

TRANSFORMÁCIA TOPOGRAFICKÝCH SEKCIÍ TRETIEHO VOJENSKÉHO MAPOVANIA ÚZEMIA SLOVENSKA

Róbert FENCÍK, Jan HAVRLANT, Milan TALICH, Martin ZEMAN

Transformation of topographic sections of the third military mapping territory of Slovakia

Abstract: Set of topographic sections of the third military mapping at the scale of 1 : 25,000 is an important cartographic source depicting the development of the landscape and the settlement of Slovakia. Based on them, we can study the development of the landscape over time and model the reconstruction of the historic landscape. They can be used in various scientific and technical fields. The aim was to transform the topographic sections of the territory of Slovakia, which would be made available on the Internet to the professional and general public through a web map service. Scanned black-and-white topographic sections at the scale of 1 : 25,000 from the archives of the Topographic Institute in Banská Bystrica were used for the transformation. Applied was composed transformation using identical points to locate them into the current coordinate system of the the Uniform Trigonometric Cadastral Network. Based on control points, we performed the analysis of the accuracy of the transformation of raster images of topographic sections of the third military mapping. Making available the raster mosaic of topographic sections of the third military mapping of the territory of Slovakia on the map portal of the Geodesy, Cartography and Cadastre Authority of the Slovak Republic through a standardized web map service represents a contribution leading to increasing their usability for practical applications and simplified digital accessibility for the public.

Keywords: third military mapping, elastic transformation, identical points, positional discrepancy, raster mozaic

Úvod

Požiadavky na podrobnejšie a aktuálnejšie mapy vzrástli po vojnových skúsenostiach z prehratej vojny s Pruskom v roku 1866. Tieto okolnosti viedli k úvahám realizovať úplne nové topografické mapovanie Rakúsko-Uhorska s lepšími kvalitatívnymi a kvantitatívnymi parametrami. Cieľom tretieho vojenského mapovania (III. VM) bolo vytvoriť zdokonalené mapy ako pre vojenské účely, tak aj pre civilné účely. Výsledky III. VM tvorili až do polovice 20. storočia jediné súvislé topografické dielo na našom území. Topografické sekcie III. VM v mierke 1 : 25 000 zachytávajú približne polovicu storočia vývoja geografických objektov na našom území a sú cenným zdrojom informácií o krajine, historickom vývoji územia a jeho osídlení, rozvoji infraštruktúry a pod.

Pre účely sprístupnenia topografických sekcií III. VM formou webovej mapovej služby (WMS) odbornej a laickej verejnosti je potrebné ich transformovať do súčasných geodetických súradnicových systémov. Transformácia súradníc je výpočtový postup, pri ktorom sa súradnice bodov v jednej (starej) mape prepočítajú na iné hodnoty, ktoré zodpovedajú súradnicovému systému druhej (novej) mapy. Takýto výpočtový postup musí byť vopred vhodne navrhnutý s ohľadom

Ing. Róbert FENCÍK, PhD., Katedra geodetických základov, Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, e-mail: robert.fencik@stuba.sk

Ing. Jan HAVRLANT, Ph.D., Ing. Milan TALICH, Ph.D., Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, Ústecká 98, 250 66 Zdiby, ČR, e-mail: milan.talich@vugtk.cz, jan.havrlant@vugtk.cz

Ing. Martin ZEMAN, Ministerstvo životného prostredia SR, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica, e-mail: martin.zeman@enviro.gov.sk

na spôsob konštrukcie máp. Musia byť vybrané vhodné objekty, ktoré v priebehu času nezmenili svoju polohu, tzv. identické body. Zvyčajne sú to významné bodové objekty (napr. vrcholy vežových stavieb, rohy budov, križovatky ciest) alebo líniové objekty (napr. vodné toky, hranice lesov a pod.). V praktických geoinformačných aplikáciách sa používajú pre rastrové dáta (napr. rastrové obrazy máp) numerické transformácie. Numerické transformácie nevyžadujú znalosť zobrazovacích rovníc kartografických zobrazení z pôvodného do nového súradnicového systému, ale sú založené na známych súradniciach konečného počtu vybraných identických bodov v oboch súradnicových systémoch. Používajú sa najmä lineárne a nelineárne transformácie (Koreň, 1996). Problematika transformácií starých mápach je podrobnejšie popísaná v prácach Talich et al. (2013a, 2013b), Cajthaml (2012, 2013).

Problémom topografických sekcií máp III. VM je ich polohový nesúlad so skutočnosťou pri ich transformácii do súradnicového systému Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK). Obsah topografických sekcií III. VM vykazuje rádovo väčšie odchýlky ako obsah máp Druhého vojenského mapovania (II. VM). Chyby sú spôsobené jednak nedokonalosťou vtedajších geodetických základov a tiež spôsobom akým vznikol grafický obsah topografických sekcií.

Príspevok je zameraný na digitalizáciu a sprístupnenie topografických sekcií III. VM z územia Slovenska pre odbornú a laickú verejnosť. Cieľom je navrhnúť výpočtový postup transformácie rastrových obrazov topografických sekcií do S-JTSK, tak aby sa eliminovali chyby polohového nesúladu so skutočnosťou a súčasne použiť transformované rastrové obrazy topografických sekcií v mierke 1 : 25 000 na publikovanie spojenej rastrovej mozaiky topografických sekcií III. VM územia Slovenska na mapovom portáli Úradu geodézie, kartografie a katastra (ÚGKK) Slovenskej republiky (SR) prostredníctvom webovej mapovej služby (WMS).

1. Tretie vojenské mapovanie

Podnetom na začatie ďalšieho vojenského mapovania boli nepriaznivé skúsenosti s mapovými podkladmi z vojenského neúspechu vo vojne s Pruskom v roku 1866. Bolo zrejme, že technické parametre topografických máp je potrebné zlepšiť a rozšíriť ich funkčnosť aby topografická mapa plnila ako funkciu popisu územia kartografickými vyjadrovacími prostriedkami, tak aj funkciu mapového podkladu pre kartometrické úlohy (Čada, 2006). Potreba nových a presnejších máp bola stále viac zrejma aj v civilnej oblasti (rozvoj cestnej a železničnej siete, splavovanie riek, rozširovanie ťažobnej činnosti atď.). Všetky tieto požiadavky viedli k realizácii III. VM Rakúsko-Uhorska. Na základe týchto okolností boli formulované požiadavky pre nové vojenské mapovanie. 7. októbra 1869 ríšsky minister vojny poľný maršal Franz Kuhn von Kuhnenfeld predložil cisárovi Františkovi Jozefovi I. požiadavky na nové mapovanie, ktorý o dva dni neskôr (9. októbra 1869) nariadil III. VM Rakúsko-Uhorska, niekedy nazývané aj Františkovo-Jozefské (Jankó a Porubská, 2013).

V roku 1868 bola pre mapovanie vydaná dočasná inštrukcia. Po praktickom overení novej metódy mapovania bola v roku 1875 vydaná definitívna inštrukcia a v tom istom roku bol vydaný aj znakový kľúč (*Zeichnungsschlüssel zur Darstellung und Beschreibung der Terrain-Theile und Terrain-Gegenstände in militärischen Aufnahmen und zur Bezeichnung von Kriegsbauten und Truppen nebst Erläuterung Herausgegeben, k. k. Militargeographischen Institut, 1875*). Keďže sa očakávalo, že v krátkom čase bude zavedená metrická miera, tak pre nové mapovanie bola už zvolená dekadická miera 1 : 25 000 (1 cm = 250 m). Pre vybrané významné priestory (napr. okolie veľkých miest, vojenské tábory) bola použitá miera 1 : 12 500. Mapovanie organizačne zabezpečoval reorganizovaný Vojenský geografický ústav (Militargeographisches Institut) vo Viedni (Boguszak a Císař, 1961). Realizovalo sa na území celého Rakúsko-Uhorska. Územie Slovenska bolo mapované v rokoch 1875 – 1884 (Prikrýl, 1977). III. VM celej monarchie bolo dokončené v rokoch 1885 až 1887 mapovaním okupovaných území na Balkánskom polostrove (Čada, 2006).

Po vzniku Československej republiky (ČSR) v roku 1918 bola založená vojenská topografická služba pri Ministerstve národnej obrany ČSR. V októbri 1919 vznikol v Prahe Československý vojenský zemepisný ústav. Tieto zložky prevzali od Vojenského zemepisného ústavu vo Viedni podklady (mapový a reprodukčný elaborát) všetkých topografických máp z územia ČSR a začali bezprostredne s ich údržbou a obnovou (Mikšovský a Šídlo, 2001). V rámci reambulácie topografických máp (1920 – 1934) v mierke 1 : 25 000 sa opravili polohopis a zobrazenie vrstevníc v miestach

kde nezodpovedali skutočnosti. Postupne bolo šrafovanie nahradené vrstevnicami a doplňovali sa výškové kóty. Na mapách bolo zavedené české a slovenské názvoslovie (Boguszak a Císař, 1961).

III. VM zostalo aj po roku 1918 jediným uceleným mapovým dielom strednej mierky celoplošne pokrývajúce územie československého štátu až do 50. rokov 20. storočia. Prakticky sa používalo až do roku 1957 (Zeman, 2017). Farebné originály topografických sekcií 1 : 25 000 z územia Slovenska boli pravdepodobne zničené počas II. svetovej vojny a zachovali sa len čierno-biele kópie topografických sekcií (Kupčík, 1974, 1976). Po zániku Československej federatívnej republiky (ČSFR) v roku 1993 došlo k delimitácii spoločných mapových diel a mapové podklady III. VM z územia Slovenska boli presunuté do archívu Topografického ústavu (TOPÚ) v Banskej Bystrici. V každom prípade, z územia dnešného Slovenska sa zachoval elaborát III. VM len útržkovite (Zeman, 2017).

1.1 Geodetické a kartografické základy

Pre účely III. VM sa ako polohopisný základ použili body trigonometrickej siete katastrálnej triangulácie určené v súradnicových systémoch stabilného katastra. Pre územie Slovenska to bol súradnicový systém Gellérthegey. Problémom bola stabilizácia trigonometrických bodov, veľa bodov bolo zničených alebo bola neistota o správnosti ich polohy. Pre účely topografického mapovania boli pôvodné body opravované a revidované (Boguszak a Císař, 1961; Čada, 2003).

Na základe viacerých nedostatkov neboli výšky bodov katastrálnej triangulácie spoľahlivé ako z hľadiska absolútneho, tak ani z hľadiska relatívneho (Lukášek, 1932; Boguszak, 1932). Bolo rozhodnuté vykonať urýchlené revízie meranie výšok s pripojením na vtedy ešte veľmi riedku sieť presnej nivelácie. Revízia výšok bodov bola nariadená od roku 1875 (Lukášek, 1932). Súbežne s revíziou prebiehalo aj výškové meranie bodov siete presnej nivelácie. Boli určené nové, na pôvodných výškach nezávislé výšky trigonometrických bodov. Revízia bola realizovaná iba čiastočne alebo nebola vôbec realizovaná na území východného Slovenska. V týchto častiach územia boli potom výšky bodov upravené podľa rozdielu zistených na niekoľkých identických bodoch, alebo boli ponechané pôvodné, menej spoľahlivé výšky bodov. Revízia výšok bodov prispela na väčšej časti územia Slovenska k zlepšeniu číselného výškopisného základu pre III. VM (Lukášek, 1930; Boguszak, 1932; Boguszak a Císař, 1961).

Na začiatku mapovacích prác sa ešte používali rovnaké kartografické základy ako pri II. VM. Od roku 1872 bolo rozhodnuté o zavedení nových kartografických základov (Boguszak a Císař, 1961; Čada, 2006). Kartografické základy tohto typu sú v pôvodných rakúskych predpisoch označované termínom *Gradkartensystem* (Hartl, 1886). Častejšie je možné sa stretnúť s termínom polyedrická projekcia alebo polyedrické zobrazenie (Herz, 1885). Ide o rôzne termíny, pretože pri polyedrickej projekcii ide o gnómonickú projekciu elipsoidu na polyeder, zatiaľ čo polyedrické zobrazenie je charakterizované ako samostatné zobrazovanie jednotlivých častí daného územia na základe zobrazovacích rovníc. Mapy III. VM nespĺňajú ani jednu z týchto definícií.

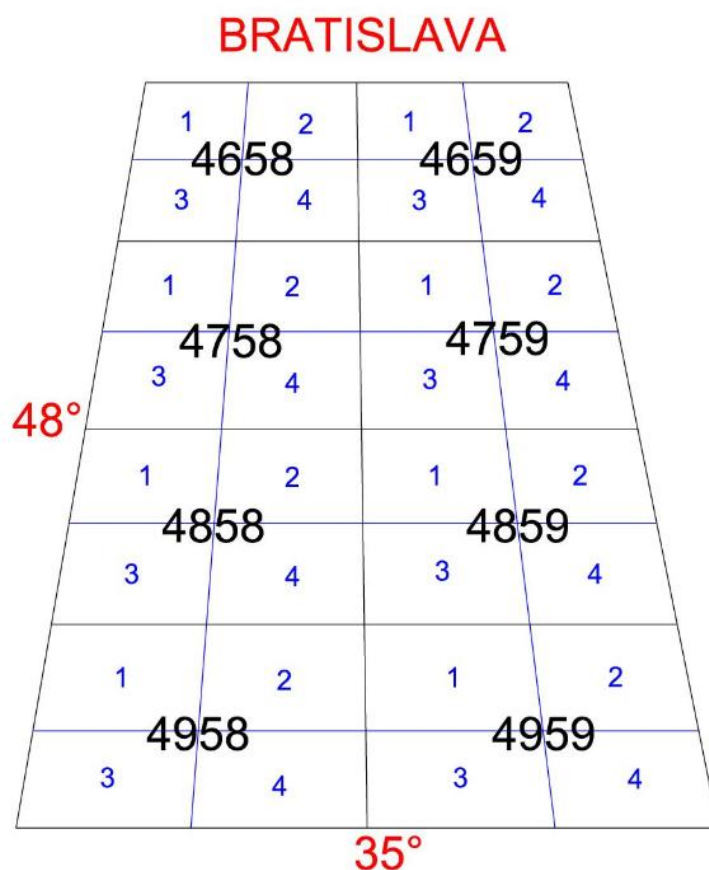
V prípade III. VM bolo celé územie rozdelené sieťou poludníkov a rovnobežiek na polia o veľkosti 30' zemepisnej dĺžky a 15' zemepisnej šírky. Takto vznikli na referenčnej ploche (Besselov elipsoid) elipsoidické lichobežníky o takých malých rozmeroch, že ich je možné považovať za rovinu a nahradiť elipsoidické lichobežníky rovinnými lichobežníkmi (Boguszak a Císař, 1961).

Kartografické základy III. VM sú jednoznačne definované spôsobom konštrukcie mapového listu v tvare rovinného lichobežníka (Hartl, 1886). V rámci jeho konštrukcie sú stredný poludník a okrajové rovnobežky dĺžkovo neskreslené úsečky. Vzhľadom na kartometrickú a grafickú presnosť je možné všetky ďalšie rovnobežky vo vnútri mapového listu iba považovať za dĺžkovo neskreslené úsečky. Použitému spôsobu konštrukcie mapového listu najlepšie zodpovedá Mercatorovo-Sansonove (v literatúre nazývané aj Sansonovo-Flamsteedove alebo modifikované Sansonove zobrazenie) nepravé valcové zobrazenie a jeho charakteristiky. Na zobrazenie územia vymedzeného elipsoidickým lichobežníkom neboli použité žiadne známe zobrazovacie rovnice. Podrobnejšie informácie o tvorbe trigonometrickej siete, o postupe revízie výšok bodov katastrálnej triangulácie a o kartografických základoch sú opísané v prácach (Boguszak, 1932; Lukášek, 1932; Boguszak a Císař, 1961; Čada, 2003; Čechurová 2006; Hartl, 1886; Krňoul, 2010, 2013).

1.2 Klad mapových listov

Klad a označovanie topografických sekcií 1 : 25 000 vychádza z kladu a označovania mapových listov hlavného produktu III. VM, ktorým bola Špeciálna mapa 1 : 75 000. Rozdelením územia Rakúsko-Uhorska sieťou poludníkov a rovnobežiek na polia o veľkosti 30' zemepisnej dĺžky a 15' zemepisnej šírky vznikol mapový list Špeciálnej mapy 1 : 75 000. Rozdelením tohto mapového listu podľa stredného poludníka a strednej rovnobežky vzniknú štyri topografické sekcie v mierke 1 : 25 000 (rozmer – 15' zemepisnej dĺžky a 7'30'' zemepisnej šírky) (obr. 1). Ďalším delením topografickej sekcie na štyri časti vznikli vymeriavacie listy v rovnakej mierke, ktoré sa používali ako pracovné jednotky pre mapovanie v teréne (Boguszak a Císař, 1961).

Nakoniec, v rámci kompletizácie kladu mapových listov III. VM (obr. 1), osem susedných mapových listov špeciálnej mapy tvorí jeden mapový list generálnej mapy 1:200 000 (rozmer – 1° zemepisnej dĺžky a 1° zemepisnej šírky). Označenie sa skladá z celostupňových hodnôt poludníka a rovnobežky, ktoré sa pretínajú v strede mapového listu a je doplnené názvom významného sídla nachádzajúceho sa v mapovom liste (napr. 35° 48' BRATISLAVA). Súčasné označenie špeciálnej mapy 1 : 75 000 sa skladá z významného sídla, čísla vrstvy (prvé dve číslice) a čísla stĺpca (druhé dve číslice), napr. Bratislava 4758. Do roku 1917 sa používali na označenie vrstiev arabské čísla a pre označenie stĺpcov rímske čísla. Topografická sekcia v mierke 1 : 25 000 preberá zo špeciálnej mapy štvormiestne arabské číslo, ktoré je za lomítkom doplnené arabským číslom (1 – 4) identifikujúce polohu sekcie v mapovom liste (napr. Bratislava 4758/1) (Boguszak a Císař, 1961).














Obr. 1 Prehľad kladu mapových listov III. VM v mierkach 1 : 200 000, 1 : 75 000 a 1 : 25 000

1.3 Tvorba a obsah topografických sekcii 1 : 25 000

V rámci mapovania ako grafický polohopisný podklad boli použité katastrálne mapy stabilného katastra, kde kresba bola zmenšená z mierky 1 : 2 880 do 1 : 25 000. Redukovaný obsah katastrálnych máp bol pantograficky prenesený do vymeriavacích listov topografických sekcii (Boguszak a Císař, 1961). Pre časti územia Slovenska, kde ešte neboli k dispozícii katastrálne mapy, boli ako grafický podklad použité mapy z II. VM v mierke 1 : 28 800, ktorých obsah bol zväčšený a zakreslený do vymeriavacích listov (Boguszak, 1932). Podrobné meranie sa vykonávalo grafickou metódou pretínania pomocou meračského stola, ktorý bol doplnený topografickým výškomerom. V neprehľadnom alebo zalesnenom teréne výšky boli určené barometricky (Boguszak a Císař, 1961).

Zobrazenie obsahu máp bolo vyhotovené podľa postupne vydávaných znakových kľúčov. Originály topografických sekcii v mierke 1 : 25 000 boli vyhotovované v jedenástich farbách:

 Čierna – polohopis, popis a šrafovanie	 Zelená – plochy lúk
 Modrá – vodstvo a okraje vodných plôch	 Žltá – vinice
 Svetlo modrá – vodné plochy	 Žltozelená – pastviny
 Zelenomodrá – záhrady a sady	 Sivozelená – lesy
 Tmavozelená – okraje lesov	
 Žltohnedá – vrstevnice a skaly	
 Červená – trigonometrické body, cesty a kamenné objekty	

Spôsob ich čierno-bielej reprodukcie (obr. 2) sa určoval podľa počtu potrebných výtlačkov. Ak bol počet menší ako osem kusov použila sa fotografická reprodukcia. Pre účely väčšieho počtu výtlačkov sa použila fotolitografická technika reprodukcie (Boguszak a Císař, 1961).

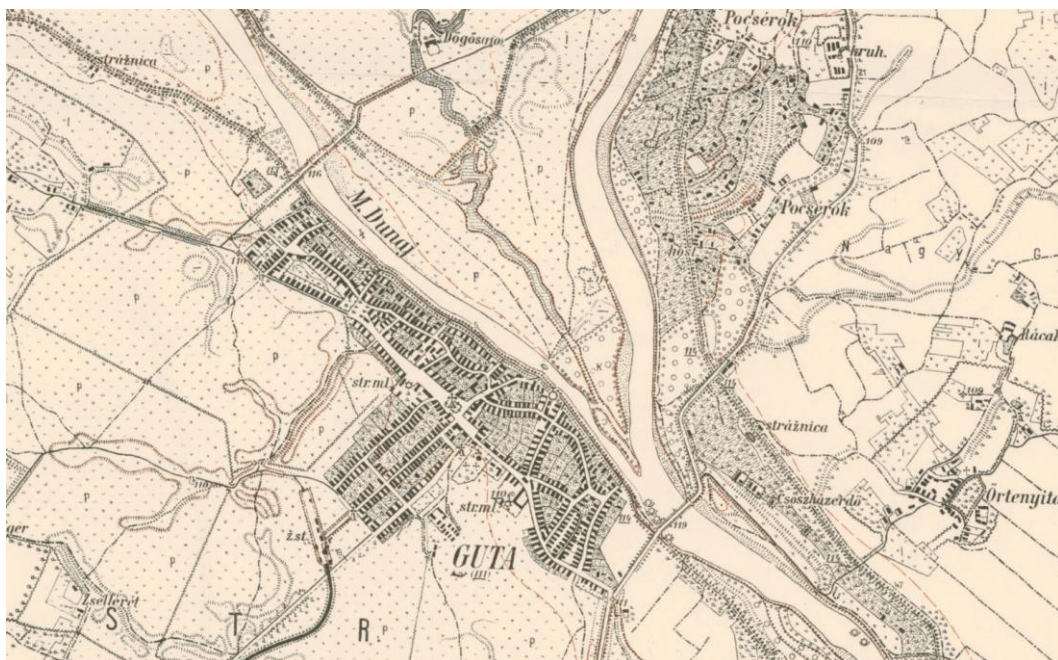
Zobrazenie terénu na topografických sekciiach III. VM 1:25 000 bolo už realizované kombinovaným spôsobom – výškovými kótami, šrafovaním podľa upravenej (rozšírenej) Lehmanovej stupnice, vrstevnicami a lavírovaním. Nadmorské výšky sa uvádzali pri trigonometrických bodoch, významných miestach polohopisu (kostoly, križovatky, sútoky) a pri charakteristických miestach terénu (vrcholy vyvýšenín, sedlá a iné). Vyjadrenie terénu pomocou šrafovania poskytlo nielen veľmi plastický obraz terénu, ale aj objektívne informácie o priechodnosti daného územia čo bolo dôležité pre vojenské účely. Naopak, nevýhodou bolo vysoké grafické zaťaženie mapovej kresby na úkor ďalších prvkov mapy (Boguszak a Císař, 1961). Podrobnejšie informácie o časovom harmonograme a priebehu mapovacích činností sú popísané v prácach Hofstätter (1989), Boguszak (1932), Lukášek (1932) a Krňoul (2010).

Výsledkom III. VM sú topografické sekcie v mierke 1 : 25 000, ktoré slúžili ako podklad na vytvorenie odvodených máp (Špeciálna mapa 1 : 75 000, Generálna mapa 1 : 200 000, Prehľadná mapa strednej Európy v mierke 1 : 750 000 a iné).

2. Polohový nesúlad topografických sekcii 1 :25 000 so skutočnosťou

Príčin, ktoré prispeli k zníženiu kvality a výslednej presnosti máp III. VM je niekoľko. V rámci katastrálnej triangulácie bola zanedbaná stabilizácia trigonometrických bodov. Trvalá stabilizácia

trigonometrických bodov číselnej triangulácie bola realizovaná až v rokoch 1845 – 1852, čiže v niektorých prípadoch to bolo až 20 rokov po vykonaní triangulačných prác. Dodatočne stabilizované body neodpovedali často polohovo a ani výškovo (Čada, 2003). Problémom bol značne komplikovaný postup prevzatia redukovaného polohopisného podkladu z máp stabilného katastra. Použitý postup bol ovplyvnený rozdielnym charakterom kladu máp III. VM určený zemepisnými súradnicami a kladu katastrálnych máp, ktorý bol určený pravouhlými rovinnými súradnicami v systémoch stabilného katastra (Lukášek, 1932; Boguszak a Císař, 1961). Prevzatý polohopis z máp II. VM na rôznych častiach územiach Slovenska bol menej presným zdrojom. Vzhľadom k mierke 1 : 25 000 dochádzalo k zväčšovaniu kresby, čím sa porušila zásada postupu z veľkého do malého (Boguszak, 1932). V rámci terénnych prác boli vymeriavacie listy dlhodobo vystavené rôznym poveternostným podmienkam v teréne a bol problém zachovať ich pôvodný rozmer. Tieto deformácie sú nepravdivé a pre každý vymeriavací list rozdielne (Boguszak a Císař, 1961). Problematikou pôvodu chýb topografických sekcií 1 : 25 000 sa zaoberá niekoľko prác (Křnoul, 2010, 2012; Seemann, 2008).



Obr. 2 Výrez reambulovanej topografickej sekcie III. VM – oblasť Kolárovo (WMS, 2020)

Dôsledok týchto chýb sa prejavuje v polohovom nesúlade topografických sekcií III. VM so skutočnosťou v teréne. Pri klasickej transformácii topografických sekcií iba na ich rohy sa prejavuje výrazný posun kresby oproti súčasnej aktuálnej mape (skutočnému stavu). Na obr. 3 je prekryt čierno-bielej topografickej sekcie s rastrovou vrstvou cestných komunikácií (sivá farba) Základnej bázy údajov pre geografický informačný systém (ZBGIS) publikovanou prostredníctvom aplikácie Mapový klient ZBGIS. V rámci doterajších pokusov použitých pri transformácii topografických sekcií III. VM do súčasných geodetických súradnicových systémov nebola dosiahnutá lepšia presnosť ako niekoľko desiatok metrov v skutočnosti (cca 40 – 50 m) (Čada, 2006; Veverka a Čechurová, 2003; Molnár a Timár, 2009, 2011).

Veľký polohový nesúlad topografických sekcií III. VM so skutočnosťou z územia Slovenska deklarujú aj určené posuny na vybraných trigonometrických bodoch, ktoré vznikli klasicou trans-

formáciou iba na rohy (identické body) topografických sekcií. Na základe analýzy na trigonometrických bodoch je priemerná veľkosť posunu 109 m s odchýlkou 41 m. Veľkosti posunov sú v intervale 2 až 322 m. Posuny vykazujú určitý globálny trend, ktorý je iný v západnej časti územia Slovenska oproti strednej a východnej časti územia Slovenska.



Obr. 3 Prekryt topografickej sekcie III. VM a rastrovej vrstvy ZBGIS (aktuálny stav). Transformácia realizovaná využitím rohov topografických sekcií

3. Popis technológie transformácie tretieho vojenského mapovania

Pre účely eliminovania chýb máp III. VM a riešenia ich polohového nesúladu so skutočnosťou bol navrhnutý nový postup transformácie rastrových obrazov topografických sekcií III. VM s uplatnením netradičných prístupov na podklade moderných štatistických metód spracovania dát, ktoré vychádzajú z troch zásad (Talich et al., 2014):

1. Na správnu transformáciu rastrových obrazov starých máp do súčasného súradnicového systému je potrebné použiť čo najväčší počet identických bodov. Ich validita musí byť overená štatistickými testami.
2. Musí byť eliminovaná zrážka papiera, rešpektované pôvodné kartografické zobrazenie máp a použitá špeciálna elastická transformácia, ktorá umožní v dostatočnej miere opraviť nehomogénne rozloženie nepresnosti (polohového nesúladu so skutočnosťou) starých máp a pritom nespôsobí nepríjemne extrémne deformácie ich pôvodného obsahu.
3. Parametre transformačného modelu musia mať názorný zmysel z dôvodu jeho citlivého vyladenia.

Technologický postup má transformačnú a kontrolnú fázu. Uvedené zásady sa uplatňujú v rámci celého postupu transformácie. Výsledná transformácia sa skladá zo štyroch krokov (čiastkové transformácie) (Talich et al., 2013a):

- Eliminácia zrážky mapového listu (oprava rozmerov topografických sekcií na ich pôvodný rozmer).

- Zobrazenie mapového listu na Besselov elipsoid (spätné (inverzné) zobrazenie k pôvodnému kartografickému zobrazeniu).
- Kartografické zobrazenie Besselovho elipsoidu do roviny (zobrazenie do zvoleného súčasného kartografického zobrazenia, napr. Křovákovo zobrazenie).
- Elastická transformácia v rovine (dodatočné opravy nehomogénneho rozloženia nepresností starých máp).

3.1 Eliminácia zrážky mapového listu

Rozmery mapových listov odmerané na rastrových obrazoch sú odlišné od pôvodných správnych rozmerov v dobe vzniku mapového diela. Svedčí to o ich deformáciách spôsobené postupným vysušením papiera mapy v priebehu jeho starnutia (tzv. zrážka papiera). Na elimináciu zrážky topografických sekcií sa použila afinná transformácia súradníc, keďže papier sa deformuje nerovnomerne v rôznych smeroch. Ako identické body boli zvolené rohy topografických sekcií, ktorých súradnice boli manuálne odmerané na zdrojových rastroch. Súradnice identických bodov vo výstupnom systéme boli vypočítané pomocou parametrov Besselovho elipsoidu tak, aby bola zachovaná dĺžka stredného poludníka a okrajových rovnobežiek mapového listu obsahujúci štyri topografické sekcie. Koefficienty afinnej transformácie sú odhadnuté metódou najmenších štvorcov. Pomocou kovariančnej matice sa odhadne presnosť ľubovoľného transformovaného bodu. Postup výpočtu a matematické vzťahy sú podrobne popísané v metodike (Talich et al., 2013b).

3.2 Zobrazenie mapového listu na Besselov elipsoid

Pôvodne navrhnuté kartografické zobrazenie Besselovho elipsoidu do roviny (nazývané aj modifikované Sansonovo zobrazenie) použité pre III. VM zobrazuje povrch elipsoidu do roviny po častiach. Tieto časti sú vymedzené dvojrozmernými elipsoidickými obdĺžnikmi s rozmermi $30^\circ \times 15^\circ$, ktoré odpovedajú lichobežníkom v rovine mapy (Talich et al., 2014).

Na transformáciu zemepisných súradníc na Besselovom elipseide do roviny mapového listu (v mierke 1 : 75 000) obsahujúci štyri topografické sekcie bolo použité po častiach bilinéarne zobrazenie zachovávajúce dĺžku stredného poludníka a okrajových rovnobežiek v každom mapovom liste. Spätná transformácia lichobežníkových mapových listov na Besselov elipsoid predstavuje inverzné zobrazenie. Pre riešenie inverznej transformácie je potrebné zameniť vstupné a výstupné systémy súradníc a pritom vždy normovať vstupné súradnice na interval $\langle 0, 1 \rangle$ (Talich et al., 2013a). Transformačné rovnice, podrobný výpočtový postup pre bilinéarne zobrazenie ako aj pre spätnú transformáciu sú uvedené v metodike (Talich et al., 2013b).

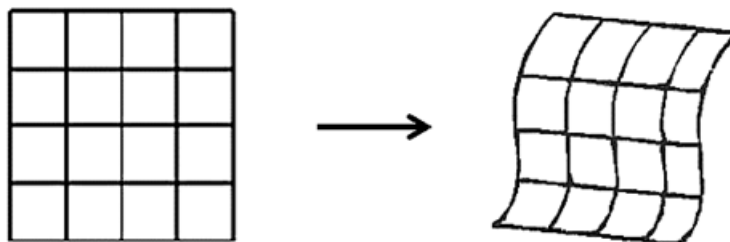
3.3 Kartografické zobrazenie Besselovho elipsoidu do roviny S-JTSK

Pre požadovaný súradnicový systém S-JTSK bolo použité Křovákovo zobrazenie. Zobrazovacie rovnice na transformáciu elipsoidických súradníc na Besselovom elipseide na pravouhlé rovinné súradnice v S-JTSK a postup výpočtových krokov transformácie sú podrobne uvedené vo Vajšáblová (2013). Na výpočet súradníc bol použitý vlastný transformačný program.

3.4 Elastická transformácia v rovine

Elastická transformácia v rovine S-JTSK bola vykonaná metódou kolokácie. Metóda kolokácie (v geodézii známa od 70. rokov 20. storočia) je všeobecná metóda spracovania experimentálnych dát, ktorá slúži na stanovenie priebehu neznámej funkcie na základe jej hodnôt meraných v niekoľkých diskretných bodoch. Prítom sa súčasne určujú hodnoty tejto funkcie v bodoch, na ktorých nebolo merané (Moritz, 1973). Pri aplikácii metódy kolokácie na transformáciu súradníc sú diskretnými bodmi identické body, ktorých súradnice boli merané na oboch mapách.

Metóda umožňuje nájsť transformačný vzťah medzi dvoma súradnicovými systémami, ktorý zohľadňuje polohovú presnosť určenia identických bodov v oboch systémoch a vplyv nehomogénneho skreslenia týchto systémov. Nehomogenita sa prejavuje zvyškovými polohovými odchýlkami na identických bodoch, ktoré vzniknú po vykonaní podobnostnej transformácie. Tieto odchýlky sú náhodné veličiny, ktoré predstavujú rozdiely elastickej a podobnostnej transformácie. Prejavujú sa nelineárnym skreslením ekvidistantnej súradnicovej siete, ktoré vyvoláva dojem elastickej (obr. 4) (Talich et al., 2013a).



Obr. 4 Ukážka skreslenia súradnicovej siete pri elastickej transformácii

Náhodné odchýlky sú štatisticky závislé. Ich závislosť je charakterizovaná kovariančnou maticou ľubovoľnej množiny bodov. Veľkosť nediagonálnych prvkov tejto matice (tzv. kovariancia) klesá so vzdialenosťou príslušných bodov. Priebeh kovariancie odchýliek v závislosti od vzdialenosti odpovedajúcich si bodov je daný tzv. kovariačnou funkciou. Obidva faktory (presnosť identických bodov, nehomogénne skreslenie súradnicových systémov) môžu byť charakterizované štatistickými a geometrickými parametrami: štandardnými odchýlkami polohových chýb určenia identických bodov, štandardnou odchýlkou rozdielu elastickej a podobnostnej transformácie v ľubovoľnom bode záujmového územia a charakteristickou vzdialenosťou dvoch všeobecných bodov, v ktorej dosahu sa prejavuje ich závislosť. Na základe parametrov je odhadnutá presnosť výslednej elastickej transformácie (Talich et al., 2013a). Podrobný postup návrhu elastickej transformácie pomocou metódy kolokácie je popísaný v metodike (Talich et al., 2013b).

4. Transformácia topografických sekcií 1 : 25 000

Cieľom bolo transformovať topografické sekcie III. VM do súčasného súradnicového systému S-JTSK a sprístupniť ich vo forme rastrovej mozaiky na mapovom portáli ÚGKK SR prostredníctvom WMS v aplikácii Mapový klient ZBGIS. Použili sme metodiku transformácie máp III. VM, ktorá bola vytvorená vo Výzkumném ústave geodetickém, topografickém a kartografickém v. v. i (VÚGTK) v rámci projektu „Kartografické zdroje jako kulturní dědictví“.

Čierno-biele kópie reambulovaných topografických sekcií III. VM (1920 – 1934) z územia Slovenska boli poskytnuté z archívu TOPÚ v Banskej Bystrici. Topografické sekcie boli skenované v Slovenskej agentúre životného prostredia (SAŽP) v Banskej Bystrici na veľkoplošnom skenéri CONTEX MAGNUM XL54 s rozlíšením hustoty snímania 400 DPI v čiernobielej a sivej (grayscale) farebnej hĺbke vo formáte TIFF v závislosti od ich čitateľnosti. Celkový počet skenovaných topografických sekcií bol 237.



Pre účely transformácie bolo potrebné okrem určenia súradníc rohov topografických sekcií definovať aj identické body. Ako identické body boli zvolené hlavne trigonometrické body, kostoly a križovatky ciest o známych súradniciach v S-JTSK, ktoré sa dali jednoznačne graficky určiť na topografických sekciách. Prehľad typov identických bodov je uvedený v tab. 1.

Trigonometrický bod na kostole zodpovedá v skutočnosti veži kostola. Mapové znaky kostola typu 2 – 3 zodpovedajú v skutočnosti stredu budovy kostola. Pri križovatkách ciest je potrebné skontrolovať ich polohu so súčasným stavom. Najlepšie je to možné overiť podľa polohy mapových prvkov (kresby) v okolí identického bodu, ktorá musí taktiež zodpovedať súčasnému stavu. Údaje o trigonometrických bodoch Štátnej trigonometrickej siete (ŠTS) poskytol Geodetický a kartografický ústav (GKÚ) v Bratislave.

Kartometrické určenie súradníc identických bodov bolo vykonané vo webovej aplikácii (<http://www.chartae-antiquae.cz/mapserver/military/slovensko>). V ľavom mapovom okne sa zobrazí skenovaná topografická sekcia a v pravom mapovom okne sa simultánne zobrazí rovnaké územie na súčasnom mapovom podklade (obr. 5). Na výber je niekoľko mapových vrstiev (obr. 6), ktoré boli vytvorené (definované) v aplikácii za účelom definovania identických bodov. Na karto-

metrické určenie súradníc identických bodov sme použili bodovú vrstvu trigonometrických bodov (BP Slovensko – Bodové pole pre Slovensko) a WMS vrstvu, ktorá obsahuje dáta ZBGIS (GKU Slovensko WMS). Trigonometrické body sú v aplikácii zobrazené oranžovým krížikom (obr. 7). Ďalšie vrstvy (obr. 6) sme použili na overenie polohy identických bodov. Jednotlivé vrstvy je možné zapínať alebo vypínať, meniť ich priehľadnosť a taktiež aj poradie zobrazenia.

Tab. 1 Typy identických bodov

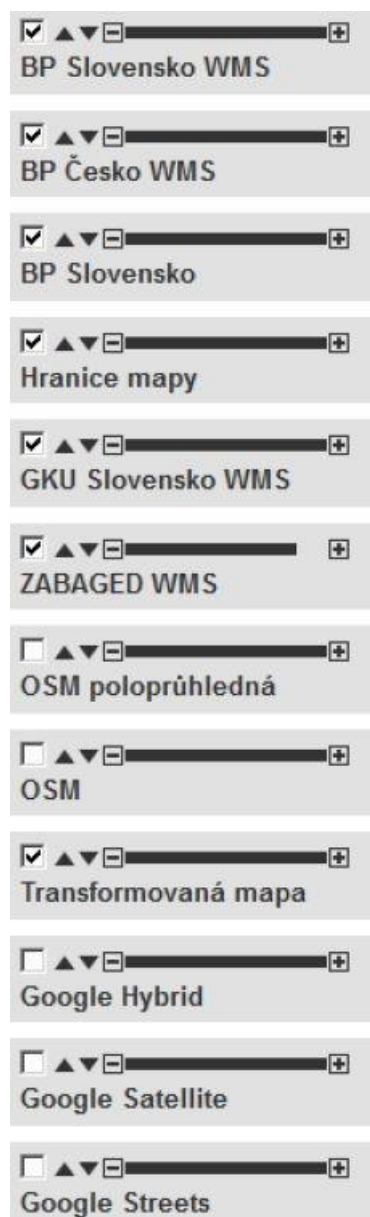
TYP BODU	POPIS BODU	MAPOVÝ ZNAK V MAPE
TB	Trigonometrický bod	
K1	Trigonometrický bod na kostole	
K2	Kostol typ 2	
K3	Kostol typ 3	
KC	Križovatka ciest	

Definovaníu identických bodov je potrebné venovať dostatočnú pozornosť. Nesprávne zvolený identický bod môže negatívne ovplyvniť výsledok transformácie. Výber identických bodov, do akej miery sa zhoduje jeho „stará“ a „nová“ poloha, je subjektívny v závislosti od znalostí a skúseností vyhodnocovateľa (operátora). Po výbere vhodného identického bodu a overení jeho polohy v oboch mapových oknách sa vykonalo kartometrické určenie súradníc interaktívne (manuálne) v topografickej sekcii (mapové okno vľavo) a potom v aktuálnej mape (mapové okno vpravo). Identický bod je v mapách označený červeným krížikom s rovnakým číslom (obr. 5). Celkovo bolo kartometricky určených 7 067 identických bodov a 947 rohov topografických sekcií. Priemerný počet identických bodov určených v rámci topografickej sekcie bol 28,9 bodu.



Obr. 5 Pracovné prostredie webovej aplikácie na určenie identických bodov

Výsledná transformácia je zloženým zobrazením vytvoreným aplikáciou štyroch čiastkových transformácií. Je to náročný výpočet a so zväčšujúcim sa počtom identických bodov sa zväčšuje aj časová náročnosť výpočtu. Ten nie je vykonávaný pre každý samostatný pixel, ale iba pre uzlové body vo vhodne zvolenej štvorcovej sieti. Medzi uzlovými bodmi sa potom použije bilinéarna interpolácia. Na základe toho sa významne skrátí čas výpočtu na zachovanie požadovanej presnosti pixlov (Talich et al., 2014).



Obr. 6 Mapové vrstvy v pracovnom prostredí webovej aplikácie

Zdrojové rastrové topografické sekcie boli najskôr transformované metódou najbližšieho suseda, ktorej podstatou je priradenie farby pixla vo výslednom rastru podľa najbližšieho pixla v zdrojovom rastru. Pre účely použitia tejto metódy je potrebné mať k dispozícii aj spätnú transformáciu, t. j. postupnosť čiastkových transformácií zložených v opačnom poradí. Transformácia bola implementovaná v dvoch variáciách, a to ako priama a spätná transformácia. Priama transformácia slúži na odhad presnosti výsledného rastra a spätná transformácia na priradenie farby pixla vo výslednom rastru už uvedenou metódou najbližšieho suseda. Pre účely vyhľadania kresby je ešte

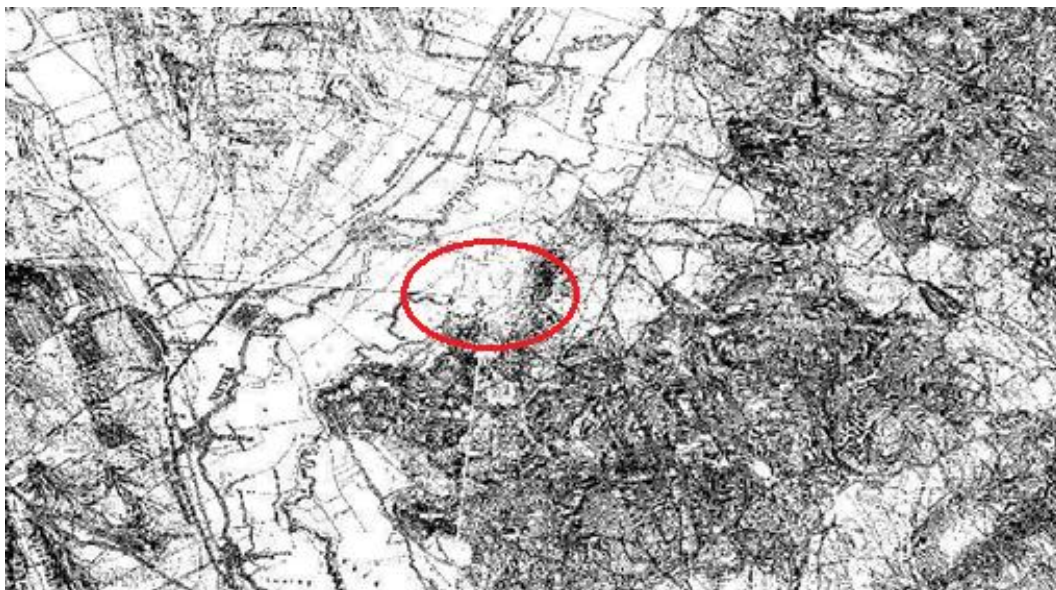
možné pre výsledné transformované rastre použiť bilinéarnu alebo bikubickú transformáciu (Talič et al., 2013a).

Aplikáciou všetkých čiastkových transformácií (kap. 3) na zdrojové rastrové obrazy topografických sekcií vzniknú rastrové obrazy v požadovanom súčasnom súradnicovom systéme a kartografickom zobrazení. Ich spojením je možné zostaviť spojenú mozaiku topografických sekcií 1 : 25 000 pokrývajúca celé územie Slovenska. Na obr. 8 je zobrazený styk štyroch topografických sekcií. Styk rohov je v strede červenej elipsy. Ukážka mozaiky územia Slovenska je na obr. 9.



Obr. 7 Zobrazenie trigonometrických bodov v prostredí webovej aplikácie

Pre objektívne určenie výslednej presnosti transformácie topografických sekcií III. VM sme vykonali štatistické testovanie na nezávislých kontrolných bodoch, ktoré boli rovnomerne rozložené po celom území Slovenska a definované mimo okolia identických bodov. Kartometrické určenie súradníc kontrolných bodov na rastrových obrazoch transformovaných topografických sekcií III. VM bolo vykonané v rovnakej webovej aplikácii. Celkovo bolo definovaných 642 kontrolných bodov a priemerný počet bodov v rámci topografickej sekcie bol 2,7 bodu. Na základe polohových odchýlok určených medzi transformovanými a skutočnými súradnicami v S-JTSK na kontrolných bodoch boli vypočítané charakteristiky polohovej presnosti transformovaných topografických sekcií III. VM. Výsledná stredná polohová chyba je 12,9 m, čo predstavuje 0,52 mm v mierke 1 : 25 000. Grafické zobrazenie vektorov polohových odchýlok na kontrolných bodoch je na obr. 10.



Obr. 8 Ukážka styku štyroch topografických sekcií

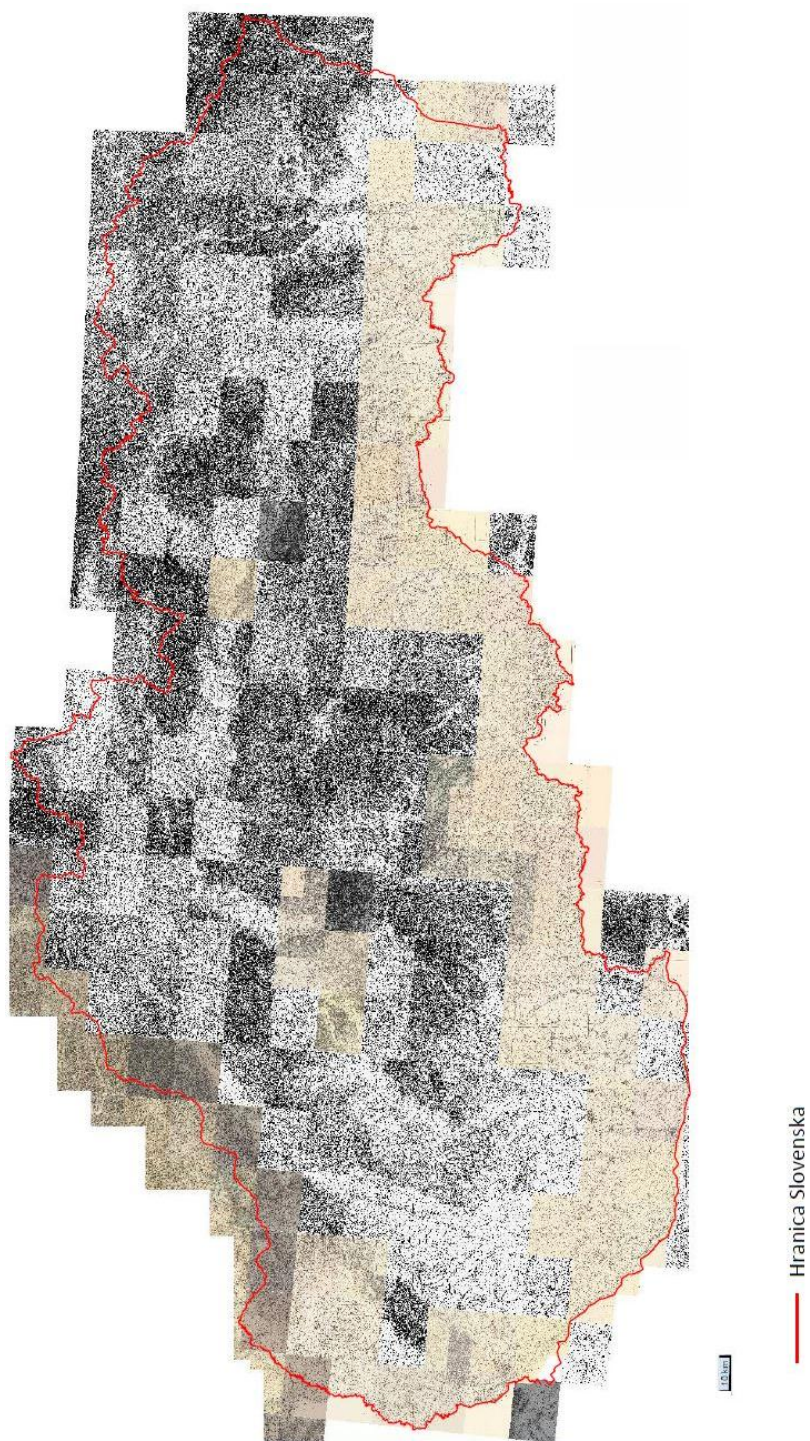
Záver

Topografické sekcie v mierke 1 : 25 000 vyhotovené v rámci III. VM je významné kartografické dielo bývalej štátnej kartografie. Môžeme ich považovať za cenný zdroj informácií v rámci využitia a sledovania priestorových zmien krajiny v čase. Ich transformácia do aktuálnych geodetických súradnicových systémov a publikovanie v digitálnej forme je podmienkou ich využívania v rôznych aplikačných oblastiach.

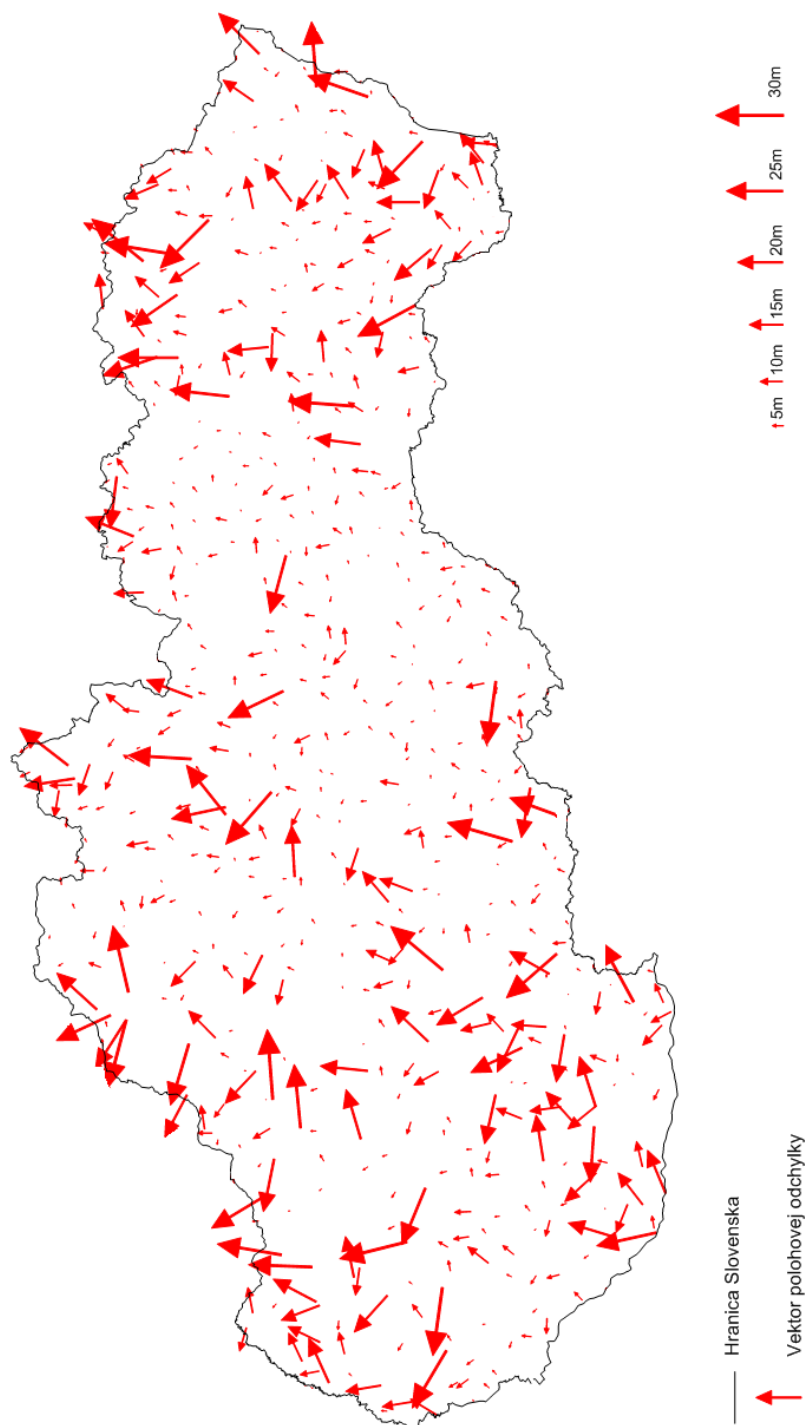
Na transformáciu rastrových obrazov topografických sekcií III. VM sme použili technológiu (kap. 3), ktorá bola vyvinutá vo Výskumném ústavu geodetickém, topografickém a kartografickém v. v. i (VÚGTK) v rámci projektu „Kartografické zdroje jako kulturní dědictví“. Vykonalí sme analýzu presnosti transformácie topografických sekcií III. VM pomocou nezávislých kontrolných bodov, ktoré boli rovnomerne rozložené po celom území Slovenska. Výsledná stredná polohová chyba je 12,9 m, čo predstavuje 0,52 mm v mierke 1 : 25 000. To prináša veľmi významné zlepšenie oproti klasickým transformáciám (na štyri rohy) kde sa prejavovali chyby na identických bodoch v desiatkach metrov. Hlavný prínos je v použití elastickej transformácie, ktorá je založená na metóde kolokácie. Táto metóda umožňuje citlivo spájať topografické sekcie, opraviť lokálne (nehomogénne) skreslenie kresby a korektné odhadnúť výslednú polohovú presnosť transformácie.

Použitie navrhnutej transformácie prinieslo aj výrazné zlepšenie v polohovom nesúlade topografických sekcií III. VM s aktuálnymi mapovými podkladmi / skutočnosťou v teréne. Na obr. 11 je prekryt čierno-bielej topografickej sekcie po aplikovaní transformácie s rastrovou vrstvou komunikácií ZBGIS (sivá farba). Je možné sledovať dobrú vizuálnu zhodu oboch vrstiev oproti obr. 3, kde je polohový nesúlad oveľa výraznejší.

Transformované rastrové obrazy topografických sekcií III. VM územia Slovenska boli publikované vo forme rastrovej mozaiky na mapovom portáli ÚGKK SR prostredníctvom WMS (https://zbgisws.skgeodesy.sk/hm_III_vm/service.svc/get?). Mozaika topografických sekcií III. VM územia Slovenska môže byť využívaná vo webových aplikáciách pre účely analýz v rôznych prírodovedných a technických oblastiach (vývoj krajiny v čase, rekonštrukcia historickej krajiny, krajinná ekológia, archeológia atď.). Na vyhľadávanie a triedenie podľa rôznych kategórií by bolo vhodné spracovať podrobný popis jednotlivých topografických sekcií vo forme metadát, ktoré by umožnili efektívnejšie využitie mozaiky topografických sekcií z pohľadu používateľov.



Obr. 9 Mozaika topografických sekcií III. VM územia Slovenska



Obr. 10 Vektory polohových odchýlok na kontrolných bodoch



Obr. 11 Prekryt topografickej sekcie III. VM a rastrovej vrstvy ZBGIS (aktuálny stav). Transformácia realizovaná navrhnutou metodikou

Článok vznikol v rámci riešenia projektu č. DF11P01OVV021 „Kartografické zdroje jako kulturní dědictví. Výzkum nových metodik a technologií digitalizace, zpřístupnění a využití starých map, plánů, atlasů a glóbulů“. Poděkovanie patrí aj Geodetickému a kartografickému ústavu v Bratislave, ktorý poskytol údaje o trigonometrických bodoch.

Literatúra

- BOGUSZAK, F. (1932). Příspěvek k topografickým vyměřováním na území našeho státu. In *Výroční zpráva VZU sv. XII*, Praha (Vojenský zeměpisný ústav), 109-127.
- BOGUSZAK, F., CÍSAŘ, J. (1961). *Vývoj mapového zobrazení území Československé socialistické republiky. 3. díl, Mapování a měření českých zemí od poloviny 18. století do počátku 20. století*. Praha (Ústřední správa geodézie a kartografie), 22-33.
- CAJTHAML, J. (2012). *Analýza starých map v digitálním prostředí na příkladu Müllerových map Čech a Moravy*. Praha (Nakladatelství Česká technika).
- CAJTHAML, J. (2013). Jak georeferencovat staré mapy? *Kartografické listy*, 21 (2), 3-10.
- ČADA, V. (2006). Analýza lokalizace rastrových ekvivalentů III. vojenského mapování do S-JTSK. In *Geoinformatika vo veřejné správě*. Brno (ČAGI), 9.
- ČADA, V. (2003). *Robustní metody tvorby a vedení digitálních katastrálních map v lokalitách sáhových map*. Habilitační práce. Praha (České vysoké učení technické v Praze), 114.
- ČECHUROVÁ, M. (2006). Matematicko-kartografická analýza rakouských topografických map ze III. vojenského mapování. *Miscellanea Geographica*, 12, 9-21.
- HARTL, H. (1886). *Die Projectionen der wichtigsten vom k.k. Generalquartiermeisterstabe und vom k.k. militär-geographischen Institute herausgegebenen Kartenwerke. Teil VI*. Wien (Mittheilungen des k.k. militär-geographischen Institutes).
- HERZ, N. (1885). *Lehrbuch der Landkarten Projektionen*. Leipzig (B.G. Teubner).
- HOFSTÄTTER, E. (1989). *Beiträge zur Geschichte der Österreichischen Landesaufnahmen: Ein Überblick der topographischen Aufnahmeverfahren, deren Ursprünge, ihrer Entwicklungen und Organisation*.

- sformen der vier österreichischen Landesaufnahmen. Teil I.* Wien (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen), 104-140.
- JANKÓ, A., PORUBSKÁ, B. (2013). *Vojenské mapovanie na Slovensku 1769 – 1883*. Bratislava (Pamiatkový úrad SR), 24-27.
- KOREŇ, M. (1996). Kartografické transformácie pre geografické informačné systémy. *Geoinfo*, 1, 24-27.
- KRŇOUL, R. (2010). *Přesnost zobrazení trigonometrických bodů na mapách III. vojenského mapování*. Bakalářská práce, Plzeň (Západočeská univerzita v Plzni), 72.
- KRŇOUL, R. (2012). *Lokalizace speciálních map 1:75 000 pro publikování na mapovém portálu*. Diplomová práce, Plzeň (Západočeská univerzita v Plzni), 66.
- KUPČÍK, I. (1974). Činnost Vojenského zeměpisného ústavu v Bratislavě v letech 1939 – 1945. In *Sborník Československé společnosti zeměpisné*, 3, Praha (Československá společnost zeměpisná), 224-225.
- KUPČÍK, I. (1976). Z pozostalosti mapových originálů III. vojenského mapování. *Geodetický a kartografický obzor*, 22/64 (5), 147-148.
- LUKÁŠEK, V. (1930). Příspěvek k výškovým měřením na území našeho státu. In *Výroční zpráva VZÚ sv. X*, Praha (Vojenský zeměpisný ústav), 196-208.
- LUKÁŠEK, V. (1932). Katastrální souřadnicové systémy na území československé republiky do roku 1918 a jejich vztah k topografickému měření. In *Výroční zpráva VZÚ sv. XII*, Praha (Vojenský zeměpisný ústav), 70-91.
- MIKŠOVSKÝ, M., ŠÍDLO, B. (2001). Topografické mapování území České republiky ve 20. století. *Geodetický a kartografický obzor*, 47/89 (8-9), 216-223.
- MOLNÁR, G., TIMÁR, G. (2009). Mosaicking of the 1:75 000 Sheets of the Third Military Survey of the Habsburg Empire. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 44 (1), 15-120.
- MOLNÁR, G., TIMÁR, G. (2011). Using of Grid Shift Binary (GSB) data to improve the geo-reference of the Third Military Survey of the Habsburg Empire. In *Geophysical Research Abstracts 13*, Vienna (EGU General Assembly), 1.
- MORITZ, H. (1973). *Least-squares collocation*. München (Deutsche Geodätische Kommission).
- PRIKRYL, Ľ. V. (1977). *Vývoj mapového zobrazenia Slovenska*. Bratislava (Vydavateľstvo Veda SAV), 342-348.
- SEEMANN, P. (2008). *Kartometrická analýza polohového souladu mapové kresby a kilometrové sítě na speciálních mapách SM75*. Diplomová práce, Praha (České vysoké učení technické v Praze), 75.
- TALICH, M., SOUKUP, L., HAVRLANT, J., AMBROŽOVÁ, K., BÖHM, O., ANTOŠ, F. (2013a). Nový postup georeferencování map III. vojenského mapování. *Kartografické listy*, 21 (2), 35-49.
- TALICH, M., SOUKUP, L., HAVRLANT, J., AMBROŽOVÁ, K., BÖHM, O., ANTOŠ, F. (2013b). *Metodika georeferencování map III. vojenského mapování*. Zdíby (Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.), 35.
- TALICH, M., SOUKUP, L., HAVRLANT, J., AMBROŽOVÁ, K., BÖHM, O., ANTOŠ, F. (2014). *Ověření technologie georeferencování map III. vojenského mapování*. Zdíby (Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.), 16.
- VAJSÁBLOVÁ, M. (2013). *Matematická kartografia*. Bratislava (Nakladateľstvo STU), 310.
- VEVERKA, B., ČECHUROVÁ, M. (2003). Georeferencování map II. a III. vojenského mapování. *Kartografické listy*, 11, 103-113.
- WMS (2020). *WMS Národného geoportálu*. [online] [cit. 2020-10-11]. Dostupný na: <http://tiles.geop.sazp.sk/base/service?>
- ZEMAN, M. (2017). Osud původních mapových listů III. vojenského mapování z územia Slovenska (CD-ROM). In *Historické mapy 2017*. Bratislava (Kartografická spoločnosť Slovenskej republiky), 119-127.
- Zeichnungsschlüssel zur Darstellung und Beschreibung der Terrain-Theile und Terrain-Gegenstände in militärischen Aufnahmen und zur Bezeichnung von Kriegsbauten und Truppen. (1875). k. k. Militärgeographisches Institut in Wien (Österreichisches Staatsarchiv, Kriegsarchiv, Karten- und Plansammlung).*

S u m m a r y

Transformation of topographic sections of the third military mapping territory of Slovakia

The third military mapping (III. MM) is one of the most famous map series of Austria-Hungary and is therefore an important cultural heritage, which also shows the territory of the historical landscape of Slovakia.

Until the middle of the 20th century, results of III. MM formed the only topographic serie of the middle scale in our territory. These are the most requested and most used old maps.

Topographic sections at the scale of 1 : 25,000 of III. MM can be considered a valuable source of information due to the preservation of their historical memory. They make it possible to monitor the development of studied objects of the landscape not only from the point of view of their quantification, but also from the point of view of spatial changes over time. To use the maximum amount of information from topographic sections, it is most efficient to convert them to a digital form and transform them into the current geodetic coordinate system of the Uniform Trigonometric Cadastral Network.

We used technology developed at the Research Institute of Geodesy, Topography and Cartography, v. v. i. to transform raster images of topographic sections. A total of 7,067 identical points were used, the coordinates of which were determined manually through a web application. We have analyzed the accuracy of the transformation of topographic sections of III. MM using independent control points, which were evenly distributed throughout Slovakia. The resulting mean position error is 12.9 m, which represents 0.52 mm at the scale of 1 : 25,000. The main benefit of the transformation used is that it allows you to sensitively connect topographic sections, correct local distortions of the drawing and correctly estimate the resulting positional accuracy of the transformation.

Transformed raster images of topographic sections of III. MM of the territory of Slovakia were published in the form of a raster mosaic on the map portal of the Geodesy, Cartography and Cadastre Authority of the Slovak Republic through web map service (https://zbgisws.skgeodesy.sk/hm_III_vm/service.svc/get?).

Fig. 1 Sheet index of III. MM in scales 1 : 200,000; 1 : 75,000 and 1 : 25,000

Fig. 2 Part of the reambulated topographic section from III. MM – territory Kolárovo (WMS, 2020)

Fig. 3 Overlap of topographic section of III. MM and raster layer of BDGIS (current state). Transformation realized using corners of topographic sections

Fig. 4 Example of coordinate grid distortion within elastic transformation

Fig. 5 Working environment of web application for identifying identical points

Fig. 6 Map layers in web application environment

Fig. 7 Visualization of trigonometric points in web application environment

Fig. 8 Example of seamless connection of four topographic sections

Fig. 9 Mosaic of topographic sections of III. MM of the territory of Slovakia

Fig. 10 Vectors of positional deviations at control points

Fig. 11 Overlap of topographic section of III. MM and raster layer of BDGIS (current state). Transformation realized by the proposed methodology

Tab. 1 Types of identical points

Prijaté do redakcie: 21. novembra 2020

Zaradené do tlače: december 2020