Analýza vlivu srážky speciálních map SM75 z území ČSR

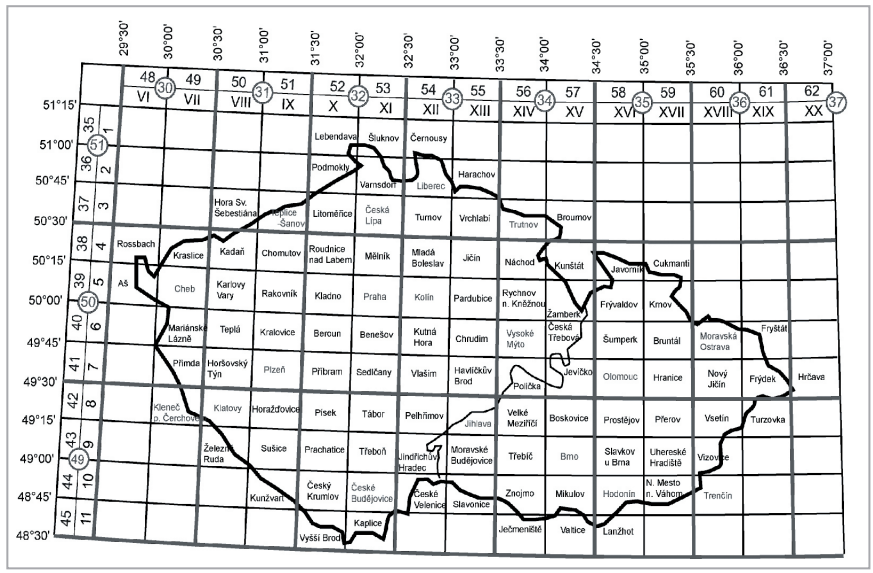
Zamýšleli jste se někdy do jakých hlavních skupin se vlastně dělí mapy? Ty nejpodrobnější jsou mapy katastrální - zobrazují každou zahrádku, stavení, pro technické dokumentace se doplňují zákresy inženýrských sítí. Druhou skupinu podrobných map tvoří mapy topografické. Zobrazují velmi podrobně geografickou realitu kolem nás, sídla, vodstvo, vegetaci, energetická vedení, vysoká pohoří i jednotlivé kóty na návrších. U jejich zrodu stála armáda, podrobný zákres obcí, cesty a jejich kvalita, možnost ubytování, napojení koní, to odjakživa zajímalo vojáky od generálů až po nižší velitele. A dělostřelci navíc chtěli mít na mapách výškopis aby mohli střílet i přes kopec.

Za první státní vojenské topografické mapy z našeho území se považují mapy Johanna Christopha Müllera, který zmapoval nejprve podrobně Moravu (1:166 000, 1716) a poté Čechy (1:132 000, 1720). Hloubkovým výzkumem této mapy se v rámci grantu GAČR zabývá Jiří Cajthaml z katedry mapování a kartografie fakulty stavební ČVUT v Praze.

První vojenské mapování na území rozsáhlé habsburské monarchie proběhlo v letech 1763-1787 a nazývá se josefské dle císaře Josefa II, za jehož vlády bylo dokončeno. Mapovalo se v měřítku 1:28 800, bohužel bez geodetických základů a převážně pohledovým způsobem. Důsledkem byla skutečnost, že se nepodařilo sestavit souvislou mapu monarchie, kresba se překrývala, rozbíhala, bortila. Prostě bez geodézie udělat pořádnou mapu, navíc z velkého území, kde se jedná o tisíce mapových listů, nelze. Zde si ještě navíc připomeňme, že jedním z důvodu, které vedly k vyhotovení naší první válečné mapy byla skutečnost, že Rakousko prohrálo tzv. válku o dědictví slezské a přišlo o významnou část Slezska s hlavním městem Wroclaw (česky Vratislav, dle jeho zakladatele přemyslovského knížete Vratislava). S nostalgií si na obrysu naší státní hranice prohlédněte např. kladský výběžek, pronikající výrazně do naší severní hranice, jako důsledek agresivní politiky pruského císaře Friedricha II. vůči tehdejší rakouské císařovně Marii Terezii, v té době věkem mezi dvaceti a třiceti lety. A obyvatelé vojenských pevností Terezín u Litoměřic a Josefov u Jaroměře mají jména tehdejších vladařů v osobních dokladech.

Druhé vojenské mapování již mělo solidní geodetické základy, ostatně skoro 70% našich katastrálních map je na nich založeno stále a na systémy souřadnic Gusterberg pro Čechy a Svatý Štěpán pro Moravu vůbec nepadá prach dějin, což vám potvrdí návštěva skoro na každém katastrálním úřadě. Toto mapování trvalo neskutečných 62 let (1807-1869). Nazývá se po císaři Františkovi I. Kromě mapování se po něm ještě jmenují Františkovy Lázně, které monarcha založil. I toto mapování proběhlo v měřítku 1:28 800 i zde jeho výsledky byly nemírně pečlivě uloženy ve Vídni ve válečném archivu, kde spočívají dodnes. Zajímavostí je, že byly tak pečlivě utajovány, že se k nim nedostali ani přední generálové, natož nižší šarže v poli. I toto mapování mělo počátek v situaci po roce 1805, kdy Napoleon na hlavu porazil rakouské a spojenecké ruské vojsko ve známé bitvě u Slavkova poblíže Brna. Dnes si tyto mapy, se soudobými topografickými mapami a fotomapou, můžeme prohlížet třeba na webech www.mapy.cz a www.geolab.cz.

Třetí vojenské mapování, jeho mapy. Jestliže je mezi řádky naznačeno, že monarchie zahájila rozsáhlé, drahé a ve výsledku velmi pečlivě utajené práce, vždy když prohrála nějakou významnou bitvu, pro třetí vojenské mapování (1870-1883) to platí dvojnásobně. Druhá největší bitva svedená v 19. století na evropském kontinentu proběhla opět na našem území roku 1866. Dějiny ji znají jako bitvu u Hradce Králové ale během sedmitýdenní bitvy se bojovalo u Jičína, u Náchoda a jinde. Dodnes je tato část naší vlasti poseta stovkami pomníčků vojáků obou armád. Tradiční místy spojenec – většinou nepřítel, německé Prusko, vedené železným kancléřem Bismarckem řešilo spor o vedoucí úlohu v Německém spolku válkou. I tuto válku Rakousko fatálně prohrálo, kromě zastaralých a ze předu nabíjených pušek byla jednou z příčin prohry skutečnost, že rakouská armáda měla všechny své vojenské mapy opět pečlivě uloženy v Kriegsarchiv ve Vídni. Tato válka významně překreslila mapu Evropy. Důsledkem byl vznik Německa, spojením celkem 41 dílčích zeměček do jednoho mocného celku. A v té době vzniklo



Klad listů SM75 na území ČR

FOTO: XX

i proslulé Gauss - Krügerovo zobrazení, pro potřebu nově vzniklého souvislého německého území. Dále se sjednotila Itálie a Rakousko dostalo dualismus, kdy si Maďaři dokázali na Vídni vybojovat rovnoprávný vztah daný pomlčkou Rakousko-Uhersko. Čeští politici bohužel stejný důraz neprokázali.

S ohledem na tehdy již uzákoněný dekadický systém měr a vah se již mapovalo v dekadickém měřítku 1:25 000, jednalo se o topografické sekce TS25. Kompozicí čtyř sekcí vznikala speciální mapa 1:75 000 (SM75), která byla předmětem našeho výzkumu. Složením osmi speciálek vznikla mapa generální měřítka 1:200 000 (GM200). Jedna SM75 měla rozměry 30′ minut zeměpisné délky a 15′šířky. Listy SM75 byly značeny číslem řady (arabská čísla) a sloupce byly označovány číslicemi římskými a názvem významného sídla, viz 5-X Kladno. Vrstvy byly číslovány počínaje rovnoběžkou 51° 15′ směrem k jihu a sloupce od poledníku 27° od Ferra směrem k východu. Po roce 1917 se začalo používat nové značení, platné dodnes, složené z dvojčíslí pro vrstvu, dvojčíslí pro sloupec a název významného sídla.

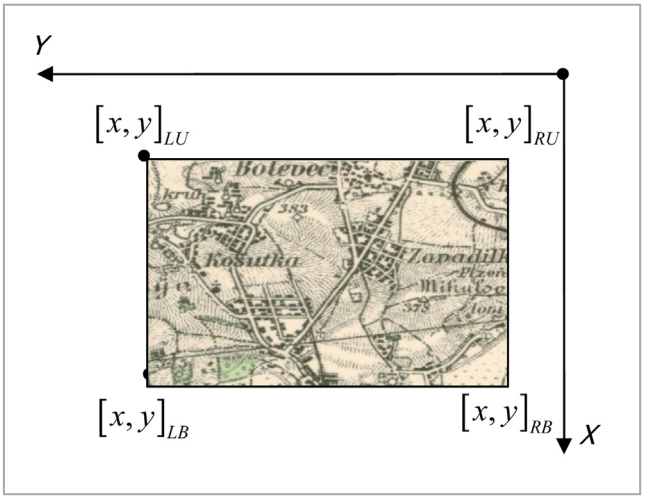
Mapy III. vojenského mapování se po rozpadu Rakousko-Uherska staly státními mapovými díly v Československu. Jejich údržbu prováděla vojenská zeměpisná služba, zejména Vojenský zeměpisný ústav v Praze. Tiskové originály, předané rakouskou stranou, byly upravovány, německé a maďarské názvosloví bylo nahrazeno českým a slovenským, byl prováděn dotisk lesů zeleně a vodstva modře, byly opravovány hrubé deformace výškopisu a pro potřebu civilní sféry byl na mapy dotiskován obraz km sítě systému S-JTSK.

Podobným způsobem byly speciálky využívány i Rakousku a Maďarsku [5], jejich použití v ostatních nástupnických státech není bohužel autorům tohoto příspěvku známo. Než začneme s popisem výzkumu jejich kartometrických vlastností, připomeňme opětovně, že se jedná o polyedrické zobrazení, kde každý mapový list SM75 je vymezen rovinnou ploškou na povrchu elipsoidu, na kterou se promítne situace na elipsoidu. Skládáním listů SM75 vedle sebe dochází k rozvinování plochy elipsoidu do roviny, což má za následek vznik spár ve vodorovném nebo svislém směru a tím nemožnost kompozice listů SM75 do jednoho celku a případný přechod na bezešvou mapu. Matematicky řešila problematiku spár, jejich výpočtu a číselných hodnot, ve své disertaci Čechurová [1].

Zkoumaný soubor map SM75 pochází z předválečného období. Je tištěn na papíru nízké kvality, mapy dosahují stáří desítek let. Lze očekávat, že srážka bude u těchto map extremní. Pokusme se zjistit, nejen hodnoty této srážky ale i vyhodnotit zákonitosti získaného souboru.

Postup výpočtu a eliminace délkové a plošné srážky. K dispozici máme soubor 173 naskenovaných map SM75. Výsledkem jsou skeny získané v systému KOKEŠ. Postup může být následující.

Z naskenované přelohy SM75 odečteme rastrové souřadnice rohů s označením LU = upper left, levý horní, RU = upper right, pravý horní, LB = left bottom, levý dolní a RB = right botom, pravý dolní, DPI (dot per inch, hustota skenování).



2 rohy SM75

Délky stran mapy, ovlivněné srážkou, získáme následujícími vztahy

$$d_{LU-RU}=\sqrt{(x_{LU}-x_{RU})^2+(y_{LU}-y_{RU})^2}\cdot\frac{25,4}{DPI}, d_{LU-LB}=\sqrt{(x_{LU}-x_{LB})^2+(y_{LU}-y_{LB})^2}\cdot\frac{25,4}{DPI}$$
$$d_{RU-RB}=\sqrt{(x_{RU}-x_{RB})^2+(y_{RU}-y_{RB})^2}\cdot\frac{25,4}{DPI}, d_{LB-RB}=\sqrt{(x_{LB}-x_{RB})^2+(y_{LB}-y_{RB})^2}\cdot\frac{25,4}{DPI}$$

Ideální souřadnice rohů mapy SM75 obdržíme z jejich geografických souřadnic klasickým výpočetním postupem z Besselova elipsoidu do roviny zobrazení S-JTSK.

$$\begin{array}{lllllllll}
[\varphi,\lambda_{Ferro}]_{LU} & \rightarrow & [U,V]_{LU} & \rightarrow & [S,D]_{LU} & \rightarrow & [\rho,\delta]_{LU} & \rightarrow & [X,Y]_{LU}\\
[\varphi,\lambda_{Ferro}]_{RU} & \rightarrow & [U,V]_{RU} & \rightarrow & [S,D]_{RU} & \rightarrow & [\rho,\delta]_{RU} & \rightarrow & [X,Y]_{RU}\\
[\varphi,\lambda_{Ferro}]_{LB} & \rightarrow & [U,V]_{LB} & \rightarrow & [S,D]_{LB} & \rightarrow & [\rho,\delta]_{LB} & \rightarrow & [X,Y]_{LB}\\
[\varphi,\lambda_{Ferro}]_{RB} & \rightarrow & [U,V]_{RB} & \rightarrow & [S,D]_{RB} & \rightarrow & [\rho,\delta]_{RB} & \rightarrow & [X,Y]_{RB}
\end{array}$$

Ideální rozměry mapového listu určíme Pythagorovou větou

$$d^{JTSK}_{LU-RU}=\frac{\sqrt{(X_{LU}-X_{RU})^2+(Y_{LU}-Y_{RU})^2}}{75}, d^{JTSK}_{LU-LB}=\frac{\sqrt{(X_{LU}-X_{LB})^2+(Y_{LU}-Y_{LB})^2}}{75}$$
$$d^{JTSK}_{RU-RB}=\frac{\sqrt{(X_{RU}-X_{RB})^2+(Y_{RU}-Y_{RB})^2}}{75}, d^{JTSK}_{LB-RB}=\frac{\sqrt{(X_{LB}-X_{RB})^2+(Y_{LB}-Y_{RB})^2}}{75}$$

Absolutní srážku sa stran rámu mapy vypočteme z rozdílů mezi skutečnou a teoretickou hodnotou rozměru mapového listu

$$s^a_{LU-RU}=d^{JTSK}_{LU-RU}-d_{LU-RU},\quad s^a_{LU-LB}=d^{JTSK}_{LU-LB}-d_{LU-LB}$$
$$s^a_{RU-RB}=d^{JTSK}_{RU-RB}-d_{RU-RB},\quad s^a_{LB-RB}=d^{JTSK}_{LB-RB}-d_{LB-RB}$$

Následuje výpočet relativní srážky sr

$$s^r_{LU-RU}=\frac{d^{JTSK}_{LU-RU}}{d_{LU-RU}},\quad s^r_{LU-LB}=\frac{d^{JTSK}_{LU-LB}}{d_{LU-LB}},\quad s^r_{RU-RB}=\frac{d^{JTSK}_{RU-RB}}{d_{RU-RB}},\quad s^r_{LB-RB}=\frac{d^{JTSK}_{LB-RB}}{d_{LB-RB}}$$

Výsledná relativní srážka sh v horizontálním a sv v vertikálním směru je určena jako aritmetický průměr srážky na severní a jižní a západní a východní straně mapového listu. Autoři tohoto příspěvku si jsou vědomi,

FOTO: XX

že tento postup je možné upřesnit zohledněním vlivu srážky ve směru střední příčky ve směru západ-východ a sever-jih, jak je v geodetické praxi zvykem. Zda tato úprava významně zpřesní výsledky je otázkou budoucího výzkumu.

$$s_h = \frac{s^r_{LU-RU} + s^r_{LB-RB}}{2}, \quad s_v = \frac{s^r_{LU-LB} + s^r_{RU-RB}}{2}$$

Opravné korekce polohy rohových bodů vypočteme použitím faktoru pro srážku v příslušném směru

$$y'_{LU} = \frac{y_{LU}}{s_h}, \quad y'_{RU} = \frac{y_{RU}}{s_h}, \quad y'_{LB} = \frac{y_{LB}}{s_h}, \quad y'_{RB} = \frac{y_{RB}}{s_h}$$

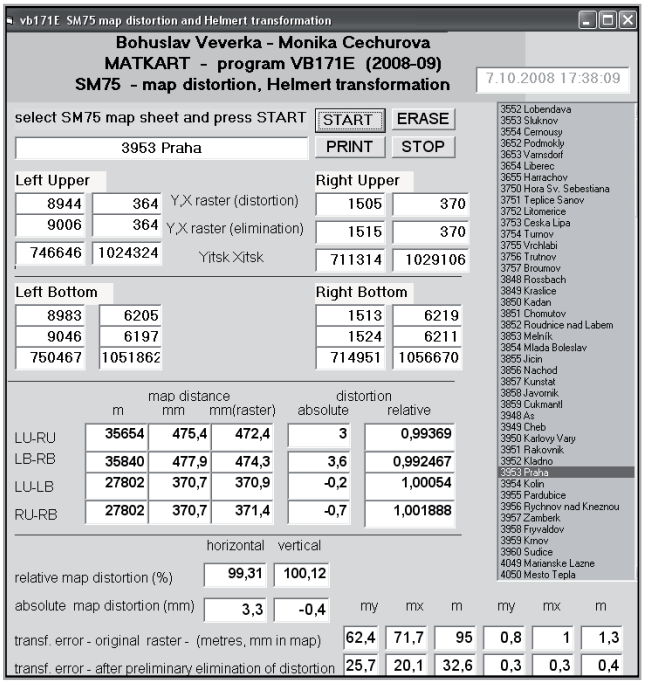
$$x'_{LU} = \frac{x_{LU}}{s_v}, \quad x'_{RU} = \frac{x_{RU}}{s_v}, \quad x'_{LB} = \frac{x_{LB}}{s_v}, \quad x'_{RB} = \frac{x_{RB}}{s_v},$$

Máme nyní k dispozici dva soubory souřadnic rohů SM75 pro Helmertovu transformaci. Prvním jsou původní souřadnice z rastru ovlivněného srážkou $[x,y]_{LU}$, $[x,y]_{RU}$, $[x,y]_{LB}$, $[x,y]_{RB}$. Druhým souřadnice s eliminací vlivu srážky $[x,y]'_{LU}$, $[x,y]'_{RU}$, $[x,y]'_{LB}$, $[x,y]'_{RB}$.

Výpočetní zpracování. Protože nomenklaturní označení listu SM75 obsahuje kód vrstvy i sloupce a všechny listy mají stejný rozměr v geografických souřadnicích lze sestavit algoritmus pro určení souřadnic rohů na Beselově elipsodu a v Křovákově zobrazení získat ideální rozměry mapového listu v rovině S-JTSK a vypočíst jeho skutečné rozměry. V programu MATKART VB171E se pomocí pull-down menu zadá list SM75 a program si automaticky načte rastrové souřadnice mapového rámu ovlivněné srážkou a porovná je se souřadnicemi ideálními. Předmětem našeho zájmu je rovněž otázka jak si Helmertova transformace poradí s odlišnou srážkou ve dvou na sebe kolmých směrech. Úlohou transformace je rovněž ošetřit rozdíl mezi původním polyedrickým a použitým Křovákovým zobrazením a též náhodné chyby z odečtení rastrových souřadnic předlohy a kartografické kresby rámu SM75. Vstupem do programu jsou hodnoty rastrových souřadnic rohů mapy ovlivněné nepravidelnou srážkou mapy a její nomenklaturní označení. Program si z označení mapy určí souřadnice rohů na Beselově elipsodu a převede do systému S-JTSK jako souřadnice ideální. Z těch se spočítají ideální rozměry testované mapy a porovnáním s rozměry z rastru se určí hodnoty srážky. Dále se pomocí Helmertovy transformace určí klíč pro přímý přepočet rastrových souřadnic do systému S-JTSK s dvojím výpočtem a sice pro přímý vstup souřadnic rohů ovlivněných srážkou a pro výpočet klíče s předběžnou eliminací srážky. Závěrem uveďme, že program VB171E je již modifikován pro analogické výpočty dalších mapových děl III. mapování a sice topografické sekce (TS25) a generální mapy (GM200).

Poznámka

MATKART Educational je dlouhodobě vyvíjený a volně šiřitelný software zaměřený pro potřeby výuky digitální kartografie a geoinformatiky, poskytovaný na základě licence poskytované katedrou mapování a kartografie ČVUT v Praze. Jedná se o rozsáhlý soubor programů členěný na transformace souřadnic mezi rovinnými i geocentrickými geodetickými systémy, určování souřadnic rohů map dle jejich známé nomenklatury, nalezení map ve kterých leží bod o známých souřadnicích a výpočet jeho polohy v mapě a opačná úloha mezi bodem v mapě a souřadnicovým systémem, řešeno pro všechna státní mapová díla z území ČR. Dále řada specifických programů z oblasti výzkumu starých map aj. MATKART byl poskytnut již prakticky všem vysokým školám s výukou geodézie a kartografie a geoinformatiky, projekčním úřadům, městským orgánům, řadě pracovišť AV ČR a katastrálním úřadům. Autory SW MATKART jsou Veverka a Čechurová.



Uživatelské rozhraní VB171E.

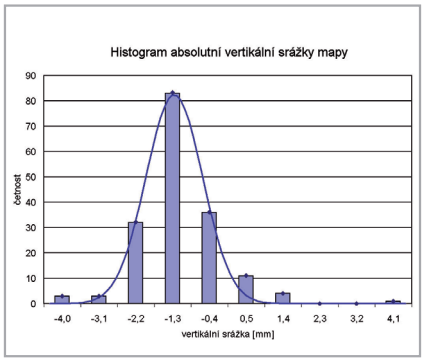
Statistické vyhodnocení. Aplikací programu VB171E na soubor 173 listů SM75 získáme z hlediska území předválečné Republiky československé prakticky základní soubory absolutní i relativní srážky v horizontálním i vertikálním směru, dále hodnoty středních polohových chyb pro transformaci z podkladu ovlivněného srážkou a s předběžnou eliminací této srážky. U všech souborů lze dále testovat jejich normalitu a navíc jak mezi hodnotami srážky tak i mezi odchylkami mx a my. Podrobně se tímto problémem zabývala Donovalová [4], která je i autorkou obrázků 4,5,6 a 7.

Zde uvedeme pouze souhrn významných faktů a jim odpovídající závěry.

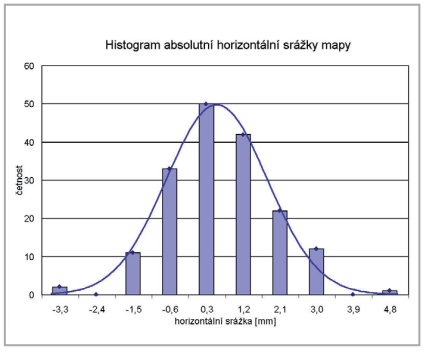
Z obr. 3 vidíme, že na vybraném listě 3953 Praha došlo v horizontálním směru ke srážce 3.3 mm (západ-východ), zatímco ve směru vertikálním (sever-jih)se mapa natáhla o 0.4 mm. Pokud bychom spočetli transformační klíč rastr –> S-JTSK budou chyby transformace celkem 95 m, tj. 1,3 mm, tato hodnota je příliš velká a Helmertova zde není vhodná. Pokud však početně předem srážku eliminujeme, klesne chyba transformace na hodnotu cca 33 m, tj. 0,4 mm,

FOTO: XX

což je akceptovatelné. Průměrné hodnoty absolutních srážek v souboru jsou 1.5 mm horizontálně a 0.6 vertikálně, existují však i listy, kde hodnota srážky překročila 4 mm. Patrně je to způsobeno stářím papíru (cca 80 let) ale především jeho nízkou kvalitou, papír je poměrně tenký a dosti porézní.

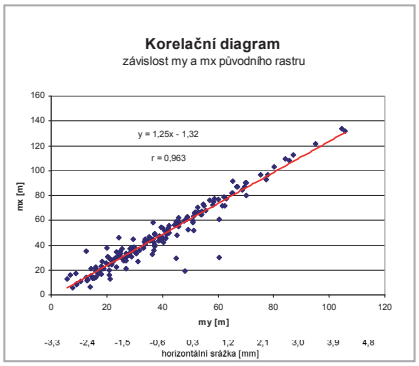


Histogram a Gaussova křivka relativních četností absolutních hodnot vertikální srážky v mm

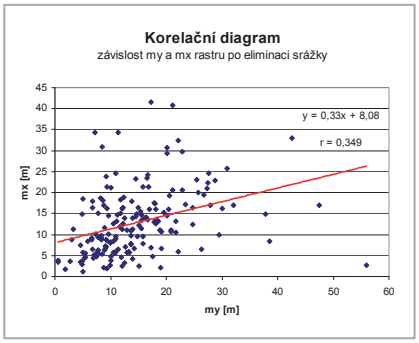


Histogram a Gaussova křivka četností absolutních hodnot horizontální v mm

Jako velmi zajímavý fakt se ukázalo, že oba soubory odchylek v obou směrech mají téměř normální rozdělení, s tím, že Gaussova křivka pro vertikální srážku je užší, protože soubor má menší variační rozpětí, viz obr. 4 a 5. Dále je poněkud nečekané zjištění o silné korelační závislosti mezi odchylkami mx a my před eliminací srážky, která je daná dle obr. 6 regresní přímkou o rovnici y=1.25x – 1.32 s korelací r=0.962, což je prakticky lineární vztah. Prokazuje se tím téměř funkční a nikoli pouze statistická závislost mezi horizontální a vertikální srážkou mapového listu, kterou nedokáže eliminovat ani Helmertova transformace.



Regresní přímka závislosti chyb mx a my bez eliminace srážky



Regresní přímka závislosti chyb mx a my po eliminaci srážky

Pokud tuto transformaci použijeme po předchozí početní eliminaci srážky, klesne nejen chyba transformace na cca třetinu ale soubor odchylek dle obr. 7 naprosto ztratí závislost mezi mx a my a rovnice regresní přímky ve tvaru y=0.33x + 8.08 při korelaci 0.349 prokazuje, že lineární závislost mezi veličinami mx a my přestala platit a obě proměnné jsou na sobě nezávislé, což je u souřadnic typu X,Y v rovině nutnou podmínkou.

Co říci na závěr ? Na základě dosažených výsledků lze konstatovat, že při předběžné početní eliminaci mapové srážky, která má povahu systematické chyby, navíc silně proměnné a rozdílné hodnoty v horizontálním a vertikálním směru, lze pomocí Helmertovy transformace eliminovat nejen zbytkové chyby ze srážky ale i chybu z náhrady polyedrického zobrazení jeho ekvivalentem dle Křováka (tím se současně odstraní problém „spára“) a chyby z nepřesnosti kartografické kresby. Pokud je výsledná přesnost Helmerta pod 0,3 mm, lze zde popsaný postup bez obav použít. S větší přesností vám totiž nenakreslí mapu žádné digitální zařízení, natož lidská ruka.

Autoři příspěvku závěrem přejí všem, kdož starou mapu – speciálku, k jakémukoli účelu používají, aby si uvědomili, že mají v ruce legendární kartografické dílo, které sloužilo armádám obou stran ve dvou světových válkách a sehrálo i významnou roli pro účely civilní. Populární „speciálka“ navíc zdaleka není archivní dokument .. je to mapa živá. ■

— Bohuslav Veverka, Monika Čechurová

Reference

① Čechurová,M. (2002): Výpočty v kladu listů rakouských topografických map ze III. vojenského mapování. Doktorská disertace na katedře mapování a kartografie, školitel Veverka. ČVUT v Praze.

② Čechurová,M., Veverka,B. (2008): Georeferencing of the II. and III. Military Austrian state mapping on the territory of the Czech Republic. In Proceedings of EGU General Assembly 2008 (abstract on DVD), Vienna, Austria.

③ Čechurová,M., Veverka,B. (2009): Cartometric analysis of the Czechoslovak version of 1:75000 scale sheets of the Third Military Survey (1918-1956). Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica, volume 44, Numer 1. Akademiai Kiadó, Budapest, Hungary.

④ Donovalová Lucie. (2009): Vliv srážky na polohovou přesnost map III. vojenského mapování. Diplomová práce na katedře mapování a kartografie, vedoucí Veverka. ČVUT v Praze.

⑤ 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, volume 44, Numer 1. Akademiai Kiadó, Budapest, Hungary.

⑥ Veverka, B., Čechurová, M. (2003): Georeferencování map II. a III. vojenského mapování. Kartografické listy 11, s. 103-113. Bratislava, Slovensko.

⑦ Veverka, B., Čechurová, M. (2009): Georeferencing and distortion analysis of the 1:75 000 Czech Special Maps of the Third Military Surveying. ICA – 4th. International workshop on Digital Approaches to Cartographic Heritage. Venice, Italy.

FOTO: XX