

Od geodetických základov ku globálnej geodézii a geoinformatike – aktuálne otázky výskumu na katedre

Doc. Ing. Renata Ďuračiová, PhD.,
prof. Ing. Juraj Janák, PhD.,
Ing. Ľubomíra Gerhátová, PhD.,
Ing. Tibor Lieskovský, PhD., Ing. Juraj Papčo, PhD.,
Katedra globálnej geodézie a geoinformatiky
Stavebná fakulta STU v Bratislave

Abstrakt

Katedra globálnej geodézie a geoinformatiky vznikla premenovaním katedry geodetických základov 1. 1. 2021. Oblasťou výučby, výskumu a vývoja pokračuje v jej pôvodnom zameraní, s orientáciou na analýzu a spracovanie meraní, globálnu geodéziu, fyzikálnu, družicovú a kozmickú geodéziu, ale aj informačné technológie, geografické informačné systémy, CAD systémy a kartografiu. Článok je zameraný na predstavenie súčasných aktivít katedry v pedagogickej a vedeckej oblasti, predovšetkým v nadväznosti na aktuálne riešené projekty a publikované vedecké práce. Poukazuje na významné výsledky v oblastiach výučby a výskumu katedry. Je venovaný 70. výročiu založenia katedry.

From Geodetic Control to Theoretical Geodesy and Geoinformatics – Current Research Issues at Our Department

Abstract

The Department of Theoretical Geodesy and Geoinformatics was established by renaming the Department of Theoretical Geodesy on January 1, 2021. The area of education, research and development continues in its original focus, with orientation towards the analysis and processing of measurements, geodetic reference systems, physical, satellite and space geodesy, but also information technology, geographic information systems, CAD systems, and cartography. The article is aimed at presenting the current activities of the department in the educational and scientific fields, primarily in connection with currently running and solved projects and published scientific papers. It is dedicated to the 70th anniversary of the founding of the department.

Keywords: education in geodesy and cartography, research in theoretical geodesy, research in geoinformatics

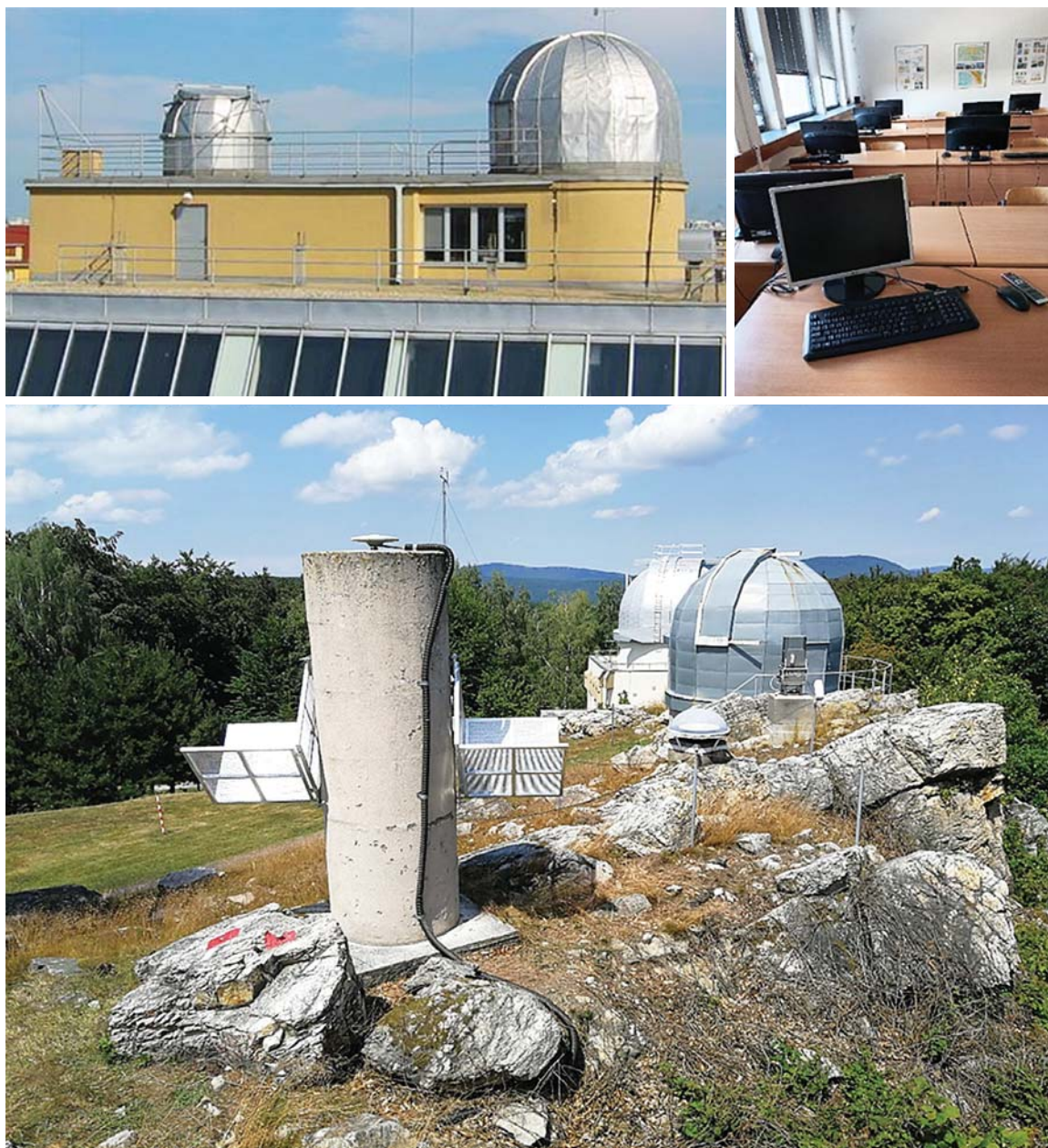
1. Úvod

Katedra globálnej geodézie a geoinformatiky (KGGI) [1] Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity (SvF STU) v Bratislave vznikla 1. 1. 2021 premenovaním katedry geodetických základov. História pôvodnej katedry siaha až do roku 1952 a tento článok je venovaný 70. výročiu jej založenia. Jeho cieľom je informovať o aktuálnych pedagogických a výskumných aktivitách realizovaných na katedre. V nadväznosti na jej históriu prinášame stručný prehľad jej súčasných aktivít v oblasti výučby, výskumu a vývoja. Je zameraný predovšetkým na aktuálne riešené projekty a významné publikácie. Článok je rozdelený na podčasti venované postupne stručnému opisu katedry (časť 2), súčasnej výučbe zabezpečovanej členmi katedry (časť 3), ale najmä výskumu v oblasti globálnej geodézie (časť 4.1) a geoinformatiky (časť 4.2). Možnosti ďalšieho smerovania katedry naznačujeme v závere článku.

2. Od katedry geodetických základov ku katedre globálnej geodézie a geoinformatiky

Katedra geodetických základov bola od svojho vzniku v roku 1952 zameraná najmä na výskum a realizáciu referenčných súradnicových systémov (polohových, výškových, gravimetrických a integrovaných). Tvorili základnú bázu, na ktorú sa potom pripájali všetky ďalšie geodetické a geofyzikálne merania. V geodézii to predstavuje mimoriadne dôležitú oblasť a z nej vychádzal aj pôvodný názov katedry – katedra geodetických základov. Neskôr s vývojom informačných technológií sa súčasťou výučby a výskumu na katedre stali aj informačné technológie (IT) a geografické informačné systémy (GIS). Tým zároveň vznikol podnet na rozvoj výskumu, vývoja a výučby aj v tejto oblasti. Na katedre postupne vznikli viaceré špecializované pracoviská, medzi ktoré patria najmä astronomicko-geodetické observatórium, metrologické laboratórium, laboratórium geoinformatiky (neskôr špecializovaná geodeticko-geoinformatická počítačová učebňa) alebo napríklad aj permanentná stanica GNSS Modra-Piesok (obr. 1).

Geodetické základy predstavujú v oblasti geodézie a kartografie mimoriadne dôležitú oblasť, keďže ide skutočne o základ správneho merania, spracovania výsledkov meraní, interpretácie a vizuálnej reprezentácie výsledkov. Avšak toto významné postavenie uvedenej oblasti dostatočne nevystihoval pôvodný názov katedry. Mimo odbornej verejnosti z oblasti geodézie a kartografie skôr evokoval predstavu, že ide „len“ o základy geodézie, podobne ako napríklad základy matematiky, základy fyziky alebo základy akejkoľvek technickej či netechnickej činnosti. Nepodčiarkoval skutočnú dôležitosť tejto oblasti. Navyše, najmä v priebehu posledných troch desaťročí, neustále narastal vplyv vývoja a využívania IT aj v oblasti geodézie a spracovania priestorových dát. Integrovanou súčasťou katedry sa stala aj oblasť geoinformatiky. Do výučby, ale aj výskumu prenikalo čoraz viac oblastí orientovaných na využívanie počítačov, programovanie, manažment veľkého množstva priestorových dát, správu databáz, vizualizáciu priestorových dát a digitálnu kartografiu. Neodmysliteľnou časťou výučby v študijnom programe a aj profilu geodeta



Obr. 1 Pracoviská katedry globálnej geodézie a geoinformatiky. Hore vľavo: astronomicko-geodetické observatórium na Mýtnej ulici v Bratislave; hore vpravo: špecializovaná počítačová učebňa; dole: permanentná stanica GNSS Modra-Piesok (MOPI a MOP2), zdroj: [4] doc. Ing. Renata Ďuračiová, PhD., Ing. Juraj Papčo, PhD.

sa stalo ovládanie CAD systémov, GIS, priestorových databáz a aspoň základov IT, programovania a tvorby softvéru. To sa stalo ďalším impulzom na zaradenie aj tejto oblasti do názvu katedry. Navyše, po zániku katedry mapovania a pozemkových úprav (resp. jej rozdelení v roku 2014 a zaradení jej členov na katedru geodetických základov a katedru geodézie) bola oblasť kartografie vo významnej miere včlenená na vtedajšiu katedru geodetických základov, čo tiež jej názov dostatočne nereflektoval. V súčasnosti možno oblasť digitálnej kartografie považovať za veľmi príbuznú problematiku oblasti geoinformatiky. Z uvedených dôvodov bola pôvodná katedra geodetických základov 1. 1. 2021 premenovaná so súhlasom jej členov, ako aj vedenia fakulty, na katedru globálnej geodézie a geoinformatiky (KGGI). Predpokladáme, že tento názov jej otvára väčší priestor na spoluprácu v rôznych výskum-

ných a technických oblastiach na akademickej pôde, ale aj s praxou. V súčasnosti katedra spolupracuje s inštitúciami ako napríklad Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (ÚGKK SR), Geodetický a kartografický ústav Bratislava (GKÚ), Výskumný ústav geodézie a kartografie (VÚGK), Slovenská akadémia vied (SAV), Magistrát hlavného mesta Slovenskej republiky Bratislavy, ako aj s viacerými univerzitami a podobnými organizáciami na Slovensku aj v zahraničí.

Aktivity, ktorým sa na katedre venujeme a ktoré sú zároveň predmetom riešenia výskumných projektov a rezortnej alebo aj medziodborovej spolupráce, predstavujeme v tomto príspevku (časti 3 a 4). Opisujeme predovšetkým aktivity realizované počas ostatných päť až desať rokov. Predchádzajúce témy, aktivity a výsledky práce sú opísané napríklad v článkoch [2] a [3].

3. Výučba na katedre globálnej geodézie a geoinformatiky

KGGI garantuje spolu s katedrou geodézie väčšinu predmetov na všetkých troch stupňoch študijného programu Geodézia a kartografia (bakalársky, inžiniersky a doktorský). KGGI konkrétne zabezpečuje výučbu predmetov z oblasti globálnej, kozmickej, fyzikálnej a družicovej geodézie, ale aj geoinformatiky, CAD systémov, digitálnej kartografie, IT a analýzy a spracovania meraní. Prehľad zabezpečovaných predmetov v rámci študijného programu Geodézia a kartografia je uvedený v **tab. 1**. Ukážky z výučby v teréne sú na **obr. 2**. Okrem toho sa členovia katedry podieľajú aj na výučbe v iných študijných programoch, ako napríklad Matematicko-počítačové modelovanie, Krajinárstvo alebo Civil Engineering (v angličtine) alebo iných fakultách (študijný program Priestorové plánovanie alebo Inteligentné softvérové systémy).

Tab. 1 Predmety študijného programu Geodézia a kartografia zabezpečované KGGI

Názov predmetu	Stupeň štúdia
Analýza kvality geoúdajov (voliteľný)	2.
CAD systémy v geodézii 1, 2	1.
Databázové systémy v GIS	2.
Družicová geodézia	2.
Fyzikálna geodézia 1, 2	1., 2.
Geodynamika	2., 3.
Geografické informačné systémy	3.
Geoinformatika	1.
Geometria a relativita v geodézii (voliteľný)	2.
Globálna geodézia 1, 2, 3.	1., 2., 3.
Globálne navigačné systémy	1.
Gravimetria	2.
Informačné technológie	1.
Kartografická tvorba a reprodukcia	1.
Kozmická geodézia 1, 2	1., 2.
Manažment priestorových informácií	2.
Metrológia v geodézii	2.
Objektovo orientované programovanie v geodézii (voliteľný)	2.
Priestorové modelovanie v GIS	1.
Programovanie	1.
Projektovanie a realizácia GIS	2.
Spracovanie a analýza meraní 1, 2, 3, 4	1., 2., 3.
Štruktúra a dynamika Zeme (voliteľný)	2.
Výučba v teréne	2.
Výučba v teréne z bodových polí	1.
Webové technológie v GIS	2.

Výučbu uvedených predmetov zabezpečuje kolektív katedry v súčasnom zložení:

- prof. Ing. Juraj Janák, PhD.,
 - doc. Ing. Renata Ďuračiová, PhD. (vedúca katedry),
 - Ing. Blažej Bucha, PhD. (vedecký kvalifikačný stupeň IIA),
 - Ing. Jana Faixová Chalachanová, PhD.,
 - Ing. Róbert Fencík, PhD.,
 - Ing. Ľubomíra Gerháťová, PhD.,
 - Ing. Pavol Letko, PhD.,
 - Ing. Tibor Lieskovský, PhD.,
 - Ing. Juraj Papčo, PhD. (vedecký kvalifikačný stupeň IIA),
- spolu s internými doktorandmi Ing. Tadeášom Červíkom, Ing. Tomášom Ičom, Ing. Barborou Korekáčovou, Ing. Lukášom Kubicom, Ing. Adamom Novákom a Ing. Laurou Pénzešovou (v abecednom poradí) a externými spolupracovníkmi Ing. Alexandrou Bucha Rášovou, PhD., Ing. Richardom Czikhartom, PhD. a Ing. Martinom Imríškom, PhD.

V ostatných rokoch sa o rozvoj katedry, jej výskumných oblastí a pedagogiky významne pričínili aj prof. Ing. Ján Melicher, PhD., prof. Ing. Ján Hefty, PhD., doc. Ing. Ernest Bučko, PhD., doc. Ing. Ladislav Husár, PhD., doc. Ing. Marcel Mojzeš, PhD., Ing. Peter Černý, PhD., Ing. Branislav Hábel, PhD. a Ing. Peter Korčák.



Obr. 2 Ukážky z výučby v teréne a riešenia záverečných prác, zdroj: [1]

4. Veda a výskum v oblasti globálnej geodézie a geoinformatiky

V rámci vedeckej a výskumnej činnosti bolo a je na katedre úspešne riešených viacero projektov. V nadväznosti na ne v tejto kapitole uvádzame niektoré významné smery výskumu a stručne naznačujeme aj získané výsledky.

4.1 Výskum v oblasti globálnej geodézie

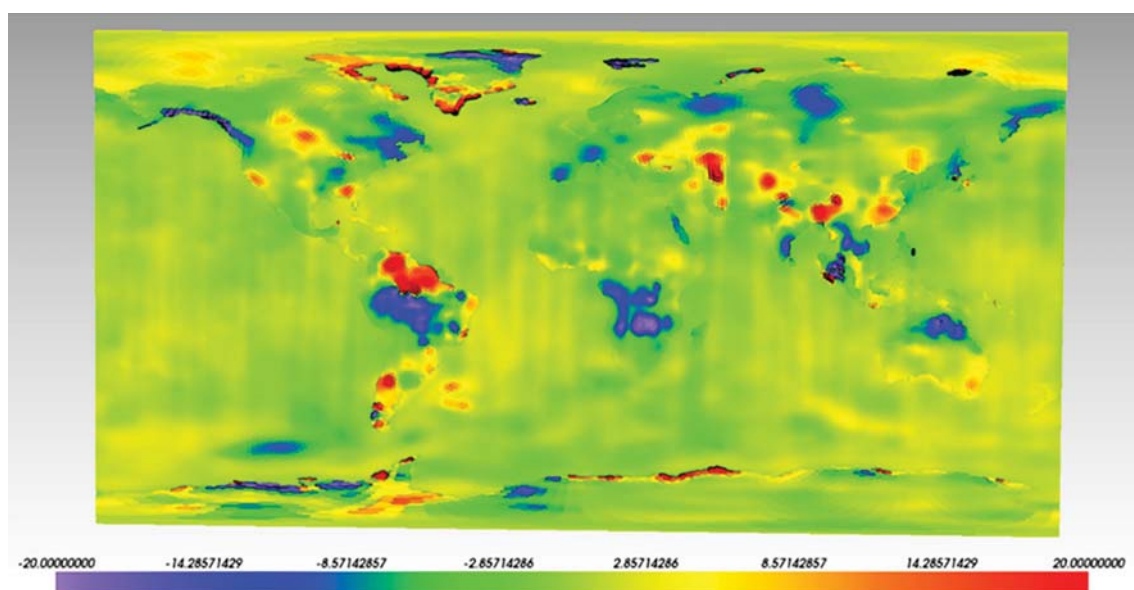
4.1.1 Modelovanie tiažového poľa Zeme a fyzikálna geodézia

V oblasti globálnej geodézie zameranej na tiažové pole sa v posledných rokoch venujeme najmä trom témam. Prvou témou je využitie, analýza a interpretácia dátových produktov družicových misií GRACE (2002 – 2017) a GRACE-FO (2018 – súčasnosť), druhou je modelovanie gravitačného účinku globálnej a lokálnej hydrológie a treťou témou je analýza časových radov gravimetrických dát vybraných staníc medzinárodnej služby IGETS (angl. International Geodynamics and Earth Tide Service).

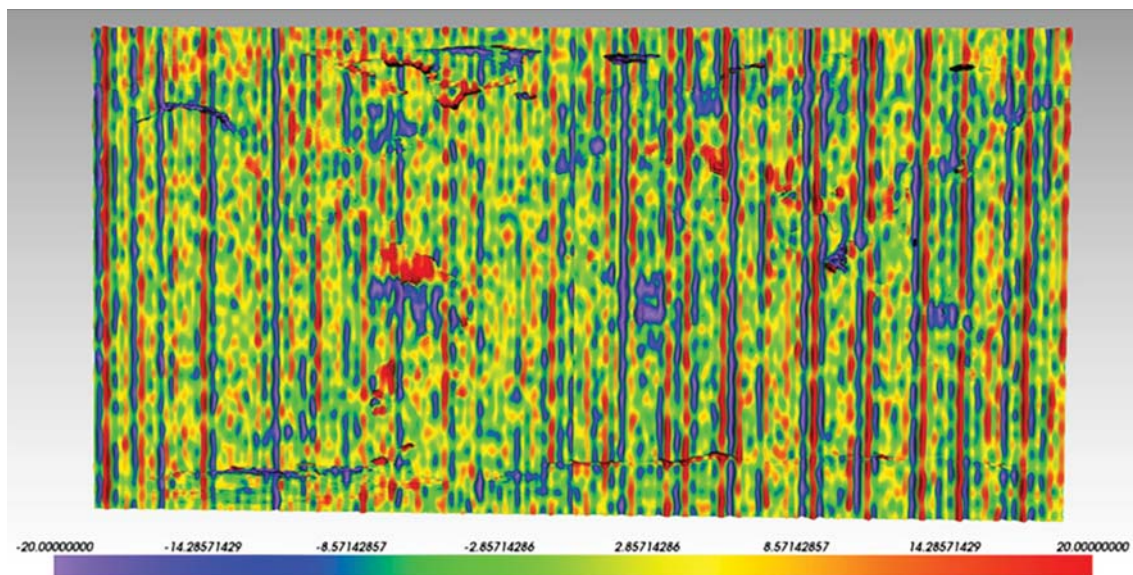
V rámci prvej témy sa pod vedením prof. Ing. Juraja Janáka, PhD. zaoberáme optimálnou filtráciou mesačných globálnych modelov tiažového poľa získaného z družíc GRACE a GRACE-FO, ďalej modelovaním variácie podzemných vôd vo vybraných povodiach a veľkých rezervoároch a nakoniec aj modelovaním variácie množstva ľadu v kontinentálnych ľadovcoch. V tomto roku sme v spolupráci s Katedrou matematiky a deskriptívnej geometrie SvF STU v Bratislave prezentovali na Hotine – Marussi sympóziu v Miláne príspevok o nelineárnej filtrácii mesačných modelov tiažového poľa z družíc GRACE a GRACE-FO [5]. V súvislosti s problémom získania spoľahlivého referenčného modelu, vzhľadom ku ktorému by bolo možné porovnať filtrované modely, sme zvolili možnosť filtrovať syntetický model zaťažený realistickým šumom s podobným charakterom, ako má šum reálnych modelov pochádzajúcich

z meraní GRACE. Šum bol generovaný na základe Perlinovho algoritmu [6]. Na obr. 3a je znázornený referenčný model, považovaný za bezchybný, a na obr. 3b je znázornený tento model aj s pripočítaným synteticky generovaným šumom. Následná lineárna aj nelineárna filtrácia bola vykonávaná pomocou programu GeoFilter [7], [8], [9]. Použitá bola metóda lineárnej difúzie (LD) a dve nelineárne metódy: regularizovaná nelineárna difúzia Perona-Malik (PM) a kombinácia metódy PM s využitím inverzného Laplaceovho operátora (PM+IL). Filtrované modely sme porovnávali s referenčným modelom. Výsledky napríklad ukázali, že nelineárna filtrácia PM a kombinácia metód PM+IL dokážu lepšie filtrovať syntetický šum podobný šumu GRACE. Príklad filtrovaného modelu tiažového poľa pomocou metódy PM je na obr. 3c a 3d (optimalizácia pomocou L2-normy a optimalizácia pomocou L ∞ -normy). Výsledkom tohto výskumu je návrh optimálnej metódy a parametrov pre filtráciu mesačných modelov tiažového poľa z družicovej misie GRACE a GRACE-FO. V súvislosti s výskumom časovo premenlivého tiažového poľa na našom pracovisku boli v poslednom období publikované práce [10], [11], [12]. Všeobecným relativistickým efektom v rámci odhadu časovo premenlivého zemského tiažového poľa [13] sa venuje Ing. Pavol Letko, PhD.

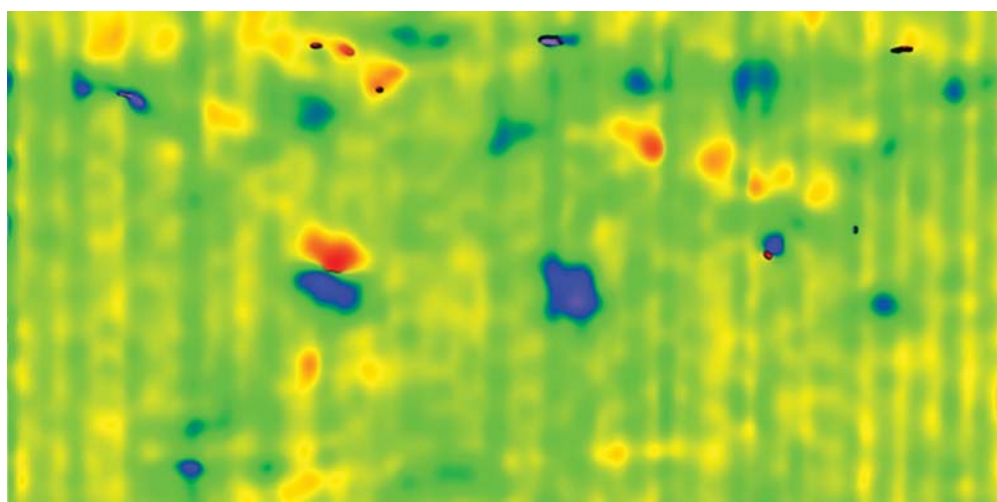
V roku 2020 bola našim pracoviskom v spolupráci s Ústavom vied o Zemi SAV a GKÚ zriadená prvá gravimetrická slapová stanica na Slovensku. Je umiestnená v Hurbánove v areáli Geomagnetického observatória SAV (obr. 4). Stanica je vybavená relatívnym pružinovým gravimetrom gPhoneX #108. V roku 2021 bola táto stanica oficiálne začlenená do Medzinárodnej služby geodynamiky a zemských slapov (International Geodynamics and Earth Tide Service – IGETS), <http://igets.u-strasbg.fr/>. Slapová stanica meria časový rad hodnôt relatívneho tiažového zrýchlenia a časový rad hodnôt atmosférického tlaku s časovým krokom 1 sekunda. Tieto prístroje sú udržiavané a prevádzkované našim pracoviskom (KGGI). Gravimeter je postavený na betónovom pilieri izolovanom od podlahy. V bezprostrednej blízkosti gravimetra je inštalovaný akcelero-meter Raspberry Shake (4D), ktorý prevádzkuje seizmolo-



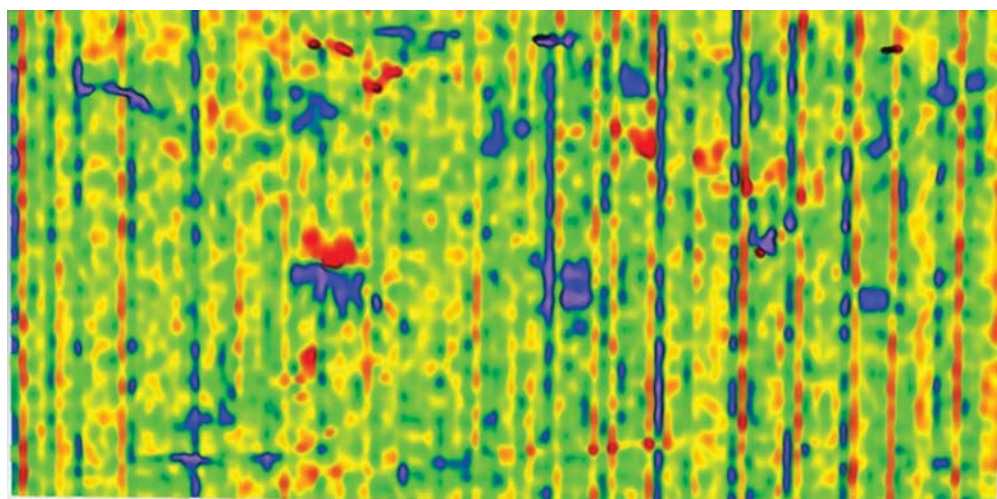
Obr. 3a Referenčný model časovo premenlivého tiažového poľa prepočítaný na ekvivalentnú výšku vodného stĺpca (jednotky: cm)



Obr. 3b Referenčný model s prirpočítaným šumom generovaným pomocou Perlinovho algoritmu



Obr. 3c Model tiažového poľa filtrovaný pomocou nelineárnej filtrácie PM optimalizovaný pomocou L2-normy



Obr. 3d Model tiažového poľa filtrovaný pomocou nelineárnej filtrácie PM optimalizovaný pomocou L_{∞} -normy

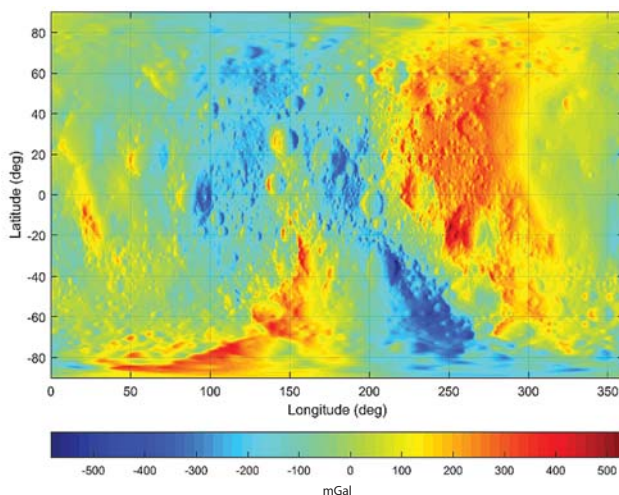
gické oddelenie Ústavu vied o Zemi SAV. V okolí slapovej stanice sa nachádzajú ďalšie prístroje a senzory: permanentná stanica GNSS prevádzkovaná GKÚ, meteorologická stanica MWS 9-5, senzor na snímanie hladiny podzemnej vody a 16 senzorov vlhkosti pôdy. Na obr. 4 je budova slapovej stanice a relatívny gravimeter gPhoneX #108 na pilieri.

V rámci výskumu v oblasti fyzikálnej geodézie je na KGGI intenzívne riešená aj významná téma, ktorej sa dlhodo- bo veľmi úspešne venuje Ing. Blažej Bucha, PhD. v spolu- práci s renomovanými zahraničnými výskumníkmi. Ide o modelovanie tiažového poľa nebeských telies nepravi- delného tvaru, napríklad aj asteroidov. Na modelovanie využíva sférické harmonické funkcie a sférické radiálne bázové funkcie. Z tejto oblasti boli nedávno publikované články [14] a [15]. Podrobnejšie informácie o jeho výskume sú uvedené na <https://www.blazejbucha.com> a softvérové nástroje, ktoré vytvoril na modelovanie tiažového poľa, sú dostupné na: <https://github.com/blazej-bucha>. Ukážka výstupu z programu GrafLab (GRAvity Field LABoratory) [16] je na obr. 5.

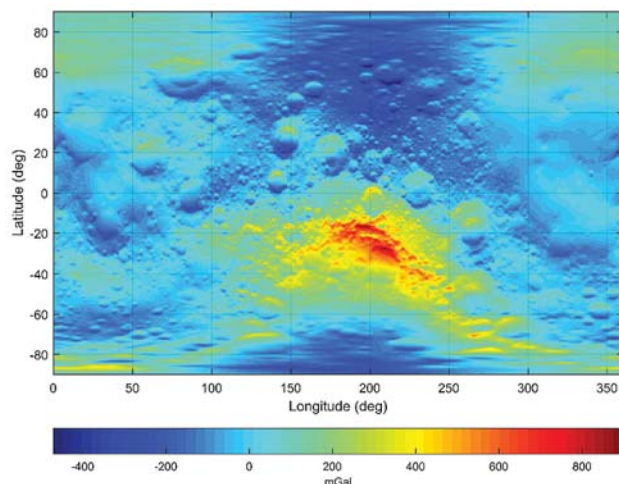


Obr. 4 Relatívny monitorovací gravimeter gPhoneX #108 inštalovaný na pilieri (hore) a pohľad na areál Geomagnetického observatória v Hurbanove (dole); slapová stanica je označena , zdroj: prof. Ing. Juraj Janák, PhD.

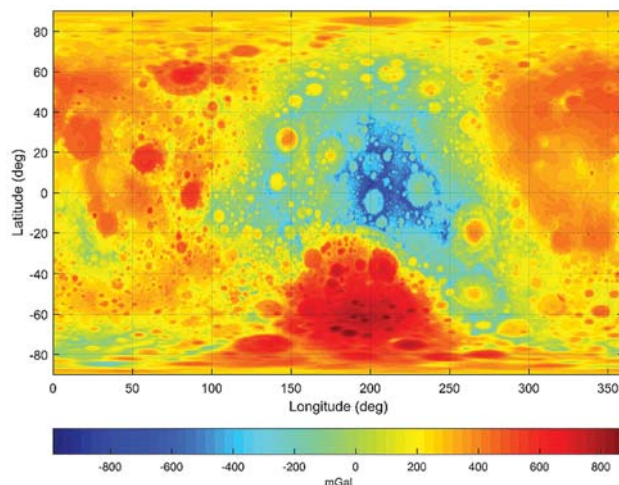
West-east component of the gravitational vector (g_Y) induced by the Moon's topographic masses up to degree 2160



North-south component of the gravitational vector (g_X) induced by the Moon's topographic masses up to degree 2160



Vertical component of the gravitational vector (g_Z) induced by the Moon's topographic masses up to degree 2160



Obr. 5 Ukážka výstupu z programu GrafLab, autor: Ing. Blažej Bucha, PhD. – Modelovanie gravitačného účinku topografických hmôt Mesiaca, zdroj: <https://www.blazejbucha.com>

4.1.2 Výskum v oblasti globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS)

Problematiku GNSS na katedre pedagogicky aj vedecky zastrešuje Ing. Ľubomíra Gerháťová, PhD. Súčasťou katedry je aj astronomicko-geodetické observatórium (AGO). V súčasnosti je AGO Lokálnym analytickým centrom permanentnej siete Európskeho referenčného rámca (SUT EPN LAC), spracovateľským centrom siete permanentných staníc GNSS v strednej Európe (CEPER) (obr. 6) a venuje sa analýzam družicových meraní uskutočňovaných v rámci medzinárodných a domácich epochových projektov zameraných na priestorové geodetické siete. V rámci LAC prebieha spracovanie subsiete viac ako 60 permanentných staníc, výsledkom ktorého sú finálna týždenná kombinácia v súlade so štandardami spracovania EPN, denné riešenia NAVSTAR GPS/GLONASS a rapid riešenie Galileo. Súčasťou siete CEPER je cca 60 permanentných staníc zo stredoeurópskeho regiónu, vykonávame spracovanie NAVSTAR GPS/GLONASS a tiež samostatne GLONASS [17], [18], [19].

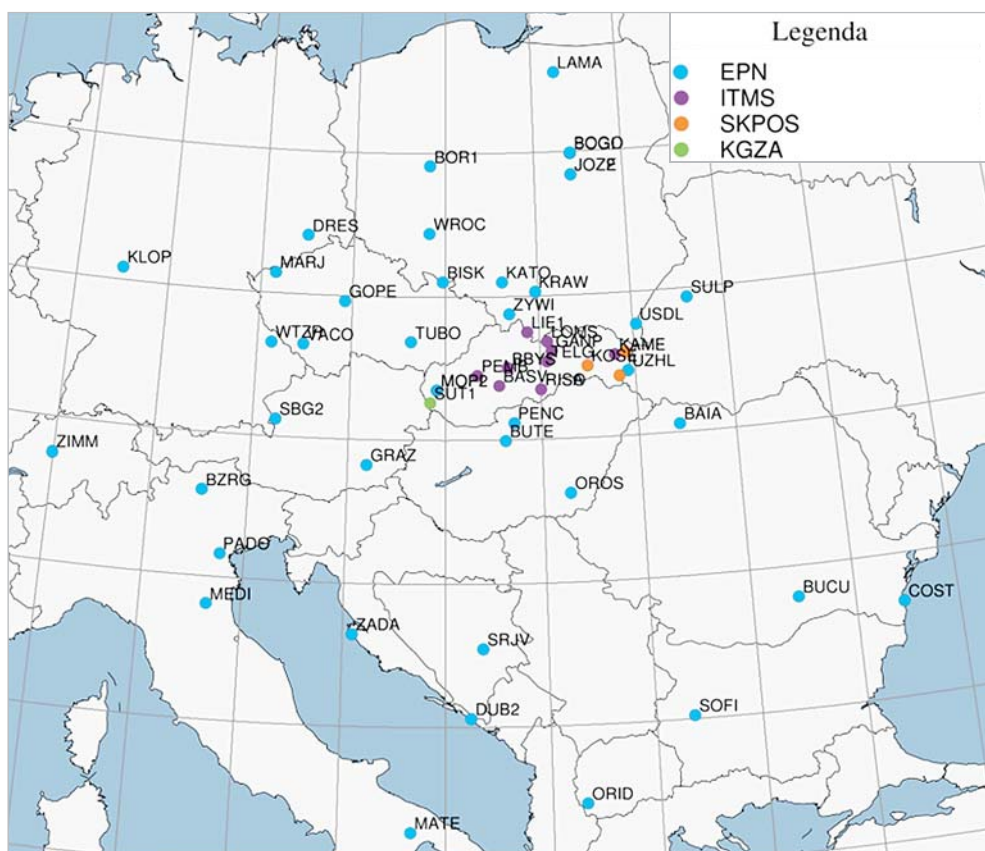
Oblasťou úzko spojenou so spracovaním meraní GNSS je monitoring parametrov troposféry a ionosféry. Spracovanie sietí regionálneho až celosvetového rozsahu umožňuje modelovať parametre troposféry a ionosféry a vytvárať ich modely nad príslušným územím, alebo ich časové rady na jednotlivých staniciach. Sledovaným parametrom troposféry je celkový integrovaný obsah vodnej pary (Precipitable Water Vapour – PWV) nad pozorovacím miestom, ktorý je určený na základe celkového oneskorenia signálu GNSS v smere zenitu (Zenith Total Delay – ZTD). Údaje ZTD je taktiež možné integrovať do numerických mo-

delov predpovede počasia, a tým prispieť k presnejším predpovediam [20], [21]. Ukážka online mapy oneskorenia signálu v zenite (ZTD) a hodnôt integrovaného obsahu vodnej pary, ktorú vytvoril Ing. Martin Imrišek, PhD. (<http://space.vm.stuba.sk/pwvgraph/>) je na obr. 7. Je súčasťou ním vytvoreného systému spracovania GNSS meraní, ktorý zabezpečuje odhad parametrov troposféry a ich transformáciu na produkty publikované na internete [20].

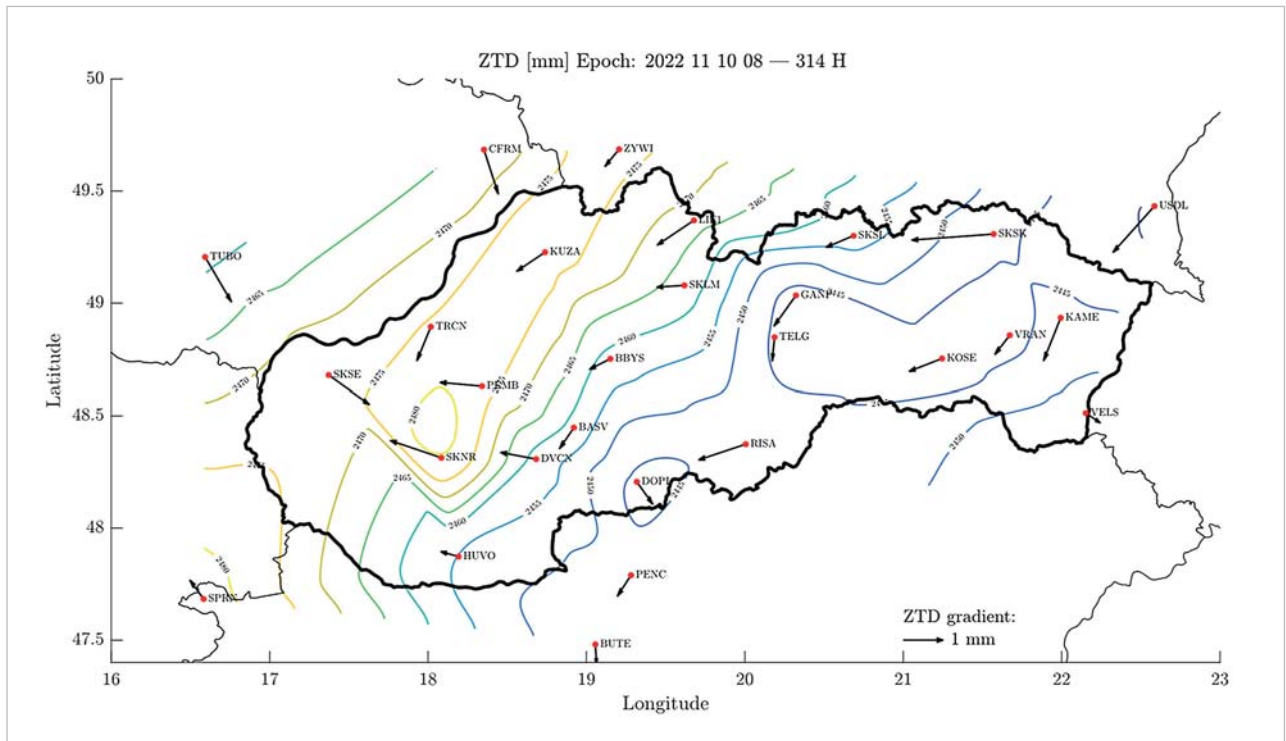
Okrem atmosféry na merania GNSS vplýva aj okolité prostredie bodov, permanentných staníc. Merania GNSS sú okrem iného ovplyvňované efektom viaccestného šírenia sa signálu – multipath. Tento efekt nastáva v prípade, že sa signál z družice dostáva do antény nielen priamo, ale aj po odraze od okolitých objektov [22], [23]. Výsledok analýzy kombinácie viaccestného šírenia sa signálu je na obr. 8. Tejto problematike sa v svojej dizertačnej práci venoval Ing. Peter Špánik, PhD.

4.1.3 InSAR

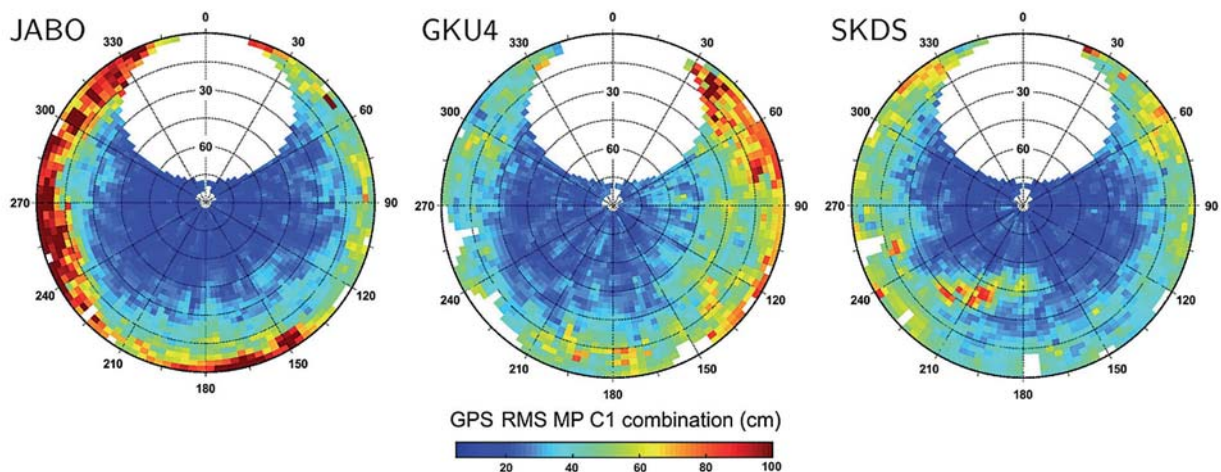
Ďalšou významnou oblasťou výskumu na katedre je geodetický monitoring so zameraním na monitorovanie deformácií pomocou radarovej interferometrie z družíc (Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR)) [25], [26], [27]. Tejto oblasti sa venuje najmä Ing. Juraj Papčo, PhD. spolu s Ing. Richardom Czikhartom, PhD. Výhodou technológie InSAR je predovšetkým meranie bez ohľadu na počasie, veľké priestorové aj časové pokrytie s relatívne vysokým rozlíšením (s možnosťou využiť aj historické dáta), pričom ňou dokážeme identifikovať hlavne malé zmeny na



Obr. 6 Body siete permanentných staníc GNSS v strednej Európe (CEPER), zdroj: Ing. Ľubomíra Gerháťová, PhD.



Obr. 7 Mapa oneskorení signálu v zenite (ZTD) a hodnôt integrovaného obsahu vodnej pary (PWV), ukážka zo systému, ktorý vytvoril Ing. Martin Inrišek, PhD., zdroj: <http://space.vm.stuba.sk/pwvgraph/> [21]

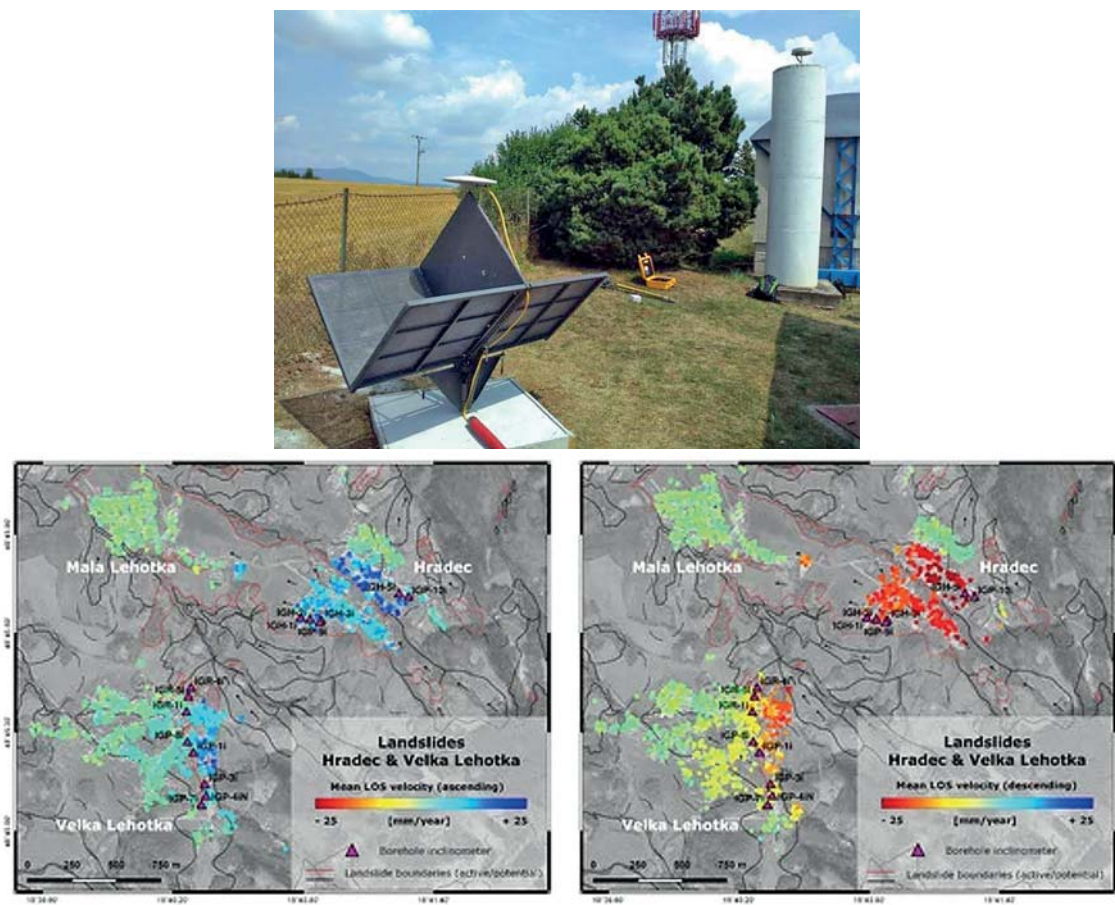


Obr. 8 Výsledok analýzy kombinácie viaccestného šírenia sa signálu a sklzov v počítaní cyklov na niektorých staniciach SKPOS, zdroj: Ing. Peter Špánik, PhD.
<https://geodesy.fce.vutbr.cz/konference/gnss-seminar/predchozi-rocniky/> [24]

úrovni milimetrov. Metóda sa dá použiť bez akýchkoľvek prístrojov a meračov na Zemi. Jej presnosť je porovnateľná s inými geodetickými metódami (GNSS, nivelácia). Perspektívne sa však javí aj používanie špeciálnych umelých permanentných kútových odražačov (v rámci modifikácie Persistent Scatterer InSAR – PSInSAR), najmä v kombinácii s GNSS (obr. 9). Pomocou InSAR-u je tak možné monitorovať napríklad poklesy a zosuvy pôdy v problematických oblastiach, deformácie v zastavaných územiach, na veľkých stavebných objektoch, na priehradách a iných vodných dielach, v rámci dopravnej infraštruktúry (napr. mosty). Ako príklad uvádzame obec Koš (Horná Nitra), ktorá sa

nachádza v poddolovanom území. Deformácie zemského povrchu tam spôsobili napríklad poškodenie infraštruktúry či vytvorenie mokradí.

V spolupráci s Ústavom vied o Zemi SAV sa Ing. Juraj Papčo, PhD. zúčastnil aj meraní v rámci oblasti sopečnej gravimetrie. Merania vertikálnych gradientov v kombinácii s GNSS boli realizované na ostrove Tenerife v roku 2016. Tieto merania spolu s ďalšími geometódami môžu napomôcť pri analýze sopečného nepokoja, či pri prebúdzaní sa dlhodobo spiacich vulkánov. Dr. Papčo sa neskôr zúčastnil aj na Slovenskej gravimetrickej expedícii Etna 2018, resp. 2021 (obr. 10) [29].



Obr. 9 Hvezdáreň Partizánske - InSAR a GNSS (hore) a spracovanie InSAR meraní na zosuvnej lokalite Prievidza, mestská časť Hradec, Veľká a Malá Lehôtka (vľavo dole pre vzostupnú dráhu, vpravo dole pre zostupnú dráhu), zdroj: [28], <https://insar.space/projects/>



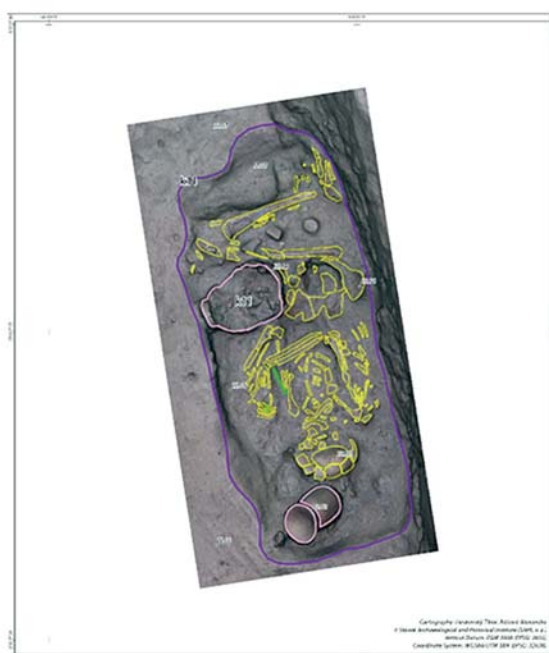
Obr. 10 Gravimetrická expedícia Etna 2018 (na hrane krátera Bocca Nuova, cca 3 200 m n. m.), zdroj: [30]

4.2 Výskum v oblasti geoinformatiky

V oblasti geoinformatiky sú v súčasnosti na katedre riešené projekty zamerané na 3D modelovanie javov, spracovanie a analýzu lidarových dát, tvorbu softvérových nástrojov na riešenie špecifických úloh na ich podklade, a tiež aplikáciu inovatívnych matematických metód a prístupov k modelovaniu priestorových objektov.

4.2.1 Modelovanie objektov a javov v krajine, priestorové analýzy

Medzi najvýznamnejšie výsledky katedry v oblasti geoinformatiky patrí článok v prestížnom časopise Science [31], ktorého spoluautorom je Ing. Tibor Lieskovský, PhD. Článok sa zaoberá spracovaním a analýzou výsledkov doteraz najväčšieho leteckého laserového skenovania (LLS) na



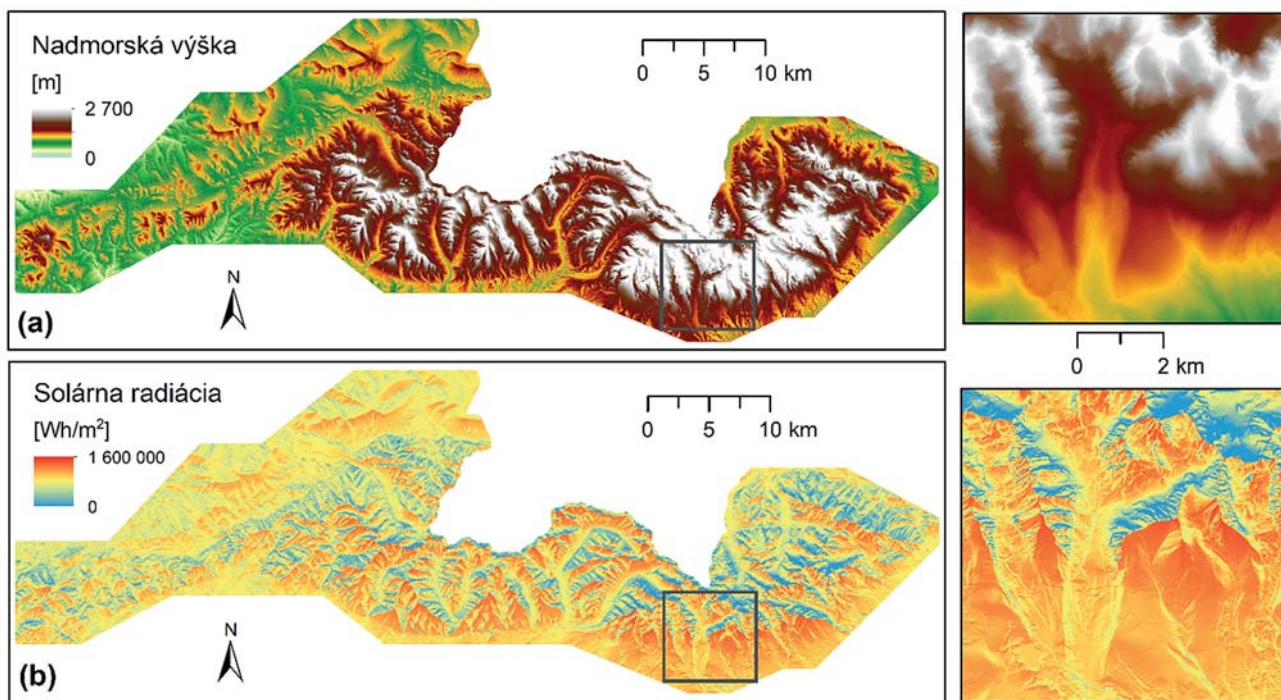
Obr. 11 Archeologický výskum v Iraku, hore: na stole je výstup z automatizovanej fotogrametrickej dokumentácie plochy výskumu, dole: ukážka tvorby archeologickej dokumentácie s využitím automatizovanej fotogrametrie a 3D GIS prístupu, zdroj: Ing. Tibor Lieskovský, PhD.

svete určeného len na archeologické účely v oblasti Mayaských nížin na severe Guatemaly. V článku sú popísané špecializované metódy vizualizácie, interpretácie a štatistického zhodnotenia výsledkov LLS. Výsledkom je detekcia 61 480 mayaských osídlení, odhad veľkosti populácie na 7 až 11 mil. obyvateľov a komplexné odhalenia poľnohospodárskych systémov, ako sú terasy a zavlažovacie kanály.

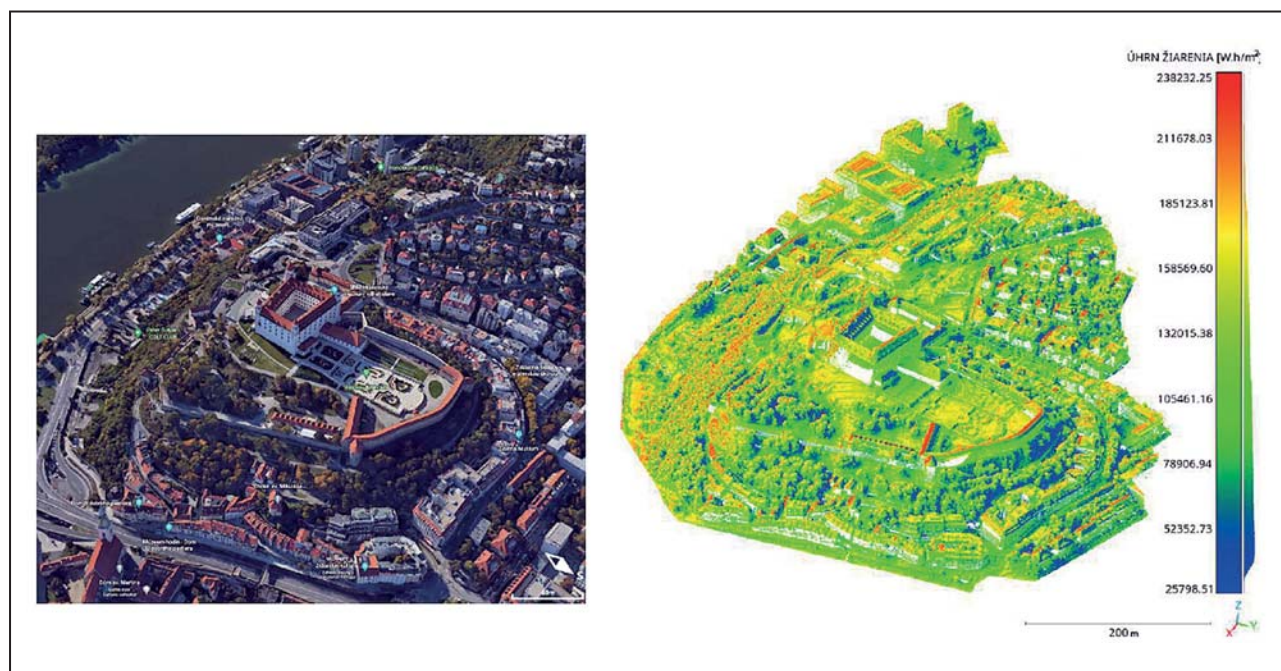
V oblasti dokumentácie a ochrany kultúrneho dedičstva na Slovensku a v zahraničí (obr. 11) pokračuje spolupráca na archeologických výskumoch v Iraku, Sudáne, Guatemale a Egypte [32], [32], [34]. Spolupráca je zameraná na dokumentáciu archeologických výskumov s využitím fotogrametrie a vysokého stupňa automatizácie, na využitie dát diaľkového prieskumu Zeme, ako sú napríklad odtajnené špiónážne satelitné snímky projektu Corona. V rámci výskumov katedra poskytuje aj geoinformatickú podporu činností na ploche výskumu a terénnych prieskumov v zázemí lokalít. Z výskumov v Sudáne a Guatemale vznikli aj dokumentárne seriály, ktoré sú v archíve RTVS pod názvom „Slovenskí archeológovia“.

Ďalšou oblasťou výskumu na katedre je modelovanie objektov a javov v krajine na základe rôznych dostupných zdrojov dát. Patrí tam napríklad modelovanie potenciálnej solárnej radiácie [35], [36], [37], [38] alebo predikcia poškodenia lesných porastov lykožrútom smrekovým [39]. Ukážka výpočtu solárnej radiácie je na obr. 12. Na jej výpočet boli použité lidarové dáta, ktoré v súčasnosti poskytuje ÚGKK SR. Modely potenciálneho slnečného žiarenia nachádzajú uplatnenie v rôznych geologických a ekologických analýzach, ale aj v územnom plánovaní alebo plánovaní rozmiestnenia solárnych panelov.

Praktickým a užitočným výsledkom výskumu modelovania slnečného žiarenia je aj voľne dostupný softvérový nástroj Point Cloud Solar Radiation Tool (pcsr) (<https://github.com/hblyp/pcsr>), ktorý vytvoril Ing. Filip Pružinec, PhD. v rámci jeho dizertačnej práce. Umožňuje na základe lidarových dát vypočítať solárnu radiáciu aj na zložitých 3D objektoch. Ukážka výsledku aplikácie nástroja pcsr je na obr. 13 [36].



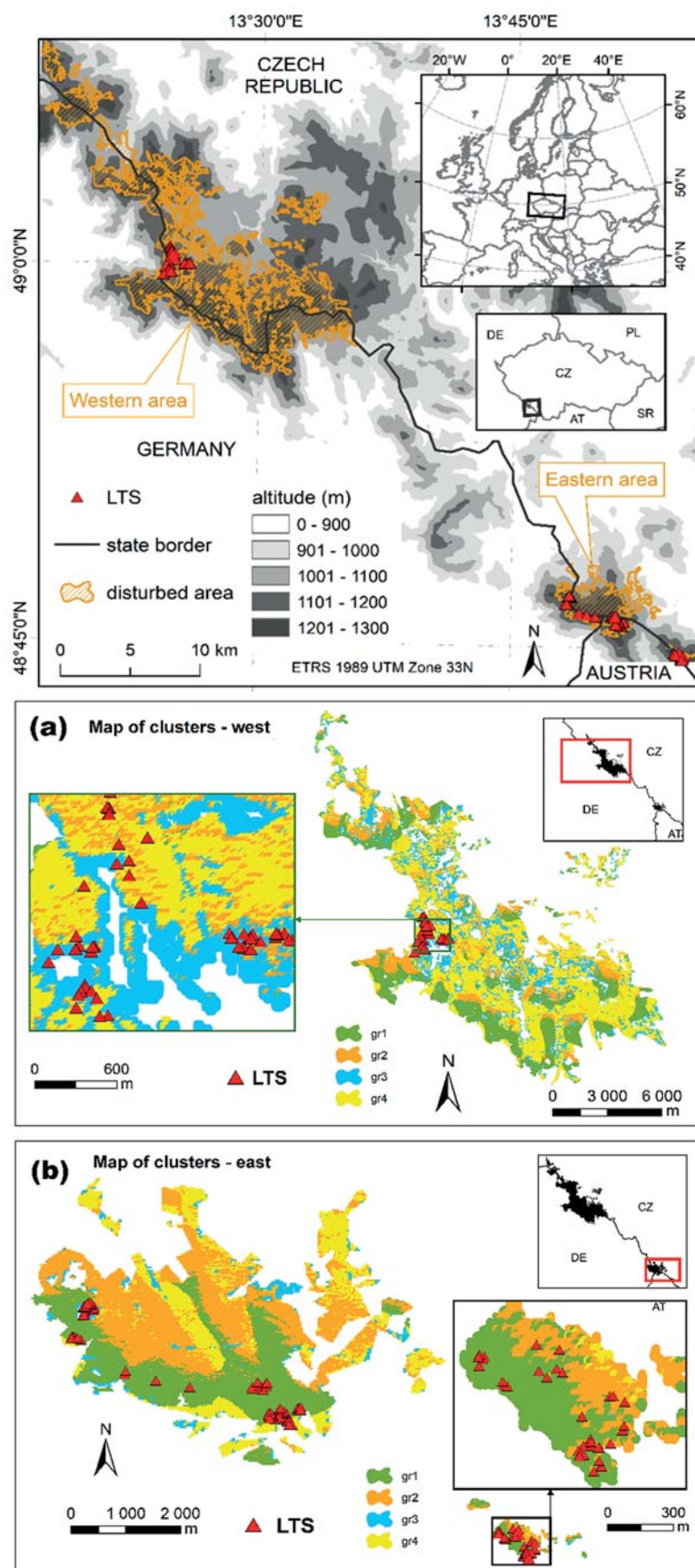
Obr. 12 Solárna radiácia v oblasti Vysokých Tatier vypočítaná na základe DMR 5.0., zdroj:[35], zdroj dát: ÚGKK SR



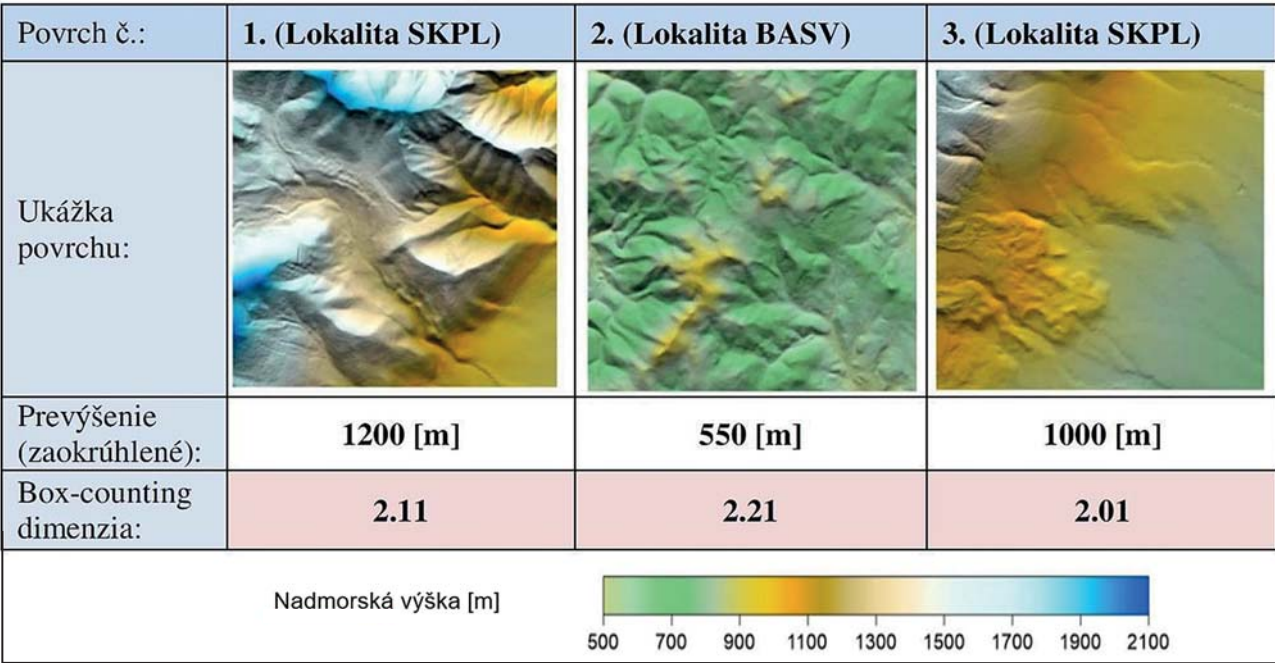
Obr. 13 Výsledok výpočtu potenciálnej solárnej radiácie v 3D priestore pomocou softvérového nástroja pcsrt (<https://github.com/hblyp/pcsrt>) [36]

V rámci riešenia uvedených tém a medzinárodnej spolupráce vznikla aj analýza [40], ktorej cieľom bolo modelovanie meteorologických a priestorových faktorov, ktoré ovplyvňujú možnosti prežitia stromov počas napadnutia lykožrútom smrekovým. Riešenie tejto problematiky okrem rôznych meteorologických parametrov zahŕňa aj priestorové parametre, ako napríklad parametre vypočítané na základe digitálneho modelu reliéfu (DMR) a rôzne štatistické analýzy, napríklad aj v prostredí GIS (obr. 14).

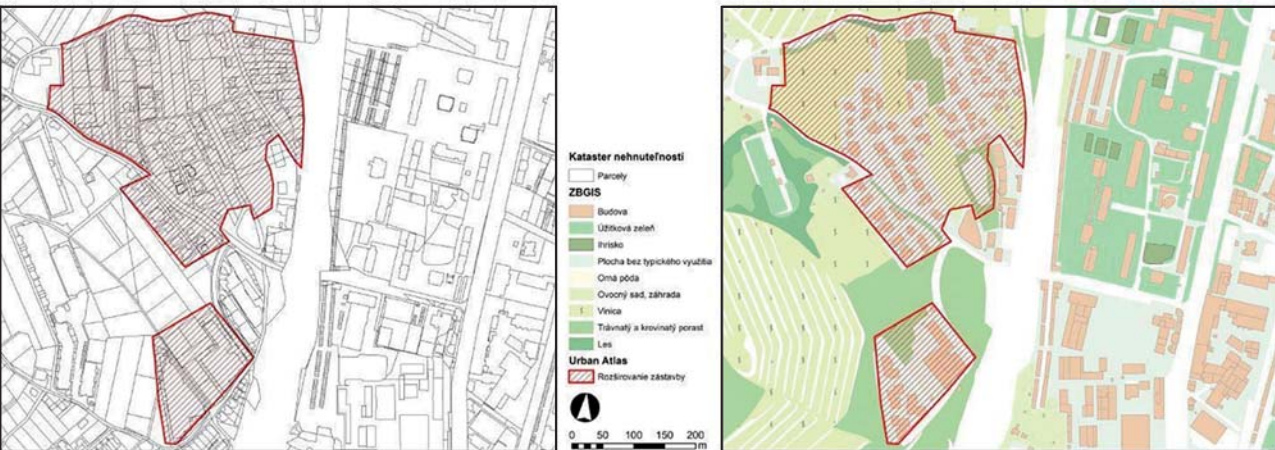
V nadväznosti na uvedené oblasti sú riešené aj súčasné témy dizertačných a diplomových prác z oblasti geoinformatiky, ktoré sú zamerané najmä na aplikáciu matematických a fyzikálnych princípov do priestorových analýz, konkrétne napríklad fraktálneho prístupu do priestorových interpolácií [41] (Ing. Tomáš Ič spolu s Ing. Janou Faixovou Chalachanovou, PhD.) (obr. 15), priestorové modelovanie a monitorovanie znečistenia ovzdušia (Ing. Juraj Burgan s doc. Ing. Renatou Ďuračiovou, PhD.) alebo modelovanie



Obr. 14 Zhluková analýza priestorových dát zameraná na parametre ovplyvňujúce podmienky prežitia stromov napadnutých lykožrútom smrekovým (napr. slnečné žiarenie, vlhkosť, nadmorská výška, vzdialenosť od okraja lesného porastu a pod.), LTS - posledné stojace stromy (angl. last trees standing), gr1 - gr4 - zhľuky oblasti vytvorené na základe podobných parametrov prostredia, zdroj: [40], doc. Ing. Renata Ďuračiová, PhD.



Obr. 15 Výsledok výpočtu box counting dimenzií rôznych typov povrchov [41]



Mapový podklad: Register C, ZBGIS®, ©ÚGKK SR

Obr. 16 Využitie údajov Urban Atlas poskytovaných z programu Copernicus Land Monitoring Service (CLMS) na identifikáciu rozširovania zástavby Bratislavy najmä na úkor poľnohospodárskej pôdy [47]

otvorených priestorov pri streľbe (Ing. Tadeáš Červík spolu s Ing. Tiborom Lieskovským, PhD.). Táto práca nadväzuje na úspešný výskum Ing. Alexandry Bucha Rášovej, PhD. v oblasti analýzy viditeľnosti [42].

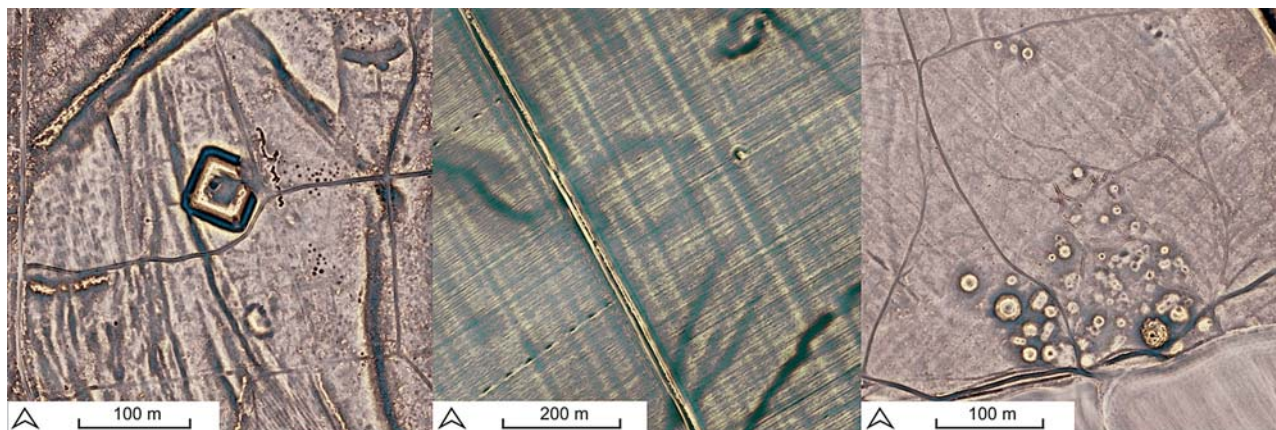
Ďalším užitočným a zaujímavým témam sa venuje aj Ing. Faixová Chalachanová, PhD., a to aktuálne napríklad predikčnému modelovaniu liahnísk komárov v spolupráci s Magistrátom hlavného mesta SR Bratislavy. Medzi jej ďalšie oblasti výskumu patria najmä analýzy výškových modelov a 3D objektov [43] alebo návrh a vývoj softvérových nástrojov [43], [44], [45].

4.2.2 Kartografia a vizualizácia priestorových dát

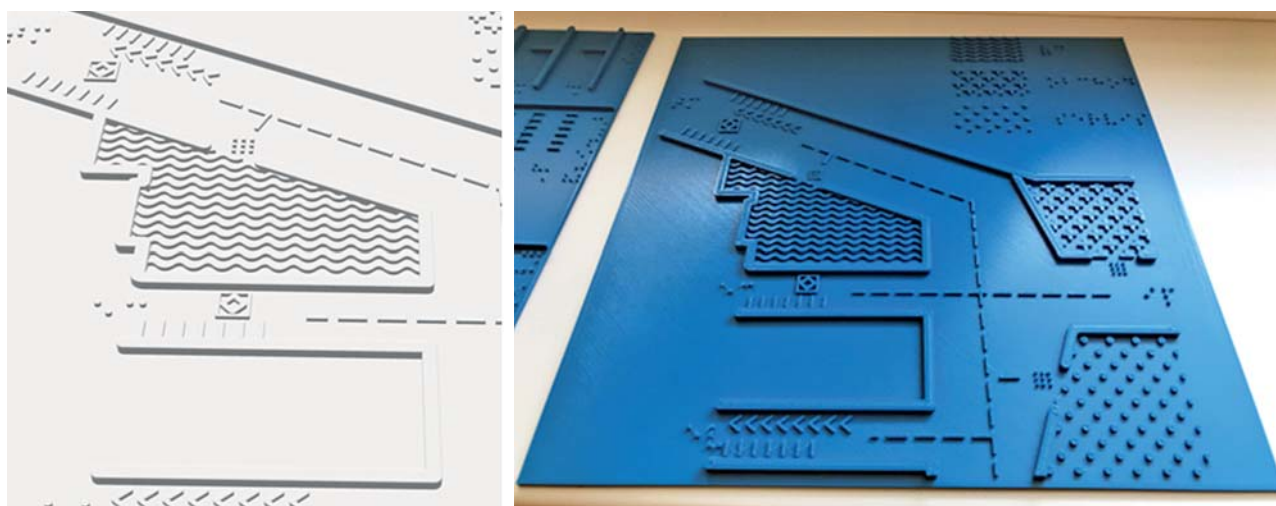
Zaujímavé a praktické výsledky boli dosiahnuté aj v oblasti kartografie, vizualizácie a reprezentácie priestorových dát, napríklad vo vyjadrení 3D objektov z lidarových dát, vi-

zualizácii digitálnych výškových modelov, generalizácii objektov, tvorby dynamického popisu na mapách a analýze historických máp, ktorým sa okrem iného venuje Ing. Róbert Fencík, PhD. [46], [47]. V jeho spolupráci s Geografickým ústavom SAV vznikla aktuálna práca [48] venovaná využívaniu údajov o krajinej pokrývke poskytovaných prostredníctvom Copernicus Land Monitoring Service (služba na monitorovanie krajiny) v tematickej kartografii. Ukážka je na obr. 16. Porovnanie údajov Urban Atlas s údajmi katastra nehnuteľností a Základnej bázy údajov pre geografický informačný systém (ZBGIS) v uvedenej práci potvrdzuje relatívne vysokú polohovú a obsahovú presnosť identifikovaných zmien a vhodnosť využitia údajov Urban Atlas v rámci rôznych environmentálnych štúdií zameraných na hodnotenie vplyvu zástavby na krajinu.

V rámci Slovenska sa katedra zameriava aj na spracovanie a špecializovanú vizualizáciu dát LLS na účely ochrany



Obr. 17 Špecializované vizualizácie dát z LLS; vľavo: reduta z čias Napoleonských vojen a zákop z 2. svetovej vojny – Pečniansky les, k. ú. Petržalka; stred: zaniknutý rondel – 7 500 rokov stará praveká monumentálna kruhová architektúra, k. ú. Golianovo; vpravo: Slovanský mohylník, k. ú. Senica [51]



Obr. 18 Ukážka prototypu hmatových orientačných máp pre nevidiacich, zdroj: projekt STHORM

kultúrneho dedičstva vo veľmi vysokom rozlíšení. Tieto dáta sú využívané pri lokálnych výskumoch, ako je napr. hradisko „Starý Plášť“ [49], alebo hradisko „Pohanská“ [50], ale aj napríklad pri výskume „palimpsestov“ – reliktoch historických štruktúr v celej krajine [51], [52] (obr. 17). Integrácia dát LLS s inými metódami nedeštruktívneho prieskumu v archeológii boli prezentované aj vo voľne prístupnej monografii, zaoberajúcej sa „archeológiou neviditeľného“ [53].

V spolupráci s Úniou nevidiacich a slabozrakých Slovenska a spoločnosťou AI-MPAS, s.r.o bol vykonaný rozsiahly výskum v oblasti možností tyflokartografie s využitím 3D tlače. Výstupom projektu STHORM (Softvér na tvorbu hmatových orientačných máp) je online platforma (<https://sthorm.ai-maps.com>) na poloaufomatické generovanie orientačných plánov pre nevidiacich v interiérových priestoroch [54]. Ukážka prototypu hmatovej mapy pre nevidiacich je na obr. 18.

5. Záver

Z uvedenej charakteristiky katedry vyplýva, že jej zameranie v oblasti výskumu a výučby je značne rozmanité, jej

členovia sa venujú mnohým témam a oblastiam. Spolupracujú pri tom s viacerými inštitúciami na Slovensku aj v zahraničí. KGGI je zároveň jednou z dvoch katedrií, ktoré zabezpečujú väčšinu odborných predmetov študijného programu Geodézia a kartografia na SvF STU v Bratislave. Vo veľkej miere ide o predmety zamerané na oblasti, ktoré sa rýchlo vyvíjajú, so zavádzaním nových technológií, metód, nárokov na objem spracovaných dát alebo nutnosťou pochopenia zložitých aspektov a javov v priestore. Práca pedagogických a výskumných pracovníkov katedry si preto vyžaduje neustále štúdium princípov a technológií, využívanie a vývoj nových softvérových prostriedkov, náročnú prácu v teréne, ale aj kvalitný výskum. Navyše, súčasné znižovanie počtu pracovníkov katedry vedie aj k nutnosti zamerania sa na širšiu škálu predmetov a výskumných oblastí pre každého jej člena. To je vzhľadom na rýchly vývoj náročné, avšak aktuálny potenciál katedry, tematické zameranie jej členov a dobrý základ predstavujú reálnu nádej nielen na zachovanie tradične vysokej úrovne výučby aj výskumu v oblasti geodézie, kartografie a geoinformatiky na SvF STU v Bratislave, ale aj na jej ďalšie zvyšovanie – a to od geodetických základov až po globálnu geodéziu a geoinformatiku. Za to patrí úprimné poďakovanie všetkým pracovníkom katedry, súčasným, ako aj tým, ktorí ju založili a tvorili počas jej 70 rokov.

Podakovanie

Táto práca bola vytvorená vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: „Podpora výskumných činností excelentných laboratórií STU v Bratislave“, Kód ITMS2014+: 313021BXZ1, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja, ako aj s podporou grantovej výskumnej agentúry VEGA v rámci riešenia projektov VEGA 1/0468/20, VEGA 1/0809/21, VEGA 2/0100/20 a VEGA 2/0035/22.

LITERATÚRA:

- [1] Katedra globálnej geodézie a geoinformatiky. 2022. [online] [cit. 2022-9-10] Dostupné z: <https://www.svf.stuba.sk/kggi.html>.
- [2] JANÁK, J.-HEFTY, J.: 60 rokov pôsobenia Katedry geodetických základov v oblasti vzdelávania a výskumu. 20. slovenské geodetické dni: Zborník referátov. Žilina, SR, 8.-9. 11. 2012. Bratislava: Komora geodetov a kartograf, 2012, nestr. ISBN 978-80-969809-9-4.
- [3] JANÁK, J.: Výskumné aktivity a projekty Katedry geodetických základov Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Slovenský geodet a kartograf. Roč. 21, č. 4 (2016), s. 12-18. ISSN 1335-4019.
- [4] Veda a výskum. Katedra globálnej geodézie a geoinformatiky. 2022. [online]. [cit. 2022-9-10]. Dostupné z: <https://www.svf.stuba.sk/kggi-veda-a-vyskum.html>.
- [5] JANÁK, J.-KOREKÁČOVÁ, B.-KOLLÁR, M.: Nonlinear filtering of GRACE monthly gravity field models. Presentation at the X. Hotine-Marussi Symposium, June 2022, Milan, Italy.
- [6] PERLIN, K.: Improving noise. Proceedings of ACM SIGGRAPH 2002, 2022, p. 681-682.
- [7] ČUNDERLÍK, R.-MIKULA, K.-TUNEGA, M.: Nonlinear diffusion filtering of data on the Earth's surface. Journal of Geodesy, 2013, 87, p. 143-160. DOI 10.1007/s00190-012-0587-y.
- [8] ČUNDERLÍK, R.-KOLLÁR, M.-MIKULA, K.: Filters for geodesy data based on linear and nonlinear diffusion. GEM – International Journal of Geomathematics, 2016, 7, p. 239-274. DOI 10.1007/s13137-016-0087-y.
- [9] KOLLÁR, M.-MIKULA, K.-ČUNDERLÍK, R.: New software for filtering geodetic data by the nonlinear diffusion. AACEE Conference, Stavebná fakulta STU, Bratislava 2017.
- [10] JANÁK, J.: Comparison of different GRACE monthly gravity field solutions. Advances and Trends in Geodesy, Cartography and Geoinformatics II, Proceedings on 11th International Scientific and Professional Conference on Geodesy, Cartography and Geoinformatics (GCG 2019), September 10-13, 2019, Demänovská dolina, Low Tatras, Slovakia, CRC Press, London, 2020, e-ISBN 9780429327025, s. 116-122. DOI 10.1201/9780429327025.
- [11] NOVÁK, A.-KOREKÁČOVÁ, B.-JANÁK, J.: Monitorovanie časových zmien kontinentálneho vodného zdroja vo vybraných európskych povodiach. Meteorologický časopis / Meteorological Journal, 2020, 23, 2, s. 87-94, online, ISSN 1335-339X.
- [12] NOVÁK, A.-JANÁK, J.-KOREKÁČOVÁ, B.: Joint analysis of selected GRACE monthly spherical harmonic solutions and monthly MASCON solutions. Contributions to Geophysics and Geodesy, 2021, 51, 1, p. 47-61. DOI 10.31577/congeo.2021.51.1.3.
- [13] BEZDĚK, A.-LETKO, P.: General relativistic effects and estimation of time-varying earth gravity field. Journal of Applied Geophysics, 2019, No. 161, p. 270-275. ISSN 0926-9851.
- [14] BUCHA, B.-SANSÓ, F.: Gravitational field modelling near irregularly shaped bodies using spherical harmonics: a case study for the asteroid (101955) Benu. Journal of Geodesy, 2021, 95, art. no. 56. DOI 10.1007/s00190-021-01493-w.
- [15] BUCHA, B.: Spherical harmonic synthesis of area-mean potential values on irregular surfaces. Journal of Geodesy, 2022, 96, no. 68, DOI 10.1007/s00190-022-01658-1.
- [16] BUCHA, B.-JANÁK, J.: A MATLAB-based graphical user interface program for computing functionals of the geopotential up to ultra-high degrees and orders. Computers & Geosciences, 2013, 56, p. 186-196. <http://doi.org/10.1016/j.cageo.2013.03.012>.
- [17] GERHÁTOVÁ, L.-HÁBEL, B.: Different view on the time series analysis of permanent GNSS stations. Advances and Trends in Geodesy, Cartography and Geoinformatics II : proceedings of the 11th International Scientific and Professional Conference on Geodesy, Cartography and Geoinformatics (GCG 2019). September 10-13, 2019, Demänovská Dolina, Low Tatras, Slovakia. 1. ed. Leiden: CRC Press/Balkema, 2020, p. 109-115. ISBN 978-0-367-34651-5.
- [18] GERHÁTOVÁ, L.: Analýza viacrozmerných časových radov meraní permanentných staníc GNSS. Družicové metódy v geodézii a katastru: zborník referátov ze seminára s mezinárodnou účasťou. Brno, ČR, 30. 1. 2020. 1. vyd. Brno : ECON publishing, 2020, s. 53-57. ISBN 978-80-86433-74-5.
- [19] ŠPÁNIK, P.-HEFTY, J.-GERHÁTOVÁ, L.-PAPČO, J.: Prvé skúsenosti so spracovaním raw GNSS dát zo zariadení so systémom Android. Družicové metódy v geodézii a katastru: zborník referátov ze seminára s mezinárodnou účasťou. Brno, ČR, 1. 2. 2018. 1. vyd. Brno: ECON publishing, 2018, s. 59-66. ISBN 978-80-86433-67-7.
- [20] IMRIŠEK, M.-DERKOVÁ, M.-JANÁK, J.: Estimation of GNSS tropospheric products and their meteorological exploitation in Slovakia. Contributions to Geophysics and Geodesy, 2020, 50, 1, p. 83-111. ISSN 1338-0540.
- [21] IMRIŠEK, M.: Permanent station GANP. 2022. [online] [cit. 2022-9-10]. Dostupné z: <http://space.vm.stuba.sk/pwvgraph/>.
- [22] ŠPÁNIK, P.-HEFTY, J.: Multipath detection with the combination of SNR measurements - Example from urban environment. Geodesy and Cartography, 2017, 66, 2, p. 305-315. ISSN 2080-6736. DOI 10.1515/geocart-2017-0020.
- [23] ŠPÁNIK, P.-GARCÍA-ASENJO, L.-BASELGA, S.: Optimal combination and reference functions of signal-to-noise measurements for GNSS multipath detection. Measurement Science and Technology, 2019, 30, 4, 13 pp., art. no. 044001. ISSN 0957-0233.
- [24] ŠPÁNIK, P.-PAPČO, J.-GERHÁTOVÁ, L.-HEFTY, J.: Analýza efektu multipath z permanentných meraní s využitím rôznych GNSS. Družicové metódy v geodézii a katastru: zborník referátov ze seminára s mezinárodnou účasťou. Brno, ČR, 24. 1. 2019. 1. vyd. Brno: ECON publishing, 2019, s. 42-46. ISBN 978-80-86433-72-1.
- [25] BAKOŇ, M.-CZIKHARDT, R.-PAPČO, J.-BARLAK, J.-ROVNÁK, M.-ADAMIŠIN, P.-PERISSIN, D.: remotIO: A sentinel-1 multi-temporal InSAR infrastructure monitoring service with automatic updates and data mining capabilities. Remote Sensing, 2020, 12, 11, 28 pp., art. no. 1892. ISSN 2072-4292. DOI 10.3390/rs12111892.
- [26] CZIKHARDT, R.-PAPČO, J.-BAKOŇ, M.-LIŠČÁK, P.-ONDREJKA, P.-ZLOCHA, M.: Ground Stability Monitoring of Undermined and Landslide Prone Areas by Means of Sentinel-1 Multi-Temporal InSAR, Case Study from Slovakia. Geosciences, 2017, 7, 3, 17 pp. ISSN 2076-3263. DOI 10.3390/geosciences7030087.
- [27] CZIKHARDT, R.-VAN DER MAREL, H.-PAPČO, J.: GECORIS: an open-source toolbox for analyzing time series of corner reflectors in InSAR geodesy. Remote Sensing, 2021, 13, 5, 26 pp., art. no. 926. ISSN 2072-4292.
- [28] InSAR.sk: Projects. Landslides detected over area of the three villages in Slovakia. 2022, [online], [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <https://insar.space/projects/>.
- [29] ZAHOREC, P.-PAPČO, J.-VAJDA, P.-GRECO, F.-CANTARERO, M.-CARBONE, D.: Refined prediction of vertical gradient of gravity at Etna volcano gravity network (Italy). Contributions to Geophysics and Geodesy, 2018, 48, 4, p. 299-317. ISSN 1335-2806, DOI 10.2478/congeo-2018-0014.
- [30] VAJDA, P.: Slovenská gravimetrická expedícia Etna 2018. Geodynamika. 2022. [online], [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <http://gpi.savba.sk/GPIweb/ogg/index.php/sk/vyskumna-cinnost/geodynamika>.
- [31] CANUTO, M. A.-ESTRADA-BELLI, F.-GARRISON, T. G.-HOUSTON, S. D.-ACUÑA, M. J.-KOVÁČ, M.-MARKEN, D.-NONDÉDÉO, P.-AULD-THOMAS, L.-CASTANET, C.-CHATELAIN, D.-CHIRIBOGA, C. R.-DRÁPELA, T.-LIESKOVSKÝ, T.-TOKOVININE, A.-VELASQUEZ, A.-FERNÁNDEZ-DÍAZ, J. C.-SHRESTHA, R.: Ancient lowland Maya complexity as revealed by airborne laser scanning of northern Guatemala. Science, 2018, 361, 6409, 17 pp. ISSN 0036-8075.
- [32] LIESKOVSKÝ, T.-RÁŠOVÁ, A.-RÁŠO, J.: Surveying, Photogrammetry and GIS - Results. Archaeological project SAHI - Tell Jokha, 2019 (Season 3). 1. ed.

- Bratislava: Slovak Archeological and Historical Institute, 2020, p. 58-60. ISBN 978-80-89704-06-4.
- [33] HUDEC, J.-KOVÁR, B.-FULAJTÁR, E.-LIESKOVSKÝ, T.-HORÁKOVÁ, L.-ČERNÝ, M.-BARTA, P.: *A brief report on the 2019 season in Duweym Wad Haj*. Asian and African Studies, 2021, 30, 1, s. 202-224. ISSN 1335-1257. DOI 10.31577/aassav.2021.30.1.10.
- [34] LIESKOVSKÝ, T.-RÁŠOVÁ, A.-DRÁPELA, T.: *Mapeo de Uaxactun*. Nuevas Excavaciones en Uaxactun VIII. Temporada de Campo 2016. 1. ed. Bratislava: Center for Mesoamerican Studies (CMS), Comenius University - Chronos, 2017, p. 127-150. ISBN 978-80-89027-46-0.
- [35] ĎURAČIOVÁ, R.-PRUŽINEC, F.: *Effects of terrain parameters and spatial resolution of a digital elevation model on the calculation of potential solar radiation in the mountain environment: a case study of the Tatra Mountains*. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2022, 11, 7, p. 389. <https://doi.org/10.3390/ijgi11070389>.
- [36] PRUŽINEC, F.-ĎURAČIOVÁ, R.: *A point-cloud solar radiation tool*. Energies, 2022, 15, 19. <https://doi.org/10.3390/en15197018>.
- [37] GERHÁTOVÁ, Ľ.-MUŇKO, M.-HROŠO, B.-ĎURAČIOVÁ, R.-FAIXOVÁ CHALACHANOVÁ, J.: *The main principles of sunlight analysis based on point cloud data*. SGEM 2017. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Volume 17. Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing: conference proceedings. Albena, Bulgaria, 29 June - 5 July 2017. 1. ed. Sofia: STEF 92 Technology, 2017, p. 1085-1092. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-01-0.
- [38] FAIXOVÁ CHALACHANOVÁ, J.-ĎURAČIOVÁ, K.: *Solar radiation analysis based on the mesh representation of point cloud data using the marching cubes algorithm*. Advances and Trends in Engineering Sciences and Technologies III: proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Sciences and Technologies (ESaT 2018). Tatranské Matliare, Slovak Republic, 12-14 September 2018. 1. ed. London: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2019, p. 685-690. ISBN 978-0-367-07509-5.
- [39] ĎURAČIOVÁ, R.-MUŇKO, M.-BARKA, I.-KOREŇ, M.-RESNEROVÁ, K.-HOLUŠA, J.-BLÁŽENEC, M.-POTTER, F.-JAKUŠ, R.: *A bark beetle infestation predictive model based on satellite data in the frame of decision support system TANABBO*. iForest-Biogeoeciences and Forestry, 2020, 13, 3 (2020), p. 215-223. ISSN 1971-7458.
- [40] KOROLYOVA, N.-BUECHLING, A.-ĎURAČIOVÁ, R.-ZABIHI, K.-TURČANI, M.-SVOBODA, M.-BLÁHA, J.-SWARTS, K.-POLÁČEK, M.-HRADECKÝ, J.-ČERVENKA, J.-NĚMČÁK, P.-SCHLYTER, F.-JAKUŠ, R.: *The last trees standing: climate modulates tree survival factors during a prolonged bark beetle outbreak in Europe*. Agricultural and Forest Meteorology, 2022, 322, 14 pp., art. no. 109025. ISSN 0168-1923.
- [41] IČ, T.-FAIXOVÁ CHALACHANOVÁ, J.: *Rozšírenie metódy box counting na výpočet fraktálnej dimenzie pre rastrové digitálne povrchy*. Kartografické listy, 2020, 28, 1, s. 3-14. ISSN 1336-5274.
- [42] RÁŠOVÁ, A.: *Vegetation modelling in 2.5D visibility analysis*. Kartografické listy, 2018, 26, 1, s. 10-20. ISSN 1336-5274.
- [43] FAIXOVÁ CHALACHANOVÁ, J.-ĎURAČIOVÁ, R.-ĎURAČIOVÁ, K.: *Optimization of point cloud data for surface representation of objects with complicated structure*. SGEM 2017. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference. Volume 17. Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing: conference proceedings. Albena, Bulgaria, 29 June - 5 July 2017. 1. ed. Sofia: STEF 92 Technology, 2017, p. 1021-1028. ISSN 1314-2704. ISBN 978-619-7408-01-0.
- [44] ALEKSIČ, M.-FAIXOVÁ CHALACHANOVÁ, J.: *Webová aplikácia na poskytovanie dát o komasácii územia na báze prostredia open-source*. Kartografické listy, 2019, 27, 1, s. 3-13. ISSN 1336-5274.
- [45] MUŇKO, M.-FAIXOVÁ CHALACHANOVÁ, J.-ĎURAČIOVÁ, R.: *Development of the system for online testing and examination in the domain of geosciences*. GIS for Safety & Security Management: conference proceedings. GIS Ostrava 2018, March 21st - 23rd 2018. 1. ed. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, 2018, online, p. 43-52. ISBN 978-80-248-4235-6.
- [46] FENCÍK, R.-LIESKOVSKÝ, T.-KAČMÁROVÁ, B.: *Rekonštrukcia dopravnej siete druhého vojenského mapovania*. Kartografické listy, 2019, 27, 2, s. 51-71. ISSN 1336-5274.
- [47] FENCÍK, R.-HAVRLANT, J.-TALICH, M.-ZEMAN, M.: *Transformácia topografických sekcií tretieho vojenského mapovania územia Slovenska*. Kartografické listy, 2020, 28, 2, s. 35-52. ISSN 1336-5274.
- [48] SZATMÁRI, D.-FERANEC, J.-KOPECKÁ, M.-FENCÍK, R.-SOUKUP, T.: *Land cover data provided by the Copernicus Land Monitoring Service as important sources for thematic cartography*. Abstr. Int. Cartogr. Assoc., 5, 132, 2022, <https://doi.org/10.5194/ica-abs-5-132-2022>.
- [49] BARTÍK, J.-LIESKOVSKÝ, T.: *Starý Plášť pri Plaveckom Mikuláši. K poznaniu hradísk z mladšej a neskorej doby bronzovej v Malých Karpatoch*. Zborník Slovenského národného múzea. Ročník 114 : archeológia 30 = Annales Musei Nationalis Slovaci. Volume 114, Archaeology 30. 1. vyd. Bratislava: Slovenské národné múzeum-Archeologické múzeum, 2020, s. 81-117. ISSN 1336-6637. ISBN 978-80-8060-492-9.
- [50] BARTÍK, J.-ČAMBAL, R.-LIESKOVSKÝ, T.: *Pohanská pri Plaveckom Podhradí: nové poznatky o hradisku z mladšej a neskorej doby bronzovej*. Slovenská archeológia, 2020, 68, 1, s. 53-66. ISSN 1335-0102. DOI: 10.31577/slovarch.2020.suppl.1.2.
- [51] LIESKOVSKÝ, J.-LIESKOVSKÝ, T.-HLADÍKOVÁ, K.-ŠTEFUNKOVÁ HURAJTOVÁ, N.: *Potential of airborne LiDAR data in detecting cultural landscape features in Slovakia*. Landscape Research, 2022, 47, 5, p. 539-558, DOI 10.1080/01426397.2022.2045923.
- [52] LIESKOVSKÝ, T.-FAIXOVÁ CHALACHANOVÁ, J.: *The assessment of the chosen LiDAR data sources in Slovakia for the archaeological spatial analysis*. Advances and Trends in Geodesy, Cartography and Geoinformatics II: proceedings of the 11th International Scientific and Professional Conference on Geodesy, Cartography and Geoinformatics (GCG 2019). September 10-13, 2019, Demänovská Dolina, Low Tatras, Slovakia. 1. ed. Leiden: CRC Press/Balkema, 2020, p. 190-195. ISBN 978-0-367-34651-5.
- [53] FELCANOVÁ, Z.-FELCAN, M.-LIESKOVSKÝ, T.: *Archeológia neviditeľného: Prípady nedeštruktívneho výskumu v archeológii*. Chronos, 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7217570>.
- [54] LIESKOVSKÝ, T.-KURIC, M.-MUŇKO, M.: *Softvér na tvorbu hmatových orientačných máp*. Aktivita v kartografii venovaná Jánovi Pravdovi 2019: zborník abstraktov zo seminára. Bratislava, SR, 24. októbra 2019. 1. vyd. Bratislava: Kartografická spoločnosť Slovenskej republiky, 2019, s. 20-21. ISBN 978-80-89060-26-9.

Do redakcie došlo: 29. 11. 2022

Lektoroval:
doc. Ing. Marcel Mojzeš, PhD.,
Bratislava