó program az DX10 címet viseli, míg a kamera programja a DNSample. Mindkettő C++ nyelven íródott, így a Microsoft Visual Studio segítségével el lehetett készíteni a két szoftver egymásba gyúrt változatát.

A program mérés közbeni állapotát mutatja a 2. ábra. A bal felső fekete háttérrel rendelkező rész mutatja az interferométer leolvasását (a példában $-189,68$ mm), illetve egyéb paramétereket, mint például a leolvasás mértékegysége, vagy a mérési mód. Az alatta található zöld csík a lézer jelerősségét jellemzi. A bal oldalon található ezen kívül az XC-80 által mért környezeti paraméterek, ahol a három testhőmérséklet-mérő egység közül csak egyet alkalmaztunk, így a másik két



2. ábra. A kalibrációs szoftver felépítése

szenzornál erre piros felkiáltójellel figyelmeztet a program. Középen található a kamera aktuális képe, gyengített felbontásban. A „Readings” felirat alatt olvashatók az eddig mért távolságok és a hozzájuk tartozó időbélyegek (dátum és idő). Az ablak jobb oldalán található az egyéb beállítási lehetőségek, mint például a kamera fényeinek állítása, az elkészült mérések mentési könyvtára és a mentés gomb is. Utóbbi a mérés befejeztével egy fájlban rögzíti az interferometrikus távolságokat az általunk megadott könyvtárban. A „Capture” gomb segítségével egyrészt az adott leolvasási értékkel bővítjük a „Readings” listát, illetve ezzel egyidejűleg az adott időbélyeggel ellátott JPEG-kép készül az adott könyvtárban.

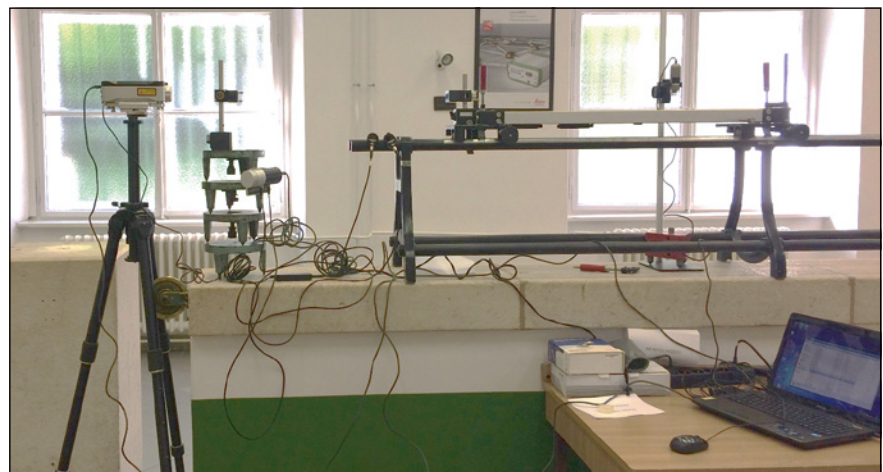
A mérés menete

A mérés megvalósításához szükség volt még egy olyan fizikai eszközre,

amely képes egyenes vonalban vezetni a vizsgált léce. A tanszéken található egy erre alkalmas szerkezet, amely két szálon vezet egy-egy kocsi, amelyek három-három görgős talppal fekszenek fel a két sínszálra. A vezető mindazonáltal nem mindenhol lineáris, olykor kigyózásokat lehet észrevenni akár szabad szemmel is, amelyek nagyban megnehezítették az interferométer pontos beállítását. Emellett jelenleg csupán a méteres és annál rövidebb lécek vizsgálatára alkalmas.

A tényleges mérési összeállítás az ismertetett lineáris vezetőből, az interferométerből, annak tartozékából, a kamerából és állványából, illetve a léce rögzítéséhez szükséges szorítókból áll. Ezt mutatja be a 3. ábra.

Első lépésként a léce párhuzamoságát kell biztosítani, majd a kamera fókuszsíkjának gondos beállítása következik. Ezek után a pixel tárgyi mérete már meghatározható, amennyiben egy



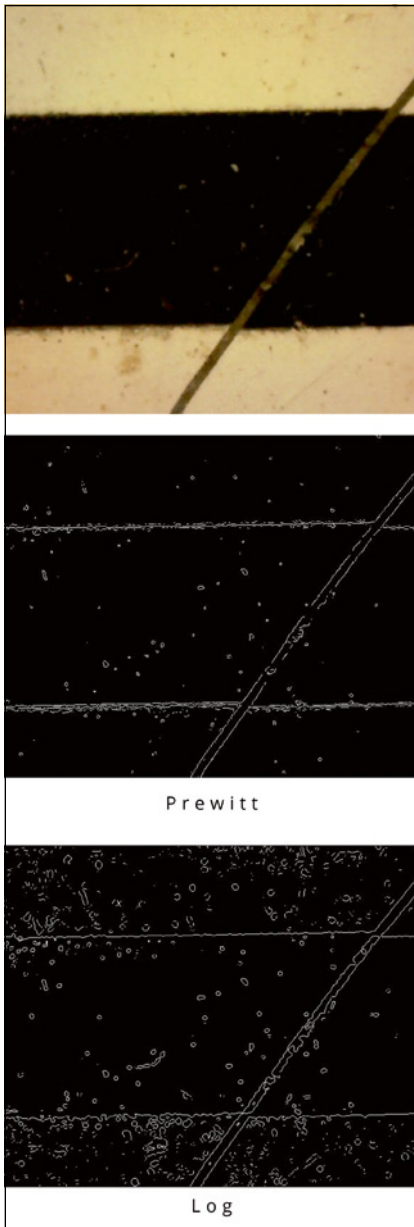
3. ábra. A mérési felszerelés

osztásról két pozícióban is készítünk képet, és a pozíciók közötti elmozdulást az interferométerrel megmérjük. A pixel metrikus valódi mérete a következőképpen számítható (1):

$$p = \frac{i_2 - i_1}{k_2 - k_1} \quad (1)$$

ahol i_1 és i_2 az interferométerrel mért értékek mm-ben, míg k_1 és k_2 az él helyzete a képen pixel-ben. Ha a mérést többször megismételjük, akkor a pixel terepi méretének középhibája is meghatározható.

A kalibrációhoz szükséges mérések során a lécc teljes hossza mentén kellett képeket készíteni az adott osztásokról és mérni a hozzájuk tartozó interferometrikus távolságokat a



4. ábra. Az éldetektáló-algoritmuskok eredménye

szoftver segítségével. A feldolgozásukat külön végeztük el a Matlab segítségével, de tervben van ennek átültetése OpenCV C/C++ környezetbe.

A feldolgozás során a legfontosabb lépés az élék helyének pontos detektálása. A Matlab-ban található edge parancsot használtuk ehhez, ahol több algoritmus közül lehet választani. Az ezek közötti különbséget szemlélteti a 4. ábra. Egy régebbi típusú centiméteres osztású lécc esetében a Prewitt-módszer szinte csak a valós éleket ismeri fel, viszont azokat elmosódottan, több pixel széles sávban. A Log módszer sokkal zajosabb eredményt ad, viszont a tényleges élék sokkal élesebben, egy pixel széles vonalként jelentkeznek. A későbbiekben ezt a módszert alkalmaztuk, mivel így pontosabb éldetektálást várhattunk el.

Az edge parancs csak azon pontok halmazát határozza meg, amelyek nagy valószínűséggel élpontok, így egy külön lépésben kell meghatározni az éleket alkotó vonalak egyenletét. Mivel a mérések nagyon zajosak, nem lehet a legkisebb négyzetek módszerével megoldani a problémát. Egy olyan módszerre volt szükségünk, aminek magas az összeomlási pontja, azaz durva hibákra kevésbé, vagy egyáltalán nem érzékeny. A RANSAC-eljárást alkalmaztuk a feldolgozásban, ami egy iteratív robosztus, nem determinisztikus becslés (Zuliani 2011). Az eljárás általánosan alkalmazható, akár egyenes illesztésére is. Első

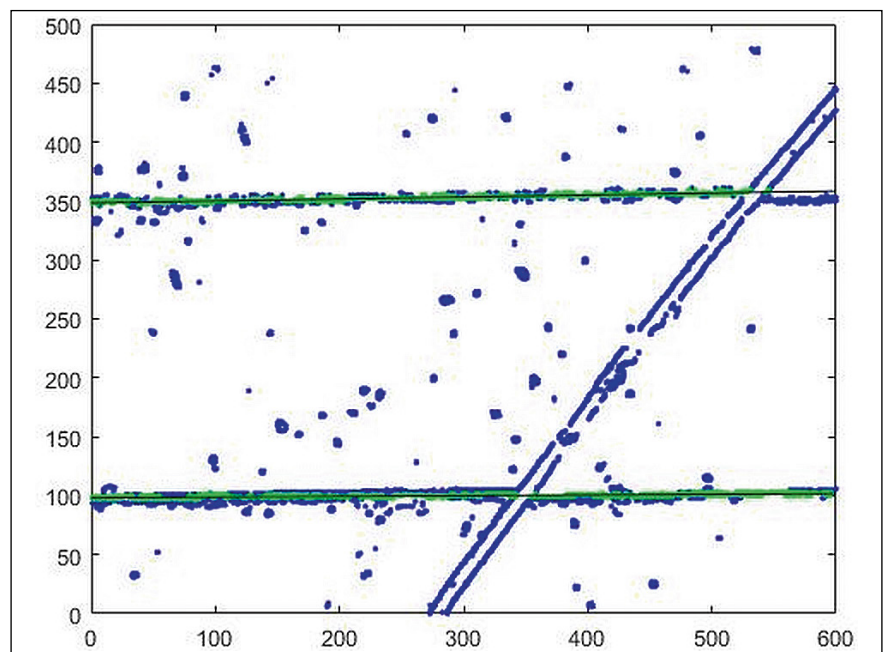
lépésként az adathalmazból véletlenszerűen kiválasztott két pontra egyenest illesztünk. Ezután megvizsgáljuk az összes adat illeszkedését a modellhez, illetve egy adott hibaküszöbön belül az egyeneshez közel eső pontok számát. Ezek a pontok alkotják az ún. konszenzushalmazt. Ezt a három lépést ismételjük meg kellően nagy számban, majd azt az adathalmazt (azaz a konszenzushalmazt) tartjuk meg, amely a legtöbb elemből áll. Kellően sok iteráció után a durva hibák nagy valószínűséggel kiszűrhetők. Az 5. ábra a RANSAC-eljárás eredményét mutatja be.

A képen kékkel vannak megjelenítve azok a pixelek, amik az edge algoritmus alapján élhez tartoznak és zölddel, amik a RANSAC-eljárás után egy egyenesre esnek.

Ha az eljárás végén a végleges konszenzushalmazt kivesszük a vizsgálandó adathalmazból és újra lefuttatjuk a RANSAC-becslést, akkor egy képen akár további éleket is képesek vagyunk detektálni. Ezt nevezzük sorozatos RANSAC-nek, aminek eredményeképp az osztás mindkét élét detektálni lehet egy képen.

Végezetül, ha ezekre a kapott konszenzushalmazokra a legkisebb négyzetek módszerével egyenest illesztünk, megkapjuk az élék egyenletét is. Ezeket jelöltem az 5. ábrán fekete vonallal.

A későbbi felhasználáshoz az él helyzetét egyetlen számértékként kell



5. ábra. A RANSAC-eljárás eredménye

kezelni, mintegy leolvasásként a kép széléhez képest. Ezért egy adott szelvényben (kb. a kép középvonalában) képeztem az egyenes értékét a következő módon: $k=k(x)=mx+b$ (2).

A mérések kiértékeléséhez szükséges még az adott képhez tartozó, az interferométer által mért távolság, amiből: $l=i-k$ (3).

Ez esetben i az interferometrikus távolság mm-ben, és k az él helyzete a képen mm-re átválta a pixelméret segítségével. Két osztás távolsága végezhető: $t=l_i-l_{i-1}$ (4).

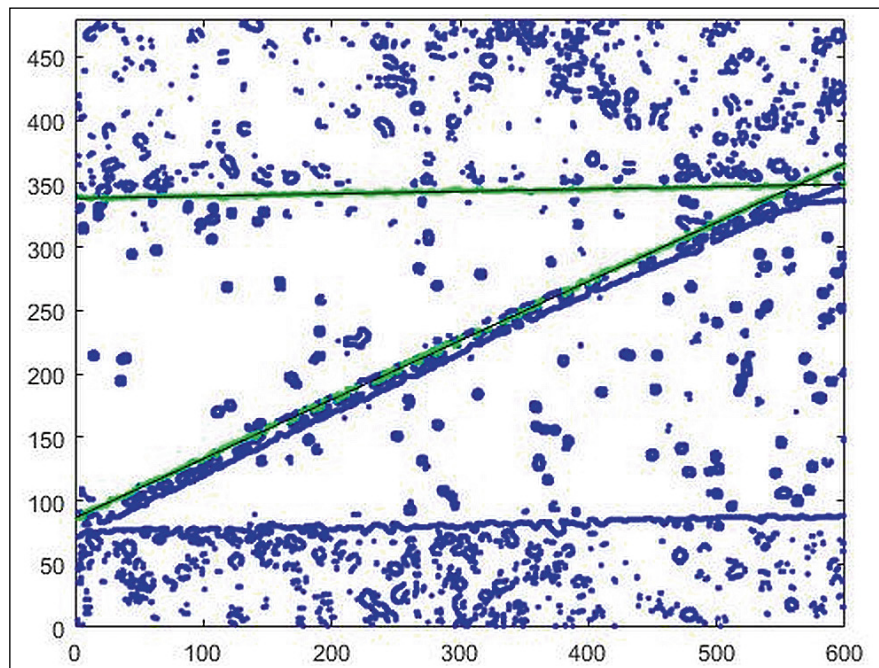
Hagyományos cm-osztású lécek esetén, mivel az osztás közepe közvetlenül nem meghatározható, a két él átlagából képezhető a középhelyzet.

Eredmények

Tesztelésképp két szintezőlécen végeztem el a vizsgálatokat. Az egyik egy régebbi típusú, hagyományos centiméteres beosztású felsőrendű Wild-léc, a másik pedig egy újabb, Leica/NEDO vonalkódos osztású lécek. Előbbiről készült a 4. és 5. ábra, amin látható, hogy a repedéshez hasonló hibák eléggé megnehezítették az automatikus feldolgozást. Sokszor a RANSAC-eljárás az egyik élt tévesen azonosította, és az egyik törésvonalat detektálta egyenesként, ahogy az a 6. ábrán látható. Ezeket a hibákat egyesével, manuálisan kell kijavítani, bár az automatizálásra megvan a lehetőség, például egy adott küszöbértéket meghaladó meredekségű éleket elvetve. Emellett az egy képen detektált él távolságának vizsgálata is célravezető, hiszen ennek közel konstansnak kell lennie. Ez utóbbit alkalmaztuk is a feldolgozáskor.

Mindazonáltal az ismételt mérésekkel kapott eredmények igen nagy szórást mutatnak, így az ez irányú kalibráció még kutatásra szorul. A fő gondot egyrészt a töredezett festés jelenti, ami miatt egy élre sok esetben több egyenes is illeszthető. A másik gondot a felfestés technológiája jelenti, ami miatt mára az élek elmosódtak, ezért nehéz kellő bizonyossággal helyzetüket megállapítani.

A vonalkódos lécek esetében, főleg a modernebb gyártási technológia (Nedo-féle gyártási technológia)

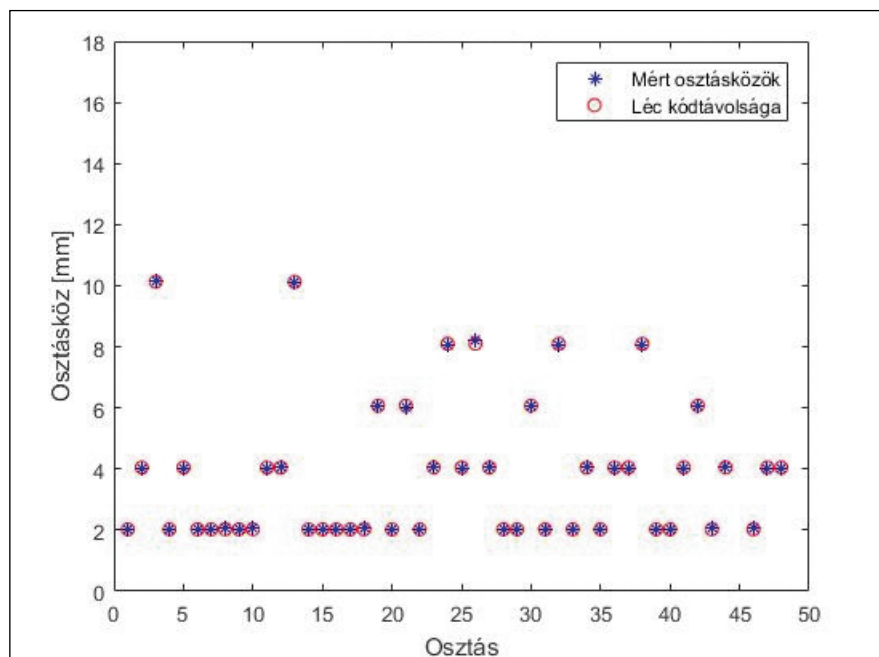


6. ábra. Félreazonosítás

miatt, az éleket minden egyes esetben nagy pontossággal lehetett meghatározni. Emellett viszont gondot jelentett, hogy a lécek kódolása nem volt ismert számunkra, csupán az, hogy 2,025 mm-es szakaszból és azok többszöröséből épül fel (Woschitz 2003). A pontos kódtávolságok ismerete nélkül nem lehet a lécek hibáit meghatározni, így elsősorban a mérésekből először ezeket határoztuk meg. Ha a mért osztásköz valamekkora hibaküszöbvel egy adott $n \times 2,025$ mm-es távolságnak felel meg, akkor a lécek kódolása

ott ezzel egyenértékű. A 7. ábrán a mérés során kapott elméleti kódtávolságokat ($n \times 2,025$ mm) és a tényleges mért távolságokat lehet megtekinteni, melyeknek a különbsége a keresett hiba.

Az ismételt mérések a Wild-lécek képest már jobb eredményt adtak, viszont itt is tapasztalhatók nagyobb középhibával rendelkező osztások. Ezeket mutatja be a 8. ábra, ahol fekete vonallal lettek ábrázolva az adott osztáshoz tartozó hibaértékek átlagai, illetve pirossal az ebből levezetett szórások. A



7. ábra. Leica-szintezőlécek kódolása és a mért osztásközök

legjobb esetben a szórás csupán 1,4 µm (9. osztás), de ezen kívül is található kedvező pontosságú eredmények.

Ezen nagy középhibák magyarázatául szolgálhat az általunk használt lineáris vezető pontatlansága. A korábban említett „S” görbület nagyban megnehezítette az interferométer méréseit, és más hatása is volt. Ezen a szakaszon ugyanis a lécek nem párhuzamosan mozog a lézernyalábhoz képest, így a tényleges elmozdulás és az interferométerrel mért elmozdulás eltérnek egymástól. Emellett ha a lécek elfordul a mérés során, akkor a kameraképeken meghatározott egyeneseken végzett leolvasás is megváltozik valamilyen irányba. Másik hibaforrás a mozgatót biztosító kocsis oldalirányú elmozdulása, ami nem csak a képről vett leolvasást befolyásolja, hanem az interferométer méréseiben is változást idéz elő.

Következtetés

A mérési eredményekből és a mérés közben tapasztaltakból arra következtünk, hogy a módszer alkalmas kellően nagy pontosságú kalibráció elérésére. Ennek egyetlen akadályálya a jelenlegi lineáris vezető, amely a további kutatásokhoz nem alkalmas eszköz. Pontosságbeli javulás csupán egy precízebb mozgatóeszközzel lehetséges, amit célszerű ezen esetben léptetőmotorral

felszerelni és így a mérést is automatizálni. Ezen túl érdemes lehet a rosszabb minőségű Wild-lécek esetében az éldetekváláshoz esetleg más technikákat megvizsgálni, mint például a korrelációs számítás módszerét.

Összességében haladási irányunk helyes, a többségében jó eredmények megerősítik bennünket módszerünk helyességében.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni az Új Nemzeti Kiválósági Programnak, hogy lehetőségem volt elvégezni ezt a kutatást, így ebből hasznos tudásra tehettem szert, és a tapasztalatokat átadtam másoknak.

Szeretném megköszönni a segítségét két tanáromnak: dr. Égető Csabának és dr. Rózsa Szabolcsnak, akik nagyban támogatták munkámat.

Irodalom

- Heister, H. 2002. Zur Kalibrierung von digitalen Nivellier-System. *AVN11-12/2002* pp. 380–385.
- Woschitz, H. 2003. *System Calibration of Digital Levels: Calibration Facility, Procedures and Results*. Shaker Verlag, Technische Universität Graz
- Woschitz, H. – Brunner, F. K. 2002. System Calibration of Digital Levels – Experimental Results of Systematic Effects. In Kopáčík A – Kyrinovič P (eds): *INGEO2002, 2nd Conference of Engineering Surveying*. Bratislava. pp. 165–172.

- Zuliani, M. 2011. *RANSAC for Dummies* <http://www.cs.tau.ac.il/~turkel/imagepapers/RANSAC4Dummies.pdf> utolsó elérés: 2018. szeptember 9.
- Renishaw <http://www.renishaw.hu> utolsó elérés: 2018. szeptember 9.
- XL-80 Brochure (English)

Summary

In my thesis I present the methods of calibration of levelling staffs. The main devices were an interferometer and a CCD sensor during the calibration. The interferometers became the standard for length measurements and the CCD sensors are used to detect the position of the graduation lines. Besides that I present the calibration software, which controls both instruments. Furthermore I introduce the image processing methods I used to detect the lines. At last I present our results and future plans.

Kulcsszavak: szintezőlécek, lécek kalibráció, rendszerkalibráció

Keywords: levelling staffs' calibration, system calibration



Ács Ágnes Mária
MSc egyetemi hallgató

BME Építőmérnöki Kar
földmérő szakirány
acs.agnes@outlook.com



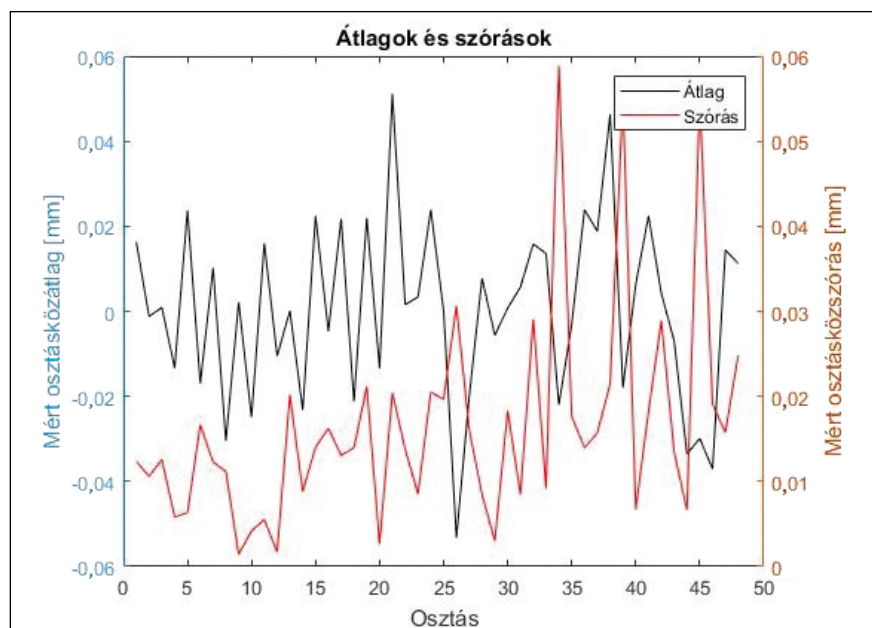
Dr. Égető Csaba
adjunktus

BME Általános és Felsőgeodézia
Tanszék
egeto.csaba@epito.bme.hu



Dr. Rózsa Szabolcs
egyetemi docens

BME Általános és Felsőgeodézia
Tanszék
rozsza.szabolcs@epito.bme.hu



8. ábra. Leica-szintezőlécekre kapott eredmények – a baloldalon a mért osztásközök hibája, míg a jobb oldalon az azokhoz tartozó középhibák értékei láthatóak

A turistatérképtől a QR-kódig

A tömeges turizmus kezdeteinek az ókori olimpiai játékokat, majd a szent helyekre induló keresztény zarándoklatokat tekintik. A korai keresztény zarándoklatoknak a térképészet szempontjából fontos emléke az ókor egyetlen ismert térképe (a Római Birodalom úthálózatát szemléltető rajz) a zarándokok segítségére készült másolat formájában maradt fenn. Ezt igazolják a bibliai szent helyekre utaló megírások a térképen. A muszlimok mekkai középkori vándorlásairól nem maradt fenn térkép, csak néhány pihenőhelyül szolgáló karavánszeráj épülete.

A rendszeres, egyre nagyobb tömeget mozgató turizmus csak a kapitalizmus hajnalán, Angliában alakult ki. Itt születnek meg az első szállodák (1776), az utasokat is szállító postakocsijáratok (1784), majd a közforgalmú vasútvonalak (1825) is. Érdekes, hogy az utasokat segítő, irányító, tájékoztató első útikönyv nem Angliában, hanem német nyelvterületen született meg. A tájat, a látnivalókat leíró rövid ismertető már a 19. század elejétől megjelentek. Az írók, költők élen jártak ebben az utazásaik leírásával. Hazánkban is jól ismeretek Goethe: *Utazás Itáliában* (1816) vagy Heine: *Útirajzok* (1824–1830) című munkái. 1828-ban Koblenzben szintén írótlól (Klein, J. A.) jelent meg egy könyv a Rajna menti utazásról. A Baedeker nyomda- és könyvkiadó-tulajdonos felvásárolta a rajnai utazás kiadóját, majd a szerző halála után a könyvet kicsit kiegészítve, kettős név alatt (Klein, Baedeker) újból megjelentette 1832-ben. A könyv címe: *Rajna menti utazás Mainz és Köln között* (Papp-Váry 2009).

Angliában John Murray kezdte meg – *Kézikönyv utazóknak sorozat* cím alatt – az útikönyvek kiadását. Első útikönyve 1836-ban jelent meg. A két kiadó hosszú időre meghatározó szereplője lett a turizmust segítő könyvek készítésének. Mindkét kiadó egyszínű (feketével nyomtatott) térképekkel egészítette ki kiadványait. Céljuk az volt, hogy olyan segítséget adjanak az



A Baedeker első útikönyvének térképes oldala

utazóknak, hogy egyénileg, külön fizetett vezető nélkül is bejárhassák, megismerhessék az adott területet, ahogy Baedeker írta útikönyvei elején, minden információt megkapjanak a közlekedésről, szállásokról, éttermekről, árakról, borralalókról és a látványokról. A fellendülő turizmust jól jelzi, hogy a két nagy útikönyvkiadó termékei mellett számos egyéb, kisebb kiadvány született. Bizonyíték erre Viktor Hugo megjegyzése, aki 1838–1839-ben utazott a Rajna völgyében. Azt írja úti beszámolójában, „ha egy francia nem tud németül, mint én, hiába fordul a főpincérhez olyan kérdésekkel, amelyek nem fordulnak elő az útikalauzokban.” (Hugo 1842).

Az utazás a szabadidő eltöltésének egyre nagyobb tömegeket vonzó formájává vált. Az utazóknak is két nagy csoportja alakult ki. Az egyik csoport minél több ismeretet szeretett volna kapni a tájról, az épületekről, a terület történetéről és az emberekről. A másik csoport csak a legszebb, legfontosabb műemlékeket kívánta megnézni kevés szöveges információ mellett.

A két csoport igényének kielégítésére különböző típusú térképek és útikönyvek születtek. Az igényes utazók számára egyre vastagabb, egyre több belvárosi térképet tartalmazó kiadványok készültek. A vastag köteteket

nehéz volt használni a forgalmas sétálóutcán vagy egy vár termeiben. A másik csoport igényei nyomán megszülettek a tájat, vagy csak a látnivalókat kis rajzokkal bemutató térképek. Ezek a térképeken a rövid szövegek a térkép kevésbé fontos részein vagy a kereten túl szerepeltek. Az ilyen térképek egy korai példája a mai napig megjelenő grafikus szalagtérkép, Rajna völgyét szemlélteti.

Más megoldást választott az osztrák Freytag & Berndt térképkiadó, a térkép hátoldalára rányomtatta halványszürke színnel az előoldali térképet. Ezen a térképen az adott helyen egy jellel kiemelte a megnézni érdemes épületeket, rövid leírással kiegészítve. Görögország térképük megjelent magyarul is. Nem lett sikere, mert a nagy méretű (A/0) térkép megfelelő összehajtása, az apró betűs megírások olvasása nehézkes volt, és a hajtogatások mentén a térkép hamar szétszakadt.

Az utazók információigényének minél egyszerűbb, kevés helyet igénylő kielégítését egy technikai újítás a QR feltalálása tette lehetővé. Mi is az a QR? A QR-kód (mobilkód) fekete-fehér összevissza futó vonalakkal áll, ránézve nem értelmezhető, kis négyzet alakú rajz. A kódot a japán Denso Wave cég fejlesztette ki 1994-ben. Jelentése



A Rajna-völgy grafikus, szöveges szalagtérképe

Quick Response, azaz gyors válasz. A furcsa rajz megértéséhez, feloldásához, azaz az információ kinyeréséhez kamerával, kódolvasóval, mobilinternet- vagy wifikapcsolattal rendelkező eszközre (mobiltelefonra vagy tabletre van szükség. A telefon kameráját a kódra irányítva az felismeri a furcsa rajzot, megfejti, dekódolja a tartalmat, és

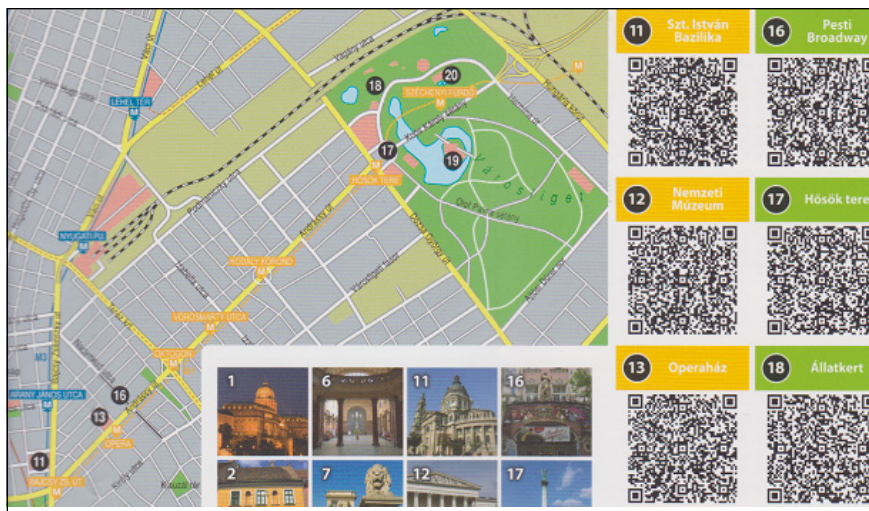
az megjelenik a készülék képernyőjén. A nagyobb múzeumokban, egyes várak helyiségeiben a fülhallgatós tájékoztatás helyett vagy mellett megjelentek a QR-kódok, de egy-egy szép műemlék épülettel szemben az út túloldalán is kitétték a kódot, hogy ott elolvashva lehessen mindent megtudni az épületről.

ügyesnek tűnő ötlet tömegtermékké? A számítástechnika gyors fejlődése tette túlhaladottá az ötletet. A telefonok GPS-vevőkkel való kiegészítése és a felhőalapú adatszolgáltatás terjedése lehetővé tette, hogy a telefont a távoli épületre irányítva a GPS-adatok alapján az adott épületre vonatkozó információkat kinyerjük a felhőalapú adatbázisból. Ez a megoldás szabadtéren érvényesül, az épületek belsejében még tovább használhatjuk a QR-kódot.

Dr. Papp-Váry Árpád

Irodalom

Budapest. A 20 legszebb láttnivaló. 2012. QR-térkép. Kossuth Kiadó Zrt., Budapest.
Görögország kultúrtörténeti tájékoztatóval 1995. 1:650 000, Freytag & Berndt-Cartographia, Budapest.
Papp-Váry Árpád 2009. Gazdaságföldrajz. Budapesti Kommunikációs és Üzleti Főiskola, Budapest, p. 181
The Rhine with commentary from Mainz to Cologne 1996. Rahmel-Verlag GMBH, Fulheim.
Victor Hugo 1842. Rajnai utazás. Táncsics Könyvkiadó. Budapest, 1961. p. 315



A Kossuth Kiadó OkosKönyvének részlete

Bárány Nándor-szobrot avattak a Műegyetemen

Bárány Nándor mint a Magyar Optikai Művek, a Gamma Optikai és Finommechanikai Gyár, a Haditechnikai Intézet munkatársa, az Optikai és Finommechanikai Központi Kutató Laboratórium igazgatója, Kossuth-díjas akadémikus és egyetemi tanár elévülhetetlen érdemeket szerzett a magyar optikai-finommechanikai iparhoz kapcsolódó egyetemi szintű szakemberképzés kialakításában. Mint ipari kutató-fejlesztő mérnök szintén maradandót alkotott. Nem mellékes, hogy e terület szakirodalmának egyik letermékenyebb hazai képviselője volt, de elkötelezett ismeretterjesztőként és – művészi körökben jegyzett – fotográfusként is számon tartják. A Műegyetem Gépészmérnöki Karán, az alkalmazott mérnöki optika művelését felvállaló Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék 2017. november 14-én ünnepélyes keretek között, Bárány Nándor szobrának avatásával emlékezett meg a szervezeti egység elődje, az általa egy évtizeden át vezetett Finommechanika–Optika Tanszék létesítésének hatvanadik évfordulójáról.

Bárány Nándor Kisbéren született 1899. május 31-én. Középiskolai tanulmányait Budapesten a Markó utcai Állami Főreáliskolában végezte. A Műegyetem Gépészmérnöki Karára 1923. szeptember 15-én iratkozott be. Az egész életét meghatározó – optikai irányultságú – szakmai érdeklődésére legnagyobb hatással az Oltay Károlynál 1924 és 1927 között hallgatott Geodézia elemei, Geodézia I. és a Geodézia II. előadások voltak. Kapcsolata professzorával később is megmaradt, későbbi könyvei írásánál négykötetes Geodézia tankönyvére támaszkodott; számos ábrát, felvételt a volt professzora személyesen bocsátotta rendelkezésére. Tanulmányait 1928-ban fejezte be, s került főhadnagyi rangú műszaki tűzér tisztviselőként Süss Nándor Precíziós Mechanikai Intézetéhez – a későbbi Magyar Optikai Művekhez – mint a honvéd ellenőrző kirendeltség

beosztottja, majd vezetője. Itt dolgozott megszakítás nélkül közel két évtizeden keresztül.

Az akkori magyarországi optikai-finommechanikai ipar termékeinek egyik meghatározó megrendelői és felvevői a geodéták voltak. A Magyar Optikai Művek gyártmányai között is döntő hányadot képviseltek a geodéziai műszerek. Báránynak ebben az időszakban nyílt lehetősége az akkori európai műszergyártás fellegrárait meglátogatni, ott személyes és szakmai kapcsolatokat kialakítani. Több alkalommal járt a jéni Zeiss, heerbruggi Wild, a wetzlari Leitz és a müncheni Steinheil-Ertel műveknél. Ebben az időszakban állította össze és adta ki első szakkönyvét *Bevezetés az optikai műszerek elméletébe* címen, amely igen komoly elismerést hozott számára. Második szakkönyve az *Elméleti és gyakorlati műszertan* 1944-ben jelent meg.

A háború után 1946 februárjától a Gamma Optikai és Finommechanikai Gyárhoz került, és ott dolgozott 1947. december 1-jéig tudományos tanácsadóként. Ebben az időszakban jelent meg – a sokak által élete legjelentősebb alkotásának tartott – ötkötetes, az optikai műszerekről szóló, *Optikai műszerek elmélete és gyakorlata* című könyvsorozatának első kötete. Nem sokkal később mint állománybeli tisztet a Honvéd Haditechnikai Intézetbe osztották be, ahol 1949. június 28-ig teljesített szolgálatot, és 1949. április 4-én léptették elő ezredessé. 1949 tavaszán a nehézipari miniszter felügyelete alatt létesített Optikai és Finommechanikai Központi Kutató Laboratórium igazgatójává nevezték ki, itt dolgozott egészen a Műegyetemre kerüléséig.

Kossuth-díjat az elméleti és gyakorlati alapon felépülő műszerek és készülékek megvalósításáért, illetve kivitelezéséért 1951. március 15-én kapott. Az életművét meghatározó hatkötetes *Optikai műszerek elmélete és gyakorlata* című könyvsorozatának további kötetei 1951 tavasza és 1954 tele között jelenetek meg. A harmadik kötetet szinte teljes terjedelmében a geodéziai műszereknek és azok optikai, finommechanikai vonatkozásainak szentelte.

A Magyar Tudományos Akadémia Tudományos Minősítő Bizottsága 1952-ben Bárány Nándort a tudományok doktorává minősítette, majd az Akadémia közgyűlése 1953-ban az MTA VI. Műszaki Tudományok Osztályának levelező tagjává választotta. Egyik ajánlója – a vele már korábban is szakmai kapcsolatban álló – Tárczy-Hornoch Antal, a másik Barta István volt. Székfoglalóját 1954-ben *A pentatükör mint optikai mikrométer* címmel tartotta.

Bárány Nándor a Budapesti Műszaki Egyetem állományába, mint a műszaki tudomány doktora és mint a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja került. Az 1954 elején, a Villamosmérnöki Karon létesített Műszer és Finommechanika Tanszéken lett 1954 májusától, egyetemi docens. Egyetemi tanári kinevezést 1956 augusztusában kapott. Feladata a műszerszakos hallgatók részére meghirdetett optikai jellegű tárgyak gondozása volt. Kiterjedt ipari kapcsolatainak köszönhetően számos tanítványa lett később a finommechanikai, optikai ipar meghatározó képviselője.

1957 augusztusában kapott megbízást a Gépészmérnöki Karon létesített Finommechanika–Optika Tanszék vezetésére. A tanszék megalapításának célja a rohamosan fejlődő műszeripar számára finommechanikai és optikai irányultságú gépészmérnökök képzése volt. Fontos területnek szánták az alkalmazott optikát, amelyben a klaszikus geometriai optikán alapuló tervezési eljárások mellett egyre inkább helyet követeltek maguknak az új, korszerű tervezési módszerek. Mivel az említett szakterületnek korábban Magyarországon nem volt egyetemi szintű oktatása, ezért a tanszék vezetésével megbízott Bárány Nándor első feladata az új oktatási profil kialakítása és szervezeti egységének a Gépészmérnöki Kar oktatási struktúrájába történő beillesztése volt.

Egyetemi működésé alatt számos – az oktatást segítő – egyetemi jegyzete jelent meg; *Optika–Fényméréstan*, *Optomechanika*, *Optimechanika*, *Optikai műszerek*, *A látás (az emberi szem és a fényfelfogó szervek)*, illetve *Technikai fotometria és*

vékonyrétegek (Tengelyrendszerek) címen.

Szakkönyvei között említhető az 1961-ben megjelent *Optimechanikai műszerek*, melyben az optikai törvényszerűségek alapján működő műszereket mutatja be, részletesen tárgyalva a fizikai jellemzők mérésére alkalmas üzemi, laboratóriumi és meteorológiai műszereket. Szintén 1961-ben jelent meg szerkesztésében a *Műszaki Értelmező Szótár 16. kötete Finommechanika, optika* címen, mely a műszaki terminológia tisztázása és fejlesztése terén több évtized elmaradásait és hiányait volt hivatott pótolni e dinamikus fejlődő területen. Szerkesztésében adták ki 1974-ben a *Finommechanikai kézikönyvet*, mely szak- és tankönyvként egyaránt használható; korszerű ismereteket tartalmazott a finommechanika, optika és műszertechnika köréből.

Tízévnnyi – a tanszéken végzett – oktatómunka után 1967 nyarán vonult nyugállományba, de később is tevékenyen vett részt a tanszék munkájában. Bárány Nándor 1977. október 6-án hunyt el, hamvai a gödöllői családi sírboltban nyugszanak. E rendkívül érdekes, sokrétű és ellentmondásoktól sem mentes személy emlékét elsősorban a még élő tanítványai, munkatársai és művei őrzik. A ránk maradt alkotásai alapján méltán tekinthetjük a huszadik századi magyar optikai, finommechanikai és műszeripar egyik legkiemelkedőbb alakjának.

Az alkalmazott optikai irányultságú mérnökök képzése vonatkozásában a Műegyetem országosan egyedülállónak tekinthető. A Villamosmérnöki Karról a Gépészmérnökre 1957-ben átkerülő képzés a gépgyártástechnológia szak ágazati keretei között indult. Célkitűzése volt, hogy a hallgatók olyan elméleti és gyakorlati optikai képzést nyerjenek, amely alapján bármilyen üzemben, gyárban, laboratóriumban és kutatóintézetben a legkülönbözőbb optikai műszereket alkalmazni tudják, azok teljesítményét optikai szempontból elbírálni képesek legyenek. Biztosítva legyen az is, hogy a hallgatók közül a legjobbak

optikai rendszertervezőként is alkalmazást nyerhessenek.

A 2005-2006-os tanévtől bevezetett kétciklusú képzésig az alkalmazott optika oktatása a műszertechnika ágazat, illetve a modulrendszer bevezetése után a Finommechanika-Optika modul keretei között folyt. A kétciklusú képzésen belül a terület a mechatronikai mérnöki szak felügyelete alá került; a kar által meghirdetett és indított szak mindkét ciklusában optomechatronikai specializációt is választhatnak a hallgatók. A mérnöki, alkalmazott optika felsőfokú képzésének keretét adó mechatronika szak tudományterülete a gépészet, az elektronika és az informatika egymás hatását erősítő, szinergikus integrációját jelenti a gyártmányok és folyamatok tervezésében és gyártásában. Az optomechatronika specializáció célkitűzése, hogy a hallgatók a képzés során jártasságot szerezzenek a mechatronikai rendszerekben megjelenő optikai, érintésmentes mérés-technikai megoldások terén. Ismereteik kiterjedjenek az optikai rendszertervezés, a lézertechnika, a képfeldolgozás, az optikai mérés-technika és technológia releváns területeire. A képzés sikerének bizonyítéka, hogy jelenleg a tanszék által gondozott mechatronika szakra országos szinten is csak rendkívül magas pontszámmal lehet felvételt nyerni.

A tanszék – a Gépészmérnöki Kar egyik legnagyobb szervezeti egységként számos – gyakran cserélődő – tudományterületet művelt, de az optikához mindig hű volt, az az oktatási választékában folyamatosan szerepelt. Ezt érzékelteti a tanszék jelenlegi neve is, melyben a mechatronika és az informatika mellett biztos pont az optika.

A jelenlegi tanszék munkatársai ápolják és őrzik az egykori Finommechanika-Optika Tanszék első vezetőjének emlékét. Ennek fontos eseménye volt, hogy a szervezeti egység létrehozásának hatvanadik évfordulóján – 2017. november 10-én – a Műegyetem D épületének aulájában leleplezték Máthé Krisztián szobrászművész Bárány Nándort ábrázoló mell-szobrát. Az ünnepségen a nagyszámú hozzátartozó, tisztelő és volt tanítvány



Bárány Nándor mellszobra; Máthé Krisztián szobrászművész alkotása

mellett részt vett Józsa János rektor, Korondi Péter tanszékvezető és Szabó Tibor, a Gépészmérnöki Kar képviseltében. A szoboravatással a tanszék méltó emléket állított Bárány Nándor egyetemi tanárnak, számtalan egyedi műszerszerkezet kidolgozójának, a műszerfejlesztés nemzetközi hírű szakemberének, aki mint kutató-fejlesztő, ipari mérnök, katonai mérnök, ismeretterjesztő, szakíró és mint fotóművész egyaránt maradandót alkotott, így méltán tekinthetjük a huszadik századi magyar műszeripar egyik legkiemelkedőbb alakjának.

*Antal Ákos
Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Mechatronika, Optika és
Gépészeti Informatika Tanszék*

Forrás

Fejér Zoltán 2008. Tudós fotós. Dr. Bárány Nándor munkássága Magyar Fotográfiai Múzeum, Kecskemét
Antal Ákos 2007. Bárány Nándor a Műegyetemen. OMM Elektrotechnikai Múzeuma, Budapest

Rendezvények

Intézőbizottsági ülés

A Társaság intézőbizottsága hosszabb nyári szünet után, 2018. szeptember 17-én tartott értekezletet.

Az ülés napirendjén a következő pontok szerepeltek:

1. Az MFTTT 2017. évi gazdálkodásáról készült könyvvizsgálói jelentés áttekintése
2. Az MFTTT 2018. I. félévi pénzügyi helyzete és 2019. évi költségvetésének tervezete
3. Az MFTTT 2018. évi őszi rendezvényei
4. A 2019. évi Vándorgyűlés
5. Egyebek

Dr. Ádám József elnök a napirend tárgyalásának megkezdése előtt felkérte Horváth Gábor Istvánt, hogy tájékoztassa a testületet a földügyi vezetés területén bekövetkezett változásokról.

Horváth Gábor elmondta, hogy az Agrárminisztérium új Szervezeti és Működési Szabályzata szerint a Földügyi és Térinformatikai Főosztály a földügyekért felelős államtitkár, dr. Bitay Márton irányítása alá került. A közvetlen felügyeletet dr. Nagy János földügyekért felelős helyettes államtitkár látja el. Szeptember 1-jével Horváth Gábor főosztályvezetői megbízását visszavonták; a főosztály új vezetője dr. Nagy Levente lett. (A főosztályvezető

az IB-ülés után ismerkedő látogatáson fogadta dr. Ádám József elnököt, Zsilvölgyi Csaba alelnököt és Dobai Tibor főtitkárt. A kb. 30 perces találkozó során érintették a Főosztály és a Társaság közös feladatait. Dr. Nagy Levente támogatásáról biztosította a Társaság vezetőségét és kifejezte együttműködési készségét.) A kormányzat újragondolja az osztatlan közös tulajdon megszüntetésének programját, és célul tűzi ki az osztatlan tulajdon valamennyi fajtájának megszüntetését. Ennek a munkának a támogatására új osztály jön létre a Földügyi és Térinformatikai Főosztályon belül.

A földügyi felső vezetés változásaihoz kapcsolódva Iván Gyula informális értesülések alapján jelezte, hogy változások várhatóak a BFKH Földmérés, Távérzékelési és Földhivatali Főosztály helyzetében is. Az értesülések szerint már a főosztály vezetője, Fekete Gábor látja el a Lechner Tudásközpont igazgatói feladatait is, és január 1-jével várható a főosztály és a Lechner Tudásközpont fúziója.

Az elnök megköszönte a tájékoztatókat, és a testület rátért a napirendek megtagyaglására.

A könyvvizsgálói jelentést az IB tagjai előzetesen megkapták, és megismerhették a legfontosabb megállapítást: „Véleményünk szerint a mellékelt

egyszerűsített beszámoló megbízható és valós képet ad a Társaság 2017. december 31-én fennálló vagyoni és pénzügyi helyzetéről, valamint az ezen időponttal végződő üzleti évre vonatkozó jövedelmi helyzetéről a Magyarországon hatályos, a számvitelről szóló 2000. évi C. törvénnyel összhangban. Az egyszerűsített éves beszámoló általunk végzett könyvvizsgálataival kapcsolatban a mi felelősségünk a közhasznúsági melléklet átolvasása és ennek során annak mérlegelése, hogy a közhasznúsági mellékletben foglalt egyéb információk lényegesen ellentmondanak-e az egyszerűsített éves beszámolóknak vagy a könyvvizsgálat során szerzett ismereteinknek, vagy egyébként úgy tűnik-e, hogy azok lényeges hibás állítást tartalmaznak. Ha az elvégzett munkánk alapján arra a következtetésre jutunk, hogy a közhasznúsági melléklet lényegesen hibás állítást tartalmaz, kötelességünk erről és a hibás állítás jellegéről jelentést tenni. Ebben a tekintetben nincs jelenteni valónk.” A könyvvizsgálat részleteit, a közben felmerült kérdéseket tartalmazó könyvvizsgálati munkalap a titkárságon megtekinthető. Számviteliileg megnyugtató módon rendeződött a Társaság tulajdonát képező Szent Tamás-szobor ügye is. A könyvvizsgáló megjegyezte, hogy javult a Társaság adminisztrációs fegyelme is.

MFTTT 2018. évi költségvetési terve (ezer forintban) Elfogadva a 2017.12.12-i közgyűlésen)		2018. szeptember 12-i pénzügyi állapot (Bankszámlán elérhető egyenleg: 9 956 045 Ft)		2019 TERV
		eddig beérkezett / kifizetett (ezer forintban)		(ezer forintban)
Értékesítés nettó árbevétele (rendezvények és kiadvány/GK előfiz. + hird., egyéb)	5500	4470	A tavaszi rendezvényekből befolyt. Őszi rendezvényekből várható további 1-1,5 millió Ft eredmény.	7000
Tagdíj	5000	6555	Ebből 2 150 000 Ft az NKP Kft. támogatása jogi tagdíj formájában; egyéni tagdíj: 2 707 000 Ft, a többi jogi tagdíj.	5500
Támogatások	3500	4550	GK tavalyi NKA támogatása 1,8 M Ft, FM nemz. tdíjak ' M, és NKA tavaszi EFGN-re 800 E Ft, GK 2018-ra 800 E; tavalyi működés NEA támogatása 150 E Ft	4000
Összes bevétel	14 000	15 575		16 500
Rendezvények és szaklap (GK) ráfordításai	3500	Az őszi rendezvények eredménye és a már biztos, de még nem számlázott hirdetések, valamint a Bp. és Pest MMKamara támogatása bőven fedezi a következő 3-4 havi kötelezettségeinket.		4000
Nemzetközi tagdíjak	1200			1200
Működés és egyéb ráfordítások, egyéb költségek	3000			3000
Személyi jellegű ráfordítások (mbér és járulékai)	5400			7000
Összes ráfordítás	13 100	14 236		15 200
Eredmény	900	1339		1300



A Társaság 2018. évi pénzügyi helyzetét és a 2019. évre vonatkozó tervet egy egyszerűsített táblázatban foglalta össze Szrogh Gabriella ügyvezető titkár, amelyet az ülés előtt eljuttatott az IB tagjaihoz.

A pénzforgalmi szemléletű táblázat adatai alapján az ez évi működés anyagi háttere biztosított. A 2019. évre tervezett számok óvatossággal alacsonyabbak. A bevételek között a jövő évi vándorgyűléssel is számolt az ügyvezető titkár. A tagdíjbevételek között az NKP Nkft. kiemelt összeggel szerepelt 2018-ban, amely még nem biztos a következő évre. Szrogh Gabriella már korábban is jelezte nyugdíjba vonulási szándékát, és az utódjának időben történő felvételére, annak pénzügyi vonzatára figyelmeztette a testületet. A nemzetközi szervezeteknek fizetett tagdíjakat az elmúlt

években az FM-től kapott támogatásból fizette a Társaság. Ádám József felkérte Zalaba Piroskát, hogy tájékozódjon a jövő évi pályázati lehetőségekről. Iván Gyula a BFKH FTFF és a Lechner TK tervezett fúziója után a Társaságnak nyújtott támogatást érintő lehetséges következményekre hívta fel a figyelmet.

A 2019-re vonatkozó költségvetés végleges tervezetét a decemberi közgyűlésre kell elkészíteni és jóváhagyásra előterjeszteni.

Az MFTTT területi szervezetei és az ügyvezetés gazdag őszi programot szerveztek. A Társaság honlapján a „Rendezvények” menüpontban látható események közül a nyíregyházi szakmai napra (09. 20.) és a zalai geodétatalálkozóra (09. 26.) a programot is el lehetett olvasni és jelentkezni is lehetett az IB-ülés időpontjában.

Szervezés alatt álltak az osztatlan közös tulajdon megszüntetésére indított program (OKTM) évenként ismétlődő konferenciája (két időponttal: 10. 01. és 10. 08.), a pécsi (10. 10.), a fővárosi (10. 17.) és a békéscsabai (11. 21–22.) földmérőnapok.

Az OKTM konferenciának az Agrárminisztérium Darányi-terme ad helyet, és a tervek szerint az új földügyi vezetés képviselői is üdvözlökt a résztvevőket. A program véglegesítése még kis szervezőmunkát igényelt. A Fővárosi és Pest megyei Földmérőnap programja már teljes volt. Ennek a rendezvénynek ismét az MH Geoinformációs Szolgálat nyújt otthont.

Szrogh Gabriella jelezte, hogy a Társaságunk ez évben is részt vesz a Földtudományos Forratag interaktív GEOkiállításon a Természettudományi Múzeumban, és részvételre buzdít mindenkit 2018. november 11–12-én.

A Társaság soron következő vándorgyűlését Békéscsabán tervezi megrendezni 2019. július 04–06. között. A konferencia helyszíne a Csabagyöngye Kulturális Központ lesz, amely színháztermével és különtermeivel kényelmes és korszerű feltételeket biztosít a két-évenkénti nagy seregszemlének.

Dobai Tibor főtítkár elmondta, hogy már bírjuk a Békés megyei Kormányhivatal vezetőjének támogatását. A helyi szervezőbizottság is megalakult, Hajtman Zoltán vezetésével. Az IB az elnök javaslatára határozatban bízta meg a program- és szervezőbizottság tagjait (Dobai Tibor elnök, Iván Gyula, Szrogh Gabriella, Zsilvölgyi Csaba és Buga László tagok) a rendezvény megszervezésével. Még nincs megfogalmazva a vándorgyűlés szakmai jelmondata, amely jelzi a konferencia fő témakörét és amelyhez kapcsolódhatnak az előadások. Az erre vonatkozó javaslatokat szívesen várja a szervezőbizottság. (Kézenfekvő lenne a szakmánk perspektíváival foglalkozó témakör kijelölése, különös tekintettel a technikai-technológiai fejlődésre, a civil és kormányzati felhasználók igényeire és a központi adminisztráció által kialakított feltételekre.)

Az egyebek napirend keretében Hetényi Ferencné beszámolt a július 1-jén a Szent Tamás-szobornál négy fővel megtartott koszorúzásról, amelyet



Csabagyöngye Kulturális Központ, Békéscsaba (Forrás: https://www.facebook.com/pg/CsabagyongyeKulturalisKozpont/photos/?tab=photos_albums)

hagyománnyá kellene fejleszteni. Ezután tájékoztatta az IB-t a szeptember 7-8-án lezajlott (a résztvevők által egyöntetűen nagyon sikeresnek minősített) semmeringi kirándulásról. A Társaság honlapján mindkét eseményről olvasható beszámoló. Az IB határozatban köszönte meg Hetényi Ferencnének és Szrogh Gabriellának a szervezőmunkát. Hetényi Ferencné elmondta, hogy a Szenior Klub (az ügyvezetéssel közösen) jövőre Csehországba szeretne kirándulást szervezni.

A CLGE következő, tisztújító közgyűlésére 2018. október 04-06. között kerül sor. Domokos György kérte az IB-t, hogy mérlegelje a magyar képviselő részvételének támogatását, különös tekintettel a tisztújításra és arra a körülményre, hogy a 2019. évre (magyar javaslatra) Eötvös Lorándot jelölték az év földmérőjének. Fel kell készülni a jövő évi brüsszeli központi rendezvényre, ahol a mi feladatunk lesz Eötvös munkásságának bemutatása. A bemutató anyagok elkészítésére célszerű lenne a BME Általános és Felsőgeodézia Tanszék munkatársait felkérni. Rendezni kell a magyar képviselet kérdését is. Eredetileg három szervezet, az MFTTT, az MMK Geodéziai és Geoinformatikai Tagozata valamint a Magyar Földmérő és Geoinformatikai Vállalkozások Egyesülete vállalta a képviseletet és az ezzel járó költségeket. Időközben az MFGVE véleménye a magyar részvétel fontosságáról megváltozott, és nem vesz részt a közösen vállalt képviseletben. A maradék két szervezetnek kell új megállapodást kötni. Siki Zoltán az MMK GGT elnöke emlékeztette az IB-t, hogy részükről Vidovenyecz Zsolt a CLGE összekötő. Az IB miután határozatban támogatta a közgyűlésen való magyar részvételt, felkérte Domokos Györgyöt, hogy egyetessen Vidovenyecz Zsolttal a barcelonai közgyűlésen való részvételről. Az IB határozatban kötelezte magát egy ad hoc bizottság felállítására a következő ülésén az Eötvös-évvvel kapcsolatos teendők ellátására.

Iván Gyula javasolta még, hogy Társaságunk vegye fel a kapcsolatot a magyar geofizikusokkal az Eötvös-év közös előkészítése érdekében.

Ádám József tájékoztatta az IB-t, hogy az MTA-hoz, a civil szakmai szervezetek támogatására kiírt pályázat

keretében benyújtott kérésünk – forráshiány miatt – eredménytelen volt.

Az elnök kijelölte a következő IB-ülés (10. 29.) valamint az évzáró testületi értekezletek és közgyűlés időpontját (12. 10.), majd megköszönte a megjelentek munkáját, és berekesztette az ülést.

Buga László

Kirándulás Semmeringbe

Az idei Európai Földmérők és Geoinformatikusok Napján merült föl a gondolat először, hogy jó lenne szervezeten meglátogatni a híres ausztriai Semmeringet, melynek apropóját az adta, hogy a CLGE által 2018-ban az év földmérőjének jelölt osztrák mérnök, Carl von Ghega nevéhez kapcsolódik az ausztriai Gloggnitztól Mürzzuschlagig tartó semmeringi vasút tervezése és építése. Társaságunk Szenior Klubjának titkára, Hetényi Ferencné, Erzsike vállalta magára az utazás szervezését. A kirándulásra 2018. szeptember 7-8. között került sor.

Utunk első állomása Gloggnitz városában volt, ahol meglátogattuk a Lindt csokoládégyár mintaboltját. A gyárat bemutató rövidfilm megtekintésére sajnos nem volt időnk, de lehetőségünk nyílt a csokoládékészleteink feltöltésére.

Innen Payerbach hangulatos településére utaztunk, ahol a vasútállomáson a vonatindulás előtt néhány

vasúttörténeti érdekességet, elsősorban mozdonyokat vehettünk szemügyre, majd felszálltunk az UNESCO Világörökség részét képező híres semmeringi vasútra.

A vonat ablakából sajnos keveset lehetett látni a pálya lélegzetelállító szépségű kőviaduktjaiból, viszont a táj szépsége is nagy élményt nyújtott. Utazásunk a végállomásig, Mürzzuschlagig tartott. Ezután megtekintettük az állomásépület mellett a Südbahnmuseumot, melyet helyi vezetővel jártunk végig. Megcsodáltuk a kiállított vasúti járműveket, mozdonyokat, és érdekességeket tudhattunk meg a semmeringi vasútvonal építésének történetéről.

A semmeringi vasút teljes hossza 41 km, közben a szintkülönbség 460 méter. A vasút 14 alagúton, 16 viadukton, több mint 100 kőhídon és 11 vas hídon halad át. A leghosszabb alagút 1431 méteres, a viaduktok között vannak kétszintesek is. A teljes hosszúság 60%-ában a lejtő meredeksége 20-25%. A pálya építéskor a támfalakat, a kiszolgáló épületeket és az állomásokat gyakran az alagútfúrásnál kitermelt anyagból építették.

Gondot okozott, hogy az építés idején a távolságokat nem lehetett kellő pontossággal lemérni a tervezéshez, ezért új eszközöket és módszereket kellett kifejleszteni. A távolság megtételéhez új típusú mozdonyok gyártására volt szükség, ami lökést adott a vasúti közlekedés fejlődésének. Az alagutak és viaduktok építésénél 20 000 ember dolgozott hat éven át, ami műszaki



Ami a vasútból látszódott a vonatról (Fotó: HBA)



Panoráma a Hirschenkogelről (Fotó: HBA)

és munkaszervezési szempontból is nagy teljesítményt jelentett. A dolgozók kb. egyharmada nő volt. Az építkezés során 89-en haltak meg munkabalesetben és több százan különböző betegségekben, például kolerában. Az építkezést 1854-ben fejezték be, de az első mozdony már 1853. október 23-án megtette a Mürzzuschlag-Payerbach távolságot. Kevéssel ezután már a vasút teljes hossza járható volt. 1854. május 16-án I. Ferenc József császár együtt utazott a vasútvonalon a tervezővel. 1854. július 17-én adták át a vonalat. Mivel azonban ez csak egy része volt a teljes déli vasútvonalnak, ünnepélyes megnyitóra nem került sor. Eleinte csak személyforgalmat bonyolítottak rajta keresztül, de 1868-tól kezdve már az áruforgalomnak is megnyitották. 1956 és 1959 között a vasútvonalat villamosították. Míg 1860-ban a menetidő 2 óra 4 perc volt, ez 1938-ban 1 órára, 1990-re pedig 42 percre rövidült.

A bemutató végén egy K. u. K. vagonban igazi osztrák kávéval és süteménnyel vendégelték meg a csoportot. A létszámunk miatt nem mindenkinek jutott hely a vasúti kocsiban, de a kávéról és a sütiről senki sem maradt le. A kávészünet után továbbutaztunk Semmeringbe, ahol egy kis bolyongás és adminisztrációs egyeztetés után elfoglaltuk a szállásunkat és elfogyasztottuk a vacsoránkat.

Másnap a reggeli után felvonóval „kapaszkodtunk” föl a Hirschenkogel hegycsúcsára (1340 m), ahonnan a Millennium kilátóból remek panoráma tárult elénk a Rax, illetve a Schneeberg hegytömbjeire. Az útikönyvek szerint szép idő esetén az Alpok számos csúcsa látható a kilátóból. Az időjárásra ugyan nem lehetett panaszunk, de

a Napnak meglehetősen sok felhő állt rendelkezésre az égen, hogy bújócskázhasson.

Itt a hegy tetején tartottunk egy kis szabadidőt, így volt időnk gyönyörködni a tájban és élvezni az alpesi levegőt. A séta után a többség felvonóval – a merészebbek és sportosabbak gyalogszerrel – ereszkedtek vissza a településre, ahol ebédig még volt időnk a helyi „Billa” üzletben egy kis vásárlásra és/vagy egy korsó sör elfogyasztására valamelyik vendéglő teraszán.

Az ebédünket az előző éjjel a számunkra szállást is nyújtó panzióban fogyasztottuk el, majd a semmeringi vasútállomást kerestük fel, ahol szintén található egy kis vasúttörténeti múzeum az állomásépületben. Itt további vasúttörténeti érdekességeket és a vasút építésének történetével kapcsolatos emlékeket láthattunk. A semmeringi vasútállomáson található a vasútvonal tervezőjének, Carl Ritter von Gheganak emléket állító

emlékmű, amely előtt közös fényképet is készítettünk.

A múzeumlátogatás után folytattuk utunkat Maria Schutzba, ahol egy híres Mária-kegytemplomot tekinthetünk meg. Mivel a kegyhelyen éppen kisbúcsú volt (szeptember 8., Kisasszony napja), árusok sokasága mellett sétálhattunk be a templomhoz, ahol éppen istentiszteletet tartottak.

Ausztriában ma is könnyen bukkanunk olyan szálakra, amelyek összekötik országainkat. Szó szerint ilyen a Mária-út, amely Mariazellből vezet át hazánkon egészen Csíksomlyóig. A zarándokút egyik ausztriai állomása Maria Schutz (Mária Oltalma), vagy ahogyan nevezik még, Semmering ékszerdoboz. Kéttornyú barokk stílusú temploma 1738-ban épült, egy csodatevő, gyógyító forrás fölé, amely ma közvetlenül a szentély mögött csordogál. Az évszázadok során tűzvész és földrengés egyaránt sújtotta a gazdagon aranyozott oltárokkal és



A kirándulás résztvevői a Ghega-emlékműnél

kegyszobrokkal rendelkező zarándoktemplomot. Történetének egyik legkiemelkedőbb dátuma 1925., amikor Pfiff bíboros, bécsi érsek a passiók rendnek adományozta, és rendházat építtettek hozzá. Azóta élnek falai között szerzetesek, akik napi egyórás imával adóznak Jézus Krisztus szenvedéstörténetének. Maria Schutz csodatevő forrása mellett híres ízletes fánkjáról. A közeli éttermekben, illetve a fánkárusoknál mindig lehet óriás fánkot vásárolni.

A leírások szerint habkönnyű harapnivalót – Klosterkrופן = kolostorfánk

– egy kávé kíséretében megkóstoltuk, és megállapítottuk, hogy az aznapi sütés nem fogja öregbíteni a fánk hírnevét. Gyönyörködhetünk azonban az élénk táruló látványban, amelyet a Schottwien-völgyhíd ural. A kecses építményt 1989-ben nyitották meg, a vele egyező nevű mezőváros felett ível át 130 méter magasban, hosszúsága 682 méter, egyike a leghosszabb osztrák betongerendahidaknak.

Egy korábbi balesetről szóló hírek okozta izgalmak után végül is „eseménytelen” buszozás után a tervezett időben értünk Budapestre, az esti órákban.

A kellemes időben jó társasággal eltöltött két nap után nem maradt más, mint köszönetet mondani a kirándulás egész ideje alatt is fáradhatatlanul gondoskodó Hetényi Ferencnének az élménydús kirándulás megszervezéséért és várni a következő (Csehországba tervezett) túra kezdetét. A kirándulásról a Társaság „fotókrónikása”, Hodobay-Böröcz András által készített fényképek a honlapunkon a Képtárban láthatóak.

Buga László

Nekrológ



Dr. Szőke Tasi Sándor

1934–2018

Szomorúan vettük tudomásul a hírt, hogy dr. Szőke Tasi Sándor 2018. július 5-én, életének 84. évében elhunyt. Életpályájában egy megpróbáltatásokkal nehezített magánélet, illetve a földrajzi térképészet szakterületén elért kimagasló eredmények mérföldkövei bontakoznak ki. Pesterzsébeten született 1934. augusztus 3-án. A gyermekkor vidám családi éveit a világháború borzalma változtatta meg: Budapest ostroma során mindkét szülőjét elvesztette. NÉKOSZ-kollégistaként, majd a csepeli állami kollégiumban folytatott középiskolai tanulmányait követően 1952-ben érettségizett. Ettől az évtől kezdve 1956-ig katonai szolgálatot teljesített, elvégezte a csapattiszt

iskolát. 1954-ben (már tisztként) megnősült. Első gyermeke csecsemő korában meghalt. 1956-ban a fővárosba költözött, és a Budapesti Geodéziai és Térképészeti Vállalatnál térképrajzolóként helyezkedett el. 1957-ben megszületett Zoltán fia. 1959-től 11 éven át a Kartográfiai Vállalatnál dolgozott térképrajzoló, majd csoportvezető beosztásban. 1961–66 között levelező szakon elvégezte az ELTE földrajz-térképész szakát. 1970-től 1978-ig a FÖMI tudományos főmunkatársa a Geokartográfiai osztályon. 1975-ben olasz nyelvből középfokú állami nyelvvizsgát tett, 1978-ban pedig megvédte egyetemi doktori disszertációját. Ezekben az években élénken foglalkoztatta egy átfogó, a korábbinál sokkal szélesebb természeti és társadalmi-gazdasági adatsorok térbeli bemutatását lehetővé tévő új magyar nemzeti atlasz megvalósítása. Elképzeléseit már doktori dolgozatában is kifejtette. 1978-ban egyebek mellett főként azért pályázott a Mezőgazdasági és Élelmiszerügyi Minisztérium Országos Földügyi és Térképészeti Hivatalának OFTH) kartográfiai osztályán meghirdetett állásra, hogy az előkészület alatt álló nemzeti atlaszon dolgozhasson, és erre vonatkozó terveit valóra válthassa. Foglalkozott a földmérési alaptérképek rajzi és sokszorosítási eljárásainak korszerűsítésével, illetve tevékenyen részt vett a topográfiai térképészes,

légi fényképezés számos területével is. 1985-től ellátta a hivatalvezető tanácsadó testületének, az OFTH Geodéziai és Kartográfiai Bizottságának titkári feladatait is. A nemzeti atlasz 1989-ben történt kiadását követően – az abban való kiemelkedő teljesítményéért – 1990 márciusában megosztott Széchenyi-díjban részesült. Hivatali éveinek végén, három éven át főosztályvezető-helyettesi beosztásban, részt vett a 90-es évek kárpótlási kormányzati munkáinak földhivatali irányításában. Munkáit mindig katonás, nyugodt hatékonyssággal, gyorsan végezte el. Mellette jutott ideje kollégái gondjaira is: 1985-től főosztályi szakszervezeti bizalmiként is tevékenykedett. Élete 1994-ben történt nyugdíjazásával sem vált könnyebbé. 2005-ben – gyógyíthatatlan betegségben – meghalt nagy odaadással nevelt fia. Két évvel később szerzett feleségét, Icát is el kellett temetnie. Unokái és menyé azonban sok vigaszt adtak az életút vége felé, és ő maga, amíg tehetett, szívesen vett részt a Széchenyi-díjasok éves találkozásán. Térképészeti munkájára és kedves személyiségére mi, egykori munkatársai is sokáig fogunk emlékezni. Hamvait a református egyház szertartása szerint 2018. július 25-én a pesterzsébeti temetőben helyezték örök nyugalomra.

Kedves Sanyi, nyugodj békében!

Pokoly Béla

A részarány földkiadás során keletkezett osztatlan közös tulajdon megszüntetése projekt végrehajtása során alkalmazott jogi szolgáltatói iratminták (2. rész)



Az egyezségi meghívó ismertetését követően a meghívóhoz kapcsolódó kérelmezői nyilatkozat, valamint a meghatalmazás iratminta tartalmi elemeit mutatjuk be.

A jogi szolgáltatónak az egyezségi tárgyalás lezárultát megelőzően ki kell kérnie a **kérelmező tulajdonostársak nyilatkozatát** a kérelem fenntartására vonatkozóan. Az egyezségi tárgyaláson meg nem jelent kérelmezőt úgy kell tekinteni, mint aki fenntartja a kérelmét. A kérelem az eljárás következő szakaszaiban viszont már nem vonható vissza.

A megosztási eljárásban a jogi szolgáltató feladatai közé tartozik:

1. az alábbi nyilatkozatok beszerzése arra vonatkozóan, hogy
 - az uniós állami támogatás visszatéríttetésére vonatkozó eljárás a kérelmezővel szemben fennáll-e,
 - a 702/2014/EU bizottsági rendelet I. mellékletében meghatározott feltételeknek megfelelő vállalkozásnak tekinthető-e a kérelmező,
 - az európai uniós versenyjogi értelemben vett állami támogatásokkal kapcsolatos eljárásról és a regionális támogatási térképről szóló 37/2011. (III. 22.) Korm. rendelet szerinti nehéz helyzetben lévő vállalkozásnak minősül-e a kérelmező,
2. a kérelem fenntartásával kapcsolatos nyilatkozatok beszerzése.

A kérelmezőnek az első egyezségi tárgyalás lezárásáig meg kell tennie a fenti 1. pont szerinti nyilatkozatokat. Ha a kérelmező nem tesz nyilatkozatot, vagy visszatéríttetési eljárás alatt áll, vagy nehéz helyzetben lévő vállalkozásnak minősül, kérelmét visszavontnak kell tekinteni.

Amennyiben minden kérelmező visszavonja kérelmét, a járási hivatal megszünteti az eljárást.

Az egy kérelmezős földrészlet esetében a jogi szolgáltató a földrészlet természetbeni és ingatlan-nyilvántartási egyezőségéről szóló értesítést követő 30 napon belül szerezheti be a fenti nyilatkozatokat. A nyilatkozatokról vagy azok hiányáról a nyilatkozatok kézhezvételét vagy a határidő elteltét követő 8 napon belül elektronikus úton tájékoztatja a járási hivatalt és a földmérő vállalkozót.

Egy kérelmező esetén a jogi szolgáltatónak ki kell kérnie a kérelmező tulajdonos nyilatkozatát arról is, hogy szándékozik-e teljes körű egyezségeket kötni. A teljes körű egyezség kialakításának szándéka a teljes körű egyezség kialakítására vonatkozó határidő alatt bármikor visszavonható. A nyilatkozat tartalmáról, vagy az esetleges visszavonásról a jogi szolgáltató elektronikus úton haladéktalanul tájékoztatja a járási hivatalt és a földmérőt.

A jogi szolgáltató a kérelmező/tulajdonos részére **meghatalmazás-mintát** küld, melynek kitöltését és aláírását követően a meghatalmazott eljárhat a kérelmező/tulajdonos helyett és nevében a tárgyaláson, helyette jognyilatkozatot tehet, az iratokba betekinthet.

Az egyezségi okirat aláírásához azonban kizárólag közjegyző által készített okiratba vagy ügyvéd által ellenjegyzett magánokiratba foglalt meghatalmazás alkalmazható.

További jogi szolgáltatói iratminták tartalmát a következő lapszámainkban ismertetjük.

MAGYAR KÖZIGAZGATÁSI HATÁROK ÚJ DÍJSZÁMÍTÁS!

**EGYSZERŰSÍTETTÜK AZ MKH DÍJSZÁMÍTÁSÁT, ÉS
AZ ÁRAINKAT IS JELENTŐSEN CSÖKKENTETTÜK.**

MIT JELENT AZ MKH?

Az adatbázis a magyarországi közigazgatási határok adatait tartalmazza különböző szinteken:

országhatár
régióhatár
megyehatár
járáshatár
kistérség-határ
településhatár
belterülethatár
különleges külterületi (zártkerti) határ

MIT JELENT A FELBONTÁS?

Lényege, hogy mennyire részletgazdag a határ:

1 m
2 m
5 m
10 m
20 m

MITŐL FÜGG AZ ÚJ ÁR?

Mostantól kizárólag:

a határ szintjétől (adattartalom),
a felbontástól és
a megrendelt darabszámtól.

MILYEN FORMÁTUMOKAT RENDELHET?

Gyakorlatilag minden elterjedt
CAD és GIS vektoros formátumot.

TOVÁBBI RÉSZLETEK A HONLAPUNKON ÉS A GEOSHOP.HU-N.



BUDAPEST FŐVÁROS
KORMÁNYHIVATALA

Földmérési, Távérzékelési és Földhivatali Főigazgatóság
1149 Budapest, Bosnyák tér 5. – 1592 Budapest, Pf.: 585
Telefon: +36 (1) 222-5101 – Fax: +36 (1) 222-5112
E-mail: geoshop@geoshop.hu – Honlap: www.geoshop.hu