

Kartometrická analýza Vogtovy mapy

Autoři: Tomáš Bayer, Markéta Potůčková

Mapa „Nova Totius Regni Bohemiae – kartometrická analýza Vogtovy mapy Čech“ vznikla jako výsledek výzkumu a vývoje „N – specializovaná mapa“ v rámci projektu TEMAP

Specializovaná mapa je tvořena dvěma mapovými poli znázorňujícími rekonstrukci geografické sítě Vogtovy mapy z odhadnutých parametrů kartografického zobrazení (Mapa 1/2), a analýzou polohové přesnosti rekonstruované Vogotovy mapy v Nicolosiho zobrazení v porovnání se současným stavem (Mapa 2/2). Tyto mapy byly umístěny v samostatných GIS vrstvách a z důvodu přehlednosti a čitelnosti rozděleny do dvou výstupů.

Mapový výstup představuje syntézu kartograficky bodových, liniových a plošných prvků. Bodové elementy jsou představovány identickými body použitými k odhadu parametrů kartografického zobrazení, liniové elementy tvoří rekonstruované poledníky, rovnoběžky a izočáry geometrické přesnosti mapy. Plošné objekty jsou reprezentovány současným správním uspořádáním. Zpětná rekonstrukce geometricko-kartografických parametrů Vogtovy mapy byla realizována na základě komplexního historicko-kartografického výzkumu území Čech, při kterém byla provedena analýza území s cílem nalézt podmnožinu obsahových prvků mapy splňujících kartografická, historická, geografická a geometrická kritéria. Analýza zahrnuje výzkum území, propojující sémiotické, geometrické, geografické či historické aspekty analyzovaného území.

Morfografická analýza znaků

V první fázi byly analyzovány morfometrické vlastnosti kartografických znaků analyzované mapy a byla provedena klasifikace a výběru typově identických znaků. Jednalo se zejména o města, přístavy, soutoky, církevní stavby, či konstrukční prvky mapy, např. mapový rám, síť poledníků či rovnoběžek. Kartografické reprezentace těchto prvků se v průběhu posledních cca 400 let měnily, přesto lze vysledovat některé společné prvky. Vlastnosti znaku, jako je velikost, tvar, orientace, způsob znázornění, metoda umístění, či kresba přes míru, ovlivňují přesnost detekčního procesu. Pro analýzu jsou preferovány zejména znaky bodové a liniové, které jsou umisťovány geometricky korektně (tj. nedochází k posunům vůči jiným prvkům), pro plošné znaky jsou obtížněji určitelné vzájemně si odpovídající segmenty.

Analýza geografická

U zvolených obsahových prvků je nutné analyzovat, zda tyto objekty v současnosti fyzicky existují, a jsou zakresleny na aktuálních mapách. Jedná se zejména o různé církevní objekty (kostely, kláštery), hrady, tvrze, zámky, které mohly v průběhu věků zaniknout či změnit svoji polohu (např. přesun centra sídla v důsledku stavby zámku v podhradí). Na starých mapách tvoří tyto objekty cca 10% jejich obsahu. U starých map může trvat poměrně dlouhou dobu, než jsou vhodné prvky nalezeny a „spárovány“ se současným stavem.

Analýza historická

U prvků, nad kterými bude analýza provedena, se snažíme na současné mapě nalézt jejich umístění v době vzniku staré mapy. Tento aspekt je důležitý zejména u sídel, kdy se v průběhu staletí měnila poloha center, opor moci (hrady, kláštery), které byly přebudovávány na zámky, či rušeny. Od 18. století dochází k bourání městských hradeb a expanzi měst mimo svá přirozená historická centra, jakožto důsledek průmyslové revoluce. Centrum současného sídla z geometrického hlediska nemusí být totožné s jeho centrem historickým. Pro zvýšení efektivity analýzy je tedy důležité nalézt

historické centrum sídla na současné mapě, které bude odpovídat zhruba centru sídla na analyzované staré mapě. U sporných případů je nutná konzultace s historickou literaturou.

Analýza geometrická

Z hlediska přesnosti odhadnutých parametrů zobrazení je tato analýza nejvýznamnější. Ne všechny spárované objekty na analyzované a referenční mapě lze z geometricko-kartografického hlediska použít. Jedná se o prvky v místech, kde jsou vlastnosti kartografického zobrazení podobné, např. podél rovníku, centrálního poledníku, či kolem pólů. Analyzované prvky by měly být zvoleny tak, aby měly zhruba stejnou prostorovou hustotu. Oblasti bez analyzovaných prvků, clustery, prvky volené pouze podél poledníků či podél rovnoběžek způsobí, že zobrazení nebude detekovatelné. Malá území do 3° zeměpisné šířky či délky jsou téměř nedetekovatelná, ve všech kartografických zobrazeních mají podobný tvar. Daleko přesněji než obsahové prvky map, jsou znázorněny uzlové body geografické sítě. Volbě prvků vstupujících do analýzy je třeba věnovat velkou pozornost, pouze menšina z nich může být prakticky použita.

Analýza chybně zakreslených prvků

Jelikož řada analyzovaných map nemá geometricko-konstrukční základy, některé obsahové prvky jsou zatíženy hrubou chybou v poloze. Použitý estimátor, MNČ, není robustní, jeho bod selhání je velmi nízký. Už jeden nekorektně zakreslený prvek může zcela zkreslit výsledky analýz. Proto je prostřednictvím metod robustní statistiky (studentizované M-odhady polohy) nutné odhalit tyto chybně zakreslené prvky (outliers) a z analýz je odstranit. Navržená metoda tyto chybné prvky nalezne automaticky, avšak operátor musí rozhodnout, co s takovým objektem bude následně provedeno. Pokud byl špatně identifikován díky jazykové podobnosti nebo došlo k jeho posunu vlivem chybného zaměření či generalizace, je vypuštěn z analýzy. V případě chyby ze strany operátora je poloha prvku opravena, a analýza je provedena opakovaně.

Popis výsledku

Cílem je provedení kartometrické analýzy mapy zahrnující detekci kartografického zobrazení se zpětnou rekonstrukcí geografické sítě, superimpozici starého a nového stavu správného uspořádání, analýza geometrické přesnosti mapy v závislosti na geografické poloze vyjádřená formou izočar, doplněné komentovanými chybami a zajímavostmi v zákresech významných geografických objektů. Výstup ilustruje vliv absence geometricko-konstrukčních základů na její polohovou přesnost, dobový stav poznání světa a znázorňuje zajímavé kartografické „omyly“. Jako výukový materiál ilustrující vývoj kartografických technik, dobových geografických znalostí o Čechách, bude sloužit jak laické i odborné veřejnosti. Geometrické analýzy provedeny v SW detectproj.

První mapa znázorňuje rekonstrukci geografické sítě Nicolosiho zobrazení, provedenou ze 134 identických bodů rovnoměrně rozložených po celé ploše mapy, doplněnou současným uspořádáním krajů, realizovanou jako superimpozici nad analyzovanou mapou. Kartografické zpracování bylo realizováno v SW ArcGIS, jednotlivé obsahové prvky byly uloženy ve formě samostatných vrstev. Typografické zpracování bylo provedeno v SW Adobe Illustrator. Nicolosiho zobrazení s parametry $\varphi_K = 90.0^\circ$, $\lambda_K = 0.0^\circ$, $\varphi_0 = 0^\circ$, $\lambda_0 = 6.6^\circ$, $\alpha = 4.0^\circ$, bylo metodou hybridní BFGS detekováno jako nejpravděpodobnější možné zobrazení pro tuto mapu, pro analýzu byl využit SW detectproj. Připomeňme, že vzhledem k relativně malému území zobrazenému na Vogtově mapě mají další kandidátní zobrazení podobné vlastnosti. Z analýzy Vogtovy mapy je patrné, že mapa není orientována přímo k severu, je vůči geografické síti je stočena zhruba o 4° . Porovnáním se současným stavem je u Vogtovy mapy patrný posun historických hranic, došlo k významné změně v počtu a umístění krajů (např. zanikl loketský kraj).

Druhá mapa znázorňuje analýzu geometrické přesnosti rekonstruované Vogtovy mapy v Nicolosiho zobrazení jako funkci geografické polohy, vyjádřenou formou izočar s krokem 2.5 km. Izočáry byly vygenerovány z polohových odchylek získaných metodou hybridní BFGS nad 134 identickými body.

Zajímavostí je fakt, že J. G. Vogt, který působil v plaském klášteře, zakreslil západní Čechy (tj. nejbližší okolí) s mnohem vyšší přesností, než severní a východní Čechy. Analýza navazuje na původní výzkum Vogtovy mapy prováděný v letech 2008-2009, kde však nebyla prováděna rekonstrukce mapy v odhadnutém kartografickém zobrazení. Dosažené výsledky jsou v souladu s předchozími publikovanými závěry. Na mapě jsou patrné hrubé chyby v zákresu několika měst, např. města Vlašimi, zříceniny hradu Žampach, či obce Hejnice, u kterých polohová odchylka přesahuje 15 km. Obsahové prvky mapy byly umístěny do samostatných vrstev, pro kartografické zpracování byly použity SW ArcGIS a Adobe Illustrator.

Seznam použité literatury

- [1] Balletti, C., Guerra, F., Monti, C.: Venice: New life in an old map: Geometrical analysis and georeferenced visualisation of historic maps. *Geoinformatica* 3, 40{43(2000)}
- [2] Bugayevskiy, L.M., Snyder, J.: Map Projections: A Reference Manual. CRC Press (1995)
- [3] Frank, R., Ester, M.: A quantitative similarity measure for maps. In: A. Riedl, W. Kainz, G.A. Elmes (eds.) *Progress in Spatial Data Handling*, pp. 435{450. Springer Berlin Heidelberg (2006).
- [4] Jenny, B., Hurni, L.: Cultural heritage: Studying cartographic heritage: Analysis and visualization of geometric distortions. *Comput. Graph.* 35(2), 402{411(2011)
- [5] Lagarias, J.C., Reeds, J.A., Wright, M.H., Wright, P.E.: Convergence properties of the Nelder-Mead simplex method in low dimensions. *SIAM J. on Optimization* 9(1), 112{147 (1998).
- [6] Okabe, A., Boots, B., Sugihara, K., Chiu, D.S.N., Chiu, S.N.: *Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams* (Wiley Series in Probability and Statistics). Wiley (2000)
- [7] Rousseeuw, P.J., Leroy, A.M.: *Robust regression and outlier detection*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA (1987)
- [8] Wamelen, P.B.V., Li, Z., Iyengar, S.S.: A fast algorithm for the point pattern matching problem (1999)

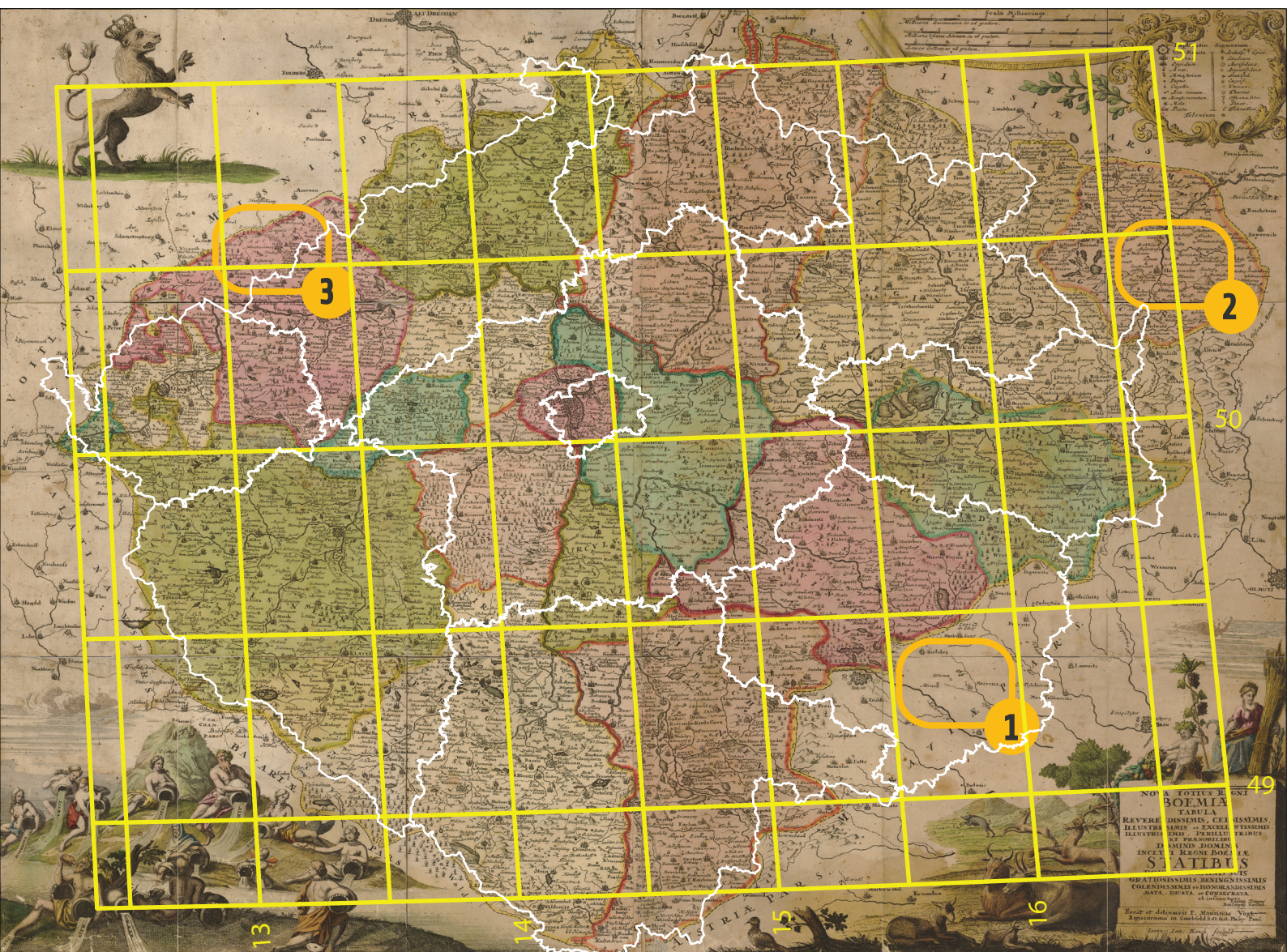
Seznam publikací, které předcházely

- [1] Bayer T.: Estimation of an unknown cartographic projection and its parameters from the map, In: *GeoInformatica*, <http://dx.doi.org/10.1007/s10707-013-0200-4>, Springer US, 2014, P 1-49,
- [2] Bayer T., *Advanced Methods for the Estimation of an Unknown Cartographic Projection from a Map*, *Geoinformatica*, 2015, stav: in print

NOVA TOTIUS REGNI BOHEMIAE

Kartometrická analýza Vogtovy mapy Čech (1/2)

M 1:700 000



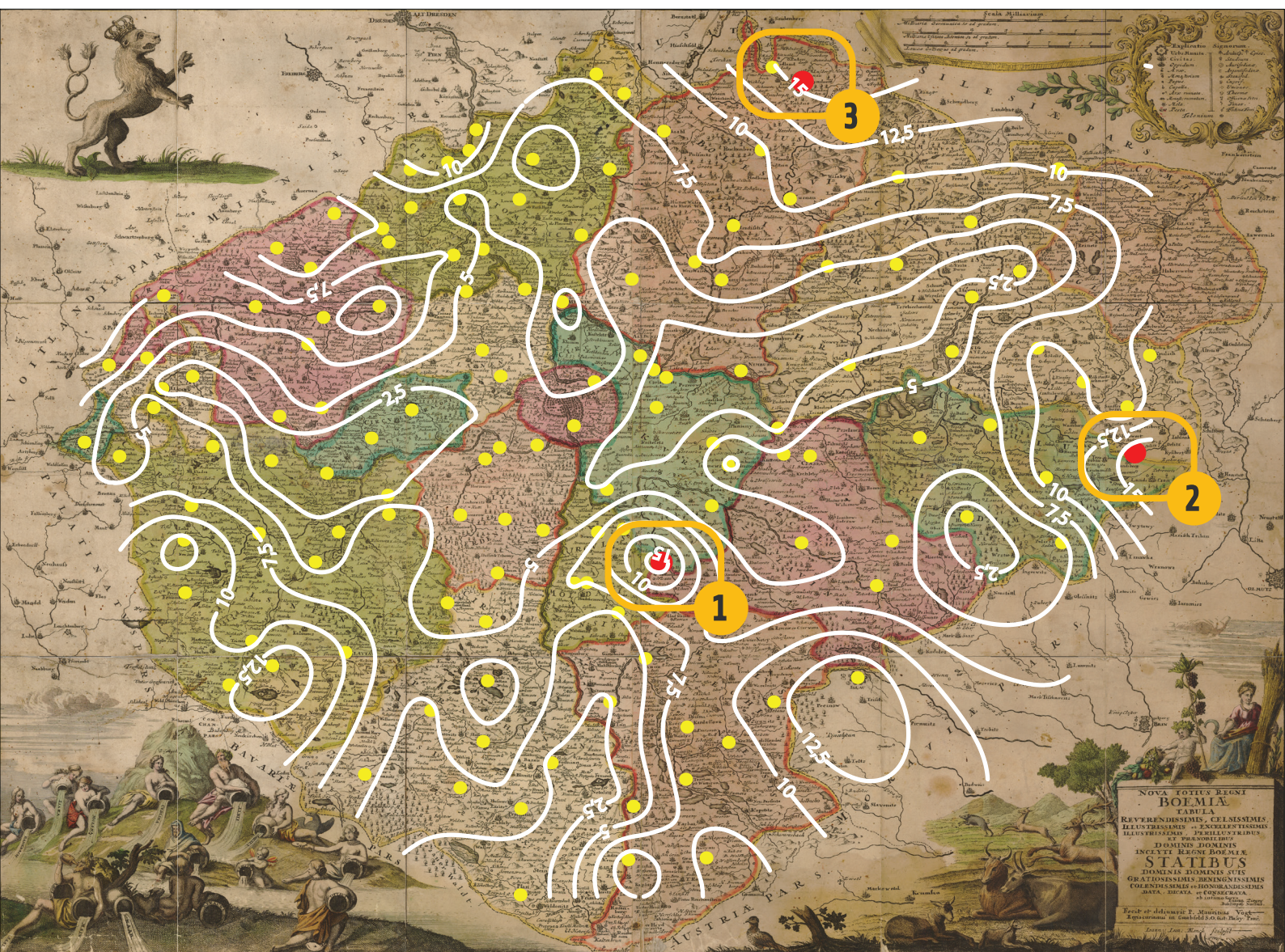
Zpětná rekonstrukce geografické sítě z detekovaných parametrů kartografického zobrazení: Nicolosiho zobrazení, normální poloha $\varphi_K = 90.0^\circ$, $\lambda_K = 0.0^\circ$, $\varphi_0 = 0^\circ$, $\lambda_0 = 6.6^\circ$, $\alpha = 4.0^\circ$. SW detectproj, W-NLSP řešená metodou hybridního BFGS, 134 identických bodů. Mapa není orientována přesně k severu, úhel stočení činí přibližně 4° . Superimpozice starého a současného stavu, přehled krajů. Uvádíme nejvýznamnější nepřesnosti a zajímavosti:

- 1 odlišný průběh historické hranice mezi Čechy a Moravou
- 2 Kladsko součástí Čech
- 3 chyby v zákresu historické hranice v oblasti Krušných hor

NOVA TOTIUS REGNI BOHEMIAE

Kartometrická analýza Vogtovy mapy Čech (2/2)

M 1:700 000



Izočáry polohových odchylek rekonstruované Vogtovy mapy v Nicolosiho zobrazení od skutečného stavu, generované s krokem 2.5 km ze 134 identických bodů rovnoměrně rozložených po celé ploše mapy, ilustrují geometrickou přesnost mapy. Polohové odchylky byly získány metodou hybridního BFGS s využitím SW detectproj. Uvádíme tři místa s největšími polohovými odchylkami:

- 1 Vlašim: 16 km
- 2 Žampach: 16 km
- 3 Hejnice: 15 km