

Jaroslav PEŠTÁK, Ružena ZIMOVÁ

POLOHOVÁ PŘESNOST OBJEKTŮ NA MAPÁCH PRVNÍHO A DRUHÉHO VOJENSKÉHO MAPOVÁNÍ

Pešťák, J., Zimová R.: Position accuracy of objects in the maps of 1st and 2nd military mapping. Kartografické listy 2005, 13, 5 figs., 4 tabs., 5 refs.

Abstract: The maps of historical military mappings done on the territory of former Austro-Hungarian Monarchy in the 18th and 19th centuries represent unique map series containing valuable information which may be used in many specialisations. The paper deals with an analysis of positional accuracy of selected objects in the maps of the 1st and 2nd military mapping made for two testing areas located in the south of Bohemia. The coordinates of selected points identified in georeferenced raster files of historical map sheets were compared with the coordinates obtained from the digital terrain model DMÚ25, from coloured orthophoto and from direct GPS measurements in the field. The results of the analysis are presented in the form of average deviations in position of the objects within the compared data sets together with the comparison of results from two testing areas.

Keywords: military mapping, historical maps, positional accuracy

Úvod

Mapy historických vojenských mapování, provedených na našem území v 18. a 19. století, představují unikátní mapové dílo obsahující mnoho cenných informací využitelných v řadě oborů. Grantový projekt georeferencování a kartografické analýzy map těchto historických mapování, zpracováváný řešitelským kolektivem vysokoškolských pracovišť UJEP Ústí nad Labem, ZČU Plzeň a ČVUT Praha, si klade za cíl přispět k vytvoření optimálních podmínek pro co nejširší využití těchto unikátních mapových děl zejména v prostředí GIS. V rámci uvedeného projektu byla zpracována i následující analýza polohové přesnosti zobrazení vybraných prvků na mapách 1. a 2. vojenského mapování.

Mapy prvního vojenského mapování

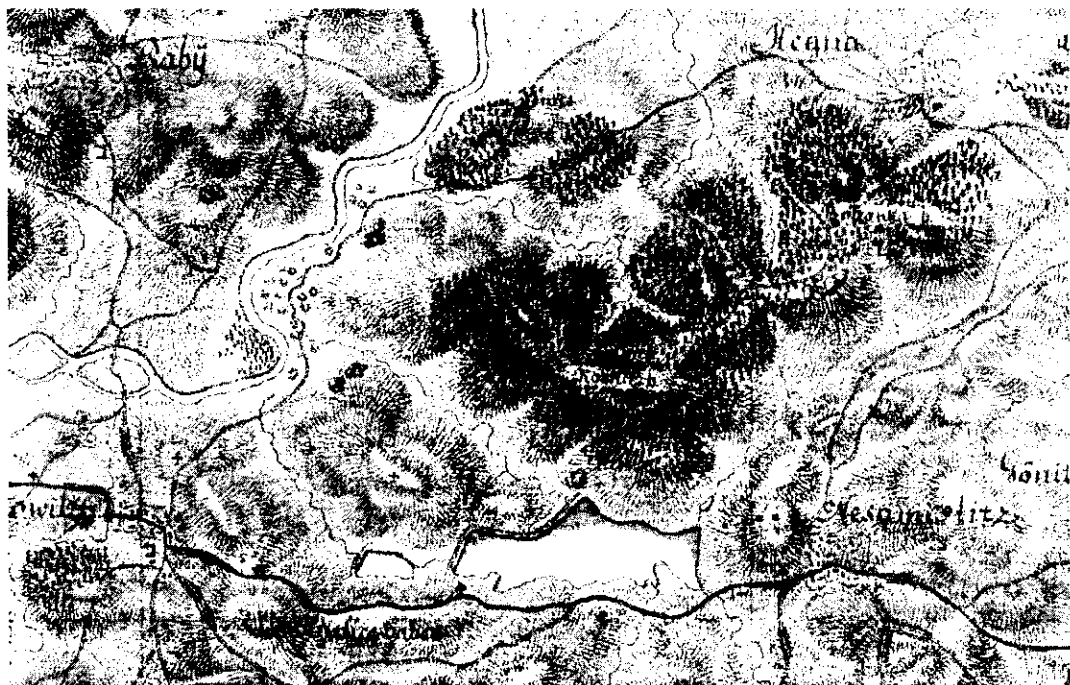
První vojenské mapování bylo prvním soustavným topografickým mapováním provedeným na území habsburské monarchie. Do té doby používané mapové podklady poskytovaly jen základní a velmi nepřesné kartografické údaje, které neodpovídaly tehdejšími potřebami vojenství a rozvoji vojenské techniky. Na území českých zemí proběhlo mapování za vlády Marie Terezie v letech 1763 – 1768 a dokončeno bylo v letech 1780 – 1787 za vlády Josefa II., bývá tedy označováno jako josefské. Mapovalo se převážně v měřítku 1:28 800, na svou dobu značně podrobném. Jeden mapový list (sekce) s rozměry přibližně 62 × 41 cm zobrazoval území cca 209 km² – na území Čech připadá celkem 273 těchto mapových sekcí značených arabskými číslicemi od západu k východu a od severu k jihu.

Mapování se neopíralo o žádné geodetické základy, geodetická i kartografická osnova zůstala zanedbána. S využitím opěrných situačních bodů přenesených ze zvětšeniny Müllerovy mapy Čech byly mapové prvky zakreslovány pouze od oka nebo s použitím nejjednodušších měřických prostředků (měřický stolek, buzola), přičemž vzdálenosti jen odhadovaly nebo krokovaly.

Ing. Jaroslav PEŠTÁK, České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, Česká republika, e-mail: jaroslav.pestak@fsv.cvut.cz

Ing. Ružena ZIMOVÁ, Ph.D., České vysoké učení technické, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, Česká republika, e-mail: zimova@fsv.cvut.cz

Na mapách byly zobrazeny zejména z vojenského hlediska významné objekty: cesty a kamenné mosty, vodstvo, bažiny, mlýny, domy, kostely, lesy aj. Pro zobrazení výškopisu byly používány šrafy, které naznačovaly průběh úpatnic významných terénních tvarů, především dominujících vyvýšenin s dobrým rozhledem (obr. 1). Mapy byly vyhotoveny barevně, na okraji listu je uveden seznam obcí s počtem měšťanů, sedláků a domkářů a další údaje.



Obr. 1 Výřez mapy 1. vojenského mapování (sekce 220)

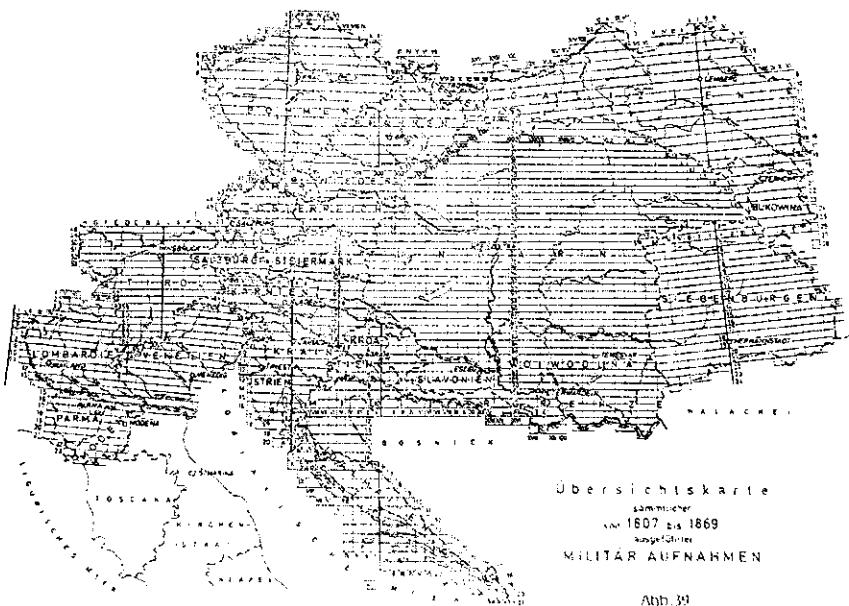
Mapy druhého vojenského mapování

Nedostatky map prvního vojenského mapování vyhotovených se značnými nepřesnostmi, hrubou zeměpisnou orientací a výraznými deformacemi, vedly již na počátku 19. století k rozhodnutí o zahájení nových mapovacích prací.

Druhé vojenské mapování (Františkovo) proběhlo na území současné České republiky v letech 1819 až 1858, pro území celé tehdejší monarchie pak mapovací práce trvaly poměrně dlouho (1807 – 1869). Na rozdíl od josefského mapování předcházelo mapovacím pracím budování souvislé trigonometrické sítě využitě též pro katastrální mapování zahájené v roce 1816, které též posloužilo jako podklad pro mapování topografické. Trigonometrická síť byla propočtena v různých souřadnicových soustavách pro celé území monarchie (obr. 2).

Počátek souřadnicového systému pro Čechy tvoří trigonometrický bod Gusterberg, použito bylo Cassini-Soldnerovo transversální válcové zobrazení ekvidistantní v kartografických polednících.

Při zachovaném měřítku 1:28 800 bylo území Čech zobrazeno na 267 mapových listech (sekcích).



Obr. 2 Souřadnicové soustavy 2. vojenského mapování v rámci Rakouska-Uherska

Mapování probíhalo metodou grafického protínání pomocí měřického stolku, měření vzdáleností krokoměrem. Výšky významných objektů byly určovány trigonometricky, pro znázornění reliéfu se používaly sklonové šrafy (obr. 3).

Na pravém okraji barevně vyhotovených sekcí byl připojen seznam obcí a osad, počet domů a stájí i údaje o tom, kolik tam lze umístit mužů, koní, apod.



Obr. 3 Výřez mapy 2. vojenského mapování (sekce W-14-III)

Testovací území a vybrané mapové prvky

Pro analýzu polohové přesnosti zákresu vybraných prvků na historických vojenských mapách byly zvoleny dvě testovací lokality – v oblastech Sušicka a Jindřichohradecka. První zvolená oblast – v jihozápadních Čechách v podhůří Šumavy mezi městy Sušice a Horažďovice – si v porovnání s jinými místy České republiky v zásadě zachovala svůj specifický krajinný ráz. Krajina se nejvíce změnila v oblasti měst a vesnic, v nezměněné poloze můžeme podle historických map v terénu nalézt zejména rybníky a jejich hráze, ale i historické budovy, kostely, kapličky ap. Druhé testovací území na Jindřichohradecku leží na území historického Vitorazska, které zaujímalo část jihovýchodních Čech a přilehlé části dnešního Rakouska. Tato oblast, ležící přibližně mezi městy Kunžak, Nová Bystřice a Slavonice, náleží k Českomoravské vrchovině a je též nazývána Česká Kanada. Ještě před osídlováním oblasti tudy vedly staré obchodní stezky. Pro krajinu jsou charakteristické rozlehlé lesy, místy se vyskytující žulové balvany a četné rybníky. Významná část tohoto území byla dříve součástí uzavřeného hraničního pásma, po roce 1945 zde zanikla řada vysídlených vesnic.

Na základě prostudování mapového obrazu historických vojenských mapování, současné Základní mapy ČR 1:25 000 a znalosti testovacích lokalit byly v rámci obou území vytipovány dobře identifikovatelné mapové prvky dochované do současnosti. Soubory vybraných bodů obsahovaly např. hráze rybníků, kostely, kříže a kapličky, křížení cest, mosty, rohy významných budov, apod. Přehled vybraných bodů resp. objektů a použitých mapových sekcí historických mapování je pro obě lokality uveden v tab. 1.

Tab. 1 Testovací území – mapové sekce a vybrané mapové prvky

Sušicko		Jindřichohradecko	
sekce 1. voj. mapování: 220 sekce 2. voj. mapování: W-14-III		sekce 1. voj. mapování: 245, 253 sekce 2. voj. mapování: O-16-V, O-16-VI	
objekt	počet	objekt	počet
geodetický bod	1	geodetický bod	2
budova	29	budova, kostel	12
most, můstek	3	most, můstek	11
křížení cest	17	křížení cest	25
vodní náhon, jez	3	vodní náhon, jez	2
hráz rybníka (výpust')	17	hráz rybníka (výpust')	21
kaplička	4	kaplička	6
boží muka, křížek	4	boží muka, křížek	22
celkem bodů	78	celkem bodů	101

Porovnávání souborů souřadnic

K analýze byla využita data a historické mapové podklady získané již dříve v rámci výzkumu probíhajícího v Laboratoři geoinformatiky UJEP Ústí nad Labem. Rastrové obrazy mapových listů historických map byly k dispozici jako soubory formátu TIFF v rozlišení 400 dpi – nicméně pro účely analýzy (a s tím spojené počítačové zpracování mapových obrazů) bylo využito souborů s rozlišovací schopností 200 dpi, kterou lze vzhledem velikosti grafické chyby mapy pro dané měřítko 1:28 800 považovat za dostatečnou a pro práci s digitálními daty optimální (Brůna et al. 2002).

Rastrové soubory jednotlivých sekcí map 1. a 2. vojenského mapování byly georeferencovány transformací do systému S-JTSK pomocí několika (4 až 6) identických bodů vybraných na okraji a ve středu zámjového území dobře identifikovatelné v historických i současných podkladech.

Pro oblast Jindřichohradecka bylo nejprve provedeno spojení rastrových obrazů příslušných sousedních mapových sekcí v programu Adobe Photoshop. Vlastní podobnostní transformace i odečítání souřadnic vybraných bodů proběhlo v grafickém systému Kokeš. Příklady lokalizace porovnávaných bodů v různých podkladech jsou uvedeny na obr. 4 a 5.

Souřadnice vybraných bodů odečtené z georeferencovaných mapových sekcí historických mapování byly porovnány se souřadnicemi získanými odečtením z DMÚ25, barevného ortofota (s rozlišením 1 m) a z přímého GPS měření v terénu. Z GPS měření v terénu (ruční navigační přístroj Garmin GPSMAP 276C s přesností určení souřadnice 10 m) byly získány soubory souřadnic WGS84, následně převedené do S-JTSK pomocí programu Matkart (Veverka 2003).

Polohová přesnost objektů

Pro všechny takto získané soubory souřadnic v jednotném systému S-JTSK bylo provedeno porovnání bodů z různých datových sad (historická mapa vzhledem k současným podkladům). Za porovnávací kritérium lze považovat posun bodu, určený z příslušných souřadnicových rozdílů (Tauchman 2003):

$$dP_{\max} < K_{1,\alpha} m_p ,$$

kde dP_{\max} je mezní posun bodu, $K_{1,\alpha}$ koeficient významnosti pro hladinu významnosti $\alpha = 0,05$ a m_p střední polohová chyba,

$$dP = \sqrt{dX^2 + dY^2} ,$$

kde dP je posun bodu, dX suřadnicový rozdíl X a dY souřadnicový rozdíl Y.

Pro každý soubor takto získaných údajů o posunech bodů byla stanovena střední polohová chyba:

$$m_p^2 = \frac{dP^2}{n} ,$$

kde m_p je střední polohová chyba, dP posun bodu a n počet bodů.

Výsledky analýzy polohové přesnosti objektů historických mapování jsou pro oblast Sušicka uvedeny v tab. 2 a pro oblast Jindřichohradecka v tab. 3. Do porovnávaných souborů nebyly zahrnuty takové body, které nesplňovaly výše uvedené kritérium (překročení mezní hodnoty posunu bodu) či které nebylo možné v analyzovaném mapovém či datovém souboru spolehlivě identifikovat. Počet bodů v porovnávaných souborech byl též ovlivněn různým systémem kladu listů mapových sekcí 1. a 2. vojenského mapování. Souřadnice Y, X (S-JTSK) bodů byly použity k výpočtu střední polohové chyby a průměrného posunu bodů ze souborů 1. resp. 2. vojenského mapování a souborů reprezentujících současný stav (GPS měření, DMÚ25, ortofoto). Porovnání výsledků analýzy z obou testovacích oblastí je uvedeno v tab. 4.

Z uvedených výsledků je zřejmé, že mapy 1. vojenského mapování vykazují v testovaných lokalitách přibližně o řád horší přesnost než mapy 2. vojenského mapování, což odpovídá rozdílnému způsobu vzniku těchto map, popsanému v úvodních odstavcích. Samotná transformace rastrové podoby mapy 1. vojenského mapování do současného souřadnicového systému je značně nepřesná, pouhým okem lze odhalit nesoulad v zakreslení mapového obrazu určitých objektů.

Tab. 2 Výsledky analýzy polohové přesnosti – Sušicko

	1. vojenské mapování		2. vojenské mapování		1. vojenské map.		2. vojenské map.	
	stř. polohová chyba m_p		stř. polohová chyba m_p		počet bodů	průměrný posun bodu [m]	počet bodů	průměrný posun bodu [m]
	skutečnost [m]	mapa [mm]	skutečnost [m]	mapa [mm]				
GPS	336	11,7	50	1,7	46	270	78	34
DMÚ 25	333	11,6	49	1,7	42	262	66	33
ortofoto	339	11,8	47	1,6	45	272	78	32
průměr	336	11,7	49	1,7		268		33

Tab. 3 Výsledky analýzy polohové přesnosti – Jindřichohradecko

	1. vojenské mapování		2. vojenské mapování		1. vojenské map.		2. vojenské map.	
	stř. polohová chyba m_p		stř. polohová chyba m_p		počet bodů	průměrný posun bodu [m]	počet bodů	průměrný posun bodu [m]
	skutečnost [m]	mapa [mm]	skutečnost [m]	mapa [mm]				
GPS	173	6,0	40	1,4	75	157	71	29
DMÚ 25	176	6,1	38	1,3	54	162	51	25
ortofoto	178	6,2	38	1,3	71	162	61	25
průměr	176	6,1	39	1,3		160		26

Tab. 4 Porovnání výsledků analýzy z obou testovacích oblastí

Lokalita	1. vojenské mapování		2. vojenské mapování		1. vojenské map.	2. vojenské map.
	stř. polohová chyba m_p		stř. polohová chyba m_p		průměrný posun bodu [m]	průměrný posun bodu [m]
	skutečnost [m]	mapa [mm]	skutečnost [m]	mapa [mm]		
Sušice	336	11,7	49	1,7	268	33
J. Hradec	176	6,1	39	1,4	160	26
průměr	256	8,9	44	1,5	214	30

V rámci lokality Jindřichohradecko ukazují výsledky analýzy na výrazně vyšší polohovou přesnost objektů na mapách 1. i 2. vojenského mapování ve srovnání s lokalitou Sušicka. Do jisté míry mohou být výsledky ovlivněny volbou identických bodů pro transformaci rastrového mapového obrazu, nicméně téměř dvojnásobná střední polohová chyba u 1. vojenského mapování v oblasti Sušicka ukazuje spíše na rozdílnou kvalitu prováděných mapovacích prací v terénu či dodatečnou zpřesňující rektifikaci v oblasti Jindřichohradecka.

Spolehlivost dosažených výsledků dokumentují hodnoty průměrného posunu bodu, resp. střední polohové chyby získané při analýze polohové přesnosti objektů na historické mapě vzhledem k dnes dostupným datovým zdrojům (GPS, DMÚ25, ortofoto), které vycházejí přibližně stejně (viz příslušné sloupce v tab. 2 a 3). Průměrné hodnoty z obou testovacích lokalit přibližně odpovídají výsledkům obdobných analýz prezentovaných v poslední době (Tauchman 2003, Pokorný a Hájek 2003, Pešřák 2005).

Závěr

Výsledky analýzy v rámci každé z testovacích lokalit potvrzují předpoklad přibližně o řád horší přesnosti u objektů na mapách 1. vojenského mapování, které vznikaly bez přesných geodetických základů a kartografické projekce převážně měřením od oka. Výsledky zjištěné u objektů na mapách 2. vojenského mapování ukazují na již poměrně přesné technické dílo vybudované na své době odpovídajících geodetických a kartografických základech.

Vzájemné porovnání výsledků z obou testovacích oblastí ukazuje, že přesnost zakresu objektů na mapách druhého, ale zejména prvního vojenského mapování, je pro oblast Jindřichohradecka ve srovnání se Sušickem výrazně lepší. Vzhledem ke způsobu vzniku historických vojenských map lze předpokládat, že přesnost mapového obrazu bude proměnlivá s měnící se lokalitou (charakter krajiny, pečlivost měření apod.) a také s dobou provádění mapovacích prací.

Mapy historických vojenských mapování, pokrývající celé území bývalé rakousko-uherské monarchie a tedy i nyní České republiky, jsou nenahraditelným zdrojem informací pro studium historie a vývoje krajiny a mohou být využity odborníky z oblasti geografických věd, krajinné ekologie, historie, archeologie, geobotaniky, geodézie, kartografie a dalších. Zpracovaná analýza polohové přesnosti objektů na historických vojenských mapách může podpořit možnosti využití těchto cenných mapových podkladů v prostředí geografických informačních systémů.

Zdroje dat

Mapové sekce vojenských historických map byly získány z následujících zdrojů:

1st and 2nd Military Survey, Section No. 220, 253, 245, W-14-III, O-16-V, O-16-VI Austrian State Archive/Military Archive, Vienna;

Ministry of Environment of Czech Republic - <http://www.env.cz>;

Geoinformatics Laboratory, University of J.E.Purkyne - <http://www.geolab.cz>.

Literatura

BRŮNA, V., BUCHTA, I., UHLÍŘOVÁ, L. (2002). Identifikace historické sítě prvků ekologické stability krajiny na mapách vojenských mapování. *Acta Universitatis Purkynianae 81, Studia geoinformatica II*, Ústí nad Labem (Laboratoř geoinformatiky UJEP).

PEŠŤÁK, J. (2005). Historický obraz krajiny na mapách 1. a 2. vojenského mapování a polohová přesnost znázorněných objektů. In *Sborník 7. Odborné konference doktorského studia s mezinárodní účastí JUNIORSTAV 2005*. Brno (VUT). Díl 9, 115-120.

POKORNÝ, M., HÁJEK, M. (2003). Analýza priestorových objektov na mapách 1. vojenského mapovania. Bratislava. *Kartografické listy*, 11, 74-84.

TAUCHMAN, M. (2003). *Polohová přesnost vybraných prvků map 1 a 2. vojenského mapování*. Diplomová práce. Praha (Stavební fakulta ČVUT).

VEVERKA, B. (2003). *Uživatelská příručka softwaru Matkart*. Praha (Geosoft).

Příspěvek byl zpracován s podporou projektu GAČR č. 205/04/0888, Georeferencování a kartografická analýza historických vojenských mapování Čech, Moravy a Slezska a výzkumného zámeru MSM 6840070004 Geoinformační technologie – optimalizace metod sběru, využití a prezentace geodat v zeměměřickém, krajinném a městském inženýrství.

Summary

Position accuracy of objects in the maps of 1st and 2nd military mapping

The paper deals with an analysis of position accuracy of selected objects in the maps of the 1st and 2nd military mapping made for two testing areas in the south of Bohemia – in the surroundings of the town Sušice and the town Jindřichův Hradec. The coordinates of selected points identified in raster files of historical map sheets (sections No. 220, 253, 245 and No. W-14-III, O-16-V, O-16-VI) were compared with the coordinates obtained from the digital terrain model DMÚ25, from coloured orthophoto with resolution 1m

and from direct GPS measurements in the field (GPS Garmin device with accuracy 10 m). The sets of selected points involved usually map objects as road crossings, ponds, bridges, historical buildings and churches, little chapels and wayside crosses.

Raster files of historical maps were transformed into the current plane coordinate system S-JTSK using a set of 4 – 6 identical points, which could be easily identified in both historical and current map sources. The obtained sets of X, Y coordinates were compared with the coordinates from DMU25 and coloured orthophoto recorded digitally in the geodetic software Kokeš. The WGS84 coordinates measured in the field were transformed into S-JTSK in the programme Matkart. The results of the analysis of position accuracy are presented in the form of average position deviation and absolute shift of points of the objects within the compared data sets together with the comparison of results from two testing areas.

The results of the analysis confirm that the position accuracy of the objects on the maps of 1st military mapping is much worse than the accuracy on the maps of 2nd military mapping which follows from the methods, background data and measurements done in 17th and 18th centuries. An interesting difference was obtained by comparison of the results from the two testing areas (Tabs. 1 – 4). The analysis of position accuracy of historical military maps of Bohemia may contribute to extending the possibilities of their use in current geographic information systems.

Fig. 1 A part of the map from 1st military mapping (section 220)

Fig. 2 Coordinate systems of 2nd military mapping on the territory of the Austro-Hungarian Monarchy

Fig. 3 A part of the map from 2nd military mapping (section W-14-III)

Fig. 4 Examples of localisation of compared points (orthophoto and DMÚ 25)

Fig. 5 Examples of localisation of compared points (2nd military mapping)

Tab. 1 Testing areas – map sections and selected map objects

Tab. 2 Results of the analysis of positional accuracy – region of Sušice

Tab. 3 Results of the analysis of positional accuracy – region of Jindřichův Hradec

Tab. 4 Comparison of results from both testing areas

Lektoroval:

Ing. Radek DUŠEK, Ph.D.,

Přírodovědecká fakulta Ostravská univerzita, Ostrava