



GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA



2025 / 3
LXXVII. ÉVFOLYAM



OGPSH alappont pótlása a Gellért-hegyen
Pontfelhők geometriai és attribútumtorzulásai
Kazahsztáni jövőbeli éghajlati zónák előrejelzései
közötti variabilitás
A földmérési munkák gyakorlati árainak feltérképezése
Hírek, rendezvények
Műszerismertetés





**Minősített elektronikus aláírás
MFTTT tagoknak
29.750 Forint
1 év, korlátlan aláírás**

Miért használjak FlintSign elektronikus aláírást?

A **FlintSign.hu** megoldása lehetővé teszi, hogy földmérőként:

- online, gyorsan igényelj aláírást (akár 15 percen belül),
- megfelelj a törvényi előírásoknak,
- az aláírás rendkívül egyszerű, egy letisztult WEB alapú alkalmazással vagy mobiltelefonnal

elvégezhető,

• csokorba fűzve egyszerre tudsz fényképeket, térképeket, dokumentumokat,
praktikusan

bármilyen file-t aláírni,

• dokumentumaidat biztonságosan tárold, és egyszerűen továbbítsd az ügyfeleknek
vagy

hivataloknak.

Ahhoz, hogy megfelelj az új előírásoknak, **elkerüld az ügyintézési akadályokat**, és

jogszerűen folytathasd a munkádat az E-ING bevezetését követően, **elkerülhetetlenné**

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



AZ AGRÁRMINISZTERIUM 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:

1111 Budapest, Budafoki út 59.
E-mail: mfttt.titkarsag@gmail.com;
Web: https://www.mfttt.hu/

FŐSZERKESZTŐ/EDITOR-IN-CHIEF:

Dr. Földváry Lóránt

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG/EDITORIAL BOARD:

Böröcz Balázs, Dr. Bozsó István, Dr. Busics
György, Dr. Cserép Máté, Dr. Gercsák Gábor, Iván
Gyula, Dr. Jung András, Dr. Karátsón Dávid, Dr.
Kovács Péter, Dr. Kristóf Dániel, Dr. Lovas Tamás,
Dr. Molnár Gábor, Dr. Olasz Angéla, Dr. Szabó
Gergely, Szrogh Gabriella, Dr. Takács Bence, Dr.
Tarsoly Péter, Dr. Toronyi Bence, Dr. Tóth Gyula

**SZERKESZTŐI TANÁCSADÓ TESTÜLET/
EDITORIAL ADVISORY BOARD:**

Dr. Biró Péter, Dr. Rakonczai János, Dr. Rózsa
Szabolcs, Dr. Tóth Károly, Dr. Varga Péter, Dr.
Zentai László

OLVASÓSZERKESZTŐK/PROOF-READERS:

Ambrus Bence, Hegyesi Dóra

**TECHNIKAI SZERKESZTŐ, TÖRDELŐ/
TECHNICAL-EDITOR:** Pongrácz Dániel

KIADJA/PUBLISHER:

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

FELELŐS KIADÓ/RESPONSIBLE FOR

PUBLISHING: Dobai Tibor

A kiadást a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi
Egyetem Általános- és Felsőgeodézia Tanszéke
támogatja/Supported by the Department of Geodesy
and Surveying of the Budapest University of
Technology and Economics

SOKSZOROSÍTTA/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 sci-
entific 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>BUSICS</i> Görgy, <i>ÉGETŐ</i> Csaba, <i>RÓZSA</i> Szabolcs, <i>TÓTH</i> Zoltán: <i>OGPSH</i> alappont pótlása a Gellért-hegyen	» 4
<i>Kalamkas</i> <i>YESSIMKHANOVA</i> , <i>GEDE</i> Máttyás: <i>Evaluating inter-model variability among CMIP6 projections of future Köppen–Geiger climate zones in Kazakhstan under SSP5-8.5</i>	» 12
<i>OLÁH</i> Szeverin, <i>KOZMA</i> Katalin, <i>BARSI</i> Árpád: <i>Pontfelhők geometriai és attribútumtorzulásai</i>	» 18
<hr/>	
A földmérési munkák gyakorlatai árának feltérképezése	» 27
Egy vietnami kolléga emlékére	» 33
Rendezvények	» 35
Hírek	» 43
Műszerismertetés	» 45

Contents

<i>Replacement of an OGPSH reference point on Gellért Hill (György BUSICS, Csaba ÉGETŐ, Szabolcs RÓZSA, Zoltán TÓTH)</i>	» 4
<i>Evaluating inter-model variability among CMIP6 projections of future Köppen–Geiger climate zones in Kazakhstan under SSP5-8.5 (Kalamkas YESSIMKHANOVA, Máttyás GEDE)</i>	» 12
<i>Geometric and attribute distortions of point clouds (Szeverin OLÁH, Katalin KOZMA, Árpád BARI)</i>	» 18
<hr/>	
Mapping prices of land surveying works in practice	» 27
In memory of a Vietnamese colleague	» 33
Events	» 35
News	» 43
Instrument review	» 45

Címlapon: GNSS antenna a Gellért- hegyen.

On the Cover Page: GNSS antenna on Gellért Hill.

OGPSH alappont pótlása a Gellért-hegyen

BUSICS György¹, ÉGETŐ Csaba², RÓZSA Szabolcs², TÓTH Zoltán¹

¹Óbudai Egyetem, Alba Regia Kar, Geoinformatikai Intézet

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Általános- és Felsőgeodézia Tanszék

E-mail: busics.gyorgy@amk.uni-obuda.hu; egeto.csaba@emk.bme.hu; rozsa.szabolcs@emk.bme.hu; toth.zoltan@amk.uni-obuda.hu

[DOI: 10.30921/GK.77.2025.3.1](https://doi.org/10.30921/GK.77.2025.3.1)

Absztrakt

A Gellért-hegyen, a Citadella területén folyó nagyszabású átalakítási, építési munkálatok miatt elpusztult az erőd nyugati udvarában létesített OGPSH alappont. Ennek pótlásaként a keleti udvarban az egykori csillagda helyén 1934-ben állandósított s máig fennmaradt alappontot jelölték ki. A cikk bemutatja a GNSS mérés előkészítésének, végrehajtásának és feldolgozásának folyamatát. Ez a feladat azért érdekes, mert egy különleges geodéziai pontról (több rendszer origójáról) van szó, amely egyedi megoldást igényel.

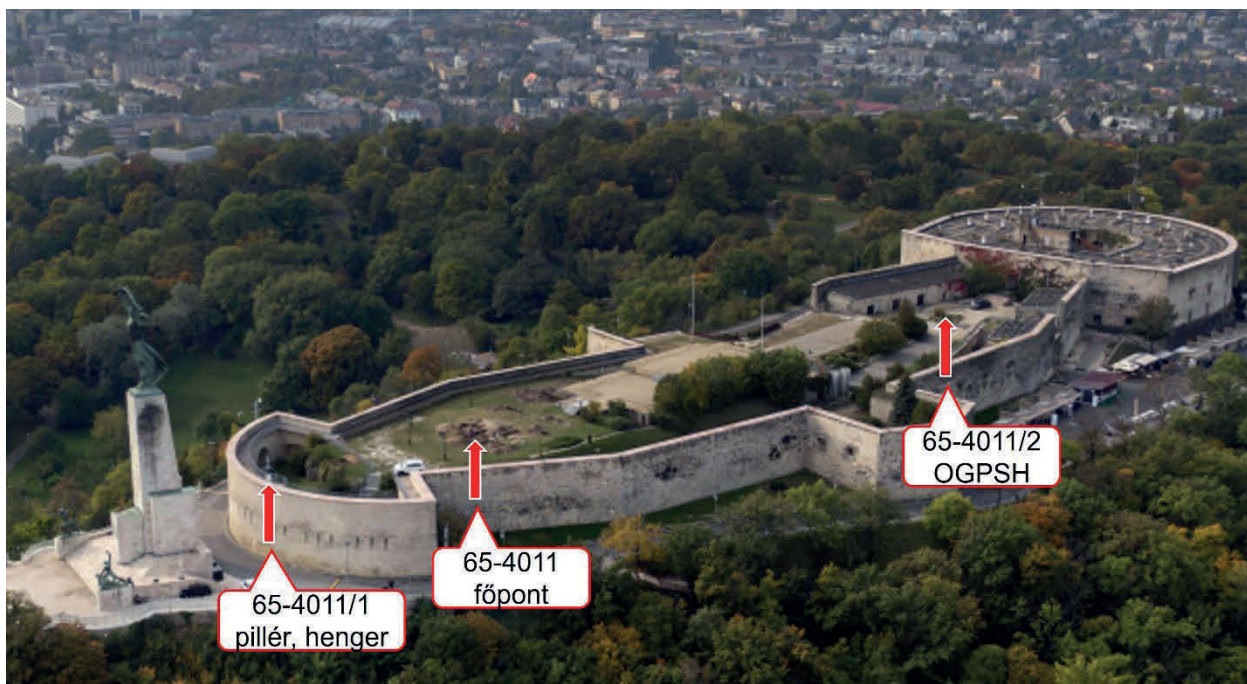
Abstract

Due to large-scale renovation and construction work on Gellért Hill, in the Citadel area, the OGPSH base point established in the western courtyard of the fortress was destroyed. To replace it, the base point established in 1934 in the eastern courtyard, on the site of the former observatory, was designated. The article describes the process of preparing, executing, and processing GNSS measurements. This task is interesting because it involves a special geodetic point (the origin of multiple systems), which requires a unique solution.

1. Előzmények, előkészítés

A Gellért-hegyi Citadella területén 2021-ig három geodéziai alappont létezett: a korábbi „Gellérthegy” alappont helyén 1934-ben állandósított ún. főpont (EOVA pontszáma: 65-4011), annak külpontjaként állandósított észlelőpillér (65-4011/1), valamint az 1997-ben meghatározott 65-4011/2 számú OGPSH pont (1. ábra). A Citadella teljes átépítése, felújítása

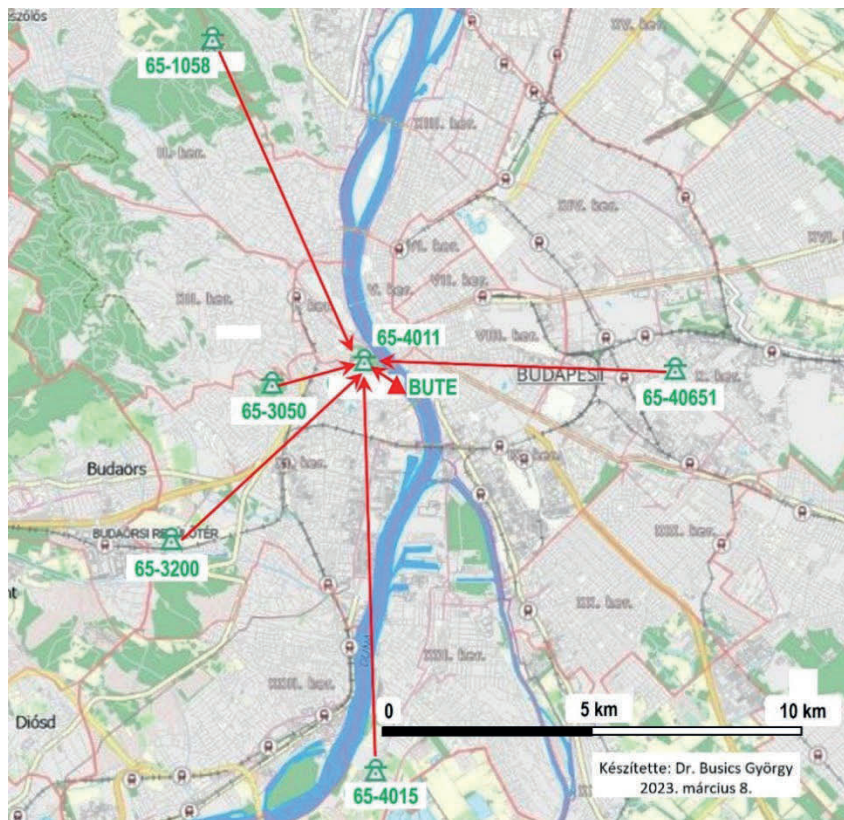
és funkcióváltása következtében mindhárom alappont környezete lényegesen megváltozott. Az első két alappont jövőjéről egy következő cikkben számolunk be, jelen írásunk célja a 65-4011/2 OGPSH pont (elektronikus munkarészekben: 65-40112) pótlási folyamatának bemutatása, ez a pont ugyanis a bontási, építési munkálatok következtében elpusztult.



1. ábra. A Citadellán lévő geodéziai alappontok az építési munkálatok előtt, egy 2018-as légifotón.

Az Országos GPS Hálózat alappontjainak kiválasztásakor arra törekedtek, hogy azok az EOVA felsőrendű vagy negyedrendű olyan meglévő vízszintes alappontjai legyenek, amelyek GPS mérésre alkalmasak és megközelíthetők (Borza 1998). Így történt ez Budapest területén is, ahol kézenfekvőnek és fontosnak tűnt az egykori „Gellérthegy” alappont (EOVA-ban a 65-4011 harmadrendű pont) meghatározása OGPSH pontként. (A „Gellérthegy” alappontról bővebben: Papp 1949; Busics, Molnár 2025.) Ez azonban nem volt megvalósítható, mivel a főpont mellett időközben egy fa nőtt meg, amely a GPS mérés akadálya volt. Ezért a Citadella nyugati udvarában egy új pontot állandósítottak OGPSH pontként (meghatározva annak EOVA koordinátáit és magasságát). Ez a pont pusztult el 2021-ben, ami miatt a Lechner Nkft. LTK/11743-4/2021 számú szakmai véleménye alapján Budapest Főváros Kormányhivatala (BFKH) Földhivatali Főosztálya 2021. december 7-én kelt 607747/1/2021 iktatószámú határozatában elrendelte az OGPSH pont pótlását. Mivel a 65-4011 pont ma már GPS mérésre alkalmas, természetesen adódott, hogy ez a főpont legyen az

új OGPSH pont, nincs szükség új állandósításra. A megvalósításhoz geodéziai terv készült, amelyet minden érdekeltnek megküldtünk. Az építkezés előrehaladtával a tervezők, kivitelezők, geodéták részéről több kérdés merült fel a konkrét geodéziai feladatok megvalósításával kapcsolatban. 2023. március 9-én az érdekelt felek részvételével egyeztetést tartottunk a BME-n, ahol bemutattuk a GPS meghatározási tervet. Az egyeztetés eredményeként született meg a Lechner Nkft. LTK/3209-2/2023. számú szakmai véleménye alapján a BFKH Földhivatali Főosztálya 601780/2/2023. számú határozata, amely pontosította és kiegészítette az előző határozatokban foglaltakat. Ebben az is szerepel, hogy a 65-4011 számú EOVA alappont és további 4 db mellvédhalmi segédpont mozdulatlanságát az erődfal megbontását követő lépcsőépítési munkálatok befejezésével, GNSS eljárással vizsgálni kell, a BUTE referenciaállomás valamint a sas-hegyi 65-3050 OGPSH keretpont felhasználásával. A munkát az Atlasz Geodézia Kft. megbízása alapján e cikk szerzői vállalták, közös együttműködésben.



2. ábra. GNSS meghatározási terv a 65-4011 főpont OGPSH pontként történő meghatározására a 65-4011/2 pótlásaként.

Az alapadatokat (OGPSH és EOVA pontleírásokat, átnézeti térképeket, transzformációs adatokat, törzkönyveket) az ilyenkor szokásos kérelem alapján e-mailben, több részletben kaptuk meg a Lechner Nkft. Alaphálózati és Államhatárügyi Osztályától.

Ismeretes, hogy az OGPSH mérését három nyári kampányban, 1995-1997 között bonyolították le, amikor is 9 vevővel mértek egyszerre 20 perces, illetve 40 perces mérési időtartamban egy-egy ponton (Borza 1998, Ádám és társai 2004)).

A BFKH 607747/1/2021 határozata szerint a 65-4011 esetében három környező OGPSH alapponton kell egyórás szimultán

GPS-mérést végezni, majd a BFKH 601780/2/2023. számú határozata ezt úgy módosította, hogy öt környező OGPSH ponton legyen egyórás mérés. Ezt a geodéziai tervben magunk is terveztük, hogy növeljük a főlős mérések valamint az ETRS-BOV közös pontok számát és az új pont minél jobban illeszkedjék környezetéhez. Az öt környező OGPSH pont a következő (2. ábra): 65-1058 (Hármashatár-hegy), 65-3050 (Sas-hegy), 65-3200 (Budaörs), 65-4015 (Csepel), 65-4065/1 (Kőbánya). A pontok helyszínelésére 2023. február 9-10-én került sor; mind az öt pontot épnek, GPS mérésre alkalmasnak találtuk.



3. ábra. Leica GPS520 vevő a 65-4015 ponton.



4. ábra. Topcon vevő a 65-1058 ponton.

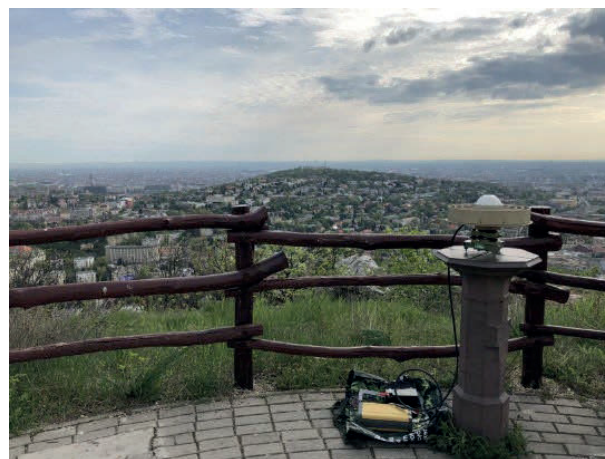
Két pont (65-4015, 65-1058) vasbetonlapos védművel rendelkezik; szokásos esetben ilyenkor a felső kő jelzőkő (ún. fejlőkő), amit a mérés idejére el kell távolítani, mert az alatta lévő anyaponton történt az eredeti mérés. Ez azonban esetünkben csak a csepeli (65-4015) pontra érvényes, ott így jártunk el (3. ábra). A hármashatár-hegyi 65-1058-as pontnál – mint az előkészítés során egy ellenőrző RTK mérésből egyértelműen kiderült – a vasbetonlapok közötti márványkő az anyapont, ezen történt az eredeti OGPSH-mérés, így mi is ezen a ponton terveztük az antenna felállítását (megvalósulás: 4. ábra).

(A 65-1058 EOVA pontleírása alapján több kérdés merül fel, aminek megválaszolása az eredeti dokumentáció vizsgálatát igényelné. Például: bár a pont eredeti centrális koordinátái 1933-ban születtek, de 1942-ben (újra-) állandósították azt. Nincs adat a földalatti jel magasságára, ami gyanút kelt. A pontvédelemnél a „vasbetonlapok” szót követően más kéz írta be a „felső kő” méretét. A pontleírás szerint az anyapont magassága 494.70, az e fölötti fejlőkő (ami 60 cm magas), pedig 495.30. Mivel a vasbetonlapok közötti kő az anyapont, e fölött nem lehetett egy másik vb-lapos védmű, azaz a pontvédő berendezésnél a kő méretét utólag írták be, tévesen. Ha azt gondolnánk, hogy a 495.30 magasság a jelenlegi vasbetonlapok közötti kőre

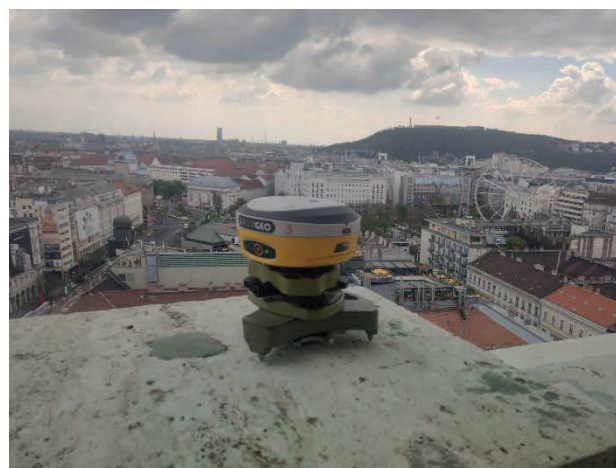
vonatkozik és az alatt lenne az anyapont, akkor mi magunk pusztítanánk el egy alappontot, amit magassági értelemben többé már nem lehetne szabatosan visszaállítani. Ezért lenne szükség a helyzet tisztázására, de legalább a pontleírás pontosítására.)



5. ábra. Topcon vevő a 65-3050 ponton.



6. ábra. Topcon vevő a sas-hegyi vasasztalon (SASH).



7. ábra. Sirius vevő a Bazilika körteraszán (BAZD).

A Sas-hegyen lévő 65-3050 számú OGPSH pont az OGPSH 24 pontos kerethálózatának pontja BUDA néven. Itt – mint a kerethálózati pontok többségénél – az állandósítás rézpersellyel történt, hogy ne terhelje pontraállási- vagy antennamagasság-mérési hiba a GPS mérést. A pontraállást tehát mi is a rendszeresített 305 mm hosszú rézrúddal terveztük (s az így is valósult meg: 5. ábra).



8. ábra. Topcon vevő a 65-1001 ponton (János-hegy).

A mérést (biztosra törekedve) kétféle vevővel terveztük egy-egy órában elvégezni. Az egyik vevő a korábban jól bevált kétfrekvenciás Leica GPS520 típus (6 darab állt rendelkezésre), ami csak GPS jelek vételére alkalmas. Előnye viszont az antennamagasság-mérés egyértelműsége és pontossága. A másik vevő-típus a Topcon Net G3 típus (CR-G5 körgyűrűs antennával), amiből 10 darab állt rendelkezésre, s amely vevő GPS és Glonass hordak jeleit veszi. A mérőfelszerelés összeállítása során kisebb gondot jelentett a régi vevők működőképességének és tápellátásának biztosítása.

Itt jegyezzük meg, hogy kísérleti és tudományos célból a megvalósítás során az OGPSH-bekapcsoláshoz szükséges

méréseken felül további méréseket is terveztünk, ezek a következők:

- Egy harmadik vevőtípust is terveztünk használni, mégpedig olyat, amely mind a négy jelenlegi műholdrendszer (GPS, GLO, GAL, BDS) vételére alkalmas. Ez 6 darab Sirius típusú vevő volt, amelyeket volt hallgatónk kölcsönöztek nekünk
- A GNSS kampányba (különbféle transzformációk kipróbálására) további vízszintes alaphálózati pontokat is terveztünk bevinni, amelyek az 1933. évi budapesti centrális felsőrendű hálózatnak (illetve az EOVA-nak) is pontjai. Ilyen pontok a budapesti hálózatból: a Sashegy (SASH – 6. ábra), a Kíssvábhegy (SVAB), a Bazilika körteraszának pontjai (BAZK, BAZNY, BAZD, – 7. ábra) valamint a János-hegy elsőrendű EOVA pont (65-1001 – 8. ábra).
- Magán a főponton és négy mellvédhálózati segédponton mozgásvizsgálati célból hosszabb időtartamú (3 óras) GNSS mérést terveztünk.

A GNSS méréshez meghatározási tervet (2. ábra) és mérési ütemtervet (9. ábra) készítettünk. Ebből látszik, hogy kétfős csapatokkal felkeresve a pontokat, ott a tervezett időben szimultán GNSS méréseket terveztünk mind a 6 ponton.

2. A GNSS mérés

A mérés napján (2023. április 19-én) reggel 7-kor a kétfős csapatok a BME parkolójában vették át a mérőfelszerelést és indultak a kijelölt alapponthez. Az első egyórás mérési periódus a Sirius vevőkkel kezdődött. A pontraállítás (Sas-hegy kivételével) műszerállványon, a Wild műszertalpon körbeforgatható, igazított optikai vetítővel történt (10. ábra). A műszermagasság mérését a műszertalpra helyezett Wild-csúcsba (közdarabba)

GPS mérési ütemterv (2023. április 19.)

Műszerek: 10 db Topcon NET G3 vevő + 6 db Leica GPS 520 vevő + 6 db Sirius E600 vevő

Mérőszemély	helyszín	műszer	periódus: 1 „Sirius” (pontszám)	periódus: 2 „Leica” (pontszám)	periódus: 3 „Topcon” (pontszám)	folyamatos mérés / átvétel	periódus: 4 „Topcon” (pontszám)
időtartam: 08:30 – 09:30 09:35 – 10:40 10:45 – 12:45 13:45 – 17.00							
1. ÉCs – RSZ – HB (6 pillér-állvány 1 műszer-állvány)	→ Citadella	Topcon-1	65-4011	65-40111	65-4011	65-4011	65-4011
7 órákor találkozó a BME-n. Parkolás a K és CH épület között. Műszer átadás, átvétel.		Topcon-7		M5	M5	M5	M5
		Topcon-8		M6	M6	M6	M6
		Topcon-9		M7	M7	M7	M7
		Topcon-10		M8	M8	M8	M8
		Leica-3		65-4011	65-40111	65-40111	65-40111
	Sirius-1	(BAZK) – RSZ					
2. TS – MG (3 pillér-állvány)	→ Sas-hegy	Topcon-2	(SASH)	65-3050	65-3050	65-3050	65-3050
3. TZ – BGY (1 műszer-állvány)	→ Kőbánya	Leica-5	65-3050	65-3050	65-3050	65-3050	65-3050
		Sirius-2	65-3050	65-3050	65-3050	65-3050	(BAZNY) – TS
		Topcon-3	65-40651	65-40651	65-40651	65-40651	→ Citadella
		Leica-4	65-40651	65-40651	65-40651	65-40651	(BAZD) – BGY
		Sirius-3	65-40651	65-40651	65-40651	65-40651	→ Citadella
		Sirius-4	65-3200	65-3200	65-3200	65-3200	→ Citadella
4. KK – BF (1 műszer-állvány)	→ Budaörs repülőtér	Topcon-4	65-3200	65-3200	65-3200	65-3200	65-3200
5. FSz (1 műszer-állvány)	→ Hármashatár-hegy	Topcon-5	65-1058	65-1058	65-1058	65-1058	(65-1001)
		Leica-2	65-1058	65-1058	65-1058	65-1058	→ Citadella
Sirius-5	65-1058	65-1058	65-1058	65-1058	65-1058	65-1058	65-1058
6. SzP – VL (1 műszer-állvány)	→ Csepel	Topcon-6	65-4015	65-4015	65-4015	65-4015	65-4015
		Leica-6	65-4015	65-4015	65-4015	65-4015	65-4015
		Sirius-6	65-4015	65-4015	65-4015	65-4015	65-4015

9. ábra. GNSS mérési ütemterv.

illesztett kampós szalaggal mértük, minden periódus elején és végén, a két mérőszemély független leolvasásával. A főpont esetében a GNSS mérés végeztével szabatos szintezővel (DNA 03) is meghatároztuk az antenna aljának magasságát a kő felett – az eltérés a szalaggal mért értéktől 0,2 mm volt (11. ábra).

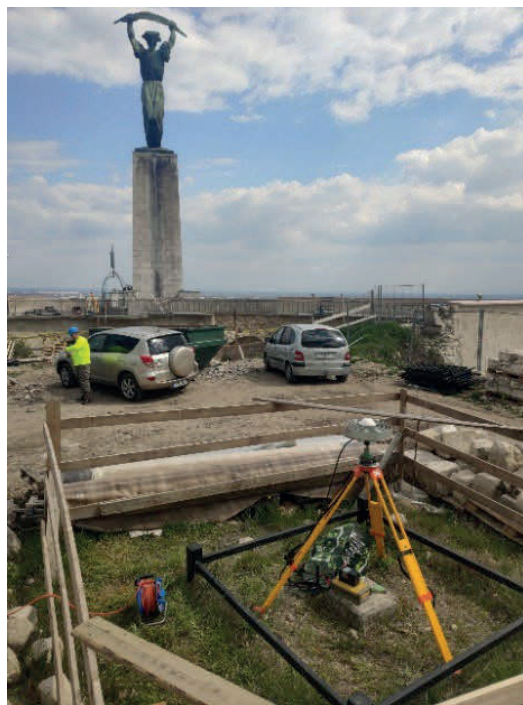
A következő egyórás mérési periódusban a Leica GPS520 típusú vevők antennáját rögzítettük a Wild-csúcson, északra tájolva. Nemcsak a kontrollerben, de a terepi mérési jegyzőkönyvben is rögzítettük az antennamagasságot és pontszámot. A mérés terv szerint, rendben lezajlott.



10. ábra. Pontraállítás a 65-4011 főponton.



11. ábra. Antenna-magasság meghatározása szabatos szintezővel a főpontonál. Szintezőléc a Wild-csúcs tetején.



12. ábra. Topcon vevő a 65-4011 főponton

Ezután a (mintegy 5 kg súlyú) Topcon CR-G5 antennát rögzítettük a (változatlan helyzetű) műszerállványon (12. ábra). Itt nem egyórás, hanem kétórás mérést végeztünk. A mérés itt is problémamentes volt. A Leica illetve Topcon vevőkkel végzett GNSS mérés tényleges időbeli lefolyását a Gantt diagram szemlélteti (13. ábra).

A nyers adatok műszerekből történő kiolvasása után azokat a Leica LGO programba vittük be azért, hogy ellenőrizzük a manuálisan beírt értékeket, illetve a Topcon vevő esetében beírjuk a megfelelő pontszámokat és antenna-magasságokat. Ezt követően a méréseket Rinex2 formátumba exportáltuk, így azok egy későbbi feldolgozáshoz közvetlenül felhasználhatók.

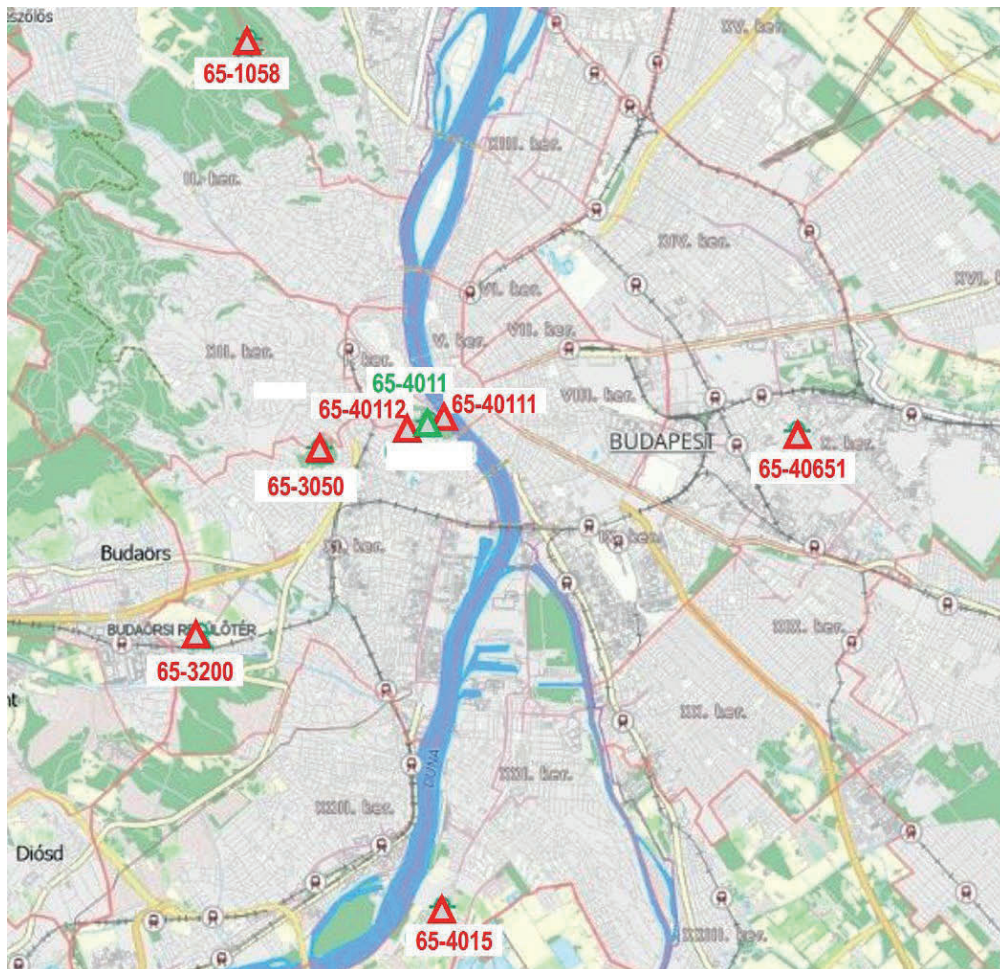
A GNSS mérés teljes időtartamára letöltöttük a BME által fenntartott BUTE referenciaállomás GPS és Glonass adatait. A digitálisan leadott terepi mérési jegyzőkönyvekben szerepelnek a Rinex2 mérési fájlok azonosítói is.

3. A feldolgozás és a munkarészek

A végleges feldolgozást a Leica Infinity szoftver 4.0.2 verziójával végeztük. A meghatározási tervben szereplő 6 vektort számítottuk: a Leica520 vevővel végzett GPS mérésből, valamint a Topcon vevővel végzett GPS+Glonass mérésből származó kétfrekvenciás kód- és fázisméréseket, 10°-os magassági kitakarási szöggel. A vektor-feldolgozáshoz precíz pályaadatokat és az amerikai Nemzeti Geodéziai Szolgálat által közreadott NGS14 antenna-kalibrációs adatokat használtunk. Az összes mért adatot felhasználtuk, ami a Leica vevőknél mintegy egyórás, a Topcon vevőknél mintegy kétórás, de a Sas-hegy–Gellért-hegy vektor esetében 6 órás időtartamú. A vektorfeldolgozás lefolyásáról és eredményéről a szoftver három jegyzőkönyvet (*report-ot*) készít, mindhárom dokumentáltuk. A ciklustöbbségtelmiség mindegyik vektor esetében egész számként volt meghatározható.



13. ábra. Gantt-diagram a GNSS mérés (Leica520+Topcon Net G3) időbeli lefolyásáról (Leica Infinity programból)



14. ábra. A transzformációkban szereplő közös pontok.

A térbeli hálózat kiegyenlítésében az előbb feldolgozott 12 vektor szerepel. Hat adott (control) pontja van a hálózatnak: BUTE, 65-1058, 65-3050, 65-3200, 65-4015, 65-40651, és egyetlen új pontja, a 65-4011 főpont. A hosszú mérési időtartamnak köszönhetően az új pont térbeli koordinátái vízszintes értelemben 4 mm (É-i), és 3 mm (K-i), magassági értelemben 8 mm-es középhibával voltak meghatározhatók.

Az új OGPSH pont ETRS89 térbeli derékszögű koordinátáit a kiegyenlítés végén a szoftver által generált koordináta-

jegyzékből vettük át mm élességgel, ezek szerepelnek a leadott koordináta-jegyzékben. A földrajzi ellipszoidi koordinátákat a mm élességű derékszögű koordinátákból számítottuk, hogy ne terhelje kerekítési hiba ezt a konverziót.

Elkészítettük a 65-4011 alappont új helyszínrajzát, amely azonban csak ideiglenesnek tekinthető, hiszen a környezet építkezés befejeztével lényegesen megváltozik, így az OGPSH pontleírás csak akkor készíthető el végleges formában. A munkarészek összeállításánál figyelembe vettük a témában megjelent ajánlásokat (Busics, Borza 2005).

4. Transzformációs vizsgálatok

A térbeli hasonlósági transzformációs modellt (ellipsoidfelszíni pontok között) esetünkben arra használjuk, hogy az ETRS89 és az EOVS rendszerben adott közös pontok alapján e két rendszer illeszkedését vizsgáljuk a Gellért-hegy 20 km-es környezetében.

E célból összeállítottuk a transzformációs közös pontok ETRS89 és az EOVS rendszerbeli koordináta-jegyzékét. 8 darab közös pontról van szó: 6 környező OGPSH pont: 65-1058, 65-3050, 65-3200, 65-4015, 65-40651 és 65-40112, valamint a Citadellán lévő két felsőrendű alappont (65-4011, 65-40111), amelyek ETRS koordinátáit a szóbanforgó mérési kampányból kaptuk (14. ábra).

A 65-4011 főpontot (a 14. ábrán zöld színnel jelezve), nem vonjuk be a közös pontok közé, hanem ETRS-ből EOVS-ba átszámítva arra használjuk, hogy a transzformált EOVS koordináták és az ismert EOVS koordináták különbségét kimutassuk.

Nézzük először a „hivatalos” megoldást, vagyis a jelenleg a legjobb illeszkedést biztosító EHT 2.0.5 (Vitel 2014) program használatával kapott eredményt. Azt látjuk, hogy az y koordináta közel 3 cm-rel tér el a pontleírásban szereplőtől, míg az x koordináta mm-re azonos.

Ezt követően lokális transzformációkat végeztünk a 65-4011 átszámítására. Elvileg az EHT-val közel azonos eredményhez jutunk, ha a környező 6 OGPSH pontot tekintjük közös pontnak. A közös pontok között így a GNSS mérésnél is felhasznált 5 pont, valamint a 65-40112 szerepel (bár ez utóbbi elpusztult, de a transzformációban felhasználható). A maradék ellentmondásokat szemlélve feltűnő a 65-3050 (Sas-hegyi) pontnál kiugró 4,7 cm-es érték. Mivel ez OGPSH keretpontos kényszerközpontos állandósítással, az eltérés az EOVS y koordináta hibájából adódik. Ennek a pontnak nem az EOVS mérésének idejéből, hanem az 1990-es évekből származnak az EOVS koordinátái, amit a katonai térképész szolgálat (akkori nevén MH TÁTI) határozott meg. Megkerestük a szolgálat illetékeit, de az átalakulás miatt nem sikerült az eredeti munkarészeket felkutatni. A következő megoldásnál kihagytuk a 65-3050 pontot a közös pontok közül; így a maradék ellentmondások lényegesen kisebbek lettek, az y koordináta is „közeledett” az ismert értékhez.

Az ezt követő megoldásoknál bevontuk a 65-40111 pillért is a transzformációba, mivel (nem a feladathoz tartozóan) ezt is mér-tük a GNSS kampányban. Ha a szokásos módon végezzük a transzformációt, az eredmény nem változik. Ha viszont a transzformált koordinátákat a maradék ellentmondások figyelembevételével javítással látjuk el (a javítást a közös pontoktól való távolság négyzetének reciproka szerint súlyozzuk), akkor az átszámított y koordináta „közeledik” a valós értékhez.

E kis elemzés végén megállapítható, hogy az új 65-4011 OGPSH pontot célszerű bevonni a transzformációs közös pontok közé, amikor újra generálják a Vitel alapját képező javítási rácsalót. Ugyanakkor az elpusztult 65-40112 pontot a közös pontok közül törölni kellene onnan, hiszen annak utólag keletkeztek az EOVS koordinátái. Ugyanezen okból javasoljuk törölni a közös pontok közül a 65-3050 alappontot, illetve szükséges lenne ezen pont EOVS koordinátáinak ellenőrzése.

Végül még egy transzformációs vizsgálatról. A GNSS hálózatunk kiegyenlítését szabad hálózatként is elvégeztük (a kiegyenlített koordinátákat eltolva a BUTE koordinátái alapján). Az 5 OGPSH pont és az új főpont ilyen rendszerű koordinátái mentesek az OGPSH kerethibáktól. Ezt az önálló (nevezük BUTE2023) rendszert térbeli egybevágósági transzformációval (amikor méretarányeltérést nem tételezünk fel) egybevetettük a kötött hálózat ETRS89 pontjaival. Az illeszkedés vízszintes középhibája 0,8 cm. A maradék ellentmondások jellemzően 1 cm alattiak, kivéve a 65-40651 pontot, ahol az y irányú maradék hiba 2,8 cm. Ez az érték a szóbanforgó pont ETRS koordinátái kerethibájára utal. A maradék ellentmondások ugyan nem lépik túl a szokásos értékeket, de ha ennél jobb illeszkedést szeretnénk, ennek a pontnak további vizsgálata is szükséges.

5. Összefoglalás

Az OGPSH pontok pótlása rutinfeldatnak számít, azonban az egykori „Gellért-hegy” alappont különleges jelentőségű a szakmánkban, így ezen alappont ETRS89 rendszerbe bevonása a szakmai közvélemény érdeklődésére tarthat számot. Írásunkban bemutattuk az előkészítést, a GNSS mérés és számítás speciális körülményeit, megoldásait. Ráműtöttünk arra, hogy az ETRS89 és HD72 rendszerek közötti jobb összhang biztosítása az OGPSH Gellért-hegy körüli egyes pontjai koordinátáinak pontosítását igényelné.

Következő írásunkban a mellvéd-fali pontok szerepét, valamint az új pillér és irányzóhenger meghatározását mutatjuk be.

Köszönetnyilvánítás

A GNSS mérés előkészítéséhez és végrehajtásához nyújtott segítségért köszönetünket fejezzük ki *Fehér Balázs* és *Szentgyörgyvölgyi Pál* kollégáknak (az Atlasz Geodézia Kft. munkatársainak), valamint *Hrutka Bence*, *Molnár Gábor Péter* és *Tóth Sándor* kollégáinknak. A GNSS vevők baráti kölcsönzését köszönjük *Forgó Zoltán*, *Horváth Zsolt* és *Strung Csaba* kollégáknak.

Irodalomjegyzék

- Ádám J., Bányai L., Borza T., Busics Gy., Kenyeres A., Krauter A., Takács B. (2004): Műholdas helymeghatározás. *Műegyetemi Kiadó*, Budapest, 2004. 458 old.
- Borza Tibor (1998): Elkészült az országos GPS hálózat. *Geodézia és Kartográfia*, 1998/1, 8-13.
- Busics György, Borza Tibor (2005): A GPS technológián alapuló geodéziai pontmeghatározások végrehajtásának és dokumentálásának szabályozásáról. *Geodézia és Kartográfia*, 2005/6. 3-9.
- Busics György, Molnár Gábor (2025): A Gellért-hegyről és a Gellérthegyről. *Geodézia és Kartográfia*, 2025/2., <https://doi.org/10.30921/GK.77.2025.2.4>
- Papp Gyula (1949): Budapest háromszögelése. *Geodézia és Kartográfia*, 1949/1-2. 1-14.



e-Szignó földmérőknek

- ✓ Az E-ING rendszer gördülékeny használata
- ✓ Bármilyen fájl aláírása (képek, térképek, dokumentumok)
- ✓ Szakvélemények, jegyzőkönyvek, helyszínrajzok aláírása
- ✓ Teljes jogi megfelelés Magyarországon és az EU-ban
- ✓ Könnyű használat számítógépen és okostelefonon
- ✓ Korlátlan számú hiteles másolati példány
- ✓ Stabil hazai szolgáltató, több évtizedes szakmai tapasztalat
- ✓ **Éves előfizetés nettó 28 699 Ft-tól**

Készüljön fel az e-ING rendszer használatára az e-Szignóval!

Részletek és megrendelés: e-szigno.hu/foldmeroknek

MICROSEC
Bizalmat építünk

TOVÁBBI INFORMÁCIÓK
+36 1 505 4444 | info@e-szigno.hu
e-szigno.hu/foldmeroknek

Evaluating inter-model variability among CMIP6 projections of future Köppen–Geiger climate zones in Kazakhstan under SSP5-8.5

Kalamkas Yessimkhanova¹, GEDE Mátyás²

¹ELTE Eötvös Loránd University, Doctoral School of Earth Sciences

²ELTE Institute of Cartography and Geoinformatics

E-mail: kalamkasyessimkhanova@gmail.com

[DOI: 10.30921/GK.77.2025.3.2](https://doi.org/10.30921/GK.77.2025.3.2)

Absztrakt

Tanulmányunk az SSP5-8.5 forgatókönyv szerint vizsgálja, hogy a jövőre nézve mennyire megbízható a több modellen alapuló Köppen–Geiger-féle éghajlat-osztályozási térkép. A CMIP6 projekt 32 modelljének felhasználásával a század végi állapotokra készítettünk osztályozási előrejelzéseket Kazahsztán területére. Létrehoztunk egy modális térképet, amely minden pixelhez a leggyakrabban előrejelzett éghajlati zónát jeleníti meg. Az előrejelzések bizonytalanságának bemutatására további térképeket készítettünk, amelyek a másodlagos zónákat is megjelenítik, ahol a valószínűségük egy meghatározott küszöbértéknél magasabb. Az osztályozás megbízhatóságának értékeléséhez három küszöbértéket vezetünk be, hogy megjelenítsük a magas, közepes és alacsony bizonyosságú zónákat. Ez a megközelítés kiemeli azokat a régiókat, ahol az éghajlati besorolás kevésbé megbízható, és ahol további modellezésre vagy adatgyűjtésre lehet szükség a megbízhatóság növelése érdekében. Megállapítottuk, hogy a modellkimenetek között jelentős különbség van, ezért hangsúlyozzuk, ezeket óvatosan kell kezelni.

Abstract

The focus of our study is the uncertainty of the inter-model Köppen–Geiger climate classification map for the future under the SSP5-8.5 scenario. We created classification predictions using 32 models from the CMIP6 ensemble for the end of the century across Kazakhstan. We created a modal map to display the most frequently predicted climate zone for each pixel. To indicate the uncertainties of the predictions, additional maps were created that also show the secondary zones where their probability is higher than a specified threshold. To evaluate classification confidence, we applied three thresholds to visualize zones of high, moderate, and low certainty. This approach highlights regions where the climate classification is less reliable and where further modelling or data collection may be needed to enhance confidence. Given the significant variability among model outputs, our findings emphasize the need for cautious interpretation.

1. Introduction

Kazakhstan is a landlocked country in Central Asia, characterised by cold desert, steppe, and continental climates. The climate varies across regions: the northeast has a continental climate with very cold winters and warm summers (Dfa, Dfb), while the southwest is mostly cold desert (BWk) and semi-desert or steppe (BSk). The Köppen climate zones present in the territory of Kazakhstan are illustrated in Figure 1.

Greenhouse gas emissions are the main driver of climate change (Callendar, 1938 and Keeling, 1965), and so, the rise of mean temperature is making a direct impact on the country's climate patterns. With ongoing climate change and rising global temperatures, many studies report on the impact of climate change. Hu et al. (2020) showed that a significant territory of Kazakhstan (approximately 76.1 %) is prone to desertification,

with the western regions being the most affected due to climate change and human activities, particularly in agriculture and animal husbandry. Bissenbayeva et al. (2025) concluded that the northern part of Kazakhstan is the most vulnerable to desertification, particularly in areas where land is used for pasture. The study identified that precipitation is the main factor influencing desertification. Additionally, Li et al. (2025) demonstrated that global warming may have catastrophic effects on Central Asia by the end of the century, especially under scenarios of fossil fuel development. It shows that the Central Area are projected to be exposed to heatwaves over the century. Apart from that, the study also highlights a significant shift in Köppen–Geiger climate zones in the region, with a trend toward warmer climates. For example, a shift from BWk (cold desert) to BWh (hot desert) is expected, indicating increased aridity and higher temperatures.

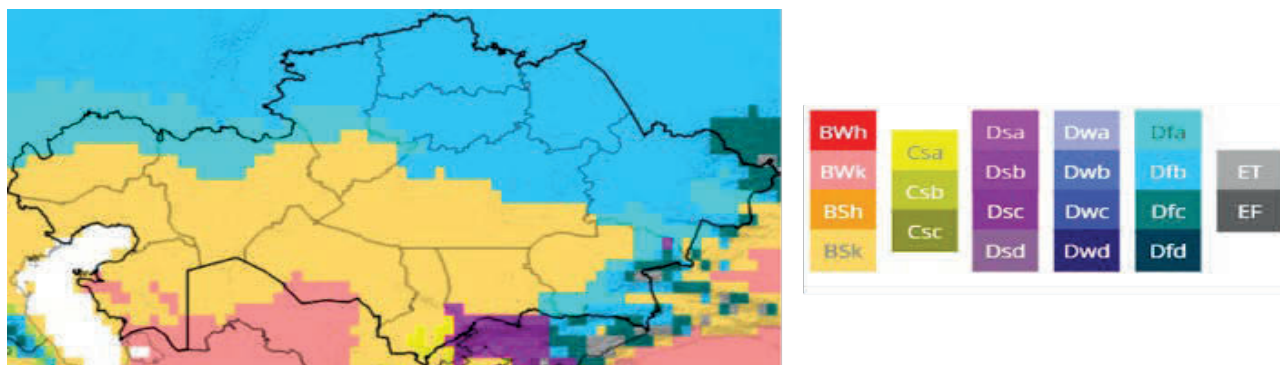


Figure 1. The Köppen climate map of Kazakhstan for 1991–2020 (World Bank, 2025)

Among other impacts of climate change, it is crucial to understand how the boundaries of climate zones will change in the future. This knowledge provides a broader understanding of the potential changes, their consequences for water and land management, agriculture, ecosystems and societal systems, furthermore, it offers insights into how we can mitigate or adapt to these changes effectively. Therefore, it is important to explore Kazakhstan's prospective climate zones, especially considering industrial development and global warming. There are several foundational studies in examining climate zones based on the Köppen–Geiger classification, including Kottek et al. (2006), who presented the digital classification map, and Peel et al. (2007), who updated the world's Köppen–Geiger climate map. Later, Beck et al. (2018) presented a high-resolution global Köppen–Geiger climate map at 1 km for the historical period and projected future maps using the Fifth Coupled Model Intercomparison Project (later: CMIP5) and Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 data (later: CMIP6) (Beck et al., 2023).

This study is part of broader investigation on how the climate zones are changing in Kazakhstan and it aims to project the future climate zones of Kazakhstan using the Köppen–Geiger classification for the period 2071–2100, under the high-emission scenario Shared Socioeconomic Pathway (later: SSP) 5-8.5 (Riahi et al., 2017). The use of climate models (Thrasher, 2012), together with advanced tools like Google Earth Engine (GEE) and QGIS, allowed us to produce a projective modal Köppen–Geiger climate map and corresponding models' variability maps for Kazakhstan. Identifying vulnerable areas is crucial for developing sustainable adaptation and mitigation policies, protecting ecosystems and biodiversity, and assessing the economic impact of climate zone shifts.

2. Methodology and Results

In this study, the CMIP6 ensemble was used to generate Köppen–Geiger climate maps. CMIP6 is a collection of climate models utilized in climate studies, with data available from 1950 to 2100. The aim of this work is to explore how future climate zones will possibly/probably change by the end of the century, specifically by examining climate maps for the 2071–2100 period. Moreover, CMIP6 projects future climate through the SSP considering

different scenarios. For this analysis, we selected SSP5-8.5, a worst-case scenario characterized by high economic growth and high greenhouse gas emissions.

The methodology for generating Köppen–Geiger climate maps is outlined in our work, 'Spatial and Temporal Analysis of Climatic Zones in Kazakhstan Using Google Earth Engine' (Yessimkhanova and Gede, 2025, under preparation). In that study, a web application was developed based on Google Earth Engine (GEE) that generates customizable Köppen–Geiger maps based on time, region, and emission scenarios. The code for generating these maps is available in our GitHub repository (Yessimkhanova, 2025). This methodology is currently in preparation for publication in an upcoming paper. Moreover, future Köppen–Geiger climate maps generated by this tool indicate areas where new emerging climate zones will appear by the end of the century. According to the projected climate maps, zones BWh (hot desert), BSh (hot semi-arid) and Csa (Mediterranean) will feature in the southwest (BWh) and southern (BSh and Csa) part of Kazakhstan. For the current study, Köppen–Geiger climate maps were generated for Kazakhstan using each of the 32 climate models from the CMIP6 ensemble. The result is a 32-band raster image, indicating the climate zone classification result for each model at each pixel. The models used in the study are listed in Table 1 (Eyring et al., 2016).

All data processing was carried out in Google Earth Engine (later: GEE), as the platform provides the necessary data and functionalities to perform this task. GEE is a cloud-based service that enables complex computations and analysis of Earth Observation data. It provides the computational power to address challenging issues such as drought, deforestation, disasters, water management, food security, and more (Gorelick et al., 2017). As mentioned before, the algorithms for generating Köppen–Geiger climate maps were developed in GEE, and for further analysis of the projected climate maps, GEE functions were used to aggregate multiple values into a single result. Therefore, the modal map of Kazakhstan was generated using the `ee.Reducer.mode()` function (Google, n.d.). This reducer counts the frequency of each value, in this case a specific climate zone for a given pixel, and selects the most frequent one. By doing this, it is possible to identify the leading climate zone for each pixel (Figure 2).

Table 1. Climate Models Used in the Study

Model Name	Country of origin
ACCESS-CM2	Australia
ACCESS-ESM1-5	Australia
BCC-CSM2-MR	China
CESM2	USA
CESM2-WACCM	USA
CMCC-CM2-SR5	Italy
CMCC-ESM2	Italy
CNRM-CM6-1	France
CNRM-ESM2-1	France
CanESM5	Canada
EC-Earth3	Europe (Consortium)
EC-Earth3-Veg-LR	Europe (Consortium)
FGOALS-g3	China
GFDL-CM4	USA
GFDL-ESM4	USA
GISS-E2-1-G	USA
HadGEM3-GC31-LL	UK
INM-CM4-8	Russia
INM-CM5-0	Russia
IPSL-CM6A-LR	France
KACE-1-0-G	South Korea
KIOST-ESM	South Korea
MIROC-ES2L	Japan
MIROC6	Japan
MPI-ESM1-2-HR	Germany
MPI-ESM1-2-LR	Germany
MRI-ESM2-0	Japan
NESM3	China
NorESM2-LM	Norway
NorESM2-MM	Norway
TaiESM1	Taiwan
UKESM1-0-LL	UK

Considering that this is a future modal map, there may be a second leading climate zone close in frequency to the dominant modal zone. Since these are projections for the end of the century under high emission scenarios, different outcomes are possible. Therefore, areas where the second most frequent climate zone is close to becoming the leading modal zone were visualized. Following this, three maps were created to evaluate the projected modal climate zones. This evaluation provides insights into how climate models project future climate zones for a specific pixel

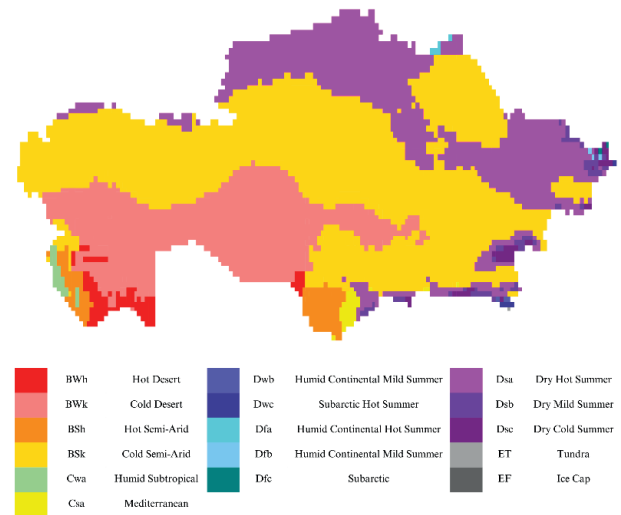


Figure 2. Modal Köppen–Geiger climate map of Kazakhstan (2071–2100, SSP5-8.5)

and help the assessment of the uncertainty in classification meaning the differences in the output produced by different models. It is important to note that this study does not assess the inherent uncertainty of the climate system itself, which is related to the structural characteristics and design of the climate models used. Consequently, to proceed with this evaluation, inter-model variability was investigated, which indicated areas with differing levels of classification uncertainty in assigning a specific climate zone to each pixel. Three different thresholds were used to represent areas of model variability with high, moderate, and low levels of uncertainty. These thresholds imply a different degree of uncertainty in representing the future Köppen–Geiger climate zone by visualizing model variabilities across models. Although the modal map already shows the most frequent zone at each pixel, there might be secondary zones that are similarly significant. To assess the uncertainty of predictions, the number of models predicting the various climate classes for each pixel was calculated, creating a new, 4-band image, with the following bands: the class with most predictions (best1), the number of models predicting best1 (best1cnt); the class with the second most predictions (best2), and the number of models predicting best2 (best2cnt). The certainty of prediction is characterized by the ratio of best1cnt and best2cnt. Next, the image created in GEE was exported and the visualization in QGIS, which offers more flexibility, was completed. The certainty of classification can be expressed by how many times the frequency of most leading zone is higher than the second one (best1cnt/best2cnt). The higher the number, the greater the certainty. For example, if a given pixel was classified as zone X by 15 models and as zone Y by 5 models, then the certainty is 3. Following this logic threshold 1.5, 2 and 3 were applied to identify areas with uncertainty. These thresholds are boundaries indicating areas where the frequency of the leading zone is less than 1.5, 2, or 3 times higher than the frequency of the second. The areas of high uncertainty (threshold 1.5) are illustrated through vertical line patterns as shown in Figure 3 (hatch colours indicate the two most probable zones).

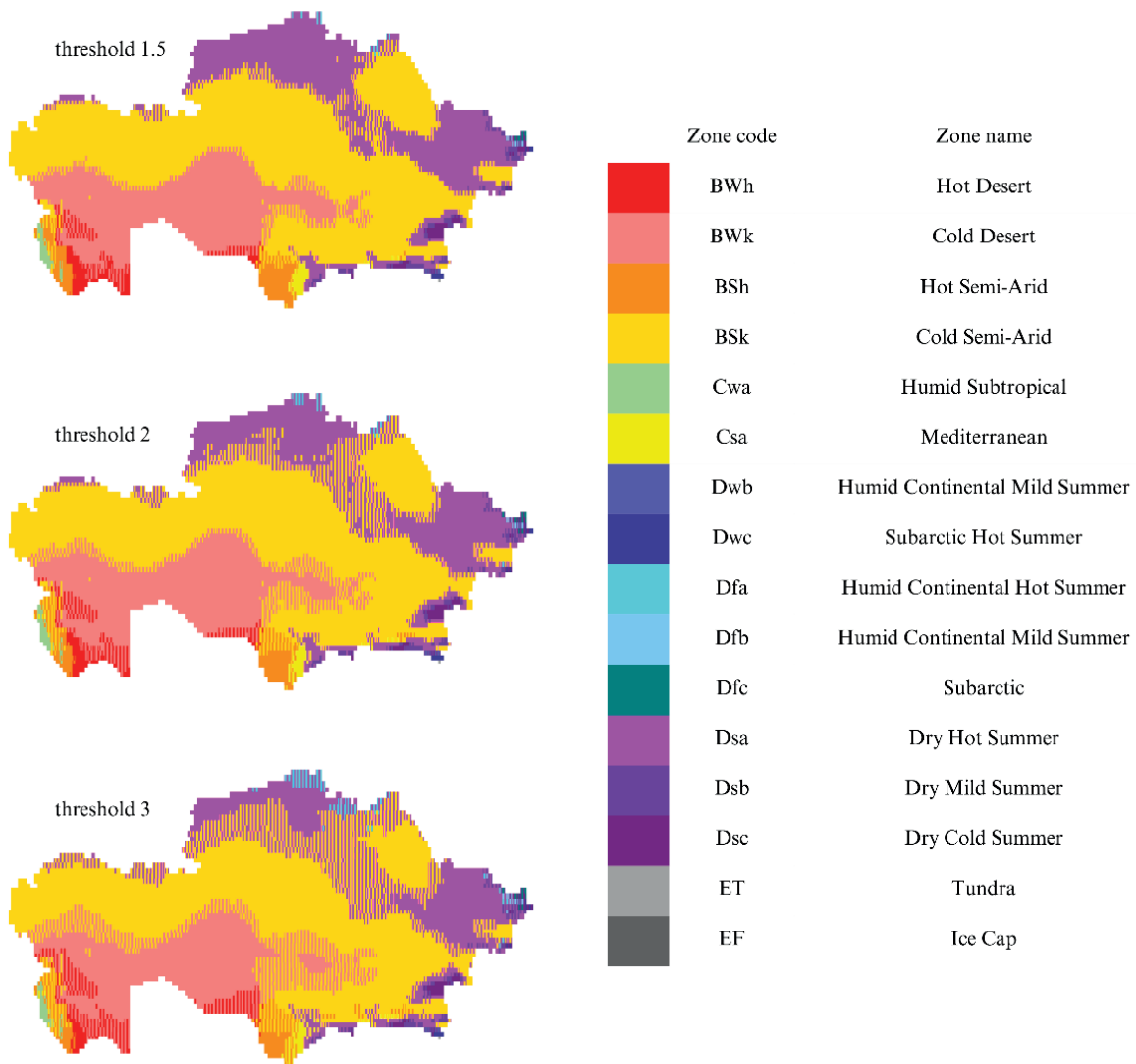


Figure 3. Modal Köppen–Geiger climate map of Kazakhstan (2071–2100, SSP5-8.5), with uncertainty areas shown in a linear pattern (high threshold < 1.5, moderate threshold < 2, low threshold < 3)

Consistent with the previous approach, threshold 2 is applied to visualize areas with moderate uncertainty, and threshold 3 is used for areas with low uncertainty. Figure 3 shows high variability (threshold < 1.5) of climate models at zone’s borderlines, while the use of threshold 2 expands these areas of uncertainty. In these regions, the future climate zone is difficult to predict, and it could either remain the same as the leading zone or shift to the second frequent climate zone. As the threshold value increased to 3 (indicating low uncertainty), the areas shown in Figure 3 appear more consistent, with most models predicting the same climate zone – making misclassification unlikely.

3. Discussion

The modal Köppen–Geiger climate map of Kazakhstan for the time period 2071–2100 under the high-emission scenario SSP5-8.5 shows a significant transition of climate zones across the country. In particular, the northern part of Kazakhstan (including the North Kazakhstan region, the north of the Kostanay region,

and the northeast of the Akmola region) as well as the eastern part (including the Abay and East Kazakhstan regions, with the southern part of East Kazakhstan transitioning to BSk (cold semi-arid climate)) are likely to experience a shift to a dry climate with hot summers (zone Dsa), replacing the current humid continental climate with hot and mild summers (zones Dfa and Dfb, respectively). This potential transition could significantly impact the agriculture sector, especially in the Akmola, Kostanay and North Kazakhstan regions, which are major wheat producer (U.S. Department of Agriculture [USDA], 2022). A dry climate may reduce precipitation, which can negatively affect crop yields.

Furthermore, the northeastern part of the country, specifically the Pavlodar region, is expected to transition into the BSk climate zone. There will also be a significant northward and north-eastward expansion of the BSk zone, including parts of East Kazakhstan, Aktobe, the central and southern parts of the Kostanay region, the east and south of the Akmola region, and

the Karaganda region (with some areas in the northeast of the region transitioning to Dsa). The BSk zone will also expand into the Zhetysu, Almaty, and Zhambyl regions. In addition, a slight expansion of the Csa (mediterranean) climate zone is expected in the southern parts of the country, particularly around Shymkent city and its neighbouring areas. The BWk (cold desert) zone is predicted to expand northward from Aktau, Atyrau, Mangystau, and the south of the Aktobe region, as well as parts of Kyzylorda, west and south of Ulytau, and the surrounding areas. The expansion of arid climates poses significant challenges for affected regions, including desertification, reduced precipitation, and increased water scarcity.

Importantly, two new emerging climate zones are predicted by the end of the century under the SSP5-8.5 scenario. Zone BWh (hot desert climate) is expected to appear in the southwest along the Caspian shore, particularly in the Mangystau region and its southern parts. Another BWh zone will emerge in the south of Kyzylorda, near the border with Uzbekistan. The BSh (hot semi-arid climate) zone will also develop in the southern parts of the country, particularly in the Turkistan region. The projected emergence of new climate zones in southern Kazakhstan creates significant challenges to agriculture and food security. These regions, currently favorable for cultivating fruits, vegetables, cotton, and rice, may face adverse effects due to the transition to arid climates. Increased heatwaves and water scarcity could threaten crop yields and livestock productivity. Moreover, the broader climatic shifts across the country are likely to impact ecosystems and biodiversity, with reduced precipitation and more frequent heatwaves.

4. Conclusions

This study investigates how climate models project future Köppen–Geiger climate zones at the pixel level and assesses uncertainty using inter-model variability of CMIP6 ensemble under the SSP5-8.5 scenario in Kazakhstan. Different climate models may assign different future climate zones to the same pixel, and this disagreement is used as a measure of uncertainty in classification. A modal map was generated to show the most frequent climate zone for each pixel, along with the second most frequent zone to capture areas of disagreement. Three thresholds were applied to visualise high, moderate, and low confidence in zone assignment. These thresholds highlight areas with varying levels of confidence in future climate zone predictions. In particular, the analysis reveals that in the northern part of Kazakhstan, spanning from west to east, the most frequently projected climate zone is Dsa (Dry hot summer), with BSk (Cold semi-arid) being the second most frequent. In central Kazakhstan, from west to east and extending down to the south, the most frequent climate zone is BWk (Cold desert), with BSk (Cold semi-arid) being the second most frequent. At the northern border of the country, the second most probable zone is Dfa (Hot summer continental), with Dsa remaining the most frequent climate zone. In addition, the southern and southwestern parts of Kazakhstan show emerging climate zones such as BSh and BWh (Hot desert). The higher the threshold, the more dominant the

most frequently predicted climate zone becomes over the second most likely zone. In areas with a threshold of 1.5, there is a smaller region of high uncertainty, meaning the climate zone could be either the most frequent one or another. As the threshold increases to 2 and 3, the areas of uncertainty expand, but these zones also reflect lower uncertainty, meaning the most frequently predicted climate zone is most likely the correct one. These thresholds indicate regions where there is strong consensus among the models, as well as areas with higher uncertainty, highlighting regions where climate classifications are less reliable. In those uncertain regions, additional modelling or data may be needed.

Future Köppen–Geiger climate maps should be interpreted with caution due to limitations of the methodology used in this study. In particular, the validation and correction of climate models were not performed, meaning that all models used in this research inherited biases in the projected maps and this should be taken into consideration. Additionally, the results were not compared with other methods, such as ensemble averaging or probabilistic methods. Regional Climate Models could also be used to further refine the results. Another limitation is the resolution of the data used in this study. Although the analysis covers the entire country to capture broad trends in climate zone transitions, higher-resolution data could be beneficial for smaller areas of interest. Despite these limitations, the findings of this study are still important for informing climate-related planning, policy-making, adaptation, and mitigation strategies in Kazakhstan, where spatially detailed research remains limited. These results could also serve as a foundation for further research by other scholars.

References

- Beck, H. E. – Zimmermann, N. E. – McVicar, T. R. – Vergopolan, N. – Berg, A. – Wood, E. F. 2018. Present and future Köppen–Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data*, 5, 180214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>
- Beck, H. E. – McVicar, T. R. – Vergopolan, N. – Berg, A. – Lutsko, N. J. – Dufour, A. – Zeng, Z., Jiang, X. – van Dijk, A. I. J. M. – Miralles, D. G. 2023. High-resolution (1 km) Köppen–Geiger maps for 1901–2099 based on constrained CMIP6 projections. *Scientific Data*, 10, 724. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02549-6>
- Bissenbayeva, S. – Salmurzauly, R., – Tokbergenova, A. – Zhengissova, N. – Xing, J. 2025. Assessment of degraded lands in the Ile-Balkhash region, Kazakhstan. *Frontiers in Earth Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1453994>
- Callendar, G. S. 1938. The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 64(275), 223–240. Retrieved from <https://www.rmets.org/sites/default/files/qjcallender38.pdf> <https://doi.org/10.1002/qj.49706427503>
- Eyring, V. – Bony, S. – Meehl, G. A. – Senior, C. A. – Stevens, B. – Stouffer, R. J. – Taylor, K. E. 2016. Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental

- design and organization. *Geoscientific Model Development*, 9(5), 1937–1958. <https://doi.org/10.5194/gmd-9-1937-2016>
- Fallah, B. – Didovets, I. – Rostami, M. – Hamidi, M. 2024. Climate change impacts on Central Asia: Trends, extremes, and future projections. *International Journal of Climatology* 44(10), 3191–3213. <https://doi.org/10.1002/joc.8519>
- Gorelick, N. – Hancher, M. – Dixon, M. – Ilyushchenko, S. – Thau, D. – Moore, R. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Google. (n.d.). *ee.Reducer.mode*. [API Documentation]. Google Earth Engine. Link: <https://developers.google.com/earth-engine/apidocs/ee-reducer-mode> [Last retrieved: May 15, 2025]
- Hu, Y. – Han, Y. – Zhang, Y. 2020. Land desertification and its influencing factors in Kazakhstan. *Journal of Arid Environments*, 180, 104203. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104203>
- Kottek, M. – Grieser, J. – Beck, C. – Rudolf, B. – Rubel, F. 2006. World map of the Köppen–Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Keeling, C. D. 1965. The concentration and isotopic abundances of carbon dioxide in the atmosphere. *Tellus*, 17(2), 174–193. DOI: 10.3402/tellusa.v12i2.9366
- Li, T. – Song, F. – Bao, J. – De Maeyer, P. – Yuan, Y. – Huang, X. – Yu, T. – Sulei, N. – Bao, A. – Goethals, P. 2025. Historical and projected cropland impacts of heatwaves in Central Asia under climate change. *Earth's Future* 13, e2024EF005595. <https://doi.org/10.1029/2024EF005595>
- Peel, M. C. – Finlayson, B. L. – McMahon, T. A. 2007. Updated world map of the Köppen–Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(3), 1633–1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Thrasher, B. – Maurer, E. P. – McKellar, C. – Duffy, P. B. 2012. Technical Note: Bias correcting climate model simulated daily temperature extremes with quantile mapping. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16(9), 3309–3314. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1516460>
- Foreign Agricultural Service, U.S. Department of Agriculture (USDA). 2022. *Commodity Intelligence Report*. Link: <https://ipad.fas.usda.gov/highlights/2022/08/Kazakhstan/index.pdf> [Last retrieved: May 15, 2025]
- World Bank. 2025. *Climate Change Knowledge Portal*. Kazakhstan. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/kazakhstan> [Last retrieved: May 15, 2025]
- Yessimkhanova, K. 2025. *Köppen maps*. GitHub. Link: https://github.com/yessimkhanova/koppen_maps [Last retrieved: May 15, 2025]



A Magyar Földmérők Arcképcsarnoka
sorozat IV. és V. kötete megvásárolható az MFTTT titkárságán.

A kötetek ára tagjaink részére 5000 Ft.

Az MFTTT vezetősége

Pontfelhők geometriai és attribútumtorzulásai

OLÁH Szeverin¹, KOZMA Katalin², BARSÍ Árpád³

¹ Széchenyi István Egyetem, Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola

² Széchenyi István Egyetem, Alkalmazott Fenntarthatóság Tanszék

³ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Fotogrammetria és Térinformatika Tanszék

E-mail: barsi.arpad@emk.bme.hu

[DOI: 10.30921/GK.77.2025.3.3](https://doi.org/10.30921/GK.77.2025.3.3)

Absztrakt

A cikk a pontfelhőkben megjelenő geometriai és attribútumtorzulásokkal foglalkozik, amelyek az adatgyűjtés és feldolgozás különböző szakaszaiban jelentkezhetnek. A szerzők bemutatják a torzulások fő forrásait – például a szenzorok technológiai korlátait, a mérőplatform mozgását vagy a környezeti tényezők hatásait –, valamint azok hatását a pontsűrűsége, az adateloszlásra és az attribútumok megbízhatóságára. Részletesen ismertetik a torzulások kvantitatív értékelésére szolgáló statisztikai módszereket (pl. Getis–Ord G_i^* , Moran-féle I , Gini-együttható), amelyek segítségével a hibák számszerűen jellemezhetők és korrigálhatók. A tanulmány hangsúlyozza, hogy a torzulások elemzése és kezelése elengedhetetlen a pontosabb térbeli modellek és megbízhatóbb térinformatikai elemzések létrehozásához.

Abstract

The paper addresses geometric and attribute distortions in point clouds, which can arise at various stages of data acquisition and processing. The authors present the main sources of distortions—such as sensor limitations, platform movement, and environmental influences—and their impact on point density, data distribution, and attribute reliability. They detail statistical methods for quantitative evaluation of distortions (e.g., Getis–Ord G_i^* , Moran’s I , Gini coefficient), which allow systematic measurement and correction of errors. The study emphasizes that analyzing and mitigating distortions is essential for creating more accurate spatial models and producing reliable geoinformatics analyses.

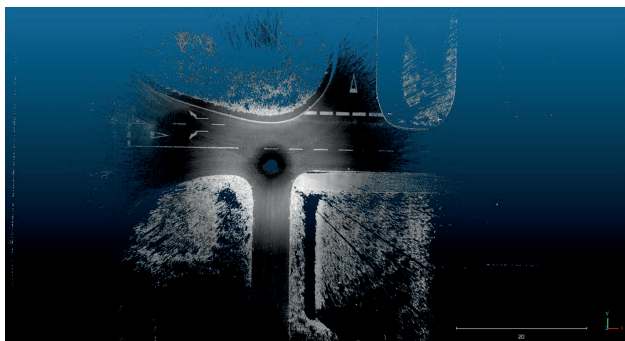
1. Bevezetés

A pontfelhő egy olyan digitális adatszerkezet, amely térbeli koordináták (x , y , z) halmazát tartalmazza és egy objektum vagy környezet háromdimenziós reprezentációját teszi lehetővé (Elharrouss et al. 2023; Guo et al. 2021; Rusu et al. 2008). A pontok nem csupán geometriai pozícióval rendelkezhetnek, hanem különböző attribútumokkal is kiegészíthetők, mint például visszaverődési intenzitás, színinformáció (RGB), osztályozási címkék vagy normálvektorok. A pontfelhő tehát nem csupán egyszerű koordináta-halmaz, hanem olyan gazdag, sokdimenziós adatformátum, amely számos tudományterület és iparág számára szolgál kiindulópontként (Dumic – da Silva Cruz 2025; Woo et al. 2023; Zhu et al. 2024). Az ilyen adatok nyerésére számos eljárás létezik. A leggyakrabban alkalmazott technológiák közé tartozik a lézerszkennelés (Vierling et al. 2008), a fotogrammetria (Wu 2021), a strukturált fényvetítés (Jacobs et al. 2023), valamint a mobil térképezés (Elhashash, Albanwan, and Qin 2022). Ezek az eszközök és eljárások lehetővé teszik, hogy nagy mennyiségű, részletes 3D információt gyűjtsünk be rövid idő alatt – akár városi környezetekről, épületekről (Wang et al. 2018) vagy természetes tájakról is

(Saritha et al. 2021). A nyers pontfelhők szinte minden esetben különféle torzulásokat tartalmaznak, amelyek jelentősen befolyásolhatják a további feldolgozási és elemzési eredményeket. Ezek a torzulások részben az adatgyűjtés technológiai korlátaiból, részben a mérési környezet sajátosságaiból és részben a feldolgozási eljárásokból erednek. A pontfelhők torzulásainak megértése és kvantitatív jellemzése kulcsfontosságú a hibás vagy torzított adatok felismerése, javítása, illetve az eredmények megbízhatóságának növelése szempontjából. Bár a pontfelhők előállítása technológiailag kifinomult rendszerekhez kötött, a nyers pontfelhők minősége gyakran jelentős torzulásokat és egyenetlenségeket hordozhatnak (Ding et al. 2024; Wang et al. 2024).

2. A pontfelhő torzulásainak okai

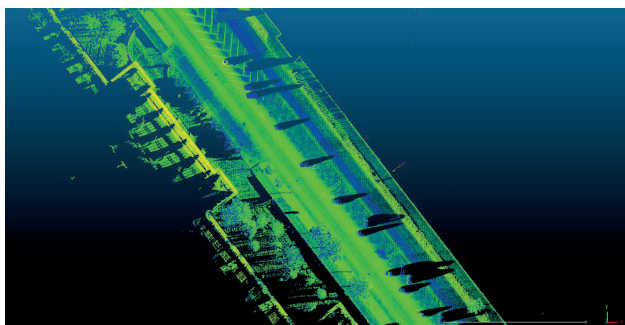
A pontfelhők torzulásai több forrásból származhatnak. Legyen szó lézerszkennelésről, fotogrammetriáról vagy egyéb távolságmérési eljárásról, a használt eszközök pontossága és felbontása véges (Maskeliūnas et al. 2025; Pirotti et al. 2022). A szenzorok sajátosságai miatt a mintavételezés nem tökéletes. A lézerszkennelés (LiDAR) esetében a kibocsátott nyaláb szóródása,



1. ábra A mérési állásponttól való távoldással csökkenő pontsűrűség és a sugárirányban megjelenő árnyékolt területek – földi lézerskenneres felmérés (TLS) a ZalaZone Smartcity tesztpályán

a szkennelési szög és a távolság miatt a lézernyalábok sűrűsége nem minden irányban és távolságban egyenletes, így már az elsődleges mintavételezés is torz képet adhat. A nagyobb távolságra lévő objektumok esetében a pontsűrűség csökken, a szkennelési szög növekedésével pedig a mért adatok minősége romlik, így a meredek felületek nehezen vagy pontatlanul rögzíthetők, amit a geometriai és időzítési kalibrációk hiányosságai tovább súlyosbítanak (Dayal et al. 2022; van Lier et al. 2021).

Emellett a szenzorok nem megfelelő optikai, geometriai vagy időzítési kalibrációja is okozhat pontatlanságot. További jelentős tényező az adatgyűjtő platform mozgása és elhelyezkedése. A mozgó platformok, például drónok, autók vagy kézben tartott rendszerek alkalmazásakor a platform mozgása is torzulásokat generálhat (Yang et al. 2022). Hosszabb adatgyűjtés során ezek a torzulások összeadódnak és jelentős geometriai hibát eredményeznek. Abban az esetben, ha a platform GNSS-vevője hibásan működik, a georeferált pontfelhő globális pontosságát is veszélyezteti. Különösen kritikus ez akkor, ha több különálló pontfelhőt kell egymáshoz illeszteni, mert a kisebb hibák is összeadódnak és jelentős regisztrációs torzulást eredményeznek. A környezeti tényezők szintén fontos szerepet játszhatnak. A fényviszonyok, a páratartalom, a por, a csapadék vagy a mozgó objektumok mind hatással lehetnek az adatgyűjtés minőségére (Yang et al. 2022). A visszaverődési intenzitás például nagymértékben függ a felület anyagától és dőlésétől; így egy adott pont egyáltalán rögzítésre kerül-e. Árnyékos vagy eltakart



2. ábra Felülnézeti pontfelhő az úttengelytől távolodva csökkenő pontsűrűséggel, valamint árnyékszerű takarásokkal – mobil lézerskennelés eredménye a Műgyetem rakparton

területek, tükröződő felületek (például üveg vagy víz) gyakran nem, vagy csak hibásan jelennek meg a pontfelhőben. A vegetáció szél miatti mozgása vagy egy autó elhaladása pillanatnyi hibákat okoz, amelyek az adott felvételen zajként jelentkeznek.

A pontfelhők torzulása tehát nem egy egyszeri hiba következménye, hanem a komplex adatgyűjtési és feldolgozási lánc különböző fázisaiban fellépő szisztematikus és véletlenszerű tényezők eredménye. Ezen hibák ismerete elengedhetetlen ahhoz, hogy megfelelő statisztikai és geometriai módszerekkel képesek legyünk azokat feltárni és korrigálni, illetve az adatminőséget célzottan tudjuk javítani.

3. A torzulások fő típusai a pontfelhőkben

A pontfelhő, mint mintavételezett jel, a mintavételezés diszkrét jellege miatt hibával terhelt, így lokális szélsőértékek meghatározására nem alkalmas (Földváry, 2021). Emellett, a pontfelhők különböző elvi és technikai okoknál fogva torzulásokkal terhelték. A különböző forrásokból származó torzulások többféle formában jelennek meg a pontfelhőkben és ezek közül különösen azok a hibák jelentenek kihívást, amelyek a pontok térbeli eloszlását, sűrűségét és attribútumait érintik.

A pontsűrűség inhomogenitása az egyik leggyakoribb jelenség. Az adatgyűjtő rendszerek látómezejéből, távolságfüggéséből és mozgásából adódóan gyakran fordul elő, hogy az egyes felületek nem egyenletesen kerülnek mintavételezésre (Petras et al. 2023). Tipikus példa erre a távolsággal csökkenő felbontás: a szenzorhoz közeli tárgyak nagy pontsűrűséggel jelennek meg, míg a távolabbi felületek sokkal ritkábbá válnak. Ezen felül a látószög és az árnyékhatások is hatással vannak arra, hogy a felületek milyen részletességgel rögzülnek, ami különösen domborzati felmérések vagy épített környezetek esetén jelent problémát (McDermott – Rife 2022). Az így kialakuló „sűrű foltok” és „ritka zónák” nemcsak vizuálisan zavarók, hanem a legtöbb geometriai feldolgozási algoritmus működését is megnehezítik, mivel azok gyakran egyenletes pontsűrűséget tételeznek fel.



3. ábra A BME Központi épületének homlokzatáról készült TLS-felvétel – részleges takarásokkal, egyenletlen ponteloszlással és hiányos visszaverődésekkel



4. ábra Fotogrammetriai rekonstrukció az ócsai templomról kisrepülőgépes légifelvételek alapján – jól láthatók a lyukak a pontfelhőben

További probléma a mintavételezési zajokból, az úgynevezett adatlyukakból származó, hiányzó pontok. A véletlenszerűen elhelyezkedő, nem valós geometriai felülethez tartozó pontok a zaj klasszikus példái, melyek általában visszaverődésből, légköri szennyeződésből vagy mozgó objektumokból származnak (Gao et al. 2021). Ezek gyakran szórta, rendezetlenül jelennek meg, és zavarják a felszín topológiai és morfológiai értelmezését. Az adatlyukak pedig azok a régiók, ahol a szenzor nem tudott adatot rögzíteni, például árnyékban, meredek szögű felületeken vagy ha az adott terület takarásban volt (Doria and Radke 2012). Az így kialakuló adatlyukak az inhomogén pontsűrűséghez hasonlóan a felhasználást nehezítik meg. Ezek lehetnek kis méretű lokális hiányok, például egy fa lombkoronájának rései, vagy nagyobb kiterjedésű területek, ahol az érzékelés valamilyen okból megghiúsult. Ezek a hiányosságok nehezen kezelhetők, ha a cél egybefüggő, teljes pontfelhő létrehozása.

További probléma, amikor a pontokhoz kapcsolódó intenzitás, szín vagy osztályozási címke nem minden esetben fedti pontosan a valóságot (Julin et al. 2020). A LiDAR-eszközök által mért visszaverődési intenzitás például érzékenyen reagál a felület típusára, dőlésére és a távolságára is, így ugyanarról az objektumról mért pontok a különböző helyzetekből más-más értékeket vehetnek fel. Hasonló hibák tapasztalhatók a színinformációk esetén is, főként fotogrammetriai adatoknál, ahol a pontszínek a képek visszavetítéséből származnak, így az árnyékos, túlvilágított vagy gyenge kontrasztú régiók pontjai nem megfelelő színattribútummal kerülnek a pontfelhőbe. A gépi tanulóval végzett osztályozás vagy szegmentálás során előforduló hibás címkézés szintén torzíja az attribútumtérképet és megnehezíti az automatikus feldolgozást.

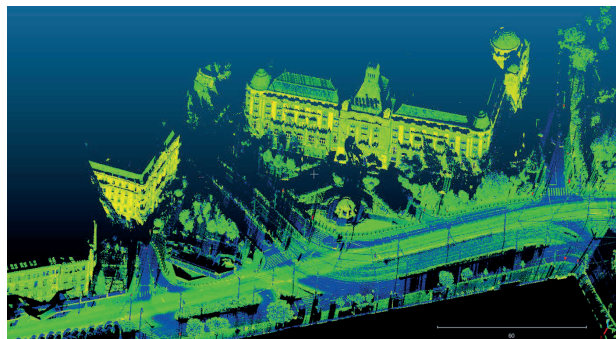
4. A torzulások kvantitatív mérése

A pontfelhők minőségének értékeléséhez nem elegendő a vizuális ellenőrzés; elengedhetetlen a torzulások objektív jellemzése mérőszámokkal is. Ehhez különböző statisztikai és térbeli mutatók állnak rendelkezésre, amelyek segítségével meghatározható a mintavétel egyenletessége, a zaj mértéke, valamint az attribútumok megbízhatósága. A kvantitatív mérések lehetőséget adnak a torzulások rendszerszintű feltérképezésére és célzott korrekciójára. A legegyszerűbb, mégis sokatmondó

mérőszám a lokális pontsűrűség, amely megmutatja, hogy adott térbeli egységen belül hány pont található (Vo et al. 2021).

A térben lokálisan változó pontsűrűség már önmagában jelzi a torz eloszlás problémáját, amely a mintavétel fizikai körülményeiből (pl. távolság, szög, platformmozgás) fakadhat. A lokális pontsűrűség számítására két fő megközelítés használható: a k -legközelebbi szomszéd keresése (k -NN) vagy adott sugarú gömbben elhelyezkedő pontok megszámlálása. Szintén informatív a pontsűrűség szórásának kiszámítása az egész pontfelhőre vagy annak részeire (Darrah et al. 2022). A nagy szórás azt jelzi, hogy az adatok eloszlása egyenetlen, ami torzulásra utal. A pontsűrűség eloszlásának szemléltetésére kiválóan alkalmasak a sűrűségi hisztogramok és térképek. Ezek a vizualizációk rávilágítanak azokra a területekre, ahol a mintavételezés nem kielégítő, például ritka zónák vagy túlszűfolt régiók formájában. Az ilyen térképek nemcsak az eloszlásméréshez nyújtanak támpontot, hanem lehetővé teszik a célzott beavatkozásokat is.

A kvantitatív elemzést tovább bővítik a térbeli autokorrelációs statisztikák, például a térinformatikában használt Moran's I vagy a Getis-Ord G_i^* mérőszámok, amelyek azt vizsgálják, hogy a torzulások véletlenszerűen oszlanak-e el a térben vagy inkább klaszteresedve, lokálisan halmozódnak fel (Shirowzhan and Lim 2014). A Moran's I statisztika megmutatja, hogy a sűrű vagy ritka pontok térben csoportosulnak-e vagy véletlenszerűen oszlanak el. A szintén az egyenlőtlen mérésre szolgáló Gini-együttható a pontsűrűség eloszlásának kvantitatív jellemzésére is alkalmazható. A Gini-együttható értéke 0 (teljes egyenletesség) és 1 (teljes koncentráció) között mozog (Valbuena et al. 2016). Ezek a mutatók fontosak lehetnek akkor, ha a hibák forrása valamilyen szabályos hatás, például a platform mozgásából fakadó ismétlődő irányeltérés. Az ilyen statisztikák segítségével tehát nemcsak a torzulások mértéke, hanem azok térbeli mintázata is kimutatható. Az intenzitás, RGB-színek vagy osztályozási címkék statisztikai jellemzői (pl. szórás, hiányosság, anomáliák) sokat elárulnak arról, hogy az adott pontfelhő mennyire megbízható az adott feldolgozási célt tekintve. Ha az attribútumok inkoherensek vagy túlzott eltéréseket mutatnak, az a feldolgozás pontosságát is veszélyezteti.



5. ábra A Szent Gellért tér perspektivikus nézete mobil lézerszkennelt pontfelhőn – takart részekkel és térbeli inhomogenitásokkal

5. A torzulások modellezése

Az eddigiekben leírt hibahatások számszerű kiértékelése céljából a fontosabb jellemzők numerikus áttekintését nyújtjuk a következő fejezetben.

5.1. Getis–Ord G_i^* (lokális hot spot analízis pontsűrűséghez)

Arthur Getis és J. Keith Ord statisztikusok által kifejlesztett módszereket általában a „hot spot” elemzésekhez használják, tehát olyan pontcsoportok beazonosítására, amelyek kiemelkedően magas vagy alacsony értékű jellemzőikkel statisztikailag szignifikáns módon egy vagy több gócpont körül csoportosulnak (Shirowzhan and Lim 2014). Ez tehát a térbeli klasztereződés statisztikai jellemzésére alkalmas. Képletszerűen:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}} \quad (1)$$

ahol x_j a j -edik pont attribútumértéke, w_{ij} a térbeli súlymátrix megfelelő eleme, n a vizsgált pontok száma, \bar{x} az x_j attribútum értékek átlaga, S pedig ezek szórása.

Az ún. z -teszttel annak a valószínűségét lehet vizsgálni, hogy egy minta egy adott populációból származik-e. A Getis–Ord G_i^* statisztika gyakorlatilag az adathalmaz attribútumértékére kapott z -szám. Egy statisztikailag szignifikáns „hot spot” beazonosítása olyan helyként történik, amely nagy z -értékű és a szomszédos pontok is nagy z -értékűek. Tehát a statisztikailag szignifikáns pozitív z -számok esetében minél nagyobb a z -szám, annál intenzívebbek a magas értékek, vagyis a pontfelhő azon része klaszteresedett.

5.2. Moran-féle I (globális és lokális térbeli autokorreláció)

A statisztikában a Moran-féle I a térbeli autokorreláció mérőszáma (Patrick Alfred Pierce Moran neve után, aki a mérőszámot kidolgozta). A térbeli autokorreláció (mint azt a neve is sugallja) térben közeli helyek közötti korreláció, amely általánosságban többdimenziós (multidimenzionális) és többirányú (multidirekcionális).

Megkülönböztetünk globális és lokális autokorrelációt. A globális Moran-féle térbeli autokorrelációs elemzés az adatok homogén eloszlását feltételezi, ezért egy statisztikát ad a teljes vizsgálati terület összegzésére. A globális Moran-féle I számítása (Shirowzhan and Lim 2014):

$$I = \frac{N}{W} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

Ha ez a feltételezés nem áll fenn, és nincs globális autokorreláció vagy klaszteresedés, akkor lokális klasztereket a Moran-féle autokorrelációs elemzés lokális változatával az ún. LISA (Local

Indicators of Spatial Association) módszerrel, a lokális Moran-féle I_i autokorrelációs együtthatóval határozhatjuk meg (Shirowzhan and Lim 2014):

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (3)$$

Az összefüggésekben N az elemzési egységek száma, a többi változó jelentése pedig megegyezik az 5.1 fejezetben ismertetekkel.

5.3. Gini együttható

A pontsűrűség eloszlásának egyenlőtlenségét a Gini-együttható méri (Valbuena et al. 2016). A Gini-együttható alapvetően egy közgazdasági mérőszám, ami a statisztikai eloszlások egyenlőtlenségeit méri. Leginkább a jövedelem és a vagyon eloszlásának mérésére használják, de alkalmas a mérnöki gyakorlat számára is.

$$G = \frac{1}{2n^2 \bar{x}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |x_i - x_j| \quad (4)$$

ahol x_i és x_j az i illetve a j területegységhez tartozó attribútumértékeket írja le, egyébként a változók jelentése megfelel a korábban leírtaknak. A módszer az $|x_i - x_j|$, tehát az attribútumértékek különbségeinek abszolút értéke alapján határozza meg a pontsűrűség eloszlásának egyenletességét. A Gini együttható a pontsűrűség eloszlását 0 (egyenletes területi eloszlás) és 1 (egy területre koncentrálódó, egyenlőtlen területi eloszlás) értékek között adja meg.

5.4. LiDAR DEM vertikális hibabecslés

A LiDAR-alapú digitális domborzatmodell (DEM) pontjainak vertikális hibája komplex módon áll össze különböző összetevők eredményeként. A teljes pontonkénti vertikális hiba, ε_T a következőképpen írható fel (Liu et al., 2015):

$$\varepsilon_T = R_T + \varepsilon_T^{\text{szenzor}} + G_T \quad (5)$$

ahol R_T a TIN-model interpolációs hibája, $\varepsilon_T^{\text{szenzor}}$ az érzékelő (szenzor) hibája, G_T a földfelszín (ground) osztályozási hibája. Ezen fogalmak jelentését, értelmezését a következőkben adjuk meg.

A LiDAR érzékelő hibája ($\varepsilon_T^{\text{szenzor}}$) az adatok mérési pontatlanságait foglalja magában. Ezek erednek egyrészt az időzítési és/vagy távolságmérési pontatlanságokból (a lézerezimpulzusok kibocsátásának és visszaverődésének időzítéséből származó mérési hibák), szabályos torzításokból (a LiDAR-rendszer kalibrációs hibái, pl. a lézer irányának vagy a GPS/IMU helyzetmeghatározásának pontatlanságai), továbbá véletlenszerű hibákból (a környezeti hatásokkal pl. légköri viszonyok, fényszóródás járó, determinisztikusan nem számszerűsíthető mérési hibák).

A földfelszín osztályozási hibája (G_T) a terep- és nem terep-pontok elkülönítésének pontatlanságából ered. Az osztályozás hibái miatt előfordulhat, hogy épületek, vegetáció vagy egyéb nem-terepi objektumok pontjai belekerülnek a terep-modellbe, vagy fordítva. Ez az eltérés szisztematikus torzulást eredményezhet a DEM-ben, különösen komplex terepen lehet kritikus.

Az interpolációs hiba (R_T) a DEM készítése során végzett interpoláció (pl. TIN vagy rácsos interpoláció) elkerülhetetlen hibaforrása, amely (mivel a LiDAR pontfelhő pontsűrűsége távolságfüggő, tehát nem homogén eloszlású) térben különböző mértékben jelentkezik. Az interpolációs hiba különösen változatos domborzati formák esetén számottevő. Összességében tehát az interpolációs hiba hatása olyan esetben jelentősebb, amikor a pontok közötti távolság nagyobb vagy a terep gyorsan változik.

Liu et al. (2015) részletesen vizsgálta, hogy hogyan halmozódnak, terjednek tovább a fenti hibák a DEM pontjaira. Az idézett cikk a teljes hiba varianciáját az egyes komponensek varianciájának összeadásával adta meg; feltételezi tehát, hogy a hibaforrások statisztikailag függetlenek, azaz nem korrelálnak egymással:

$$\sigma_T^2 = \sigma_R^2 + \sigma_{\text{szenzor}}^2 + \sigma_G^2 \quad (6)$$

ahol az egyenlet jobb oldalán rendre az interpolációs, a szenzor- és a földfelszín osztályozási hiba szórásnégyzetei (varianciái) szerepelnek. Ezzel a megközelítéssel, tehát a hibakomponensek függetlenségének feltételezésével módszert dolgoztak ki a teljes vertikális hiba becslésére.

5.5. LiDAR felvételezés geometriai torzulásai

A LiDAR felvételezés komplex terepen jelentős geometriai torzulásokat szenvedhet, melyeket különösen a domborzati viszonyok befolyásolnak. Klaas-Witt és Emeis (2022) szerint a torzulások modellezéséhez kétféle arányosságot vettek számításba: a domborzati magasság-szélesség arányt (H/L) és az antennamagasság-szélesség arányt (z/L). Ezek az arányok összefüggenek a LiDAR nyaláb irányának és a domborzati felszín normálvektorának változásával, amely alapvetően befolyásolja a visszaverődési geometria torzulását és ezáltal a mérési pontok térbeli eltolódását.

Ezek megértéséhez előbb vizsgáljuk meg a Gauss-idomokat. Ez a dombformáknak egy olyan elméleti modellje, amely egy Gauss-görbével (haranggörbével) az alábbi formában írható le (egydimenziós verzió esetén):

$$h(x) = H \cdot e^{-\left(\frac{x}{L}\right)^2} \quad (7)$$

ahol H a Gauss-domb magassága, L pedig a Gauss-domb szélességének a fele. Ezen elméleti modell felhasználásával a terepet egy idealizált, kétdimenziós Gauss-dombként írjuk le. A H/L arány a domborzat relatív meredekségét jellemzi, ahol H a terep referencia sík feletti maximális magassága, L pedig a domb

kiterjedését leíró alakparaméter (a görbe fél-hullámhossza, „szélességének” a fele).

Mivel a domborzat jelentősen befolyásolja a légáramlatok irányát, így közvetetten a LiDAR mérőnyalábjának beesési szögét is módosítja, ami hatással lehet a szélesség-becslés pontosságára. A z/L arány a LiDAR-mérési magasság (z) és a terep vízszintes kiterjedésének jellemző értéke (L) közötti arányt fejezi ki. Ez az arány számszerűsíti, hogy a LiDAR -mérés milyen magasságban történik a dombalakhoz képest, és milyen mértékben érvényesül a domborzat hatása az adott mérési szinten.

A hivatkozott tanulmány numerikus szimulációkat és terepi méréseket egyaránt bemutat, amelyek alapján komplex terepen a teljes geometriai torzulás maximális értékét ~11% találták a terep meredekségétől és a lézersugár beesési szögétől függően.

6. A torzulások számszerűsítése

A különböző bemutatott matematikai eszközök, modellek illusztrálására végül mutatunk egy számszerű példát. Előtte az 1. táblázatban összegezzük az 5. fejezetben bemutatott módszereket, modelleket, statisztikai eszközöket.

Az egyes hibahatások számszerű becslése céljából, egy „tipikus” LiDAR-felvétel esetére végzünk becsléseket. A 2. táblázat egy közepes sűrűségű légifelvételes LiDAR-felmérésre ad becstült értékeket a főbb hibaforrások szerint. A vizsgált felvételezés jellemzői:

- Repülési magasság: 800–1000 m (terep feletti relatív magasság)
- Pontsűrűség: ~8–12 pont/m²
- Sávátfedés: ~30–40%
- Használt szenzor: légi lézerszkenner (ALS), pl. RIEGL vagy Leica scanner

Az eredményül kapott értékeket a 2. táblázat ismerteti. A szakirodalom alapján nyert gyakorlati megjegyzéseket tettünk a táblázat utolsó oszlopában.

7. Összegzés

Az 5. fejezetben bemutatunk matematikai eszközöket egy pontfelhő geometria és attribútum torzulásainak jellemzésére; a 6. fejezetben kísérletet tettünk egy számszerű példára is. A módszerek megismételt ismertetése helyett inkább a számszerű példákkal kapcsolatban tennénk néhány megjegyzést, amely az egyes eszközök gyakorlati alkalmazhatóságára, annak korlátaira is rávilágít. A térbeli statisztikai mérőszámok (Getis Ord G_i^* , Moran-féle I , Moran-féle LISA I_i) becslése erősen függ a mintavételi ablak méretétől és a pontfelhő osztályozottságától. A 2. táblázatban megadott értékek tipikus városi vagy dombvidéki környezetre vonatkoznak. A Gini-együttható intenzitáseloszlás alapján különösen jól azonosíthatja az anomáliákat (pl. hibás ref-

1. táblázat A statisztikai jellemzésre használt matematikai eszközök és módszerek összessége

Hibaforrás	Matematikai eszköz, modell	Az összefüggés képlete	Jellemzés, alkalmazás
Térbeli hot spot	Getis-Ord G_i^*	$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2}{n-1}}}$	Lokális klasztereződés pontsűrűségben
Globális térbeli autokorreláció	Moran-féle I	$I = \frac{N}{W} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$	Adateloszlás klaszterezettsége
Lokális autokorreláció	Moran-féle LISA I_i	$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_j - \bar{x})$	LISA-egységekhez kapcsolódik, helyi mintázatokot mutat
Attribútumeloszlás egyenletessége	Gini-együttható	$G = \frac{1}{2n^2 \bar{x}} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i - x_j $	a pontsűrűség eloszlásának egyenletessége
DEM vertikális hiba modellezése	LiDAR hiba komponensei	$\varepsilon_T = R_T + \varepsilon_T^{\text{szenzor}} + G_T$	Interpolációs, szenzor és osztályozási komponensek
Terepalapú geometriai torzulás	z/L és H/L modell (domborzati hatások)	numerikus modellezés (z/L) és (H/L) komponensekre	H/L: a terep relatív meredeksége, z/L: a LiDAR mérési magassága a domb geometriájához viszonyítva

lexiók, víztestek, árnyékos tetők), és használható minőségellenőrzési célokra. A DEM vertikális hibája a leginkább dokumentált, és közvetlenül hasonlítható in-situ GNSS mérésekhez. A 2. táblázat értékei az ASPRS LiDAR pontossági szabványának megfelelően vannak megadva. A H/L arány a terep relatív meredekségét jellemzi, a z/L arány pedig a LiDAR mérési magasságának és a domborzat geometriájának relatív viszonyát. Mindkettő mennyiség a sugár beesési szögén és torzulásán keresztül hat a pontosságra. A H/L arány mutatja, hogy meredek lejtőkön jelentős torzítás jelentkezhet. A z/L arány esetén elmondható, hogy nagy értékeknél a lézersugár beesési szöge kevésbé változik, kisebb torzulást okoz.

A pontfelhők torzulásai az adatgyűjtés szinte minden szakaszában megjelenhetnek és közvetlenül befolyásolják a térbeli információk minőségét. A szenzorok technológiai korlátai, a platformok mozgásából eredő dinamikus változások, valamint a környezeti tényezők hatása egyaránt azt okozzák, hogy a rögzített pontfelhők nem tökéletes másolatai a valóságnak. Ezek a torzulások az egyes pontok helyzeti hibáiban,

az adatsűrűség inhomogenitásában, valamint az attribútumadatok megbízhatóságának csökkenésében egyaránt megnyilvánulhatnak. A pontfelhő torzulásai ezért nem tekinthetők elhanyagolható jelenségnek, mivel jelenlétük komoly hatással lehet bármilyen további térbeli feldolgozási vagy elemzési munkára. A torzulások szisztematikus feltárása és értelmezése kulcsfontosságú a pontfelhők feldolgozásának megbízható tervezéséhez. A torzulások figyelmen kívül hagyása nemcsak lokális hibákhoz vezethet, hanem a teljes térbeli modell hitelességét is megkérdőjelezheti. A kvantitatív értékelés módszerei lehetőséget adnak arra, hogy a torzulások mértékét objektíven, számszerű formában rögzítsük, ami nélkülözhetetlen a pontfelhők minőségi szempontú összehasonlításához, előválogatásához és előkészítéséhez. A hibák kvantitatív jellemzése hozzájárul a feldolgozási stratégiák tudatos megválasztásához, valamint a feldolgozási hibák és félreértelmezések minimalizálásához. A térbeli adatfeldolgozás teljes folyamatát végigkíséri a kiinduló adatok minősége, amely alapvetően meghatározza a végső eredmények pontosságát.

2. táblázat Gyakorlati példa a statisztikai jellemzésre használt matematikai eszközök és módszerek használatára

Hibaforrás (matematikai eszköz)	Mérték-egység (intervallum)	Becsült érték	Megjegyzés
Térbeli hot spot (Getis-Ord G_i^*)	z-érték	2.0–5.5	Nagy sűrűségű klasztereknél jelenhet meg, különösen sűrű vegetáció vagy épülettömbök esetén
Globális térbeli autokorreláció (Moran-féle I)	dimenzió nélküli (-1; +1)	0.3–0.6	Rendszerint pozitív érték, pontsűrűség vagy visszavert intenzitás alapján számolva
Lokális autokorreláció (Moran-féle LISA I_i)	dimenzió nélküli (-1; +1)	-0.5 – +1.5	Erős lokális eltéréseknél jelentősen pozitív vagy negatív érték
Attribútumeloszlás egyenletessége (Gini-együttható)	dimenzió nélküli (0–1)	0.35 – 0.65	A visszavert intenzitások eloszlására számolva; vegetáció, tetők, vízfelszín különösen érzékeny
DEM vertikális hiba (ε_T)	méter	±0.05 – ±0.15 m	Sík területen kisebb (~5 cm), dombvidéken nagyobb (~10–15 cm)
Terepgeometria torzulás (H/L arány)	dimenzió nélküli	~0.03–0.30	A terep relatív meredekségét jelöli; meredek lejtőkön jelentős torzítás jelentkezhet.
Terepgeometria torzulás (z/L arány)	dimenzió nélküli	~2.7–10.0	A LiDAR mérési magasságát viszonyítja a domborzat horizontális kiterjedéséhez; nagy értékeknél a lézersugár beesési szöge kevésbé változik, kisebb torzulást okoz

A torzulások megfelelő elemzése és kezelése lehetővé teszi a pontosabb térbeli modellek, megbízhatóbb felületrekonstrukciók és hitelesebb térinformatikai elemzések létrehozását. A pontfelhők torzulásainak ismerete nemcsak a mérési pontosság javítását szolgálja, hanem elősegíti a későbbi felhasználás biztonságát és az eredmények megbízhatóságát is. Ezért a torzulások kvantitatív értékelése nem egy opcionális kiegészítő feladat, hanem minden pontfelhő alapú munka szerves és elengedhetetlen része. A jövőbeli adatgyűjtések, feldolgozások és elemzések minőségének javítása érdekében alapvető követelmény, hogy a torzulások azonosítása és elemzése szerves része legyen a pontfelhőkkel végzett munkafolyamatoknak.

Ezen szemlélet érvényesítése nemcsak a hibák mennyiségének és mértékének csökkentését, hanem az adatok értékének növelését is lehetővé teszi, amely hosszú távon alapvetően meghatározza a 3D térbeli adatfeldolgozási rendszerek sikerességét.

Irodalomjegyzék

Darrah M. – Richardson M. – DeRoos B. – Wathen M. 2022.
Optimal LiDAR data resolution analysis for object

- classification. *Sensors*, 22(14), 5152. <https://doi.org/10.3390/s22145152>
- Dayal K. R. – Durrieu S. – Lahssini K. – Alleaume S. – Bouvier M. – Monnet J. M. – Renaud J. P. – Revers F. 2022. An investigation into lidar scan angle impacts on stand attribute predictions in different forest environments. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 193, 314–338. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.08.013>
- Ding S. – Chen X. – Ai C. – Wang J. – Yang H. 2024. A noise-reduction algorithm for raw 3D point cloud data of asphalt pavement surface texture. *Scientific Reports*, 14(1), 16633. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65233-8>
- Doria D. – Radke R. J. 2012. Filling large holes in LiDAR data by inpainting depth gradients. In: 2012 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), pp. 65–72. <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2012.6238916>
- Dumic E. – da Silva Cruz L. A. 2025. Three-dimensional point cloud applications, datasets, and compression methodologies for remote sensing: A meta-survey. *Sensors*, 25(6), 1660. <https://doi.org/10.3390/s25061660>
- Elharrouss O. – Hassine K. – Zayyan A. – Chatri Z. – Al-Maadeed S. – Abualsaud K. 2023. 3D point cloud for objects and scenes classification, recognition, segmentation, and reconstruction: a review. *Cloud Computing and Data Science*, 4(2), 134–160. <https://doi.org/10.37256/ccds.4220232722>
- Elhashash M. – Albanwan H. – Qin R. 2022. A review of mobile mapping systems: from sensors to applications. *Sensors*, 22(11), 4262. <https://doi.org/10.3390/s22114262>
- Földváry L. 2021. Sampling Error of Continuous Periodic Data and its Application for Geodesy. *Mathematical Methods in the Applied Sciences*, 44(14): 11738–11752. <https://doi.org/10.1002/mma.7599>
- Gao R. – Park J. – Hu X. – Yang S. – Cho K. 2021. Reflective noise filtering of large-scale point cloud using multi-position LiDAR sensing data. *Remote Sensing*, 13(16), 3058. <https://doi.org/10.3390/rs13163058>
- Guo Y. – Wang H. – Hu Q. – Liu H. – Liu L. – Bennamoun M. 2021. Deep learning for 3D point clouds: a survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 43(12), 4338–4364. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2020.3005434>
- Jacobs L. – Dvorak J. – Cornelius A. – Zamoski R. – No T. – Schmitz T. 2023. Structured light scanning artifact-based performance study. *Manufacturing Letters*, 35, 873–882. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2023.07.014>
- Julin A. – Kurkela M. – Rantanen T. – Virtanen J.-P. – Maksimainen M. – Kukko A. – Kaartinen H. – Vaaja M. T. – Hyypä J. – Hyypä H. 2020. Evaluating the quality of TLS point cloud colorization. *Remote Sensing*, 12(17), 2748. <https://doi.org/10.3390/rs12172748>
- van Lier O. R. – Luther J. E. – White J. C. – Fournier R. A. – Côté J.-F. 2021. Effect of scan angle on ALS metrics and area-based predictions of forest attributes for balsam fir dominated stands. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 95(1), 49–72. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpab029>
- Maskeliūnas, R. – Maqsood, S.– Vaškevičius, M. – Gelšvartas, J. 2025. Fusing LiDAR and Photogrammetry for Accurate 3D Data: A Hybrid Approach. *Remote Sensing*, 17(3), 443. <https://doi.org/10.3390/rs17030443>
- McDermott M. – Rife J. 2022. Mitigating shadows in LIDAR scan matching using spherical voxels. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 7(4), 12363–12370. <https://doi.org/10.1109/LRA.2022.3216987>
- Petras V. – Petrasova A. – McCarter J. B. – Mitasova H. – Meentemeyer R. K. 2023. Point density variations in airborne lidar point clouds. *Sensors*, 23(3), 1593. <https://doi.org/10.3390/s23031593>
- Pirotti F. – Piragnolo M. – Vettore A. – Guarnieri A. 2022. Comparing accuracy of ultra-dense laser scanner and photogrammetry point clouds. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B1-2022, 353–359. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2022-353-2022>
- Rusu R. B. – Marton Z. C. – Blodow N. – Dolha M. – Beetz M. 2008. Towards 3D point cloud based object maps for household environments. *Robotics and Autonomous Systems*, 56(11), 927–941. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2008.08.005>
- Saritha G. – Saravanan T. – Anbumani K. – Surendiran J. 2021. Digital elevation model and terrain mapping using LiDAR. *Materials Today: Proceedings*, 46, 3979–3983. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.525>
- Shirowzhan S. – Lim S. 2014. Autocorrelation statistics-based algorithms for automatic ground and non-ground classification of LiDAR data. *Proceedings of the 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC 2014)*, 897–902. <https://doi.org/10.22260/ISARC2014/0121>
- Valbuena R. – Eerikäinen K. – Packalen P. – Maltamo M. 2016. Gini coefficient predictions from airborne lidar remote sensing display the effect of management intensity on forest structure. *Ecological Indicators*, 60, 574–585. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.08.001>
- Vierling K. T. – Vierling L. A. – Gould W. A. – Martinuzzi S. – Clawges R. M. 2008.

- Lidar: shedding new light on habitat characterization and modeling. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(2), 90–98. <https://doi.org/10.1890/070001>
- Vo A. V. – Lokugam Hewage C. N. – Le Khac N. A. – Bertolotto M. – Laefer D. 2021. A parallel algorithm for local point density index computation of large point clouds. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, VIII-4/W2-2021, 75–82. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VIII-4-W2-2021-75-2021>
- Wang L. – Chen Y. – Song W. – Xu H. 2024 Point cloud denoising and feature preservation: An adaptive kernel approach based on local density and global statistics. *Sensors*, 24(6), 1718. <https://doi.org/10.3390/s24061718>
- Wang R. – Peethambaran J. – Chen D. 2018 LiDAR point clouds to 3-D urban models: a review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 11(2), 606–627. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2017.2781132>
- Woo S. – Lee D. – Hwang S. – Kim W. J. – Lee S. 2023 MKConv: Multidimensional feature representation for point cloud analysis. *Pattern Recognition*, 143, 109800. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2023.109800>
- Wu B. 2021 Photogrammetry for 3D mapping in urban areas. In: Shi W. – Goodchild M. F. – Batty M. – Kwan M.-P. – Zhang A. (szerk.): *Urban Informatics*. Springer, Singapore, 401–413. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8983-6_23
- Yang W. – Gong Z. – Huang B. – Hong X. 2022 Lidar with velocity: Correcting moving objects point cloud distortion from oscillating scanning lidars by fusion with camera. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 7(3), 8241–8248. <https://doi.org/10.1109/LRA.2022.3187506>
- Zhu Q. – Fan L. – Weng N. (2024). Advancements in point cloud data augmentation for deep learning: a survey. *Pattern Recognition*, 153, 110532. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2024.110532>
- Klaas-Witt, T. and Emeis, S.: The five main influencing factors for lidar errors in complex terrain, *Wind Energ. Sci.*, 7, 413–431, <https://doi.org/10.5194/wes-7-413-2022>, 2022
- Liu, X., Hu, H., & Hu, P. (2015). Accuracy Assessment of LiDAR-Derived Digital Elevation Models Based on Approximation Theory. *Remote Sensing*, 7(6), 7062–7079. <https://doi.org/10.3390/rs70607062>

**A JÖVŐ HELYMEGHATÁROZÁSI
TECHNOLÓGIÁJA**

GPS • GLONASS • GALILEO • BEIDOU

Ügyfélszolgálat:
6500 Baja, Szegedi út 121. fsz. 2.
Telefon: +36 79 523 168
E-mail: info@corrigo.hu
www.corrigo.hu

((corrigo))

Szemle

A földmérési munkák gyakorlatai árainak feltérképezése

1. A kezdetek (Mercsek Péter írása)

A címben megjelölt - és talán sok kolléga által ismert és hasznosított - felmérés első ötlete 2018-ban merült fel bennem, két évvel a diploma megszerzése után. Szerencsére ekkor volt lehetőségem, hogy egyéni vállalkozóként kisebb munkákat elvállaljak, de fogalmam sem volt róla, hogy mi számítot "jó árnak". Gyakori vállalkozói hibának gondolom, hogy ilyen-olyan okból kifolyólag valaki a piaci árnál alacsonyabb összegért vállal megbízásokat, aminek köszönhetően megrendeléseket fog ugyan kapni, csak a járulékos költségekre és a folyamatos eszközfejlesztésekre nagyon kevés pénzt tud fordítani. Ezt mindenképpen szerettem volna elkerülni már az induláskor, ugyanis se magamnak nem akartam rosszat, se a szakmát nem akartam rombolni az esetleges tudatlanságom miatti nem megfelelő árképzéssel. Tanácsért, iránymutatásért gyakorlatilag csak az akkori mentoromhoz tudtam fordulni, de szerettem volna látni általánosabb összegeket is az egyes munkatípusokat illetően ("egy mérés, nem mérés").

Éppen ezért próba-szerencse alapon összeállítottam az első kérdőívet, amellyel kapcsolatban megfogalmaztam pár alapvető:

- Teljesen anonim felmérést szerettem volna, amiben még a beérkező adatok egészét látva sem lehet következtetni a kitöltő személyére
- A munkatípusok (épületfeltüntetés, kitűzés, megosztás stb.) esetében az alapvető kataszteri munkákat soroltam fel, mindegyiknél egy elképzelt, általános nehézségű munkavégzést feltételezve
- Régióknál jobban nem bontottam le a területi egységeket
- Vannak esetek, amikor mérnöknapban történik az elszámolás (*magam is ennek a számításnak a híve vagyok*), így terepi, irodai mérnöknap, fél mérnöknap és mérnökóra került megkérdezésre.
- Mindenképpen nyertes-nyertes helyzetre törekedtem; a kezdetektől fogva úgy terveztem, hogy a kapott eredményeket megosztom a kollégákkal is.

A kérdőívet ezután közzétettem a Facebook csoportokban 2018 november elején és két hét adatgyűjtés után, ~100 beérkezett válasz után neki tudtam állni a feldolgozásnak.

Az adatok kiértékelésekor szükség volt a táblázat tisztázására, az egyértelműen elírásból adódó hibák szűrésére. Mivel nem szerettem volna, hogy a többiekhez képest jelentősen alacsony, vagy magas áron dolgozó kolléga árképzése erősen befolyásolja

a végső összegeket, így súlyozott átlagot számoltam minden esetben.

A végső eredmények publikálása 2018. december 2-án történt. Mint kiderült, a kiinduló probléma nem csak engem foglalkoztatott, így több tucat kolléga tudta korrigálni az addig alkalmazott vállalkozói árait. Fontos kiemelnem, hogy az eredmények semmire se köteleztek, csupán viszonyítási alapot adtak mind a régebb óta a piacon lévő kollégáknak, mind az újonnan belépőknek.

The image shows a screenshot of a survey form with four questions. Each question is followed by a 'Saját válasz' (My answer) field. The questions are:

- Épületfeltüntetés-, bontási vázrajz**
Az üres (~500-1000 m2 területű, jól megközelíthető, belterületi) telekre egy ház feltüntetés, vagy töröltetése.
- Szolgalmi jog bejegyzéséhez kapcsolatos vázrajz**
Átlagos méretű telekre, egyszerű alakzatú szolgalmi jogi terület.
- Kitűzés**
Átlagos (~500-1000 m2 területű, jól megközelíthető, belterületi) telek.
- Megosztás**
Egy ~500-1000 m2 területű, jól megközelíthető, belterületi telek kétfelé osztása.

1. ábra Részlet az első kérdőívből

A folytatás, több kolléga általános biztatására 2019 év vége felé lett aktuális. Ebben az első kérdőívhez képest néhány változtatást eszközöltem:

- Régiók helyett megyékre le lett bontva a területi egység
- Megjelent a "társasház", mint készítenő munkarész.
- Az utolsó szakaszban elhelyeztem pár önkéntes statisztikai kérdést, mint például a cégforma, létszám, eszközpark, munkaterületre vállalt utazási távolság stb. Ez utóbbiak feldolgozása egyesítve történt, nem megyékre lebontva.

A kitöltési határidő már egy hónap volt, valamint a Facebook csoportok mellett a Magyar Mérnöki Kamara Geodéziai és Geoinformatikai Tagozata (MMK-GGT) is segítette a saját csatornáin, hogy olyanokhoz is eljusson a kezdeményezés, akik nem rendelkeznek Facebook elérhetőséggel.

Ldébélyeg	Melyik évben kezdett el	Melyik megyé(k)ben lévő Cégforma?	Épületfeltüntetési-, bontási Szolgalmi jog bejegyzésé Kifizés	Megosztás	Telekösszevonás			
2018.11.10. 18:02:35	38	Baranya megye	Betéti társaság (bt.)	50000	45000	65000	115000	75000
2018.11.10. 18:06:08	33	Budapest, Pest megye	Korlátolt felelősségű társi	65000	85000	110000	110000	110000
2018.11.10. 18:06:40	1994	Budapest, Pest megye		60000	65000	80000	120000	110000
2018.11.10. 18:16:35	1985	Veszprém megye	Betéti társaság (bt.)	43 000 Ft-tól	41 000 Ft-tól	70 000 Ft-tól	84000 Ft- tól	62000 Ft-tól
2018.11.10. 18:18:40	40	Pest megye	Betéti társaság (bt.)	50 000.-	50 000.-	70 000.-	30 000.-új földrészlet	60 000.-
2018.11.10. 18:22:25	2013	Borsod-Abaúj-Zemplén n	Egyéni vállalkozó	45000	50000		90000	80000
2018.11.10. 18:23:41	1995	Heves megye	Egyéni vállalkozó	40000	40000	60000	70000	70000
2018.11.10. 18:26:47	2003	Nógrád megye, Pest me	Egyéni vállalkozó	50000	40000	60000	90000	80000
2018.11.10. 18:26:55	1989	Budapest, Pest megye		46.000	50.000	70.000	100000	80000
2018.11.10. 18:36:47	1999	Baranya megye	Egyéni vállalkozó	50000		Alapdíj 80000	Alapdíj 80000	Alapdíj 80000
2018.11.10. 18:36:57	1973	Bács-Kiskun megye, Pes	Egyéni vállalkozó	70.000 alap + több épüle	70.000 alap + 30.000/ hr	70.000/hrs, több esetén	75.000/új földrészlet telek	2 hrsz esetén 75.000/hrs
2018.11.10. 18:41:45	1991	Veszprém megye	Korlátolt felelősségű társi	45000	50000	70000	80000	70000
2018.11.10. 18:46:50	2005	Budapest, Fejér megye, I	Egyéni vállalkozó	65000	65000	120000	90000	90000
2018.11.10. 18:51:08	2013	Budapest, Pest megye	Korlátolt felelősségű társi	90000	90000	120000	120000	120000
2018.11.10. 18:54:10	1998	Győr-Moson-Sopron me	Korlátolt felelősségű társi	38000	30000	42000	40000	40000
2018.11.10. 18:59:47	2005	Budapest, Fejér megye, I	Egyéni vállalkozó	50000	55000	60000	100000	100000
2018.11.10. 19:03:58	2003	Győr-Moson-Sopron me	Betéti társaság (bt.)	40000	40000	40000	70000	55000
2018.11.10. 19:04:36	2001	Budapest, Békés megye,	Korlátolt felelősségű társi	50000		60000		
2018.11.10. 19:05:31	1996	Baranya megye, Somogy	Korlátolt felelősségű társi	Fel: 40000 le: 30000	40000	60000	80000	80000

2. ábra Részlet az anonim gyűjtött adatokból

Ennek köszönhetően egy hónap elteltével 168 válasszal tudtam dolgozni. Az eredmények feldolgozása az első felmérésnél ismertető módon történt és számomra is megdöbbentő eredmények születtek. 2018-ban csak sejthető volt, hogy elég sokan eszméltek rá a "magyar valóságra", azonban ez a 2019. év végi adatsor egyértelműen rámutatott, hogy történt pozitív irányú változás. Természetesen nem gondolom, hogy mindenki a kérdőív hatására emelt árat, ugyanis ez egy természetes vállalkozói lépés is (jobb esetben), de az jól látszott, hogy a jelentősen alacsony vállalkozói díjak száma jócskán lecsökkent. Általánosságban az összes kategóriában 15-20% emelkedés látszott az átlagolt értékeken egy év leforgása alatt, ami szerintem kiemelkedő eredménynek számít. A kérdőívek elkészítésének a lendülete azonban ezután kissé alábbhagyott, amit három okra tudok visszavezetni:

- 2020 első felében hazánkban is megjelent a Covid-19 vírus, ami alaposan felkavarta a gazdasági helyzetet.

- Úgy gondoltam, hogy a második felmérés eredményéhez, ha mindenki hozzáadja évről évre a mindenkori infláció értékét, azzal elérhető, hogy csak 2-3 évente legyen felmérés az értékek korrekciója végett.

- Több energiát igénylő munkakörben dolgoztam, így nem mertem vállalni, hogy belekezek a harmadik felmérésbe.

Ezeknek az okoknak volt köszönhető, hogy a járvány csillapodása után, 2022-ben Molnár Bálint magára vállalta és felkarolta a kezdeményezést. Bár a feldolgozásban a későbbiekben is segítettem neki, de a 2022-ben, 2023-ban és 2025-ben elkészített kérdőívek nagyrészt az ő szorgalmának és kitartásának köszönhetőek.

2. A folytatás (Molnár Bálint írása)

Mercsek Péterrel a GEO-s évek óta baráti a kapcsolatunk, ami közös érdeklődési körünknek, valamint a szakma szeretetének és a szakmáért való tenniakarás vágyának köszönhetően nem szakadt meg az egyetemi évek után sem. A kérdőíves felmérései nagyban hozzájárultak ahhoz, hogy annak idején, kezdő vállalkozóként, ki tudjak alakítani egy saját díjszabást, valamint támpontot nyújtott a munkák regionális árazásában, és hiszem, hogy nem voltam egyedül ezzel. Amikor Péternek nem volt

szabad kapacitása folytatni a felmérés elkészítését, úgy gondoltam, sokat vesztené a szakma, (és természetesen magam is), ha ez az adatsor megszakadna.

Pétertől 2022 év elején vettem át a kérdőív lebonyolítását. A Covid járvány két éve alaposan felborította az egész világon a gazdaság helyzetét, ezért mindenképpen esedékes volt a következő felmérés. A kérdőív szerkezetén ismét történtek finomhangolások, majd meghirdettük a felmérést. Ebben az évben sikerült elérnünk az eddigi legnagyobb, kb. 300 fős kitöltői létszámot.

Épületfeltüntetési-, bontási vázrajz:

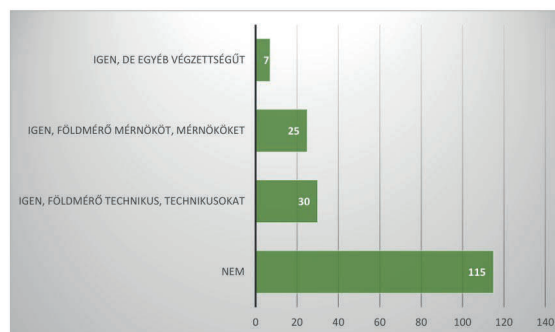
Az üres (~500-1000 m² területű, jól megközelíthető, belterületi) telekre egy ház feltüntetése, vagy töröltetése.

Nettó munkadíj, földhivatali költségek, járulékok nélkül. 163 válasz

Országos átlag		
58.100 Ft		
Észak-Magyarország		
55.600 Ft		
Borsod-Abaúj-Zemplén megye	Heves megye	Nógrád megye
52.700 Ft	52.900 Ft	68.000 Ft
Észak-Alföld		
48.800 Ft		
Hajdú-Bihar megye	Jász-Nagykun-Szolnok megye	Szabolcs-Szatmár-Bereg megye
54.300 Ft	48.300 Ft	44.400 Ft

3. ábra Részlet a 2019-es felmérés eredményéből

Tervez-e új kollégát alkalmazni? (177 válasz)



4. ábra Részlet a 2019-es felmérés eredményéből



5. ábra A 2022-es felmérés kérdőívének nyitóoldala

Ebben az évben az eredmények vizualizációjához Vidovenyecz Zsolt is nagyban hozzájárul, melyet ezúton is szeretnénk megköszönni.

A negyedik felmérés egy év múlva, 2023-ban készült el. Ebben az évben mindösszesen kb. 210 ember töltötte ki a kérdőívet, amit - bevallom - csalódásként éltem meg. Bár az alacsonyabb aktivitás konkrét okai nem derültek ki és az adatok így is

használhatóak voltak, de gyaníthatóan az évenkénti felmérés túl sűrűnek hathatott sokak számára, így a jövőben is kétévenkénti felmérések várhatók. Elméleti szinten dolgozunk azon is, hogy a kollégák elérése ne csak a kamarai és Facebook csatornákon keresztül legyen lehetséges.

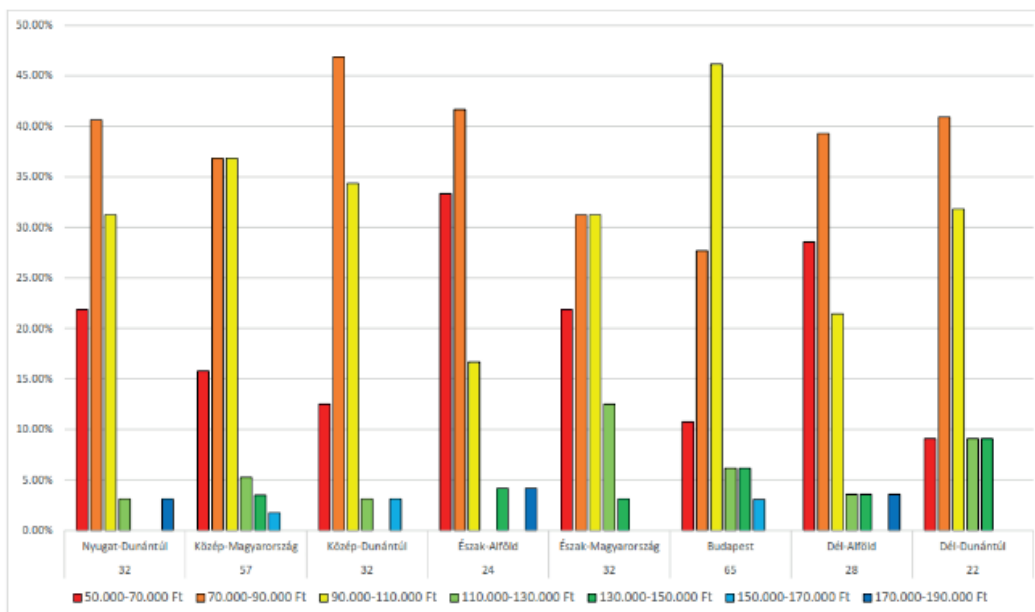
A 2023-as felmérés feldolgozása során Péterrel arra jutottunk, hogy a kollégák számára hasznosabb információ lenne, ha nem az átlagokat, hanem tartományokat, "gauss görbét" leíró sávdigramokat közlünk. Ennek az ábrázolási módnak volt némi pedagógiai szerepe is a többségnél jelentősen alacsonyabb áron dolgozók részére, a magasabb vállalási díjak pedig nem torzították az átlagárakat. Bár szerintem a korábbiakhoz képest sokkal több információ kiolvasható a diagramokból, volt egy olyan benyomásom, hogy a kollégák ezt nem szerették annyira, mint amikor egy átlagértéket közöltünk.



6. ábra Részlet a 2022-es felmérés eredményéből

Épületfeltüntetési-, bontási vázrajz:

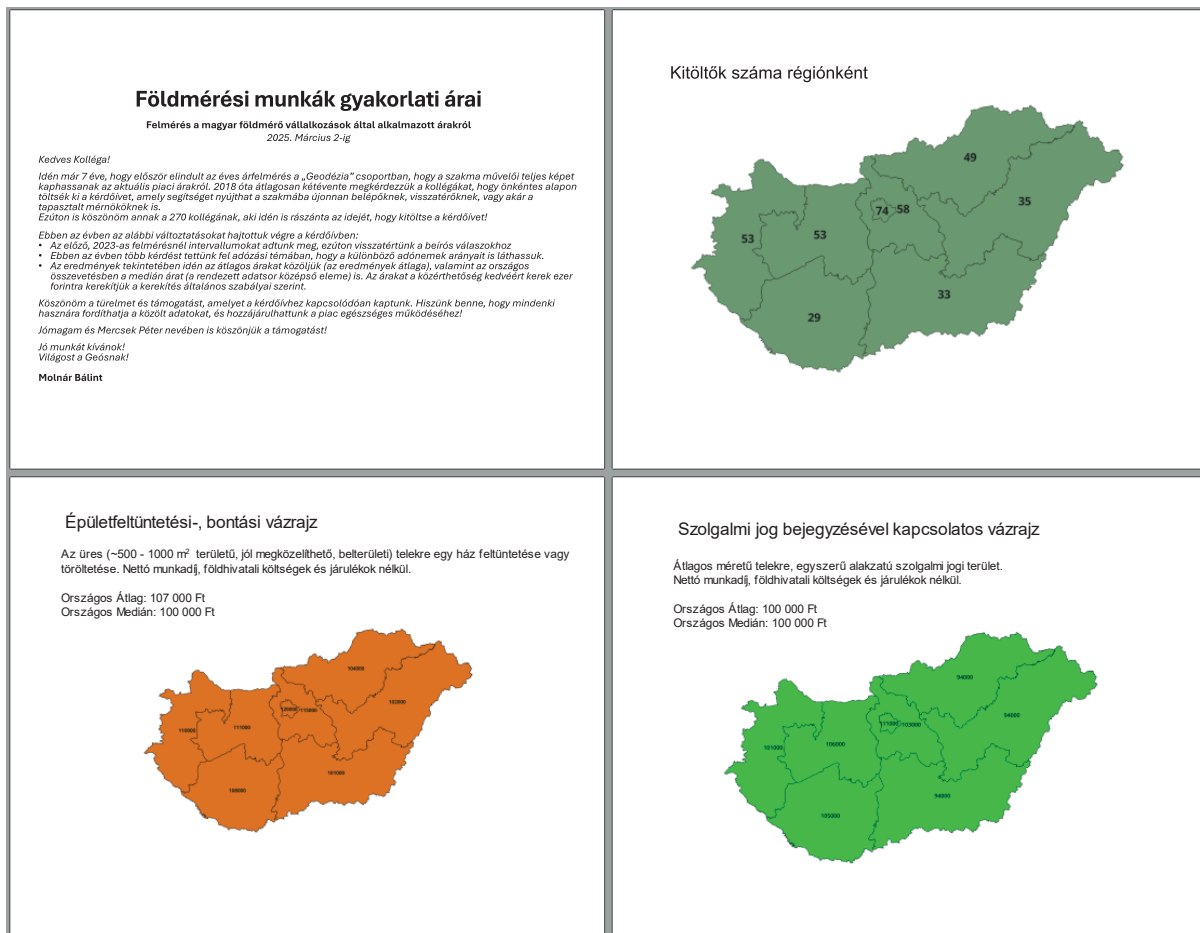
Az üres (~500-1000 m² területű, jól megközelíthető, belterületi) telekre egy ház feltüntetése, vagy töröltetése.
 Nettó munkadíj, földhivatali költségek, járulékok nélkül. 201 válasz



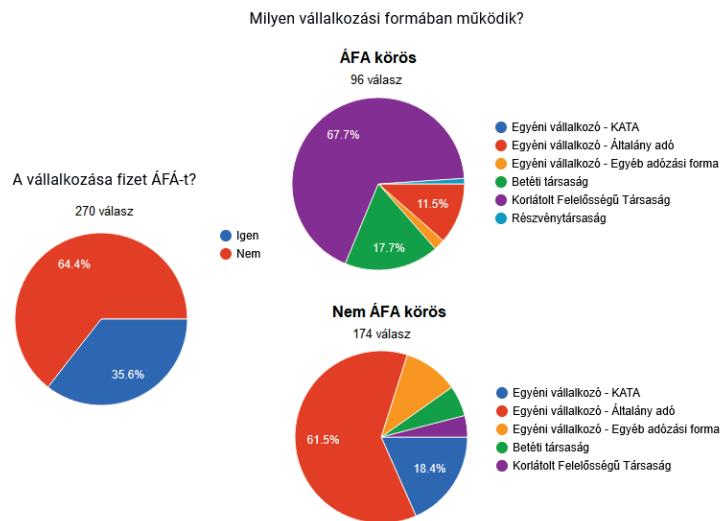
7. ábra Részlet a 2023-as felmérés eredményeiből, ahol sávdigramokkal szemléltettünk átlagértékek helyett

Az idei, 2025-ös felmérés apropóját - azon felül persze, hogy elteltek két év a legutóbbi óta - az adta, hogy még azelőtt meg szeretnénk volna ejteni, hogy az év elejére ígért e-ING rendszer bevezetése megtörténik, így a kérdőív az "előtte" állapotra ad

rálátást. Így elméletben a rendszer aktiválását követően a következő felmérésben (2027 környékén) láthatóvá válik, merre mozdulnak az árak ennek hatására.



8. ábra Részlet a 2025-ös felmérési eredmény dokumentumból



9. ábra A kitöltők adózás szerinti megoszlása a 2025-ös évben

A 2025-ös eredmények kapcsán az általános visszajelzés a kollégák csalódottsága volt, hiszen az elmúlt évek inflációs nyomása után mindenki sokkal nagyobb áremelkedésre számított, ami elmaradni látszik a válaszok alapján. Az eredményeket szemlélve azonban nem jelenthető ki ennyire pesszimistán, hogy az áraink ilyen lehangoló képet festenek. A 2018-ban számított országos átlagárakat feladat típusonként összehasonlítva a 2025-ös árakkal az alábbiakat tapasztalhatjuk:

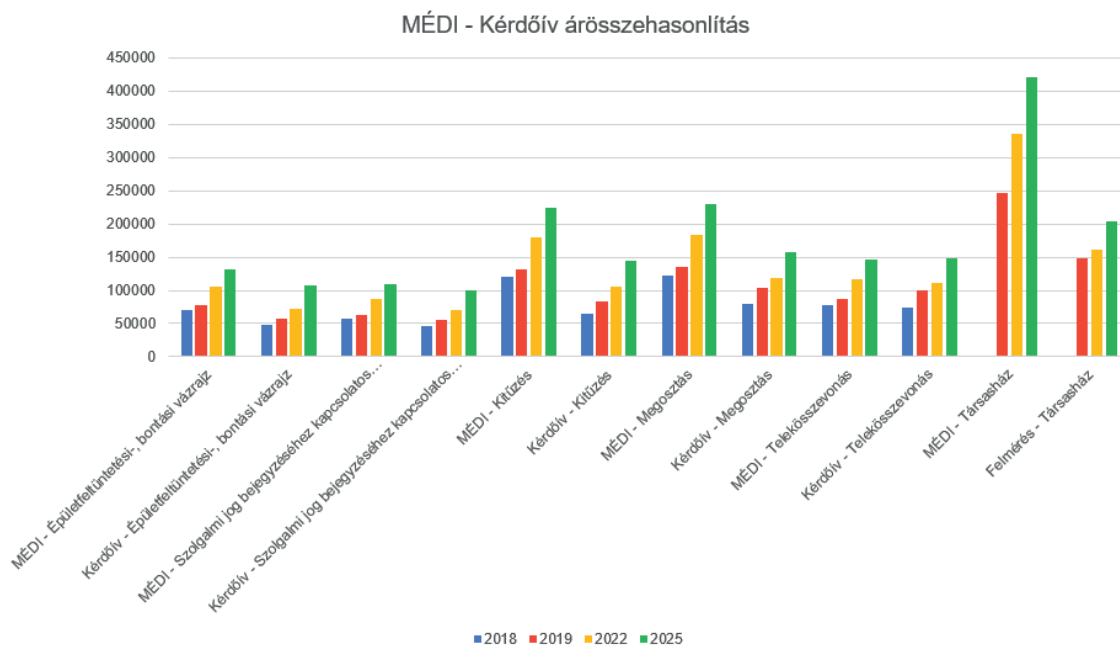
- Épületfeltüntetés → +225 %
- Szolgalmi jog → 220 %

- Kitűzés → 224 %
- Megosztás → 197 %
- Telekösszevonás → 199 %
- Telekhatár rendezés → 193 %

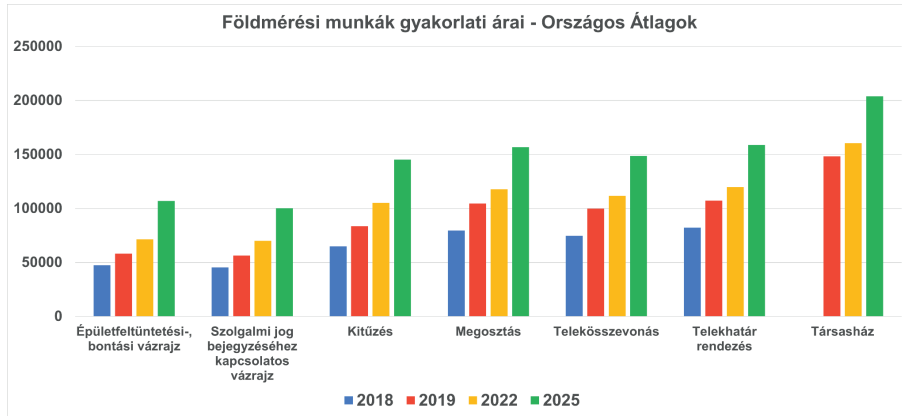
Bár a munkatípusok egy részénél az árak akár a duplájára is nőttek, ez nem minden feladat-típusnál van így, illetve az összesített infláció 2018 és 2025 között jelentősen elveszi az élét ennek az emelkedésnek.

	MÉDI - Épületfeltüntetési-, bontási vázrajz	Kérdőív - Épületfeltüntetési-, bontási vázrajz	MÉDI - Szolgalmi jog bejegyzéséhez kapcsolatos vázrajz	Kérdőív - Szolgalmi jog bejegyzéséhez kapcsolatos vázrajz	MÉDI - Kitűzés	Kérdőív - Kitűzés	MÉDI - Megosztás	Kérdőív - Megosztás	MÉDI - Telekösszevonás	Kérdőív - Telekösszevonás	MÉDI - Társasház	Felmérés - Társasház
2018	70000	47400	58000	45448	120000	64862.5	122880	79550	78400	74650		
2019	77000	58100	63800	56200	132000	83500	135168	104500	86240	99800	246400	148300
2022	105000	71388	87000	70050	180000	105125	184320	117738	117600	111688	336000	160500
2025	131250	106851	108750	100021	225000	145080	230400	156602	147000	148442	420000	203683
Szolgáltatások inflációja		2018 0	2019 4.4	2022 18.8	2024 28.1	Az inflációs adat a KSH éves adataira alapján számított, az előző évhez viszonyított, 2018-tól kezdve, a több éves adatsorok esetében összesített.						

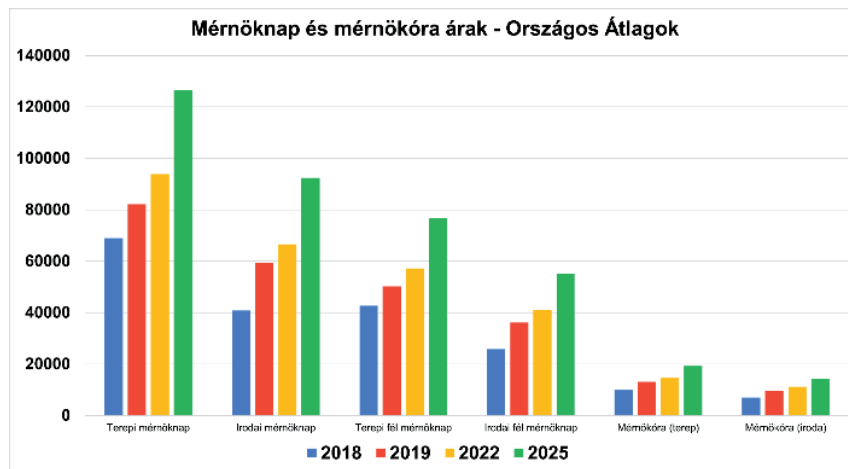
10. ábra Egyes munkatípusok összehasonlítása a MÉDI és a kérdőív eredményei szerint, illetve a KSH szolgáltatásokra vonatkozó éves összesített inflációs adatai 2018-hoz viszonyítva



11. ábra A MÉDI és a kérdőív által kapott árak összehasonlító diagramja



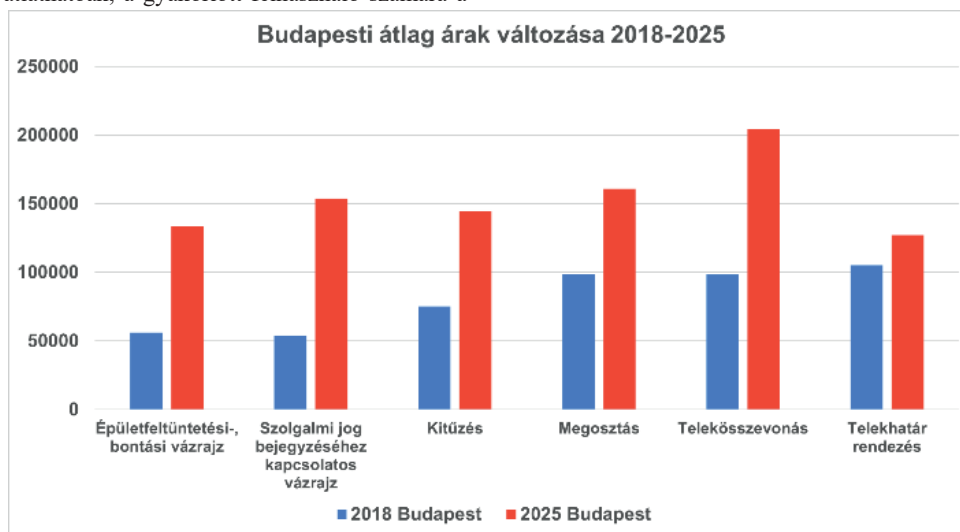
12. ábra A földmérési munkák átlagos díjainak alakulása 2018-2025 között a felmérés alapján



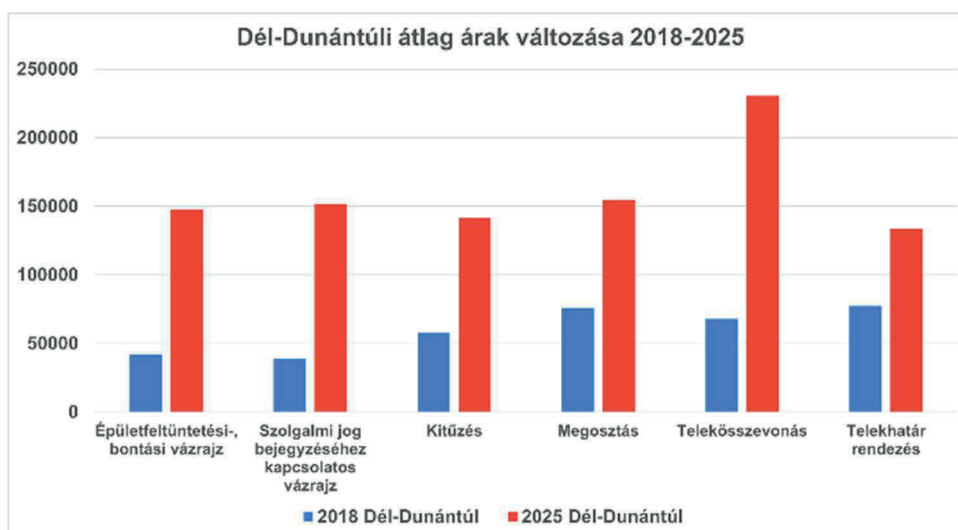
13. ábra A földmérési mérnöknapok és mérnökórák átlagos díjainak alakulása 2018-2025 között a felmérés alapján

Szakmánk számára az árképzés terén természetesen nem csak a mi "házi" felmérésünk áll rendelkezésre. Fontos foglalkozni a kamarai díjszabás-támogató rendszerrel, a MÉDI-vel is. Noha használatát gyakran mellőzik és a számítási módszerei nem annyira tisztán átláthatóak, a gyakorlott felhasználó számára a

rendszer szintén remek támpontot adhat az árak meghatározásában. Kollégánk, *Lehocky Máté* segítségével áttekintettük és elvégeztük a MÉDI által alkalmazott számítást a kérdőívben vizsgált munkatípusokra évekre visszamenőleg.



14. ábra A budapesti átlagárak változása 2018-2025 között



15. ábra A dél-dunántúli átlagárak változása 2018-2025 között

Kíváncsiak voltunk ugyanis, hogyan viszonyul az általunk mért eredmény a kamarai rendszer által ajánlott díjakhoz. A kollégák gyakran hivatkoznak arra, hogy a MÉDI túlbecsüli az árakat, az összehasonlításból azonban az derült ki, hogy erről nem minden esetben van szó. Az éves összehasonlításokat numerikus és diagram formában is bemutatjuk azon esetekben, ahol összehasonlítható az általunk feltett kérdés a MÉDI eredményeivel.

Összességében kijelenthető, hogy a kérdőívre válaszoló kollégák díjszabása elmarad a MÉDI által ajánlott díjszabástól. Bár a piaci helyzet nem feltétlenül optimális, az mindenképp optimizmusra ad okot, hogy a MÉDI-ben jelzett árak és a felmérésben kapott válaszok is azt mutatják, hogy a kollégák az évek során az inflációt meghaladó mértékben emelték áraikat, ami az egész szakma javára válhat. A felmérés eredményeiből a továbbiakban kiemelnek néhány további diagramot, amelyek betekintést adnak a MÉDI-vel nem összehasonlítható témakörökben.

A legnagyobb eltérést a társasházi alapító okirat kapcsán láthatjuk, azonban itt fontos megjegyezni, hogy a MÉDI egy sokkal részletesebb paraméterezést enged, amely paramétereket a kérdőíves felmérés során nem emeltük ki külön, egy sokkal általánosabb megközelítéssel éltünk.

Ahogy korábban is írtam, a felmérést folytatni fogjuk, ahogy arra korábban is utaltunk, két éves ciklusban. Feltehetően a struktúrát tovább fogjuk finomítani a beérkező megjegyzések alapján. Ezen felül szeretnénk további megoldásokat keresni arra, hogy még több kollégát vegyünk rá, hogy kitöltsék a kérdőívet, hiszen minél nagyobb a kitöltők száma, annál alaposabb képet adhatunk szakmánk eme aspektusáról.

Talán egy kicsit még ahhoz is hozzá tudunk így járulni, hogy a geodézia, mint szakma kedveltebb és keresettebb legyen a fiatalok számára. Szeretjük, vagy sem, de a mai tizenéves korosztályt megszólítani jó anyagi lehetőségekkel és korszerű, "menő" műszerekkel, szoftverekkel lehet sikeresen. Mivel mind a kettő kategória az adott vállalkozás bevételein alapul, ezért

fontosnak tartjuk, hogy a kollégák a lehető legtöbb támogatást kapják az árak kialakításában.

Bízunk benne, hogy a kollégák is hasznosnak találják ezeket az eredményeket, és a jövőben is támogatni fogják a munkánkat a kérdőív kitöltésével.

Mercsek Péter és Molnár Bálint

Egy vietnami kolléga emlékére

A vietnami háború idején, az 1970-es években több ezer vietnami fiatal tanult magyar (és más, akkori szocialista országbeli) egyetemeken. Amikor 1972 szeptemberében mi kezdtük tanulmányainkat a BME földmérőmérnöki szakán, nekünk is lett egy vietnami tankörtársunk: Tran Hong Quang, akit hamarosan magyarul csak Öcsinek hívtunk. Ő egy évvel korábban érkezett Magyarországra, ezen idő alatt a nemzetközi előkészítő intézetben magyarul kellett megtanulnia. Már az első napokban kiderült, hogy egy nagyon kedves, okos, figyelmes, szerény tankörtársat kaptunk, aki hamar beilleszkedett közösségünkbe és mindenivel jó kapcsolatot alakított ki. Matematikából egyértelműen ő volt a legjobb, de minden tantárgyban jól teljesített. Jártas volt mindenféle sportágban. Az első két évben tankörszinten szerveztünk ún. „tankörolimpiát”, ahol a kollégiumi szobák szerint szerveződő csapatok (akikhez a nem kollégisták is csatlakoztak) sokféle sportágban mérték össze képességeiket. Minden sportágat (a vízilabda kivételével) az a csapat nyert meg, amelynek Quang is tagja volt. Kiváló volt pingpongban is. Előfordult, hogy noha jobbkezes volt, bal kézben fogta az ütőt, hogy ellenfelének is legyen sikerélménye, a következő szettben aztán átvette jobb kézbe az ütőt és 11 nullra nyert. Kézügyességét jellemzi, hogy nadrágjait maga varrta.

1977-ben végeztünk az egyetemen, Quang egy évet még Magyarországon töltött, Budapesten állt munkába a BGTV-nél. 1978 szeptemberétől a vietnami geodéziai szolgálatnál termelési

csoportvezetőként dolgozott, többek közt csillagászati terepi méréseket végzett.



1985 szeptemberében visszatért Magyarországra, ahol az MTA aspiránsaként kandidátusi tanulmányokat folytatott Dr. Sárközy Ferenc témavezetésével. Nagy távolságok mérése geodéziai távmérőkkel, távmérők kalibrációja volt a témája, erről két szakcikke is megjelent a Geodézia és Kartográfiában. Kimutatta például, hogy az EOVA elsőrendű pontjai között mért (20-40 km-es) távolságok pontosabban határozhatók meg, ha a meteorológiai korrekciónál rádiószonda adatokat is felhasználunk. (1987-ben kétszer mért meg 16 ilyen nagy távolságot, amely mérés megszervezése önmagában is komoly feladat volt.) Ő volt az egyetlen, aki a tankörünkből a műszaki tudomány kandidátusa lett a BME-n 1989 januárjában megvédett dolgozatával (Dr. Krauter András volt az opponense). Értekezésének címe: „Az elektrooptikai távmérés pontosságát és hatékonyságát fokozó módszerek kidolgozása”.

1990-ben Vietnámban dolgozott, de azon év decemberétől 1994 decemberéig ismét Budapesten volt tudományos kutató. Összesen 15 évet élt Magyarországon. Megnősült, vietnami felesége szerkezetépítő szakosként évfolyamtársa volt a BME-n. Egy fiúk és lányuk született, 5 unokájuk van.

1994 decemberétől, Vietnámba visszatérve, egészen nyugdíjazásáig (Vietnámban még 60 év a nyugdíjkorhatár) a Természeti Erőforrások és Környezetvédelem Minisztériumában töltött be fontos beosztásokat, ahova a földügyi igazgatás is tartozik. Beosztása szerint volt a földmérési és tudományos intézet vezetője, a térképészeti termékminőség-ellenőrzési központ helyettes vezetője, a technológiai és nemzetközi kapcsolatok osztály vezetője. Olyan (a hazaihoz hasonló) projektek vezetését bízták rá, mint a vietnami aktív GNSS hálózat kiépítése, az ISO 9000 minőségirányítási szabvány bevezetése a földmérés területén, a környezetvédelem térinformatikai alapjait jelentő adatbázis-rendszerek kutatása.

Kapcsolata nem szakadt meg magyar barátaival. Azon igyekezett, hogy a magyar és vietnami minisztériumi szakmai

vezetők és intézmények között is kapcsolatok épüljenek a kölcsönös érdeklődésre számot tartó témákban. Ez az erőfeszítése csak később és korlátozottan volt sikeres.

Amikor 2004-ben megjelent a „Műholdas helymeghatározás” könyvünk, lefordította vietnami nyelvre, hogy az ottani kollégáknak is segítségére legyen. 2009 októberében Hanoiban rendezték a FIG 6. regionális konferenciáját, ahol többünknek volt alkalmunk részt venni. A vietnami szervezők, köztük Quang, igazán gazdag és színvonalas programot állítottak össze. Utolsó este Quang a feleségével eljött a szállásunkra jónéhány speciális, bekeretezett képpel felszerelve, amelyeket barátainak szánt és haza kellett hoznunk. Ugyanígy nagyvonalú volt a 2017-es (Agárdon szervezett) tankörtalálkozónkon, amelyre egy európai körút keretében feleségével együtt eljöttek: minden tankörtársnak hoztak egy képet ajándékba.

Azóta is folyamatos levelező kapcsolatban maradt többünkkel. Szinte minden levélváltásnál invitált bennünket, hogy látogassuk meg otthonában, nézzük meg szűkebb, tágabb hazáját.

2023-ban hasnyálmirigy rákot diagnosztizáltak nála, többször operálták.

2023 őszén két tankörtársa ismét komolyan vette a meghívást, és feleségükkel egy szervezett út keretében meglátogatták otthonában. Ekkor már kezelés alatt állt, de orvosai rövid időre hazaengedték a kórházból. Személyesen tapasztalhatták, hogy betegségét hősiesen, optimistán viselte. Azóta is, míg ereje engedte, visszaemlékezéseket írt, napi kapcsolatban volt családjával, barátaival, köztük több volt tankörtársával. Szervezete 2025. június 14-én adta fel a küzdelmet.



Quang Öcsi barátunk nekünk szinte Vietnámet jelenti, a vietnami emberek barátságát jelképezi, azt a közös sorsot, amit mind a magyar, mind a vietnami emberek megélték a múltban. Nem könnyű tudomásul venni, hogy sem személyesen, sem videó beszélgetéssel, sem levelezésben nem tölthetünk vele időt, de kedves személyisége gondolatainkban, szívünkben velünk marad.

Dr. Busics György

Rendezvények

A 32. nemzetközi térképészeti konferencia Vancouverben

2025. augusztus 17–22.

A Nemzetközi Térképészeti Társulás (ICA) 32. nemzetközi konferenciájának és 20. (rendkívüli) közgyűlésének a kanadai Vancouver adott otthont 2025. augusztus 17–22. között. Kanada korábban már kétszer volt házigazdája a két évente megrendezett konferenciáknak (1972-ben és 1999-ben), mindkét alkalommal Ottawában.

Az ICA vezetése nem számított rekordrésztételre, de a megnyitó ünnepségen büszkén jelentették be, hogy 750 fő részvétele várható, ám végül – a záróünnepségen közöltek alapján – a résztvevők száma 600 fő alatt maradt. A csökkenés oka, hogy elég sok résztvevő (főleg kínaiak) nem kaptak vízumot, míg másokat a nagyon magas szállásköltségek rettentettek el, és az utolsó pillanatban visszavonták a regisztrációjukat.



A kiegészített magyar küldöttség a konferencián. Balról jobbra: Zentai László, Gede Mátyás, Ashna Kareen Zada (nálunk doktorált iraki szakember), Jesús Reyes

Sajnos, Magyarországról ezúttal csak az ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet három oktatója volt jelen (Gede Mátyás, Jesús Reyes és Zentai László - utóbbi részben az ICA, részben a saját költségén).

Nem könnyítette meg a rendezők, de főleg a résztvevők dolgát az sem, hogy az Air Canada légitársaság, illetve az országos szakszervezet és a kormány között munkaügyi vita alakult ki, amely 2025. augusztus 16–19. között sztrájkká fajult. Mivel a konferencia egyik szponzora az Air Canada volt és kedvezményes repülőjegyeket is kínált a konferencia résztvevőinek, így sokan érintettek voltak. Gede Mátyás és Jesús Reyes is érintettek voltak, ők kb. másfél napos késéssel tudtak csak elindulni, illetve megérkezni.

A helyszín

Vancouver sok statisztika, szavazás alapján a világ egyik legélhetőbb városa, de azt már ezek a statisztikák nem igazán jelzik, hogy egyben az egyik legdrágább város is Észak-Amerikában. Riasztóan magasak a szállodaárak, de az alternatív megoldások sem sokkal olcsóbbak. A város egy tipikus észak-amerikai felhőkarcolós központi részből és hatalmas elővárosi (kertvárosi) részekből áll, ahol azért tetten érhető az észak-amerikai életmód, a legtöbb utca mentén a városközpont kivételével nincsenek járdák.

A rendezés teljes mértékben egy konferenciaszervező cégre támaszkodott, még a konferencia előtti workshopok esetében is, ahol egy helyi egyetem bevonásával lehetett volna csökkenteni a költségeket.

Rendkívüli közgyűlés

A rendkívüli közgyűlésre csak a konferencia utolsó napján került sor, de a rendezvény ideje alatt állandó beszédtema volt. A 2023-as (rendes) közgyűlésre a 2027-es ICA-konferencia (és közgyűlés) megrendezésére akkor két pályázat érkezett: Tel-Aviv és Varsó. Végül elég nagy arányban a 2023-as közgyűlés az izraeli Tel-Avivnak ítélte oda a 2027-es konferencia és közgyűlés rendezési jogát. A döntés után másfél hónappal robbant ki az Izrael–Hamász háború, amely napjainkban is tart, és nem igazán látszik, hogy mikor lesz béke a térségben. Az izraeli szakemberek végül jelezték az ICA elnökségének, hogy minden szempontot figyelembe véve visszavonják a pályázatukat a 2027-es rendezésre. Szerencsére a lengyel kollégák jelezték, hogy a korábbi pályázatukat érvényesnek tekintve ők hajlandók elvállalni a 2027-es konferencia és közgyűlés megrendezését. A küldöttek meg is szavazták a javaslatot, így 2027. július 18–23. között majd Varsóban lesz a következő ICA-konferencia.



Csoportkép az ICA közgyűlés résztvevőiről

Megnyitó, előadások

A konferencia és a térképkiállítások hivatalos megnyitójára az első nap délutánján került sor (éppen addigra érkezett meg Gede Mátyás és Jesús Reyes a kiállítás térképeivel).

A legelső kiemelt előadó (keynote speech) Mike Goodchild volt, a University of California emeritusz professzora. *Digital Earth as a Digital Twin* címmel tartotta meg nagy érdeklődést keltő előadását.

A kanadai meghívott előadások szinte mindegyike valamilyen formában az őslakosokkal foglalkozott, mintha a mai kanadai társadalmat (ideértve a mi szakterületünket is) egyfajta lelkiismeret-furdalás gyötörné azért, ahogyan a XX. század második feléig az őslakosokkal bántak. Mára viszont már olyan kritika is éri az országot, hogy túlon túl a kisebbségi kultúrákra koncentrálnak, és nincs tekintettel a többség igényeire, a többségi igények figyelmen kívül hagyása pedig gyengíti a nyugati kulturális tradíciót.

További meghívott előadások:

- *Chris Brackley* (Canadian Geographic Magazine): A Cartographer's Journey: Putting Indigenous Peoples Back on the Map at Canadian Geographic
- *Ryan E. Emanuel* (Duke University, Észak-Karolina): Mapping for Indigenous Environmental Justice
- *Renzhong Guo* (Shenzen University, Kína): Pan-cartography: An Extended Theoretical Framework for Geovisualization
- *Eric Loubier* (Director General, Canada Centre for Mapping & Earth Observation, Natural Resources Canada): Mapping in an era of Change: Perspectives from the Canada Centre for Mapping and Earth Observation
- *Sandra Aqqaq* (őslakos koordinátor)-Lynn Moorman (Mount Royal University, Calgary): Contemporary Cartography as Agency for Climate Change adaptation in the Canadian Arctic
- *Rylan O'Krane* (GIS elemző): First Nations, Inuit and Métis Spatial Data Sovereignty and Governance
- *Amy Rose* (Overture Maps Foundation): From Data to Discovery: Open Maps, Open Minds, and Endless Possibilities
- *Sonia Talwar* (Director-General, Geological Survey of Canada): Geological mapping through time – from ocean floor to mountain top – consistent progress for an innovative and inclusive future
- *Evan Thornberry* (David Rumsey Map Center, Stanford University Libraries): Transforming Historical Maps with Computer Vision, VR/AR, & AI
- *Alexander Zipf* (Heidelbergi Egyetem): Beyond user-generated maps – where crowd intelligence meets artificial intelligence

A hivatalos megnyitóra az első nap délutánján került sor. Nagyon jól megadta a konferencia alaphangját *Georg Gartner*, az ICA elnökének megnyitó beszéde. Megemlékezett két közelmúltban elhunyt kartográfusról, *Fraser Taylor*ról, az ICA volt elnökéről és *Ferjan Ormeling*ről, az ICA volt főtitkáráról (az ELTE díszdoktoráról).

Az ICA-ban írásba nem foglalt szabály (vagy inkább *gentlemen agreement*) alapján az elnök csak egy négyéves cikluson át tölti be a tisztséget (az utóbbi évtizedekben ez alól csak egyszer volt kivétel, a kanadai *Fraser Taylor* 1987 és 1995 között két cikluson át volt elnök, de akkor nem volt más pályázó). *Georg Gartner*, a bécsi Műszaki Egyetem professzora (az ELTE díszdoktora) is egyfajta kivétel, hiszen ő már 2011 és 2015 között betöltötte ezt a tisztséget, de a 2023–2027 közötti ciklusra is őt választotta elnökévé az ICA.

Kirándulások, kiállítások

Fontos részei minden térképészeti konferencia programjának a szakmai kirándulások. Ezek általában félnapos látogatások különféle szakmai intézményekben.

A technikai (szponzori) kiállítók széles spektrumát ölelték fel a szakterületünknek. Arany fokozatú támogató volt a kanadai kormány és a Qingdao Surveying & Mapping Institute, amely most lett az ICA társult tagja. Ezüst fokozatú támogató volt az ESRI és a Koreai Térképészeti Társulat. A kiállítók között jelen volt néhány nagyobb tudományos kiadó is (a Springer mellett az MDPI is) és nem lehetett nem észrevenni a kínai cégek, intézmények jelenlétét, akik tudtak erre áldozni, fontosnak tartották a részvételt.

Díjak, eredmények

A konferencia záróünnepségén adták át az ICA díjait, itt hirdették ki a kiállítások, versenyek eredményeit is.

Az ICA tiszteleti tag (*honorary member*) elismerésről (*Zentai László*) lásd a külön cikket. A másik díjat posztumusz kapta meg *Igor Drecki*, 2023-ban elhunyt új-zélandi lengyel térképész, aki hosszú időn át volt az ICA hírlevelének, az ICA News-nak a szerkesztője. A záróünnepségen adták át a térképkiállítás és a Barbara Petchenik gyermekrajzverseny díjait. A térképkiállításra nevezett térképeket egy kijelölt zsűri értékelt, de minden kategóriában lehetett online módon szavazni, és kategóriánként egy-egy közönségdíjat is kiadtak. Összesen 135 térkép, 25 atlasz, 20 tengeri térkép (*marine chart*), 20 oktatási célú kartográfiai termék, 15 egyéb fizikailag megfogható és 30 digitális termék versenyzett a díjakért az ICA 23 tagországból és további 4 társult tagtól. Mivel viszonylag kevés magyar kartográfiai terméket neveztünk a kiállításra, így nem volt nagy meglepetés, hogy ezúttal sem volt magyar térkép, atlasz a díjazottak között. A magyar pályázók között volt a Nemzeti Atlasz harmadiknak megjelent kötete (Állam és nemzet), a Dimap Bt., a HM Zrínyi Nonprofit Kft., a GiziMap térképei és a Dimap digitális turistatérképei.

A Barbara Petchenik gyermekrajzverseny díjait is ekkor hirdették ki és adták át. Idén 34 országból érkezett az a 180 térképrajz, amelyeket a konferenciaközpontban lehetett megtekinteni a kiállításon. Az idei verseny témája a "Térképek a mindennapokban" volt. Magyarországot hat térképrajz képviselte, amelyeket 182 mű közül választottak ki az ELTE Térképtudományi és Geoinformatikai Intézet által szervezett országos versenyen a GDí térinformatikai cég közreműködésével és támogatásával (<https://terkep.elte.hu/content/ica-terkeprajz-verseny-2025.e.5860>). A hivatalos eredményhirdetés a konferencia záróceremónia keretében történt augusztus 22-én. A szavazás eredménye alapján jelentős magyar siker született: *Markovics Szonja*, 13 éves, mohácsi diák munkája első helyezést ért el a 13–15 éves korcsoportban. Térképrajzának címe: "Ez a kedvencem", felkészítő tanára *Bosnyák Mihály* volt (Alexandra Kiadó). Szonja térképrajza 38 ponttal végzett az első helyen, a második helyezést egy indonéz térképrajz volt 28 ponttal, míg a harmadik helyet egy ecuadori munka érdemelte 23 ponttal.

Néhány összegzés Georg Gartnernek a záróünnepségen elhangzott beszédéből:

- Összesen 600 előadást küldtek be határidőig (514 absztrakt és 86 teljes előadás). Az ICA International Journal of Cartography szaklapjába 16 előadást válogattak be, de ezek esetében a megjelenést még egy második lektorálás is meg fogja előzni.
- Végül 349 előadást hallgathattak meg a résztvevők és 4 poszterszekciót rendeztek.
- A térképek továbbra is kulcsszerepet játszanak, mint a kartográfiai kommunikáció eszközei, melyek nagy értéke az interaktivitás és a figyelemfelkeltés. Külön kiemelte a kartográfia kritikáját és felelősségét szociális, politikai, történelmi, etikai értelemben.

Magyar részvétel

Sajnos jóval kevesebb magyar résztvevő volt ezen a konferencián, mint az elmúlt 30 év konferenciáin (utoljára az 1995-ös barcelonai ICA-konferencián volt jelen csak három magyar résztvevő). De azért több előadásunkat is elfogadták. Magyar szerzők előadásai (minden olyan előadás, amelynek volt magyar társszerzője):

Magyar előadások (full paperként beadva):

- *Mátyás Magyari, Zsombor Bartos-Elekes, José Jesús Reyes Nuñez: The concept of the Historical Geographic Information System for the settlements of Transylvania (a helyszínen előadta Zentai László)*
- *José Jesús Reyes Nunez, Angelica Carvalho Di Maio: Experiences of a Brazilian-Hungarian Erasmus Collaboration on Cartography and GIS (a helyszínen előadta Zentai László)*
- *Mátyás Gede: Auto-generalized labels on multi-layer Leaflet maps*

Magyar poszter:

- *Dániel Balla, Mátyás Gede: Comparative performance analysis of open source web mapping libraries for rendering large amounts of vector data*
- *M. Amparo Núñez-Andrés, José Jesús Reyes Nunez: COIL course on Sharing cartographic solutions for geovisualization*

Szekcióvezetések:

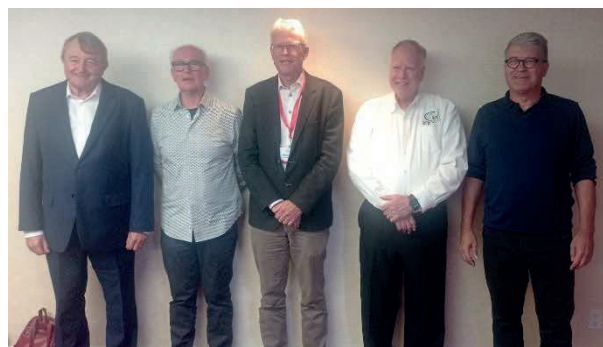
- *Gede Mátyás: Cartographic heritage into the digital*
- *Jesus Reyes: Cartography and children & Cartography and Sustainable Development*

A konferencia előadásai több digitális kötetben jelennek majd meg, és innen lesznek elérhetők a közeljövőben: <https://icaci.org/publications/>.

Összefoglalás

Bár Kanada jó házigazdának bizonyult, sokszor egyértelművé vált, hogy a rendezésben milyen fontosak az anyagi szempontok. Ha nincs az Air Canada sztrájkja, akkor minimális pozitív egyenleggel zárt volna a konferencia, de így gyaníthatóan veszteséges lesz. Nem igazán tetszett a 2-300 résztvevőnek, aki befizetett a Taste of Canada című gálavacsorára (ez nem volt része a regisztrációnak), hogy a fő gasztronómiai attrakció a hamburger és a fish and chips lesz, mindez 150 kanadai dollárért.

Szakmai-tudományos szempontból egyértelműen sikernek könyvelhető el a konferencia, színvonalas előadások hangzottak el és az előzetes várakozásokhoz és a körülményekhez képest a résztvevők számát is megfelelőnek értékelhetjük. Ettől függetlenül még nagyobb várakozással tekintünk a 2027-es varsói konferencia elé, hiszen ez egyértelműen annak a kartográfiai iskolának a rendezvénye lesz, amelynek lényegében Közép-Európa minden országa része s ezek az országok eddig is nagyon komolyan képviseltették magukat a nemzetközi térképészetben és geoinformatikában.



Öt ICA elnök vett részt a konferencián. Balról jobbra: Milan Konecny (Csehország), William Cartwright (Ausztrália), Menno-Jan Kraak (Hollandia), Timothy Trainor (USA), Georg Gartner (Ausztria).

Zentai László
ELTE

Az IAG éves közgyűlése Reginiben

2025. szeptember 1-5.

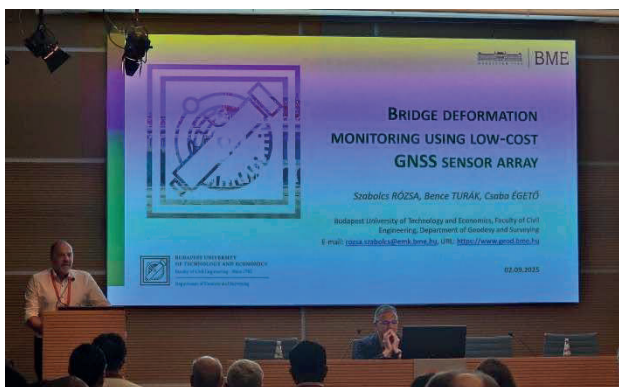
Az 1919-ben alakult IAG (International Association of Geodesy), magyarul a Nemzetközi Geodéziai Szövetség a világ egyik legrégebbi tudományos szervezete, az IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics), vagyis a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió egyik tagintézménye. Az IAG célja a földtudományok népszerűsítése és a földtudományon belüli nemzetközi tudományos együttműködés és kutatás előmozdítása. Az IAG alá négy tudományos bizottság, 14 nemzetközi tudományos szolgálat és három bizottság-közötti szervezet tartozik.

Az IAG minden négy évben szervez tudományos közgyűlést, amire ebben az évben szeptember 1-5 között az olaszországi Reginiben került sor „Geodézia a változó környezetben” (“Geodesy for a Changing Environment”) témával. A rendezvénynek az impozáns Palacongressi dí Regini adott otthont. A 2025-ös rendezvény statisztikái: 695 absztrakt, 300 szóbeli előadás és 400 poszter előadás.

A tudományos közgyűlésén a soproni HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézetet (FI) *Barbély Enikő*, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karának PhD hallgatója és *Benedek Judit* tudományos munkatárs képviselte két poszter előadással. A Földforgás és

Geodinamika szekcióban Barbély Enikő a soproni FI és a GeoSphere (Ausztria) munkatársaival 2023 óta közösen működtetett nanoradián felbontóképességű dőlésmérők hálózati tesztelésének eredményeiről számolt be. A Nehézségi erőter – Földi Gravimetria szekcióban *Matteo Scarponi*, a Lyoni Egyetem kutatója mutatta be a *Hetényi György*, a Lausanne-i egyetem professzora által vezetett nemzetközi munkacsoportnak a Balmuccia peridotit intrúzió gravitációs modellezésében elért eredményeit. Az eredményekhez a FI Geodéziai Kutatási Egysége, mint a munkacsoport része aktívan hozzájárult.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karának Általános és Felsőgeodézia Tanszékét a tudományos közgyűlésen három oktató képviselte – *Rózsa Szabolcs*, *Laky Piroska* és *Turák Bence* – két szóbeli és egy poszter előadással. Rózsa Szabolcs az IAG Communication and Outreach Branch (COB) elnökeként részt vett az Executive Meeting rendes ülésén, valamint hazai nemzeti képviselőként az IAG Council ülésén. A konferencia második napján, szeptember 2-án, a G05-3: GNSS for Troposphere szekcióban szóbeli előadást tartott az építőmérnöki szerkezetek GNSS technikával végzett monitorozása témakörében, amelynek Turák Bence és *Égető Csaba* is társszerzője volt. Emellett társszerzőként egy másik szóbeli előadásban az IAG COB tevékenységét és eredményeit mutatták be a G11-3: Communication, Education and Outreach in Geodesy szekcióban szeptember 5-én.



Rózsa Szabolcs előadás közben

Laky Piroska a konferencia harmadik napján, szeptember 3-án, a GNSS for Troposphere szekcióban poszter előadásban számolt be a mesterséges intelligencia eszközök alkalmazási lehetőségeiről a légköri hatások előrejelzésének témakörében. A poszter előadásnak társszerzője volt Rózsa Szabolcs, *Paláncz Béla* és *Völgyesi Lajos* is. A poszter előadás bemutatása során a téma iránt érdeklődő argentin kutatókkal (*Patricia Rosell*, *Maria Virginia Mackern*) történt kapcsolatfelvétel az Universidad Nacional de Cuyo egyetemről. Velük a konferencia óta történt már újabb egyeztetés is a lehetséges együttműködésről a légköri hatások előrejelzésének témakörében.

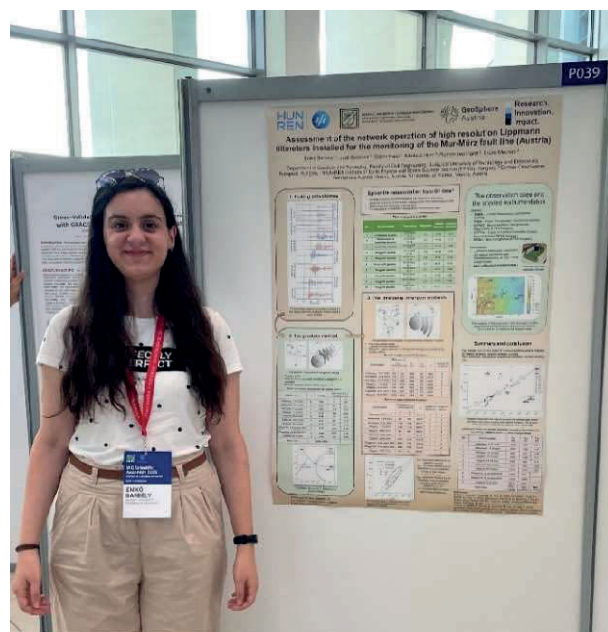
Magyar szerzős szóbeli előadások:

Bridge deformation monitoring using low-cost GNSS sensor array (Bence Turák, Csaba Égető, Szabolcs Rózsa)

Making Geodesy Visible: IAG & GGOS Efforts to Communicate Geodetic Science (Martin Sehnal, Laura Sánchez, Detlef Angermann, Szabolcs Rózsa, Daniela Thaller, Riccardo Barzaghi)

Magyar szerzős poszter előadások:

Assessment of the network operation of high resolution Lippmann tiltmeters installed for the monitoring of the Mur-Mürz fault line in Austria. (Enikő Barbély, Judit Benedek, Gábor Papp, Nikolaus Horn, Roman Leonhardt, Bruno Meurers)



1P előadója: Barbély Enikő

Participative gravity-modelling of the Balmuccia peridotite body: progress report and preliminary model constraints, (Matteo Scarponi, Ludovic Baron, Denis Anikiev, Enikő Barbély, Judit Benedek, Hans-Jurgen Götze, Mohammad Ismaiel, Gábor Papp, Sabine Schmidt, Rosaria Tondi, György Hetényi)



2P Előadója Matteo Scarponi és a FI társszerzők közül Barbély Enikő és Benedek Judit

Forecasting GNSS Tropospheric Delays for Positioning and Meteorology (Piroska Laky, Béla Paláncz, Lajos Völgyesi, Szabolcs Rózsa)



3P Előadója Laky Piroska és az Universidad Nacional de Cuyo egyetem kutatói (Patricia Rosell, María Virginia Mackern)

Barbély Enikő, Laky Piroska

Tisztújító taggyűlést tartott az MKK Geodéziai és Geoinformatikai Tagozat

A Geodéziai és Geoinformatikai Tagozat 2025. szeptember 13-án tartotta tisztújító taggyűlését. A jelölési időszak során a Jelölő Testület a nyolc elnökségi pozícióra 13 jelölést kapott. A korábbi elnökség tagjai közül négyen sok évi elnökségi munka után nem vállalták a jelölést a következő ciklusra. Köszönjük *Holéczy Ernő*, *Hajdú György*, *Feilné Györy Zsuzsa* és *Csemniczky László* eddigi munkáját.

A taggyűlést *Wagner Ernő* az MMK elnöke és *Rózsa Szabolcs* a BME Építőmérnöki Kar dékánja köszöntötte, mindketten a tagozatunk tagjai. Wagner Ernő rövid áttekintést adott az MMK helyzetéről és az előttünk álló feladatokról.



A taggyűlésen adtuk át az idei diplomadíj pályázat díjazottjainak az okleveleket. Pénzdíjban részesült *Böröcz Balázs* Magyarországi méhlegelők területi elhelyezkedésének becslése

SENTINEL-2 műhold felvételek alapján, *Janurik Zalán* Kisvízfolyás geodéziai állapotfelmérése, valamint *Rampton-Krammer Adrienn* Közműkutatás – földalatti közművek utólagos térképezése című munkája. Az idei évben az elnökség nem adományozott *Hazay István* díjat.

A választáson a megjelent tagok nagy többséggel *Takács Bencét* választották meg a tagozat elnökének. A két alelnöki pozíciót *Lehoczky Máté* és *Menyhárt István* kapta meg. Elnökségi tagnak *Boór Attilát*, *Csongrádi Zsoltot*, *Csörgits Pétert*, *Siki Zoltánt* és *Stenzel Sándort* választották meg a megjelent tagok.



Az elnökségbe négy új tag került négy az előző ciklusban már elnökségi tagságot vállaló tag mellé, és ezzel együtt megfiatalodott a testület.

További részletek a taggyűlésről a tagozat honlapján található: <https://ggt.hu>.

Eredményes munkát kívánunk az új elnökségnek!

Siki Zoltán

XXVI. Földmérő Találkozó

2025. szeptember 18-21., Nagyszeben

Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) 1990 óta fontos szerepet tölt be az erdélyi és Kárpát-medencei magyar értelmiség életében. A mi szakterületünket érintő EMT Földmérő Szakosztály akkori elnöke *Ferencz József* (jelenleg tiszteletbeli elnök) az EMT egyik alapítója volt. A Szakosztály jelenlegi elnöke *Rákossy Botond-József*. (www.emt.ro).

A Magyar Földmérési, Térképészeti és Távérzékelési Társaság (MFTTT) 1999-ben aláírt megállapodás alapján folyamatosan együttműködik a Földmérő Szakosztállyal. Az EMT és az MFTTT 2012-ben közösen alapították a Márton Gyárfás emléklapoktet. Az anyaországból a Szakosztály további, régi együttműködő partnerei a GITA Műszaki Térinformatikai Egyesület és az Óbudai Egyetem Geoinformatikai Intézete (GEO), most pedig Nagyszebenben lett EMT-partner az MKK Geodéziai és Geoinformatikai Tagozata (MMK GGT).

Kiemelkedő jelentőségű az erdélyi kollégák által évente megrendezésre kerülő Földmérő Találkozó, amelynek alkalmával kiemelt szerepet kapnak az összetartozásunkat szakmai téren kifejező anyaországi és erdélyi feladataink és eredményeink megvitatása, nemzetünk történelmi és kulturális kérdései és honismereti program szervezése.

Az ez évi seregszmlét, a XXVI. Földmérő Találkozót az EMT Nagyszebenben rendezte meg 2025. szeptember 18-21. között a Hotel Parc szállodában. A találkozó programját ünnepélyes megnyitás, kitüntetések átadása, szakmai előadások, az összetartást kifejező ünnepi vacsora és történelmi kirándulás képezték.

A konferencián 72 fő vett részt, ebből 36 kolléga Erdélyből, 1 fő Szlovákiából és 35 fő pedig az anyaországból érkeztek. Az anyaország részéről a Lechner Tudásközpont elismerésre méltóan 21 fő kiküldetését biztosította: Képviseletét magát az MFTTT, a GITA és MMK-GGT, a GEO, a BME Általános- és Felsőgeodéziai Tanszéke, az Agrárminisztérium, a Pécsi Geodéziai és Térképészeti Kft. Saját költségen hat kolléga volt jelen. Sajnos a földhivatalok most sem delegálták szakembereiket.

Az MFTTT-t *Mihály Szabolcs* képviselte *Rózsa Szabolcs* elnök megbízása alapján. A GITA és MMK-GGT szervezeteket *Siki Zoltán*, a GEO-t pedig *Molnár Gábor* képviselték.



Az együttműködők képviselői: *Siki Z.*, *Rákossy B.J.*, *Mihály Sz.*, *Molnár G.* (fotó: *Rákossy B.J.*)

Rákossy Botond-József szakosztályelnök az EMT elnöksége és a Földmérő Szakosztály vezetése nevében köszöntötte a Nagyszebenben megrendezett XXVI. Földmérő Találkozó résztvevőit. Külön köszöntötte az együttműködő szervezetek képviselőit, *Ferencz József* urat a Szakosztály alapítóját és tiszteletbeli elnökét, és a felvidéki *Májovská Hedviga* asszonyt. Hangsúlyozta, hogy Földmérő találkozónk legfontosabb célja a szakmai tudás frissítése, a hálózatépítés és kapcsolatfenntartás, a különböző területekről résztvevők közötti tapasztalatcsere, az innováció elősegítése, a szakmai közösség erősítése, a helyi érdekek képviselete, a történelmi és földrajzi ismeretek bővítése, a szakmai elismerések kifejezése és a kulturális kikapcsolódás.

A Találkozó mottója: A földmérő szerepe a társadalom átalakításában. Témái: Földügyi rendszerek Romániában és Magyarországon, a digitalizálás, a szakmai képzés,

tudásfrissítés, a versenyképesség és a technológiai újdonságok ismertetése.

Tájékoztatt az előadások menetrendjéről, valamint az ünnepi vacsoráról és a hagyományos honismereti kirándulás körülményeiről. Elmondta, hogy a Lechner Tudásközpont az ingatlanrendező földmérői minősítési továbbképzés akkreditációhoz a résztvevők 2, az előadók 4 pontot kapnak.

Ezután *Mihály Szabolcs* az MFTTT nevében, *Siki Zoltán* a GITA Műszaki Térinformatikai Egyesület képviseletében és *Molnár Gábor* pedig a GEO részéről köszöntötte a résztvevőket. Az MFTTT képviselője bevezetőjében kimentette az IAG tisztségviselői elfoglaltsága miatt távol lévő *Rózsa Szabolcs* MFTTT elnököt és átadta üdvözlését a konferencia résztvevőinek.

A megnyitó ülésen került sor a 2025. évi *Márton Gyárfás* emléklapett átadására. Az emléklapettet az anyaországból *Doroszlai Tamás*, az erdélyiek közül pedig *Nagy István* kollégák kapták több évtizedes szakmai és közösségépítő tevékenységükért. Az anyaországi és az erdélyi Jelölőbizottságok (MFTTT, *Hodobay-Böröcz András* elnökletével, EMT, *Márton Huba* elnökletével) javaslatai alapján odaítélt díjat *Mihály Szabolcs* és *Márton Huba* adták át és méltatták a díjazottakat. Méltató cikkek a GK jelen számában találhatóak.

A megnyitó utolsó programja a MMK-GGT és az EMT közötti együttműködési megállapodás bemutatása volt. Ennek dokumentumát *Siki Zoltán* és *Rákossy Botond-József* írták alá.



MMK/GGT- EMT Földmérő szakosztály együttműködés megkötött: *Siki Z.* és *Rákossy B.J.* (fotó: *Rákossy B.J.*)

A megnyitót a konferencia 18 előadása követte *Siki Zoltán*, *Rákossy Botond József* és *Varga Norbert* által vezetett négy szekcióban. Az alábbi előadások hangzottak el:

1. *Mihály Szabolcs*: Irányzatok a tér adatok működtetésében — Big Data és Mesterséges Intelligencia. Eszmefuttatás
2. *Rákossy Botond-József*: Winston Churchill és a román kataszteri felmérés
3. *Molnár Gábor*: Tudtuk, csak nem értettük: a topocentrikus kvázi-Descartes koordináta rendszer
4. *Varga Norbert*: EING, avagy gyorsításávot építünk
5. *Siki Zoltán*, *Takács Bence*: Földmérő minősítések Magyarországon

6. Ungvári Ferenc József: A Romániai Geodéták Kamarája
7. Borbély Katalin: Szakmaetika, mérnökética
8. Takács Bence: Szabatos abszolút helymeghatározás valós időben
9. Szabó-Mihály Noémi: Piaci kilátások és realitások: a romániai földmérő vállalkozások gazdasági helyzetének elemzése
10. Mikesy Gábor: Hagyományos nevek - modern alkalmazások (Romániai magyar földrajzi nevek fordítóprogramokban és applikációkban)
11. Nagy István, Márton Huba: Mesterséges Intelligencia a szakmában
12. Angyal László, Tóth Kristóf Jutocsa: A magyar-román határfolyók felmérése 2025-ben
13. Csorba Kristóf, Kovács Iván: Határok
14. Csiki Rozália, Molnár-Rákossy Eszter: Államosítás tollhegy alatt. A romániai magyar sajtó tükre (1944–1989)
15. Sasi Attila: A Nemzeti Térinformatikai Alaptérkép névrajzának topográfiai csapdái (Hol mi van? Mi hol van? Mi a neve?)
16. Dudás János András: Térképtárak múltja és jövője
17. Varga Norbert: Térképfelújítások
18. Pálosi Imre: Szintezési csatlakozások Magyarország és Románia között 2.0

A konferencia előadásainak anyagát a XXVI. Földmérő Találkozó konferencia kiadványa hivatott tartalmazni, amely a <https://ojs.emt.ro/foldmero> linken érhető el.

A tudományos bizottság tagjai: Rákossy Botond-József, Ferenc József, Rózsa Szabolcs, Mihály Szabolcs, Siki Zoltán, Csemniczky László, Suba István, Suba Norbert, Márton Huba.

A szakmai programot ünnepi vacsora követte. Szakmai és történelmi kérdéseket tartalmazó kvíz élénkítette a résztvevőket – a játékban tíz csapat vett részt, az első három helyezett nivós díjban részesült. A finom ételek és italok elfogyasztása közepette késő estig zenés vidám hangulatban, táncsal és beszélgetéssel ünnepeltük meg találkozásunkat.



Az EMT Földmérő szakosztály és az MFTTT képviselői koszorúkkal tisztelegnek Petőfi Sándor és Bem József emléktábláján (fotó: Rácz Kálmán)

Történelmi, honismereti kirándulásunkat egy kiemelkedő tudású és elkötelezett történet-ismerő hölgy vezette. Itt is megköszönöm neki az imponálóan hitelesen, választékosan, részletesen és közvetlenséggel szervezett történelmi bemutatóját.

Szelindek község közepén egy ötven méter magas dombon álló várat látogattunk meg, ahol az 1848-49-es forradalom és szabadságharc idején Bem József tábornok csapatai verték vissza az ellenséges erdélyi császári-királyi csapatokat 1849. januárban. Petőfi Sándor itt csatlakozott Bem tábornokhoz. Emléktábla őrzi nevüket. Az MFTTT és az EMT nevében egy-egy koszorút helyeztünk Petőfi Sándor és Bem József táblája alá, tisztelettel.

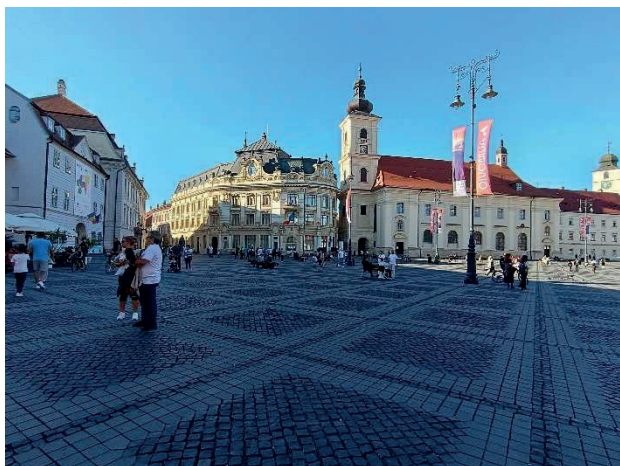
A berethalmi evangélikus erődtemplomot látogattuk meg, amely Nagyszeben megyében, Románia erdélyi régiójában található. Az erdélyi német szász közösség építette abban az időben, amikor a terület a Magyar Királysághoz tartozott. A berethalmi erődtített templom egyike a legszebb, legnagyobb és legépebben fennmaradt erdélyi vártemplomoknak. UNESCO Világörökség. Még a középkori várak is megirigyelhették volna, annyira elragadja az emberi szemet. Az erődttemplom sekrestyeajtójának zárja egy tizenöt zárból álló, bonyolult zárszerkezet, amely aranyérmét nyert az 1900-as párizsi világkiállításon. Másik érdekessége a Békítőtorony, ahová az elválni akaró párok zárták egybe – eredmény, hogy évszázadokon át csak egy házasságot bontottak fel. Érdekesség a Mauzóleumtorony, ahová a szász püspököket temették, szép szarkofágokban.



Résztvevőink a Békítőtorony közelében (fotó: Mihály Sz.)



A résztvevők egy csoportja Nagyszeben város utcáján (fotó: Mihály Sz.)



*Brukenthal Palota Nagyszeben főterére, a Nagypiacra néz
(fotó: Mihály Sz.)*

Ebédünket Medgyes városában fogyasztottuk el, az egyik legrégebbi erdélyi városban, amelynek története mélyen a múltba nyúlik vissza és sok történelmi esemény színhelyeként tartják számon. A XII. században még székely falut az 1300-as évekre már szászok lakják. Ma számunkra az óváros érdekes, s nem pedig a román negyed.

Kirándulásunk jelentős része Nagyszeben nevezetességeit érintette. Az erdélyi szászok „fővárosát” II. Géza királyunk uralkodása idején alapították. Középkori iparosodás, gazdasági és határvédelmi megfontolások alakították a város életét,

településszerkezetét. A szászok egyetemi képzésének a központja, vallási központ. A legszebb városok egyike, különösen az után, hogy az 1990-s években felújították. Tartományi központ volt, ma megyeközpont. Vannak magyar vonatkozásai, de alapvetően németajkúak lakták, az 1980-90-es évektől túlsúlyba kerültek a románok. Javasolom, tanulmányozzák a Nagyszebenről szóló leírásokat.

A kirándulás estjén és másnap reggel a búcsúzkodással és a következő találkozó helyszínével foglalkoztunk.

Vasárnap reggel meglepéssel indultunk haza. Köszönetünket fejezzük ki a XXVI. Földmérő találkozó szervezőinek, a vendéglátóknak: Rákossy Botondnak, Horváth Erikának, Tóth Ildikónak és a háttérben tevékenykedő Prokop Zoltánnak. Vizionlátásra jövőre.

A Találkozó támogatásáért köszönet illeti a következő szervezeteket: Magyar Tudományos Akadémia, Bethlen Gábor Alapkezelő Zrt. (Budapest), SC Topo Service RT. (Csíkszereda), Hargita és Kovászna Megyei Földmérők Egyesülete. Elismerés jár a résztvevőket delegáló szervezeteknek és a saját költségen résztvevő kollégáknak, mert általuk valósulhatott meg szakmai továbbképzésünk, s erősödött a nemzeti és szakmai összetartozásunk.

*Mihály Szabolcs
MFTTT*

Rendezvények - beharangozó

Földtudományos Forгатag

2025. november 7-9., Budapest

Az idei Földtudományos Forгатag a Magyar Természettudományi Múzeumban kerül megrendezésre, amely keretében online és múzeumi programok is várják a látogatókat. A rendezvény "nulladik napja" 2025. november 7-én, pénteken az online térben zajlik, míg a helyszíni programokra a hétvégén (november 8-án és 9-én) kerül sor. A rendezők külön programot szentelnek a 2025-ös "év ásványa" címmel kitüntetett opálnak, továbbá ismeretterjesztő előadásokat tartanak a klímaváltozásról, ásványkincsekről, geológiai kutatásokról, őslényekről, drágakövekről, atombomba kísérletekről és geofizikáról.

Szerkesztőség

MFTTT év végi közgyűlés

2025. december 16., Budapest

Az MFTTT év végi közgyűlésének időpontja előreláthatóan 2025. december 16-án, kedden lesz, helyszíne pedig a BME Oltay terme (K épület, magasszint 26). A végleges időpont november közepén lesz meghirdetve, melyről minden tagtársunkat körlevélben értesítjük, illetve azt legkésőbb november közepén a honlapon is közzé tesszük.

MFTTT vezetőség

Hírek

ICA tiszteleti tag kitüntetés

Zentai László



Az ICA tiszteleti tag (*honorary member*) kitüntetését az 1976-os alapítás óta eddig 66-an kapták meg, köztük három magyar térképész. Rögtön a második díjazott 1979-ben *Radó Sándor* volt. 1995-ben *Papp-Váry Árpád*, az ICA két ciklust (1987–1995) betöltött alelnöke, a magyar polgári térképészet akkori vezetője kapta meg az elismerést. A következő magyar díjazott *Klinghammer István* volt, aki 2003-ban kapta meg a díjat (az ELTE Térképtudományi Tanszék vezetőjeként és az ELTE rektoraként).

2025-ben az egyik díjazott *Zentai László*, aki 2011-től 2019-ig az ICA főtájkára volt, majd pedig az ICA alelnöke (2019–2023). Laudációját *Georg Gartner*, az ICA elnöke olvasta fel. Kiemelte, hogy „*Zentai professzor több mint három évtizede a nemzetközi kartográfiai közösség egyik legfontosabb tudósa. Karrierje a tudományos kiválóság, az elkötelezett szolgálat és a nemzetközi vezetői szerep ritka kombinációját tükrözi, amely teljes mértékben megtestesíti az ICA szellemiségét és azokat az értékeket, amelyek előmozdítására a szervezet törekszik.*”

Zentai László professzor úr tiszteletbeli tagságához a szerkesztőség részéről is gratulálunk!

Szerkesztőség

IAG Legjobb Bírálója Díj, 2024

Benedek Judit

Az IAG (International Association of Geodesy) Legjobb Bírálója Díja egy olyan nagy presztízsű szakmai nemzetközi díj, mely arra hivatott, hogy elismerje és hangsúlyozza a *Journal of Geodesy*-ben, azaz a geodézia szakterület legrangosabb nemzetközi folyóiratában végzett bírálói munkának a fontosságát. (<https://geodesy.science/iag/awards/best-reviewer-award/>)

A díjazottat a *Journal of Geodesy* folyóirat előző két évének bírálói közül választják ki. A *Journal of Geodesy* folyóirat szerkesztőbizottságának tagjai állítanak jelölteket, majd a folyóirat főszerkesztője három legalkalmasabb jelöltet javasol az IAG Végrehajtó Bizottságnak. A javaslatokban értékelniük kell a jelöltek szakmaiságát, tisztességességét, konstruktivitását, alaposágát, pontosságát a *Journal of Geodesy* bírálójaként végzett munkájukban, mellyel jelentősen javították a publikációk minőségét. A díjazotról az IAG Végrehajtó Bizottsága hozza meg a végső döntést.



Idén az „IAG Legjobb Bírálója Díja 2024” kitüntetésben *Benedek Judit*, a HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet kutatója részesült, melyet *Richard Gross*, az IAG elnöke adott át az olaszországi Riminiben rendezett IAG 2025 tudományos közgyűlés megnyitó ünnepségén.

Benedek Judit, a HUN-REN FI tudományos munkatársa 1996 óta folytat tudományos kutatómunkát a földi nehézségi erőter mérése és modellezése területén a Geodéziai Kutatói Egység tagjaként, valamint tevékenyen vesz részt az intézet geodinamikai kutatásaiban, különös tekintettel a nehézségi erőter változása okozta felszín deformációk obszervatóriumi mérésében, értelmezésében és modellezésében. A díjazott nevét, fényképét és rövid életrajzát az IAG hírlevelének szeptemberi száma tartalmazza (<https://geodesy.science/2025/iag-awards-2023-2024/>). Benedek Judit díjához a szerkesztőség részéről is gratulálunk!

Szerkesztőség

Márton Gyárfás emléklap

Doroszlai Tamás

A Márton Gyárfás emléklap 2025. évi anyországi adományozója Doroszlai Tamás lett, az EMT 26. Földmérő Találkozón, Nagyszebenben, 2025. szeptember 19-én. Méltatta: Mihály Szabolcs.

Doroszlai Tamás 1961. március 3-án Vácon született. Diplomáját 1984-ben szerezte a Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskola Rendszerszervező szakán. A Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) PHARE program által támogatott Ingatlan-nyilvántartási Operatív Munkacsoportjába 1993-ban nyert felvételt informatikai szervező munkakörben a földhivatalok ingatlan-nyilvántartási számítógépes szoftverének kialakítása céljából. Megvalósították 117 körzeti földhivatalban a tulajdoni lapok adatainak decentrális számítógépes adatbázisokba szervezését, elkészítették, tesztelték és bevezették a változásvezetést ellátó Komplex Decentrális Ingatlan-nyilvántartási Rendszert (KDIR), és használatát országosan oktatták.



Az ezredfordulón újítoán részt vett a TAKAROS projekt lebonyolításában. Informatikai szervezőként és projekt vezetőként vállalt szerepet a vidéki TAKAROS és a fővárosi BIIR ingatlan-nyilvántartási rendszerek, valamint a FÖNYIR földhasználati és a MENYÉT földműves nyilvántartások kialakításában, bevezetésében és oktatásában. A földhivatali informatikai támogatást és fejlesztést végző osztály munkáját 2003-tól ő irányította (jogszabályi változások és ágazati igények miatti informatikai fejlesztések és szaktámogatások). Önállóan fejlesztette ki a belső hálózaton üzemelő Földhivatali Támogató Rendszert (FTR).

A 2010-s években uniós informatikai projekteken fejlesztési és irányítói eredményei vannak: TAKARNET24 (nonstop földhivatali adatszolgáltatás), INK (adatbázisok adatközpontba szervezése), KCR (az ingatlan-nyilvántartás és a központi Címregiszter kapcsolata).

2021-ben az ő vezetésével hajtották végre az új jogszabályi környezeten alapuló osztatlan közös tulajdon feldolgozásokhoz tartozó modulok kifejlesztését és földhivatali bevezetését.

2000-től oktatási tevékenységet is ellátott a magyar felsőoktatásban (BME, GEO, Szent István Egyetem) a földügyi informatikai rendszerek vonatkozásában. Számos konferencián és rendezvényen földhivatali informatika témájú előadásokat tartott.

Munkásságát az agrárminiszter 2013-ban Miniszteri Elismerő Oklevéllel jutalmazta. Szakmai munkásságának elismeréseként 2022-ben megkapta a Fashing Antal díjat.

Doroszlai Tamás 2011. óta aktív tagja a Magyar Földmérési, térképészeti és Távérzékelési Társaságnak, jelenleg az Intézőbizottság tagja. Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság Földmérő szakosztálya által szervezett Földmérő találkozón a 2006 óta állandó résztvevő. Az egységes ingatlan-nyilvántartásban megvalósuló informatikai eredmények közismert terjesztője Erdélyben is, sok szakmai előadást tartott.

Mihály Szabolcs

MFTTT

Márton Gyárfás emléklap

Nagy István

A Márton Gyárfás emléklap 2025. évi erdélyi adományozója Nagy István lett, az EMT 26. Földmérő Találkozón, Nagyszebenben, 2025. szeptember 19-én. Méltatta: Márton Huba.



Az EMT földmérő szakosztály találkozóinak állandó résztvevője, előadója és a szakmai körökben jól ismert kollégánk, Nagy István, 1978-ban született Székelyudvarhelyen, majd a helyi Kós Károly Ipari Líceumban érettségizett 1999-ben. Ugyanabban az évben került a székelyudvarhelyi Geotop Kft-hez, ahol gyors beilleszkedése, kollégái iránt tanúsított segítőkészsége és a rábízott feladatok iránti komoly hozzáállása rövid időn belül az egész munkaközösség és ügyfélkör részére kedvelt személyiséggé tették.

Márton Gyárfás ösztönzésére, tudásának szolid elméleti alapokra helyezése érdekében 2006-ban elvégezte a Gábor Dénes Főiskola Műszaki informatika szakát, jeles tanulmányi eredménnyel szereve oklevelet. Az itt szerzett ismereteket sikerrel építi be a Geotop térinformatikai technológiáinak fejlesztésébe, és a különféle szakmai munkák adatfeldolgozás/adatbeépítés optimalizálásába.

Hasonlóan, a Geotop által kivitelezett mindegyik nagyobb ingatlan- és közmű térinformatikai rendszer projektjében részt vesz, amelyek végeredményei teljes belterületi adatállományok létrehozását és relációs adatbázisba átalakítását jelentik olyan településeknél, mint például Temesvár, Székelyudvarhely, Gyergyóremete, Székelykeresztúr, Nagyenyed. Az ilyen típusú munkákkal párhuzamosan és a MapSys web map szerver/kliens alkalmazás bevezetése óta tematikus projektek teljeskörű irányításában és elvégzésében jeleskedik mint például Bukarest 1-es körzet ingatlankataszteri rendszere, Zetelaka és Fenyéd címkatasztere, a Hargita-Hegység térinformatikai rendszere, valamint a településrendezési terveinek térinformatikai rendszerbe konvertálása Szalacs és Szárhegy községekben.

Mindezzel párhuzamosan Nagy István folyamatosan fejleszti a MapSys, TopoSys, MapSys IMS/WMC szoftvereket, beleépítve a gyakorlati munkák elvégzésénél felmerült és sok szakember által kért új funkciókat.

Mindezt Nagy István az informatikai ismeretek folytonos fejlesztésével és sokéves munkával szerzett tapasztalatával magas fokon műveli, aminek egyik hozadéka, hogy naponta ad telefonos vagy online útbaigazítást kollegáinak valamint a Geotop szoftver felhasználóinak, készségesen és igényesen segítve mindenkinek, aki a térinformatikai vagy a digitális fotogrammetria szakterületével kapcsolatosan érdeklődik. Kiváló kapcsolatokat ápol sok szakemberrel, akikkel az EMT találkozók alkalmával személyesen is találkozik.

A fentiekre alapozva ki tudjuk jelteni, hogy Nagy Istvánban egy szakmailag jól felkészült, hiteles, segítőkész, emberközpontú kollégát ismertünk meg, aki méltó a Márton Gyárfás oklevél és emlékplakett elnyerésére.

Mihály Szabolcs

MFTTT

Műszerismertetés

Stonex R180 robot mérőállomás

A Geotronics (ma: Trimble) még a '90-es években bocsátotta útjára a robot technológiát. Ezt követően az egy-emberes mérőállomások gyártása, fejlesztése hosszú ideig hagyományosan a „nagy gyártók” privilégiumává vált.

A Stonex 2019 júliusában jelentette meg az R80 mérőállomást ebben a versenykategóriában. A gyártó akkor ezt a hagyományos szervó-vezérelt, Windows CE operációs rendszerű műszert elsősorban monitoring feladatokra szánta.

A 35°/mp fordulási sebessége ugyanis már akkor is elmaradt a „hagyományos” geodéziában használatos konkurens mérőállomások 45°/mp, 85°/mp, sőt 115°/mp sebességeitől. Ugyanakkor a 0.5"-es szögmerési és 1 mm + 1 ppm távmérési pontosság különleges torzulásvizsgálatok elvégzésére, monitoring prizmak automatikus irányzására és folyamatos észlelésére predesztinálta a mérőrendszert.

Az R80 visszavonulását követően, 2023 márciusában jelent meg az R180. Esetében a szélső pontossággal már az extrém gyorsaság is együtt jár.

Nevében a szám ugyanis a 180°/mp fordulási teljesítményre utal. Ezt a T-drive technológia teszi lehetővé, mely a hagyományos fogaskerékes kialakítás helyett hangtalan és súrlódásmentes mozgást biztosít. Ez nemcsak kizárja az érintkező alkatrészek kopását, ezzel csökkentve a meghibásodás lehetőségét, de ténylegesen gyorsabb prizmakövetést és -feltalálást tesz lehetővé terepen.

Honnan olyan ismerős ez az egész? Nem nehéz párhuzamot vonni az először 2006-ban megjelent Trimble S6 Robot MagDrive – elektromágneses levitáció elvén működő – technológiájával

A szögpontosságot tekintve, a Stonex R180 elérhető 0.5", 1" és az utóbbi időben 2"-es kivitelben, illetve távmérési pontossága 1 mm + 1ppm.

Elmondható tehát, hogy ezekkel a paraméterekkel az R180-nal ténylegesen lefedhető a geodéziai munkák teljes spektruma, alsógeodéziától a mérnökgeodéziáig.

Az álló dobozban érkező esztétikus megjelenésű mérőállomás akkuval és műszertalppal együtt meghaladja a 9 kg-ot.

A felhasznált anyagok minősége kiváló, valóban robusztus mérőrendszer. Ezt támasztja alá, hogy por- és vízállósági besorolása IP65, mely kategóriájában kifejezetten jónak mondható. Sőt, speciális igény esetén IP66 besorolásban is elérhető, kíméletlenebb munkakörnyezetbe. Működési hőmérsékleti tartománya pedig -20°C - +50°C között van.

Első távcsőállásban jobb kézre eső, egymás felett elhelyezett irányító csavarjai természetesen végtelenítettek és nagyon finom mozgatót tesznek lehetővé. Köztük található egy mérés vezérlő piros gomb, mely úgy is lehetővé teszi a rögzítést, hogy elvonnánk szemünket az okulártól.

Sajnos, a fizikai billentyűzet mindössze a bekapcsoló gombra és a hangerő szabályozókra korlátozódik az első távcsőállásban lévő a vezérlő oldalán. Ezekkel áttellenesen USB és micro-USB konnektorok segítik az adatátvitelt. A kábel nélküli megoldást a Bluetooth, valamint a WiFi kapcsolat, illetve egy lecsavarozható

gumifül alatti integrált 4G modem szolgáltatja. Ez utóbbi a mérési eredmények irodával való közvetlen megosztását (is) támogatja, mobilneten keresztül.



A Stonex R180 műszercsomag

A távcső felett integrált képalkotó kamera és kitzűzőfény található. Az R180 rendelkezik hőmérséklet- és légnyomásmérő egységgel is.

A műszer energiaellátásáról cserélhető 6 400 mAh-s Li-ion akku gondoskodik, melyből az alapsomagban kettőt kapunk. Egy akku üzemideje, egy töltéssel kb. 6 óra.

A Stonex R180 3 GB RAM-mal és 32 GB ROM-mal rendelkezik. Operációs rendszere természetesen Android, melyen futó minden alkalmazás szinte válaszidő nélkül teljesíti parancsainkat. A 6" kétoldali LCD kijelzők ellenfényben is jól látszanak, élvezetes kezelést biztosítva.

Terepi szoftverként a gyártó saját fejlesztésű CUBE-A TS-GPS programja érhető el a mérőrendszerhez. Ez a mérőállomás fedélzeti alkalmazása, illetve ez fut a távirányítóként használt Android-os vezérlőn is.

Sajnos, e kettő adatbázisai teljesen függetlenek egymástól, így a mérőállomásban, valamint a vezérlőben létrehozott munkaterületek között nincs kapcsolat, vagy „átjárás”.

A teszthez egy Stonex S55-t vezérlőt kaptam. A 43 gombos, teljes QWERTY billentyűzetes könnyű kézi számítógép jól kézre áll, össz-méretéhez képest nagy, 5,5"-os érintőképernyőjén pedig minden terepi információ jól szemlélhető, átlátható. Persze, a Stonex portfólióban számos phablet, tablet megtalálható, így mindenki saját ízlése szerint választhat közülük.

A távvezérlő és a mérőállomás itt is automatikusan, Long Range Bluetooth-on keresztül teremt egymással kapcsolatot.

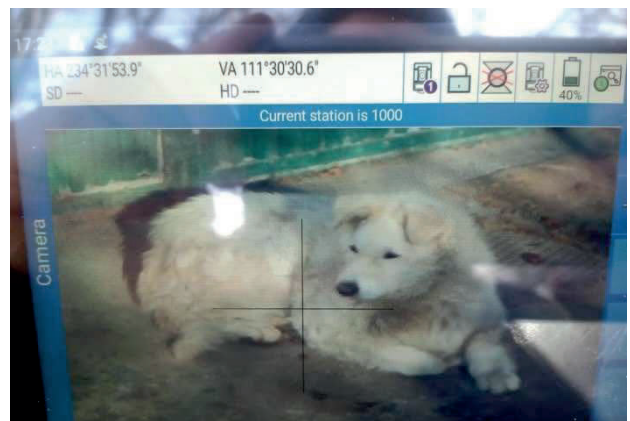
A mostanában egyre több gyártónál elterjedt LR BT hatótávolsága ~300 m, ami azért jócskán elmarad a klasszikus szórt spektrumú rádiós megoldástól, mely 800-1000 m „prizma – műszer” távolságot is áthidalhatóvá tesz terepen.

A műszervizsgálat során a prizmával 40-50 m-nél messzebb nem távolodtam el a mérőállomástól. Ebben a tartományban a távvezérlés kifogástalanul működött.

A műszer mögül végezve a mérést, két dologról mindenképpen megelégedéssel kell szólnom.

Az egyik a 45 mm-es szabad optikai átmérőjű távcső kristálytisztasága és nagy fényerejű képe. A belemart forgatási irány, valamint végtelen jel és az okulár nem központos elhelyezkedése arra enged következtetni, hogy nagyszerű japán optikával van dolgunk.

A másik a képalkotással történő mérés, melynek használhatóságára és testre szabhatóságára láthatóan nagy hangsúlyt fektetett a gyártó. A videó stream-en megjelenő fényviszonyoknak megfelelően állítható méretű és színű, sőt villogtatható szálkereszt nagyban segíti a munkát.



Képalkotás

Mivel a kamera nem koaxiális, a mérendő aktuális távolságok függvényében „kalibrálni” kell a kamera és a távcső képet. Ilyenkor hagyományos módon megirányozunk egy jellegzetes részletet, majd egy finom szálkereszt eszközzel átazonosítjuk a videó képen. Utána az irányzás és mérés a képernyőn koppintva történhet. Az így megmért részletekről képet is letárolhatunk, illetve „Fotó&Vázlat” módban a mért koordinátákat, megjegyzéseket is dokumentálhatunk a felvételekre.

Sajnos, a videó stream-en nincs lehetőség zoom-olásra, így az 5 Mpx-es kamera felbontása behatárolja a felhasználhatóságot. Mindenesetre a képalkotás kiválóan alkalmazható meredek irányzásnál, sőt a műszerfogantyú leszerelése után akár zenitmérést is végre tudunk hajtani vele, pl. prizma nélküli távmérési módban.

Prizmás módban a képernyőn a reflektorra koppintva az automatikus irányzás, illetve a prizma befogása is megvalósítható.



Stonex R180

Sajnos, egyelőre a Stonex nem oldotta meg, hogy a távcsőképet átküldje a terepi vezérlőre, a prizma oldalra.

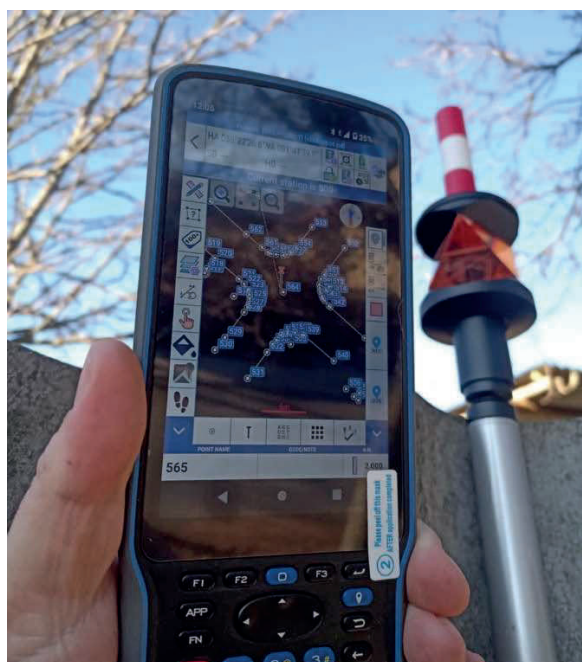
A CUBE-A a vezérlő oldalon is jól teljesít. Egyértelműen látszik, hogy a gyártó figyelmet fordít a OnePole-nak nevezett szolgáltatásra. Így nevezi a Stonex a robot mérőállomás és az RTK GNSS vevő közös, integrált mérési módszerét.

A módszer használata során a munkaterület jellegének függvényében változathatunk a távvezérelt *Robot* észlelési mód és a prizma fölé rögzített, GNSS-szel megvalósuló mérés között, illetve rögzíthetjük ezek eredményeit közös adatbázisba. Ehhez a gyártó portfóliójából bármelyik integrált fejezetét alkalmazhatjuk. Persze, kényelmi szempontból érdemes kisméretű és -tömegű vevőt választani.

Ezen extrákon túl, a CUBE-A az alap mérőállomás és *Robot* funkciókkal is jól boldogul. Áttekinthető, logikus és egyszerűen kezelhető.

Nagyon szimpatikus például, a prizma jelvesztés utáni folyamatok konfigurálhatósága. Egy szolgáltatási listából választhatunk, mely sorainak sorrendjét szabadon állíthatjuk, illetve kapcsolhatjuk ki-be egyes tételeit.

Pl.: kapcsolja be a kítűzőfényt, utána indítson egy gyorskeresést, majd, ha az eredménytelen, álljon vissza a távcső az utolsó mért pontra, vagy éppen abba az utolsó pozícióba, ahol még volt vizuális kapcsolat a prizmával, stb.



Terepi vezérlés

Nagyon fontosnak tartom, hogy egy mérőállomás a koordináták exportján túl, általános formátumban is biztosítson lehetőséget az irodai utófeldolgozásra. A CUBE-A esetében a nyers mérési adatok kiolvasására RW5 formátumban kerülhet sor.

Természetesen, ezen kívül számos formátumban történhet még adatcsere a ki/beolvasásra szánt adatok jellege szerint.

Alapvetően magukról a *Robot* funkciókról is csak pozitívan tudok beszámolni. A műszer nagy fordulási sebessége a gyorsan, vagy a közelében mozgó prizma követését is lehetővé teszi. Jelvesztés esetén egy koppintással 90°-ra lehet állítani a távcső zenit szögét, majd a gyors kereséssel egy fordulással újra megtalálja a reflektort. A befogott prizmáról pedig nem hagyja magát lefordítani: hiába próbáltam kézzel kimozdítani a célról, rugalmasan visszaállt annak optikai középpontjára.

Összességében a Stonex az R180-nal és a CUBE-A alkalmazással egy igényes, jól kiforrott kész megoldást szállít, nagy hangsúlyt fektetve a robot + RTK GNSS kooperációra. Árával a középmezőnyt célozta meg, ugyanakkor teljesítményével igencsak a felső kategóriában van a helye.

Stenzel Sándor
földmérő mérnök, földrendező mérnök
www.gpstakarok.hu

