

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

Bc. Michal BALCÁREK

**POLOHOVÉ ZPŘESNĚNÍ VYBRANÝCH ZNAKŮ
STARÝCH MAP**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Peter Mackovčin, Ph.D.

Olomouc 2016

Bibliografický záznam

Autor (osobní číslo):	Bc. Michal Balcárek (R140245)
Studijní obor:	Regionální geografie
Název práce:	Polohové zpřesnění vybraných znaků starých map
Title of thesis:	Positional precision of chosen symbols on old maps
Vedoucí práce:	Mgr. Peter Mackovčín, Ph.D.
Rozsah práce:	97 stran, 2 přílohy
Abstrakt:	<p>Tato diplomová práce má za úkol zhodnotit polohovou přesnost císařských otisků stabilního katastru obce Velká nad Veličkou v porovnání s aktuálními mapami. Stejný úkol se týká i mapy z fondu Velkostatek Strážnice z roku 1762. Z jednotlivých map stabilního katastru je dále zapotřebí vytvořit bezešvou vrstvu, kterou je možné prohlížet v internetovém prohlížeči na podkladech Google Maps nebo OpenStreetMap. Součástí práce jsou i tabulky polohových chyb pro jednotlivé mapy.</p>
Klíčová slova:	Velká nad Veličkou, polohová chyba, stará mapa, stabilní katastr, georeferencování
Abstract:	<p>The main goal of this thesis is to appraise the positional accuracy of Imperial Imprints of the Stable Cadastre of Velká nad Veličkou in comparison with current maps. Same objective also applies to the map from the Manor Strážnice fund published in 1762. In order to view maps in a web browser using Google Maps or OpenStreetMap background layer, the creation of seamless layer from both individual maps of the Stable Cadastre is needed. Tables of positional errors for individual maps are also included.</p>
Key words:	Velká nad Veličkou, positional error, old map, stable cadastre, georeferencing

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem magisterskou práci magisterského studia oboru Regionální geografie vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Petera Mackovčina, Ph.D.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, zákonu autorského a na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu univerzity poskytovat.

V Olomouci 10. dubna 2016

Děkuji vedoucímu práce Mgr. Peteru Mackovčínovi, Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji zaměstnancům regionálního pracoviště CHKO Bílé Karpaty za návrhy řešení diplomové práce.

Za poskytnutá data děkuji Českému úřadu zeměměřickému a katastrálnímu, který sídlí v Praze a také Moravskému zemskému archivu v Brně. Dále děkuji své rodině a všem známým za trpělivost.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal BALCÁREK**
Osobní číslo: **R140245**
Studijní program: **N1301 Geografie**
Studijní obor: **Regionální geografie**
Název tématu: **Polohové zpřesnění vybraných znaků starých map**
Zadávací katedra: **Katedra geografie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Na vybraných katastrálních územích Slovensko-moravských Karpat provést georeferenci a porovnání polygonů (plužin, pozemků) nad starými mapami stabilního katastru 1 : 2880 (18341852) a aktuálními digitálními mapami 1 : 2000 (20062012). Posouzena bude polohová přesnost map. Podle zjištěných výsledků navržený další kroky jak interpretovat zpracované mapové podklady. Dále budou vyhodnoceny parametry polygonů a bodových znaků pro potřeby Správy Chráněné krajinné oblasti Bílé Karpaty.

Rozsah grafických prací: Podle potřeb zadání
Rozsah pracovní zprávy: 20 000 - 24 000 slov
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Bičík a kol. (2010): Vývoj využití ploch v Česku. Univerzita Karlova v Praze, Praha, 250 s.

Cejthaml J. (2012): Old map series and their georeferencing for environmental GIS applications., ČVUT Praha.

Cejthaml J. (2013): Jak georeferencovat staré mapy. Kartografické listy, Bratislava 21:2 3-10.

Mackovčín P., Jatiová M. (2001): Chráněná území ČR. Svazek II. Zlínsko. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

Mackovčín P., Borovec R., Demek J., Eremiášová R., Havlíček M., Chrudina Z., Rysková R., Skokanová H., Slavík P., Stránská T., Svoboda J. (2011): Changes of land use the Czech Republic. Collection of maps in scale 1 : 200 000, Pruhonice 68 s.

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Peter Mackovčín, Ph.D.
Katedra geografie

Datum zadání diplomové práce: 25. listopadu 2014
Termín odevzdání diplomové práce: 10. dubna 2016

L.S.

Prof. RNDr. Ivo Frébort, CSc., Ph.D.
děkan

Doc. RNDr. Zdeněk Szczyrba, Ph.D.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 25. listopadu 2014

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
ÚVOD	11
1 CÍLE PRÁCE.....	12
2 VELKÁ NAD VELIČKOU	13
3 POUŽITÁ DATA A METODY ZPRACOVÁNÍ.....	14
3.1 Stabilní katastr.....	14
3.2 Mapa poddanských pozemků kolem městečka Velká.....	15
3.3 Použité programy	15
3.4 Postup zpracování	16
4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	17
4.1 Zdroje dat	18
4.2 Studium polohových chyb.....	19
4.3 Shrnutí.....	22
5 KARTOMETRICKÉ ANALÝZY	23
5.1 Měření planimetrických nepřesností	23
5.2 Digitalizace	25
5.3 MapAnalyst.....	28
5.3.1 Transformace rastru v SW MapAnalyst	28
5.3.2 Práce v SW MapAnalyst.....	32
5.4 Georeferencer	36
6 ANALÝZA V PRODUKTECH GIS	39
6.1 Nekomerční GIS.....	41
6.2 Komerční GIS	42
6.3 Georeferencování	43
6.3.1 Transformační metody.....	45
6.3.2 Volba identických bodů.....	46
6.3.3 Jednotlivé metody postupu georeferencování	46
6.4 Převzorkování rastru	48
6.5 Práce v SW ArcMap 10.2.2.....	49
6.5.1 Transformace rastru v SW ArcMap.....	55
6.5.2 Tvorba bezešvého rastru	57
6.5.3 Polohové chyby mapových podkladů.....	60
7 PROHLÍŽEČKA	63
7.1 Práva.....	63
7.1.1 Autorské právo.....	63
7.1.2 Vlastnické právo	63

7.2	Tvorba publikace.....	63
8	VÝSLEDKY	67
8.1	Polohové nepřesnosti	67
8.2	Bezešvý rastr obce Velká nad Veličkou.....	67
8.3	Mapa poddanských pozemků kolem městečka Velká.....	69
9	DISKUZE	70
10	ZÁVĚR	72
11	SUMMARY	74
	POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
	PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
API	Application Programming Interface
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
AUX	AUXiliary
BMP	BitMaP image file
CAD	Computer Aided Design
CCD	Charge-Coupled Device
CGIS	Canadian Geographic Information System
ČÚZK	Český Úřad Zeměměřický a Katastrální
ČVUT	České Vysoké Učení Technické
DjVu	Déjà Vu
DPI	Dots Per Inch
DPZ	Dálkový Průzkum Země
DVD	Digital Versatile (Video) Disc
DXF	Drawing Exchange Format
ESPG	European Petroleum Survey Group
ESRI	Environmental System Research Institute
GIF	Graphics Interchange Format
GIS	Geografický Informační Systém
GNU GPL	GNU's Not Unix General Public License
CHKO	Chráněná Krajinná Oblast
IDW	Inverse Distance Weighting
IGU	International Geographical Union
JPEG (JPG, JPEG2000)	Joint Photographics Expert Group
LUCC	Land Use/Cover Change
MNČ	Metoda Nejmenších Čtverců
MXD	Map eXecutable Document
MZA	Moravský Zemský Archiv
ORP	Obec s Rozšířenou Působností
OS	Operační Systém
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
OVR	OVeRview
PNG	Portable Network Graphics

RMS	Root Mean Square
RZM	Rastrová Základní Mapa
S-JTSK	Systém Jednotné Trigonometrické Sítě Katastrální
SHP	SHaPefile
SVG	Scalable Vector Graphics
SW	SoftWare
TIFF (GeoTIFF)	Tag Image File Format
TPS	Thin Plate Splines
VÚGTK	Výzkumný Ústav Geodetický, Topografický a Kartografický
WGS	World Geodetic System
WMF	Windows MetaFile
WMS	Web Map Service
ZABAGED	ZÁkladní BÁze GEografických Dat
ZČU	Západočeská Univerzita

ÚVOD

Výzkum a zpracování starých map či jiných historických dokumentů je v současné době stále více vyhledávaným zdrojem informací. Staré mapy se staly cílem bádání řady výzkumných pracovníků, ale i nadšenců z řad veřejnosti. Nespornou výhodou starých map je fakt, že porozumět obsahu toho, co je na mapě zobrazeno, je velmi snadné.

Termín stará mapa nelze jednoznačně definovat resp. stanovit jejich časovou hranici. Dříve byla pod tímto termínem označována mapová díla, která byla vyhotovena od nejstarších dob až do první poloviny 19. století. Pojem „stará“ je ovšem relevantní, mohou tak být označena i díla, která byla vydána například před pěti lety z toho důvodu, že jejich obsah již neodpovídá skutečnosti (Balcárek, 2013). Dle E. Semotanové (2001) lze téměř s jistotou slovem „stará“ označit každou mapu, která vznikla před více než jedním stoletím. Jedná se o díla, která jsou z badatelského hlediska velmi zajímavá a stále více vyhledávaným zdrojem ať už pro vědecké účely nebo pro širokou veřejnost. Některá z nejstarších mapových děl by se pro svoji zdobnost daly také označit jako umělecká díla.

Staré mapy většinou vznikaly bez použití kartografického zobrazení nebo toto zobrazení není známo, resp. je obtížné jej zjistit. Tyto mapy obsahují různé deformace a často vznikaly bez geodetických základů. Pro studium těchto map se využívá řada metod. Jsou jimi kartometrické analýzy, analýzy v produktech GIS (geografický informační systém) nebo pouhá vizualizace nad současným družicovým snímkem (Potůčková, 2013).

Existuje celá řada využití těchto velmi cenných dokumentů. Ať už se jedná pouze o jejich snadnější zpřístupnění veřejnosti, pomocí webových prohlížečů, které je v současné době velmi využíváné. Dále se tyto mapové podklady mohou využívat pro studium změn vývoje krajiny. Do jaké míry je ovlivněna lidským zásahem atp. Dalším velmi zajímavým zpracováním starých map jsou práce zaměřené na 3D modelování zaniklých obcí pomocí eye-trackingu či animace průběhu vojenského tažení apod. V neposlední řadě se staré mapy využívají především pro kartometrické studium map a to především jejich polohové přesnosti, která je i cílem této diplomové práce.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je provést na vybraných katastrálních územích Slovensko-moravských Karpat (katastrální území obce Velká nad Veličkou) georeferenci vybraných znaků starých map stabilního katastru v měřítku 1 : 2 880 (1836–1852) a zjistit polohové nepřesnosti mezi starou mapou a současnou referenční mapou (2006–2012). Podle zjištěných výsledků navrženy další kroky jak interpretovat zpracované mapové podklady. Dále bylo cílem vytvořit z map stabilního katastru území Velké nad Veličkou celistvou (bezešvou) mapu a porovnání polohových chyb s navazujícími identickými body s polohovými chybami jednotlivých transformací mapových podkladů bez navazujících identických bodů. V závěru práce byla dále poskytnuta mapa poddanských pozemků kolem městečka Velká z roku 1762 v měřítku cca 1 : 9 400 od Moravského zemského archivu v Brně, pro kterou měla být také zjištěna polohová nepřesnost a porovnat zjištěnou nepřesnost s předchozími hodnotami.

2 VELKÁ NAD VELIČKOU

Moravská obec Velká nad Veličkou (německy Welka) se nachází v Jihomoravském kraji v bývalém okrese Hodonín asi 13 km JV od Veselí nad Moravou. Rozkládá se na katastrální ploše 1 318 ha v severní části chráněné krajinné oblasti Bílé Karpaty. Nachází se tedy na úpatí Bílých Karpat na říčce Velička. Správa obce spadá do ORP (obec s rozšířenou působností) Veselí nad Moravou. V současné době zde žije, podle dat Českého statistického úřadu z ledna roku 2015, 2 914 obyvatel. Považuje se za největší obec Hornácké oblasti Moravského Slovácka. Průměrná nadmořská výška je pouhých 288 m. V současné době většina obyvatelstva pracuje v místní Kordárně a. s., dříve to bylo, hlavně díky své poloze, v zemědělství a také soukromý chov dobytka.



Historie obce sahá až do první poloviny 13. století, kdy se v roce 1228 objevila o obci (osadě), která patřila k majetku velehradského kláštera, první zmínka. O více než 100 let se osada dočkala povýšení na městečko patřící strážnickému panství. Poloha obce u hranic byla nevýhodou, jelikož musela čelit několika vojenským útokům. Podobu obce silně ovlivnily i ničivé požáry v 17. století, které souvisely s vpády Tatarů a vojsk uherských šlechticů. Až do roku 1920 se obec jmenoval Velká u Strážnice. Prvním obecním kronikářem, který byl ustanoven obecním zastupitelstvem Velké, se stal učitel Jan Pavliska narozen v Čeladné v roce 1884.

Obec se proslavila svým každoročním folklorním festivalem Hornácké slavnosti, který se zde koná již od roku 1957. Již od roku 1990 je starostou Ing. Jiří Pšurný, který byl zvolen opět i v posledních volbách v roce 2014. V obci se narodilo i několik **známých osobností**.

- Martin Zeman (1854–1919), folklorista, zpěvák, tanečník, hudebník a sběratel lidových písní
- Vladimír Klusák (1916–1990), klavírista a hudební skladatel
- Karel Sup (1897–1973), malíř, grafik, učitel

Místní památky:

- Kostel sv. Máří Magdalény s kněžištěm z první poloviny 14. století, opevněný hradební zdí
- Socha sv. Jana Nepomuckého z roku 1747
- Národní přírodní rezervace Zahrady pod Hájem
- Přírodní rezervace Hloží s mokřinou se vzácnými druhy rostlin a hmyzu
- Přírodní památka Nad Vápenkou
- Židovský hřbitov

3 POUŽITÁ DATA A METODY ZPRACOVÁNÍ

Podklady pro diplomovou práci byly zakoupeny přes e-shop Českého úřadu zeměměřického a katastrálního sídlícího v Praze (ČÚZK). Celkem bylo zakoupeno 13 listů ve formátu JPEG (.jpg) (Joint Photographics Expert Group), ve fyzické rozlišení 300 DPI (Dots Per Inch), v poměru velikosti 1 : 1 k originální velikosti skenované předlohy a v barevné hloubce 24 bit, tedy true color. Ke skenování byl použit velkoformátový průtahový skener Contex HD Ultra 4250+.

Mapa Velkostatku Welka, byla poskytnuta Moravským zemským archivem v Brně (MZA). Mapa se nachází na jednom mapovém listě. Byla poskytnuta ve formátu TIFF (Tag Image File Format), ve fyzickém rozlišení 400 DPI a stejně jako předchozí data, byla v poměru velikosti 1 : 1 k originálu skenované předlohy a v barevné hloubce 24 bit za použití knižního skeneru Zeutschel OS 12000 C.

3.1 Stabilní katastr

Stabilní katastr je výsledkem dlouholeté práce zeměměřičů Rakouského císařství. Jedná se soubor údajů zachycující, v té době, aktuální stav krajiny českých zemí, který se stal i podkladem pro pozdější katastrální mapy našeho území. Jeho hlavním účelem byl, jak už to bývá, zisk daně (tzv. pozemkové daně). Tento soubor byl vytvářen v letech 1826–1843 a měl nahradit svého předchůdce tzv. Josefínský katastr. Skládal se ze tří částí neboli operátů. Nejdůležitější a v této práci využívaný byl měřický operát, což je mapový výstup zeměměřických a kartografických prací. Dalšími částmi jsou písemný operát a vceňovací operát. Písemný operát zachycuje soupis všech pozemků a seznam jejich vlastníků. Vceňovací operát pak zachycuje rozdělení pozemků podle druhové a bonitní rozmanitosti.

Přípravné práce byly zahájeny již o několik let dříve a to v roce 1806. Důležitým milníkem bylo vydání patentu císaře Františka I. ze dne 23. prosince 1817 o dani pozemkové a vyměřování půdy. Nejdříve byly přesně vymezeny hranice pozemků, za účasti jejich majitelů, a následně byly tyto pozemky také zaměřeny (Wikipedia, 2016). Takto vzniklé údaje byly posléze přeneseny na katastrální mapy v měřítku 1 : 2 880. Měřítko představuje jedno dolnorakouské jitro. Pro nové mapové dílo bylo zvoleno Cassini-Soldnerovo nekonformní transverzální válcové zobrazení a systém pravoúhlých souřadnic s počátky v trigonometrických bodech Gusterberg (pro Čechy) a Svatý Štěpán (pro Moravu) (ČÚZK, 2013).

Trigonometrické zaměření bodů v terénu probíhalo na našem území v Čechách od roku 1826 až do roku 1830 a poté v letech 1837–1843. Bylo zaměřeno 967 katastrálních obcí o výměře 51 953 čtverečních km s 9 321 064 parcelami (Kostková a Římalová, 2006). Na Moravě a ve Slezsku se toto měření uskutečnilo v letech 1824–1830 a 1833–1836 a bylo zaměřeno 3 724 obcí o výměře 27 375 čtverečních km s 6 038 454 parcelami (Kostková a Římalová, 2006). Jeden z otisků byl určen k archivaci v Centrálním archivu pozemkového katastru ve Vídni a je z toho důvodu označován jako císařský povinný otisk stabilního katastru. Digitální kopie těchto otisků vlastní Zeměměřický úřad v Praze.

Soubor tvoří 11 732 katastrálních map (Čechy 8444, Morava a Slezsko 3288) na 46 732 mapových listech (Čechy 31 209, Morava a Slezsko 15 523) různých rozměrů. Základní rozměr mapového listu je 60 x 71,5 cm (Kostková a Římalová, 2006).

Císařské otisky stabilního katastru zachycují sídla a krajinu ve velice důležitém období před nástupem průmyslových proměn (Škabrada, 1999). K jejich přednostem, mimo přesného zaměření a souboru textového operátu, patří barevnost, díky které jsou jednotlivé mapové listy velmi dobře čitelné a přehledné. Z tohoto důvodu jsou tyto mapové listy vyhledávané i širokou veřejností.

3.2 Mapa poddanských pozemků kolem městečka Velká

Další zkoumanou mapou byla mapa s označením „Mapa poddanských pozemků kolem městečka Velká“, která se nachází ve fondu Velkostatek Strážnice (F 90), který vlastní Moravský zemský archiv v Brně. Samotná mapa je identifikována inventárním číslem 2348 a číslo mapy je 22. Mapu vyhotovil inženýr Josef Karel de Finkoir v roce 1762. Zachycuje mapu pozemků včetně jejich způsobů využívání. V pravém horním rohu se nachází číselné vyjádření rozměrů jednotlivých poddanských pozemků obce Velká (u Strážnice). Mapa je podlepená plátnem, kolorovaná a v rozměrech cca 77 x 54 cm. Základní délkovou jednotkou, ve které je vyhotovena, je moravský sáh. Jeden moravský sáh představuje, v dnešní metrické soustavě, vzdálenost 1,755 metrů. Na základě této informace a zjištění vzdálenosti na grafickém měřítku je možné zjistit měřítko mapy. Měřítko mapy je tedy podle zákresu grafického měřítka cca 1 : 9 400 (podle mapového obrazu cca 1 : 9 900).

3.3 Použité programy

ArcMap

ArcMap je hlavní aplikací modulu ArcView, který společně s dalšími moduly spadá do produktu ArcGIS, který vytvořila firma ESRI (Environmental Systems Research Institute). Jak již název napovídá, tak se jedná o skupinu GIS nástrojů, které slouží pro tvorbu, správu, editaci a publikaci mapové tvorby. Patří do skupiny komerčních produktů a dovoluje provést celou řadu funkcí včetně georeferencování. Georeferencování se v programu ArcMap uskutečňuje pomocí nástroje Georeferencing a volby identických bodů (viz kap. 6.2 Komerční GIS a 6.5 Práce s SW ArcMap 10.2.2).

MapAnalyst

SW (softwarové) řešení MapAnalyst patří do skupiny programů zabývajících se kartometrickou analýzou starých map. Program byl vytvořen Institutem kartografie a geoinformatiky v Curychu. Kartometrické analýzy lze v programu vizualizovat pomocí vektoru posunu, izoliniemi měřítka, izoliniemi rotace, kružnice posuvu a deformační sítě. Stejně jako předchozí ArcMap a další programy se tyto analýzy vypočítávají na základě zvolených identických bodů a za použití transformační metody (viz kap. 5.3 MapAnalyst).

MapTiler

Nástroj MapTiler vyvinula Švýcarská firma Klokan Technologies GmbH, kterou založil Petr „Klokan“ Přidal. MapTiler patří do skupiny nástrojů, které byly vyhotoveny za účelem publikace objemných rastrových souborů. Pracuje na principu tzv. dlaždicování (pyramidování) původního rastru. Její další výhodou je, že dokáže na tomto principu publikovat již dříve zgeoreferencované mapy na podkladech Google Maps či OpenStreetMap (viz kap. 7.2 Tvorba publikace).

3.4 Postup zpracování

Tvorba práce započala studiem literatury doporučené v zadání práce. Dalším krokem, který následoval, byla návštěva regionální pracoviště Správy CHKO Bílé Karpaty sídlícím v Luhačovicích (chráněná krajinná oblast). Na této schůzce bylo společně s vedoucím práce a pracovníky CHKO Bílé Karpaty projednáváno, co by bylo vhodné pro potřeby správy vyhotovit. Jedním z návrhů bylo přesné zaměření konkrétního singuláru (prostorová identifikace vybrané části lesního porostu). Nicméně po terénním šetření bylo rozhodnuto tento úkol dále nezpracovávat a byl zvolen úkol na zjištění polohových nepřesností celého území obce Velká nad Veličkou místo konkrétního singuláru.

Cílem bylo tedy zjištění polohových nepřesností celé obce Velká nad Veličkou pomocí povinných otisků stabilního katastru. Dalším krokem bylo zakoupení otisků stabilního katastru od ČÚZK a později také získání mapového podkladu „Mapa poddanských pozemků kolem městečka Velká“ od Moravského zemského archivu v Brně. V následujícím kroku bylo nutné poskytnutá rastrová data vhodně upravit pro další zpracování, což se týkala nejdříve úpravy dat do potřebné podoby (ořezání a natočení dat) a následné georeferencování v produktu GIS. Jako vhodné řešení pro tuto práci byl SW, se kterým bylo již v minulosti značně pracováno, a to produkt ArcMap. Nejdříve byla provedena georeference jednotlivých mapových podkladů císařských otisků zvláště a poté byla transformace doplněna o další body, především v oblasti návaznosti hran mapových podkladů na sebe. Mapa poddanských pozemků byla georeferencována samostatně. Zjištěné polohy identických bodů císařského otisku byly využity pro ukázkou vizualizace výsledku v SW MapAnalyst. Pro následnou tvorbu publikace byla využita možnost, která byla použita i v předchozí bakalářské práci „Zobrazení Olomouce na starých mapách“ (Balcárek, 2013).

4 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Studium starých map je v současné době, související s rozvojem kvalitnější výpočetní techniky a především SW, stále více vyhledávaným zdrojem informací. Staré mapy v sobě skrývají řadu informací, ať už se jedná o jejich umělecké ztvárnění, tak samozřejmě hlavně jejich tematický a polohopisný obsah. Řada výzkumníků jej využívá na zjištění různých historických milníků. Předmětem výzkumu je několik možností, ať už se jedná o sledování přeměny krajiny lidskou činností, pouhé zpřístupnění veřejnosti pomocí webových prohlížečů či tvorba různých animací apod. Veškeré možnosti výzkumu starých map se neobejdou bez analýzy těchto map včetně zjištění polohových nepřesností, které jsou na mapě zachyceny.

Nejprve by bylo vhodné zmínit kdo, jak a z jakého důvodu vznikla potřeba analýzy těchto starých map. Řada výzkumníků se zabývá studiem starých map za účelem sledování vývoje krajiny. Využívání krajiny je nedílnou součástí lidské existence. Lidé se od nepaměti snažili krajinu přetvořit k obrazu svému. Mnohdy to byla špatná rozhodnutí a někdy opět správná. Přeměna krajiny byla jejich nedílnou součástí již od dob, kdy první lidé začali osidlovat určitá místa, která byla pro ně výhodná. Nejprve to bylo ve větších vzdálenostech od řek, jelikož se před obrovskou silou řek nedokázali bránit. Později ovšem začali osidlovat i tyto zprvu nehostinné části krajiny, kterých se obávali (např. slovanské hradiště Mikulčice). Začali využívat říční potenciál na závlahu svých polí a samozřejmě také jako zdroj tekutin pro sebe a svůj dobytek. Tyto menší zábory krajiny neměly ještě téměř žádný vliv na stabilitu krajiny. Výjimkou v tomto období může být žďáření lesů na zábor půdy. Ostatní procesy v tomto období byly malého měřítko a neměly tak zásadní vliv na krajinu. V této době začala vznikat i různá díla zachycující krajinu, ať už se jednalo o jednoduché náčrtky, tak v pozdější době i kvalitnější mapová díla.

Obrovský rozmach nastal až s rozšiřování vesnic a následným vznikem měst, kdy se již zábor krajiny uskutečňoval ve větším měřítku. Vůbec největší vliv na změnu krajiny nastal v období průmyslové revoluce, kdy se začala ještě více rozšiřovat města nebo se začala stavět zcela nová průmyslová města, začaly se regulovat toky řek, mnohonásobně se zvýšila těžba. Rostla výstavba komunikací a spousta další činností, které se odehrávají dodnes. Dopady lidské činnosti na krajinu mají stále větší vliv na její stabilitu a funkčnost. Z tohoto důvod se tato problematika dostala do centra pozornosti. Velký podíl v tomto směru má vznik ekologie jakožto vědního oboru. Veškeré změny bylo nutné, co nejpřesněji zdokumentovat. Z toho důvodu byla zahájena řada celostátních mapování, která tento proces změn dokázala zachytit.

Vývojem a sledování změn krajiny se věnuje řada autorů. Několik z nich by bylo vhodné zmínit. Nejprve něco málo z historie včetně definičních tvrzení a poté i konkrétní příklady tvorby. Otázkami využití krajiny se zabývali vědečtí pracovníci již ve 30. letech 20. století, od roku 1930 probíhalo pod vedením L. D. Stamp systematické mapování využití krajiny ve Velké Británii (Žigrai, 1991). V roce 1949 poté byla ustanovena

komise (Commission on Inventory of World Land Use) IGU (International Geographical Union) zabývající se využitím země. Cílem této komise bylo vypracovat znakový klíč a organizovat celosvětové mapování využití krajiny v měřítku 1 : 1 000 000 (Ořahel a Feranec, 2006). Ve střední Evropě byla tvorba ovlivněna významnou polskou školou (Kostrowicki), která formulovala vědecké postupy. Polská škola vytvořila podrobný mapový klíč využití krajiny v měřítku 1 : 25 000 a rozdělila zemědělské kultury podle intenzity hospodaření a vztahu k prostředí (Havlíček, 2013). V roce 1985 byla z podnětu Evropské komise zahájena tvorba jednotné databáze CORINE Land Cover za pomoci družicových snímků. V roce 1995 byl vytvořen program pod názvem LUCC pod záštitou IGU. Cílem bylo spojení přístupů ke studiu struktury krajiny, pochopit síly ovlivňující změny v krajině a porozumět vztahům mezi změnami ve využití půdy a v krajinném pokryvu (Jirásek, 2010).

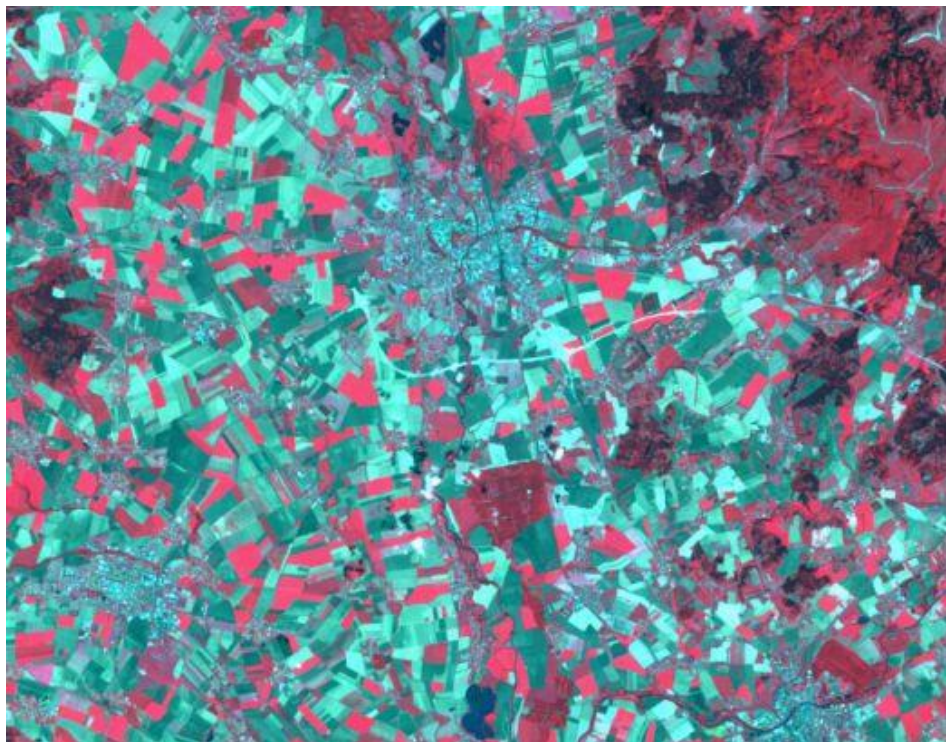
4.1 Zdroje dat

Dle Havlíčka a kol. (2011) jsou při sledování dlouhodobých změn ve využití krajiny uplatňovány různé metodické přístupy - zpracování statistických datových souborů, analýza historických literárních podkladů a zdrojů, tvorba map využití krajiny z leteckých a družicových snímků, z topografických map středního měřítka a katastrálních map velkého měřítka. Z datových souborů lze využít například centrální evidenci pozemků a s jejich využití, různé statistické přehledy apod.

Velmi cenným zdrojem při sledování vývoje využití krajiny jsou právě staré mapy. Sledování vývoje změn krajiny není tak jednoduchý úkol jak se zdá. Je zde třeba dodržovat určité pravidla, bez kterých není možné dále sledovat vývoj změn krajiny či jiné úkoly. Jak s těmito mapami pracovat, jaké mapové podklady volit, aby měly vypovídající hodnotu a byly dostatečně přesné? To je předmětem výzkumu této diplomové práce. Pro sledování změny krajiny se nejčastěji využívají významná státní mapování nebo družicové či letecké snímky. Cajthaml a Krejčí (2008) uvádí, že pro dostatečně přesné dokumentování vývoje krajiny je nutné pracovat s topografickými mapami středních a velkých měřítek. Jako ideální měřítko uvádí 1 : 25 000. Ovšem ještě lepší je využití podrobnějšího měřítka, které je ovšem na zpracování časově náročnější. Nejčastěji se pracuje s mapami prvního, druhého a třetího rakouského vojenského mapování. Dále se využívají mapy Vojenského topografického mapování Československa a soubor Základních map ČSSR (mohou se využívat i jiná mapová díla). Problémem u těchto map je jejich rozdílná polohová přesnost a nejednotný znakový klíč¹. Pro práci je tedy nutné sjednotit znakový klíč a provést jejich georeferenci neboli transformaci původní mapy (viz kap. 6.3 Georeferencování). Obecně se doporučuje dále pracovat pouze s mapou, jejíž polohová chyba nepřekročí 50 m.

¹ V roce 1845 obsahovalo katastrální mapování 54 kategorií a v roce 2000 již pouze 12 kategorií (Bičík a kol., 2010). U topografických map je poté možné identifikovat značkový klíč, který obsahoval i více než 300 položek (Mackovčín, 2009).

Dalším velmi využívaným zdrojem je dálkový průzkum země (družicové či letecké snímky). Tyto snímky jsou k dispozici zhruba od 30. let 20. století (spíše až od 50. let 20. století). DPZ (dálkový průzkum země) metoda je často využívána z důvodů její časté obnově a tedy i zachycení relativně aktuální využitelnosti ploch. Snímky poskytují názornou představu o tvaru, velikosti, uspořádání pozemků a strukturálních prvků krajiny a o jejich změnách v čase (Lipský, 2000).



Obr. 4.1: Ukázka upraveného DPZ snímku zachycující Olomouc (Sedlák, Szczyrba a Závodník, 2006)

Samozřejmě nelze opomenout i podrobnější mapování jako jsou například povinné otisky stabilních katastrů, pozemkový katastr, novější katastr nemovitostí a další. Tyto státní mapová díla (především pozemkový katastr a katastr nemovitostí) jsou při výzkumu starých map vhodná i jako podkladová data, pomocí nichž se stará mapa porovnává. Slouží tedy jako přesně zaměřený mapový podklad, na které jsou staré mapy připojeny a následně analyzovány. V tomto směru se lze setkat i s označením referenční mapa.

4.2 Studium polohových chyb

Jak již bylo zmíněno, tak se veškerá práce se starými mapami neobejde bez jejich kartometrické analýzy a především ne bez georeferencování. Otázkou přesnosti starých map a jejich georeferencování, v prostředí GIS, se ve své tvorbě věnuje především Jiří Cajthaml. (př. 2007, 2008, 2012, 2013 atd.) a jeho studenti na katedře geomatiky ČVUT (České vysoké učení technické v Praze). Sepsal návod jak postupovat, aby bylo možné zjistit polohovou nepřesnost a také jednotlivé metody postupu v závislosti na tom, zda se jedná i jeden mapový list či více. Ve své práci mimo jiné uvádí například i tabulku (Tab. 4.1) porovnání přesnosti jednotlivých mapových podkladů, a zda je jejich další

zpracování vhodné. Tato tabulka byla vytvořena na základě zkušebnímu projektu pod záštitou katedry mapování kartografie na ČVUT v Praze.

Tab. 4.1: Testování přesnosti mapových podkladů (upraveno dle Cajthamla, 2008)

Mapy	měřítko	mP [m]	použití
I. vojenské	1 : 28 800	550	nevyhovuje
II. vojenské	1 : 28 800	20	vyhovuje
III. vojenské	1 : 25 000	21	vyhovuje
vojenské topografické	1 : 25 000	15	vyhovuje
RZM25	1 : 25 000	4	vyhovuje

Výzkumem starých map se zabývají i různé instituce. Například Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i. (časopis *Acta Pruhonicensiana*) sledoval změny využívání krajiny České republiky v období 1836–2006 na základě starých topografických map z pěti časových horizontů (1830, 1880, 1950, 1990 a 2000) v práci pojmenované Aplikace metodologických principů hodnocení trajektorií změn využití krajiny a procesů na jihovýchodní Moravě pro období 1836–2006. Mapové podklady prvních dvou období byly rektifikovány pomocí SW MATCART². Další dvě období byly rektifikovány pomocí rohů map v aplikacích GIS a topografické mapy byly získány v digitální podobě. Před samotným výzkumem změn vývoje krajiny bylo nutné mapy georeferencovat, mimo map II. a III. vojenského mapování, které byly zgeoreferencovány na katedře Geomatiky ZČU (Západočeská univerzita v Plzni). Výsledkem tohoto georeferencování byla tabulka popisující polohovou nepřesnost jednotlivých mapových děl (Tab. 4.2). O pár let později, při Výzkumu změn struktury krajiny ve třech příhraničních oblastech České republiky, byla tato tabulka doplněna o další mapové podklady (Tab. 4.3).

Tab. 4.2: Přesnost mapových podkladů (upraveno dle Skokanové a kol., 2009)

Období	Název	Datum tvorby	Měřítko	Polohová chyba
1830 ^c	II. vojenské mapování	1836 - 1852	1 : 28 800	11 - 30 m
1880 ^c	III. vojenské mapování	1876 - 1880	1 : 25 000	13 - 30 m
1950 ^c	Československé vojenské topografické mapy	1952 - 1955	1 : 25 000	10 - 15 m
1990 ^c	Československé vojenské topografické mapy	1988 - 1995	1 : 25 000	10 - 15 m
	Československé topografické základní mapy (ZABAGED 2)	1982 - 1996	1 : 10 000	5 - 10 m
2000 ^c	České topografické základní mapy (ZABAGED)	2002 - 2006	1 : 10 000	5 - 10 m

² SW řešení zaměřené na přepočty mezi souřadnicovými systémy (rovinnými a sférickými), výpočty v kladech listů atp. Patří do skupiny tzv. kartometrických SW, někdy označován jako kartografický (geografický) kalkulátor. SW byl vyvinut pod vedením Prof. Ing. Bohuslava Veverky, DrSc.

Tab. 4.3: Doplnění přesnosti mapových podkladů (upraveno dle Skokanové a kol., 2013)

Období	Název	Datum tvorby	Měřítko	Polohová chyba
30. léta 20. st.	Reambulované mapy III. Vojenského mapování	1923 - 1945	1 : 25 000	5 - 20 m
	Messtischblätter	1939 - 1945	1 : 25 000	5 - 20 m

Polohovou chybou starých map se zabývají i řada dalších prací. Bylo by vhodné zde zmínit i práci Mgr. Petera Mackovčina, Ph.D. (Československé mapy v Benešově a Křovákově zobrazení v období 1921 – 1951), ve které mj. uvádí i polohovou přesnost Prozatímních map v Benešově zobrazení pro měřítko 1 : 10 000 od 1,5 m do 2 m a pro měřítko 1 : 20 000 od 3,25 m do 4 m (Mackovčín, 2014).

Řada autorů se zabývá i zjištěním polohových chyb nejstarších mapových děl, které jsou často vyhotovené bez nějakých kartografických základů. Zde by bylo vhodné zmínit, mimo již zmíněnou práci J. Cajthamla, také kartometrické analýzy map Petra Kaerina, kterými se zabývali T. Bayer, M. Potůčková a M. Čábelka. Výsledkem jejich práce bylo mj. i zjištění polohové chyby, která se u mapy Čech pohybovala v intervalu 1 – 17 km a u mapy Moravy dokonce v intervalu 0,5 – 25 km (Bayer, Potůčková a Čábelka, 2009).

V neposlední řadě se analýzou polohové přesnosti starých map zabývá ve svých pracích řada studentů, především pod vedením Jiřího Cajthamla. Zde je třeba zmínit práci „Analýza Klaudyánovy mapy v prostředí GIS“ od Anety Pomykaczové (2007). V této práci jsou detailně popsány jednotlivé transformační metody a je zde také vyhodnocení střední kvadratické chyby mapy v různých typech transformace. Dále to jsou práce Jany Antalové (2014) „Rekonstrukce zaniklé obce Fukov a Ústeckém kraji“ a Michaely Šípkové (2014) „Rekonstrukce zaniklé obce Tuchomyšl v Ústeckém kraji“, které se stejně jako tato práce zaměřují na určení střední polohové chyby císařských otisků malé zaniklé obce a navíc zjištěním vývoje změn krajiny. Dále je to práce „Sledování změn krajiny pomocí starých map v prostředí GIS“ od Ladislava Kánského (2007), která analyzuje porovnání polohové přesnosti I., II. a III. rakouského vojenského mapování, Vojenské topografické mapy a Rastrové základní mapy (RZM). Zpracování starých map pomocí návaznosti hran sepsal Jan Novák (2012) v diplomové práci „Georeferencování prvního vojenského mapování Rakouska-Uherska“. V této práci se zaměřil na tvorbu bezešvé mapy pomocí metody navržené Cajthamlem (2012). Tato metoda byla také rozepsána ve studentské vědecké a odborné činnosti „Aplikace pro georeferencování vícelistých mapových děl“ od Terezy Friedlerové (2015). Jako poslední závěrečná studentská práce, která zde bude uvedena, je práce s označením „Bezešvá mapa Prahy z povinných císařských otisků“ od Tomáše Marka (2010). Tato práce se zabývá vytvořením, jak již název napovídá, bezešvé mapy pomocí metody návaznosti hran za použití metody spline.

4.3 Shrnutí

Výzkumem starých map se zabývá řada výzkumníků z různých profesí. Pro analýzu starých map je ovšem zapotřebí dodržování několika pravidel. Jedním z nich je určení polohové nepřesnosti starých map, bez které by další práce se starou mapovou předlohou neměla vypovídající hodnotu. Například jak již bylo zmíněno, tak pro analýzu vývoje krajiny by se měla využívat stará mapa, ve které střední polohová chyba nepřesáhne 50 metrů. Tato zmíněná střední polohová chyba může být naopak pro některé jiné zpracování staré mapy dostačující. Vždy záleží na účelu výzkumu, a jakým způsobem k tomu daný autor přistoupí. Platí zde zásada, že při jakékoliv vědecké tvorbě by měly být popsány jednotlivá omezení (limity), která byla při tvorbě použita a mohla ovlivnit její výsledek (např. max. polohová chyba podkladu, nad kterým byla provedena analýza).

5 KARTOMETRICKÉ ANALÝZY

Kartometrie je dle terminologického slovníku VÚGTK (Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický) definována jako „část kartografie, zabývající se měřením a hodnocením geometrických a topologických vlastností objektů a jevů na mapách a následným zpracováním jeho výsledků s cílem získat kvantitativní a kvalitativní charakteristiky těchto objektů a jevů a dále zabývající se měřením pro hodnocení matematického základu a geometrické přesnosti mapy.“ Kartometrické analýzy map slouží jako cenný zdroj poznatků o základních vlastnostech kartografických děl. Mohou ověřit, vyvrátit či upřesnit fakta dokládající způsob konstrukce mapy, existenci geometricko-kartografických základů či použité reprografické techniky (Bayer, Potůčková a Čábelka, 2009). Beineke (2007) jej popisuje jako složitý matematický aparát založený na aplikaci robustních statisticko-geometrických analýz.

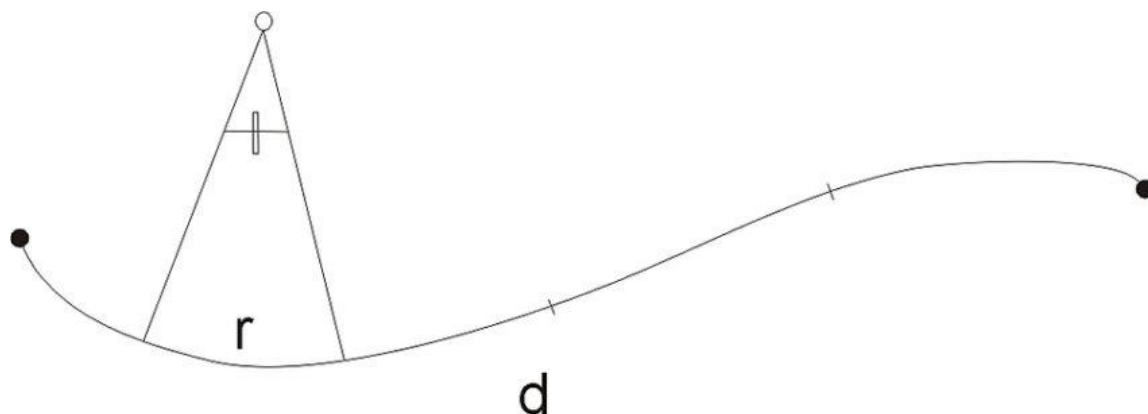
Rozbor starých map je poměrně zdouhovou prací a týká se především zjištění kartografického zobrazení, měřítka mapy, zjištění originálních rozměrů map (vliv srážky papíru), zjištění polohové chyby (přesnost), a dalších poznatků ze starých map. Tato práce není přímo zaměřena na detailní popis kartometrických analýz, ale je zde zmíněna jako jedna z metod studia starých map. Z tohoto důvodu bude popsána ve zkratce jen část kartometrie, která nás zajímá, a sice určení polohové nepřesnosti neboli planimetrické nepřesnosti. Planimetrické nepřesnosti jsou vypočítávány na základě rozložení vzdáleností a směrů mezi identickými body na staré a současné referenční mapě (viz kap. 6.3.2 Volba identických bodů).

5.1 Měření planimetrických nepřesností

Před každým měřením na mapě je také ovšem nutno uvědomit si i ostatní vlastnosti map (srážka papíru apod.), které ovlivní převod získaných veličin mapy do skutečnosti a odhad jejich vlivu na přesnost výpočtů (Částková, 2010). Geometrickou přesnost je dobré určovat odděleně pro jednotlivé prvky či skupinu prvků v mapě (Seminař NeoCartoLink, 2012). Při každém měření dochází k nejrůznějším chybám, které mají řadu rozmanitých příčin. Ať už se jedná o chyby způsobené lidským faktorem, tak chyby způsobené měřicími přístroji nebo chyby vzniklé deformací (srážkou) staré mapy.

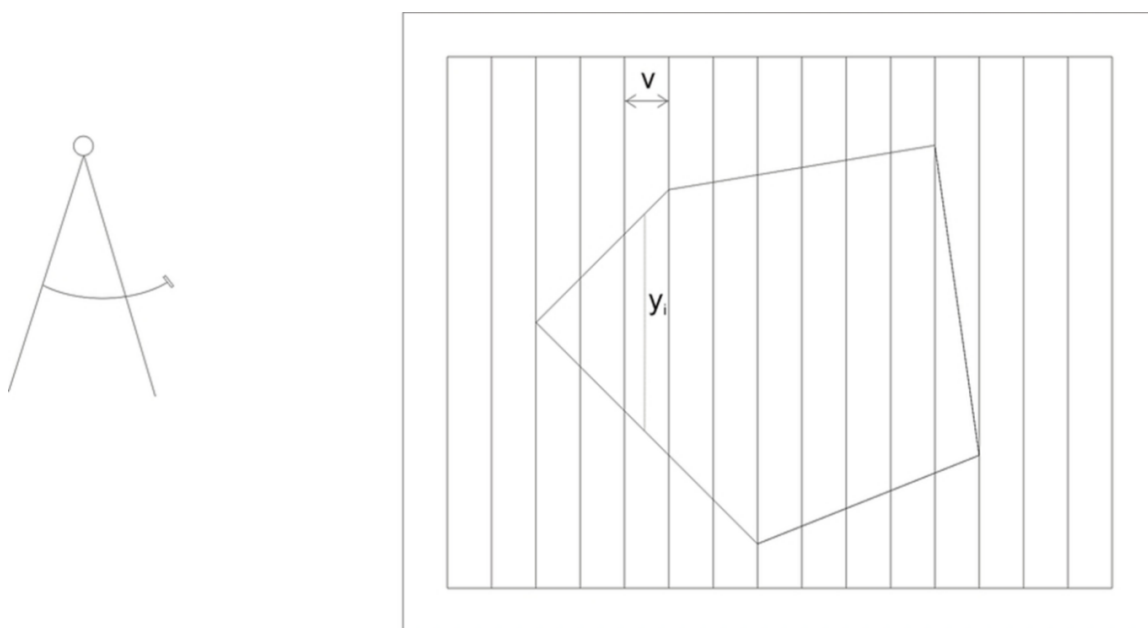
Existuje více metod jak zjistit polohovou chybu mapy. Obecně by se tyto metody daly shrnout na dvě skupiny. První skupina představuje **manuální zjištění polohových chyb** pomocí měření a porovnávání délek na mapě, označované také jako **přímé kartometrické metody**. K měření přímých vzdáleností se využívá pravítko, které má jednu stranu skosenou a na hraně bývá vynesena stupnice v měřítku, které odpovídá měřítku mapy (Čada, 2007). Samozřejmě k měření nestačí pouze pravítko, ale využívá se i odpichovací kružítko a příčné měřítko, které jsou využívány na měření kratších délek. Další pomůckou jsou zobrazovací trojúhelníky a k měření vlnitých čar se používá křivkoměr, což je vlastně malé kolečko s držákem. Princip měření křivkoměrem je, že se kolečko vede po obraze čáry, otáčky kolečka se přenášejí na ručičku, která udává vzdálenost. V praxi platí, že délka získaná křivkoměrem je značně nepřesná a proto je

spíše vhodné využití odpichovacího kružítko, kde záleží na velikosti rozvoru kružítko. Čím menší rozvor, tím přesnější měření (Čada, 2007).



Obr. 5.1: Určení délky křivky pomocí odpichovacího kružítko (Čada, 2007).

K měření úhlů se využívají úhlooměry, popř. transportéry a také polární koodinátorgrafy. Kartometrie se také zabývá i měřením ploch, k jejichž určení se uplatňuje vliv měřítka druhou mocninou. Existuje několik metod jak určit rozměry plochy. Jedna z metod pro určení plochy je pomocí rozkladu plochy na jednodušší obrazce, které lze snadněji vypočítat. Může se jednat o výpočet plochy pomocí rozkladu na úzké lichoběžníky, které mají konstantní výšku pomocí harfového či nitkového planimetru. Další metoda zjištění plochy může být pomocí polárního planimetru, digitálního planimetru nebo pomocí čtvercové sítě.



Obr. 5.2: Nitkový planimetr (Čada, 2007).

Druhou skupinu tvoří **digitální zjištění polohových chyb**, které se označují jako kartometrická digitalizace nebo **nepřímé kartometrické metody**. Kartometrickou digitalizací rozumíme převod stávající analogové podoby staré mapy do digitálního prostředí. Tato skupina tedy souvisí s rozsáhlým rozvojem technologie, jako jsou digitizéry (tablety, souřadnicové snímače) či skenery a následným zpracováním map

v počítačovém (digitálním) prostředí. Princip spočívá ve tvorbě digitální podoby mapy a sběru polohových informací (identických bodů) pomocí nichž se vypočtou hledané údaje (tzv. výpočty ze souřadnic). Dělí se na vektorovou a rastrovou digitalizaci. Vektorová podoba je výsledkem výstupu digitizéru, kdežto rastrová je výsledkem výstupu ze skeneru popř. z fotoaparátu (v této práci se bude využívat pouze rastrová podoba). Nespornou výhodou kartometrické digitalizace je jejich jednoduché zobrazení, úsporné uložení a analyzování a především není nutné neustále pracovat s originálem staré mapy, který postupem času ztrácí na kvalitě, až do takové míry, že může dojít k jeho znehodnocení. Kartometrická analýza pomocí moderních zařízení je také mnohem rychlejší a spolehlivější než použití tradiční manuální metody. Po provedení kartometrické digitalizace je možné k výpočtu zjišťovaných údajů použít počítač vybavený vhodným softwarem (Geus, Kokeš, Groma, MicroGeos, MapAnalyst).

5.2 Digitalizace

Digitalizace mapy je terminologickým slovníkem zeměměřictví a katastru definována jako „převod analogové mapy na digitální formu, která může být rastrová nebo vektorová; rastrová mapa vzniká skenováním analogové mapy, u vektorové mapy se souřadnice podrobných bodů získají výpočtem z původního měření, vektorizací rastrového souboru příslušné mapy nebo její kartometrickou digitalizací“. Jak již bylo zmíněno, tak vektorová forma je výsledkem výstupu z digitizéru a rastrová je výsledkem skenování analogové podoby mapy popř. výstupem z fotoaparátu.

Digitizér je zařízení používané ke snímání souřadnic bodů, které je vybavené různě velkou pracovní plochou a snímacím zařízením. Velikost pracovní plochy může nabývat velikosti A3 – A0. Snímací zařízení může být např. myš vybavená nitkovým křížem popř. lupou. Digitizér pracuje na principu, že se analogový podklad upevní na pracovní plochu a pohyblivým snímacím zařízením se snímá průběžná poloha bodů vyjádřených pomocí diskretních číselných hodnot, které se registrují v paměti počítače. Existují dvě základní metody digitalizace digitizérem: **bodová** (kliká se na každém vrcholu) a **proudová** (počítač automaticky zaznamenává sekvence bodů v časovém nebo vzdálenostním intervalu) (Čada, 2007). Výsledkem jsou souřadnice jednotlivých bodů, které jsou zaznamenány do některého z GIS nebo CAD (Computer Aided Design)³ produktů, popř. pouze do textového souboru.

³ CAD se využívá pro kreslení plošných výkresů a modelování objektů a dějů reálného světa. Obsahují grafické, geometrické, matematické a inženýrské nástroje.

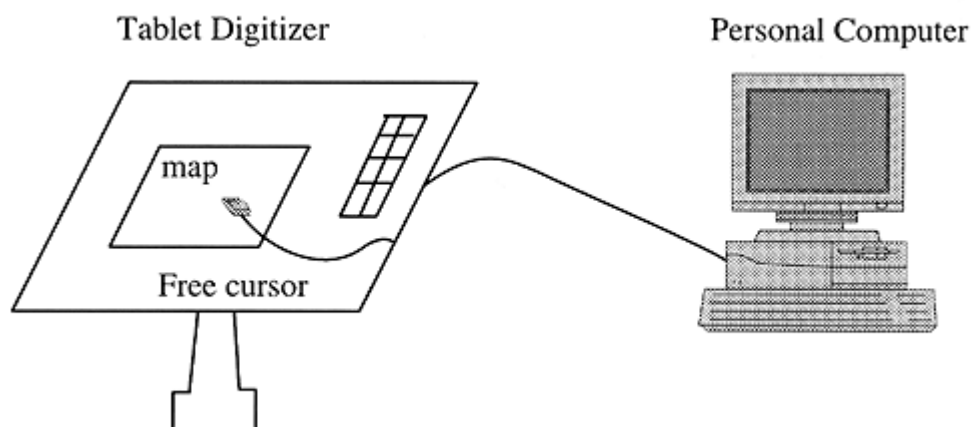


Figure 3.2 Tablet Digitizer

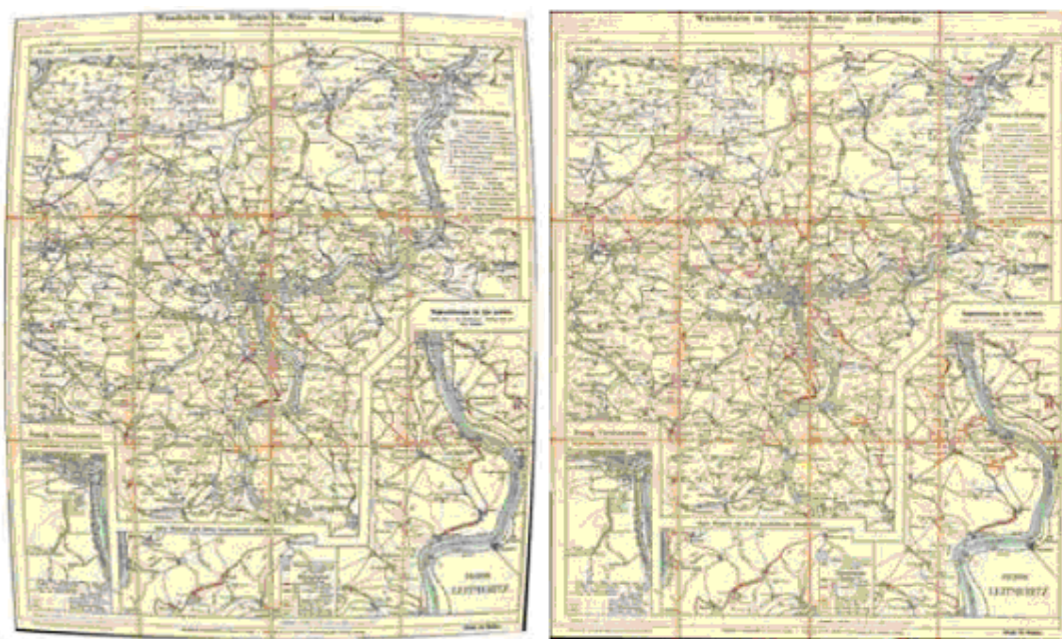
Obr 5.3: Propojení tabletového digitizéru s počítačem (W.Takeuchi Lab - Institute of Industrial Science, the University of Tokyo, 2015).

Skener je zařízení, které zvládne elektronicky rozložit kresbu mapy na velmi malé pixely (elementární plošky). Slouží k optickému snímání dokumentů. Dochází při něm k převodu optické informace na informaci číselnou. Každému pixelu je přiřazena bitová hodnota 0 nebo 1 (v případě černobílého podkladu – 0 = bílá, 1 = černá) nebo číslo vyjadřující odstín šedi (v případě šedotónového podkladu) (Čada, 2007). „U skenování se používá tzv. plošné vzorkování. Snímací zařízení při skenování odečítá hodnotu propustnosti nebo odrazivosti elementární plošky“ (Cajthaml, 2012). Skenování obrazu je založeno na snímání maticí CCD (Charge-Coupled Device).

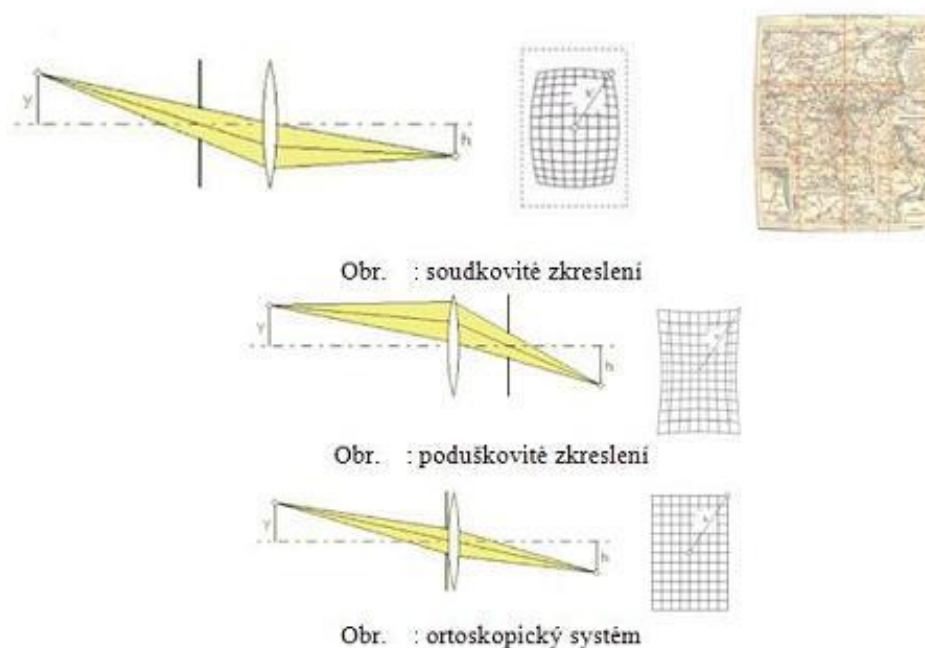
Nejdůležitějším parametrem skenerů je jejich fyzické rozlišení, které se pohybuje od 50 DPI až do 12 000 DPI. Fyzické rozlišení skenerů udává maximální hustotu dat, kterou je možno skenovat a velikost snímaného bodu neboli vzdálenost mezi dvěma řádky. Dalším důležitým parametrem je barevné rozlišení, které udává množství odstínů, které je přístroj schopen nasnímat. Většinou se jedná o barevné rozlišení 24 bit, tedy true color, ale můžeme narazit i na kvalitnější skenery, pracující s rozlišením až 48 bit. Buchroithner a kol. (2007) uvádí, že je doporučeno skenovat mapy, které jsou určené k dalšímu zpracování, ve fyzickém rozlišení až 1 200 DPI. Obecně se doporučuje fyzické rozlišení skeneru od 300 do 500 dpi a barevná hloubka true color (24 bit). Za formáty je doporučován formát TIFF (GeoTIFF), JPEG2000, klasický JPEG či speciální formát DjVu (Déjà Vu). Více o skenerech a jednotlivých formátech např. v práci Balcárek (2013), Cajthaml (2012), Přidal P. (2007) aj.

Fotoaparát je nejméně vhodná metoda digitalizace. Ovšem v některých případech není jiného východiska než právě pořídit fotografický záznam. Důvodem může být velmi špatný stav původní analogové podoby mapy, která by mohla být dalším zpracování ještě více poškozena. Tato situace by se dala vyřešit tzv. bezkontaktním skenerem, ale zde narážíme na další důvod a tím je vyšší pořizovací cena. Především u pořízení digitální podoby pomocí fotoaparátu je dále nutné tuto digitální podobu upravovat, jelikož zde nedochází k plošnému vzorkování jako u skenerů. To znamená, že u fotografií klesá

věrohodnost dokumentu od středu ke krajům (fotografie má tzv. středovou projekci), dochází k tzv. poduškovitému zkreslení popř. k soudkovitému zkreslení. Ačkoliv se může fotografie upravit v některých editorech, tak výsledek nebude totožný s výsledkem vytvořeným pomocí skeneru. U fotografování je třeba zabezpečit orientaci osy fotografování kolmo k rovině mapy, použití objektivu s minimální distorzí nebo kalibrovaného objektivu se známým průběhem distorze a rovnoměrné osvětlení předlohy (Karlová a Matoušková, 2008).



Obr. 5.4: Soudkovité zkreslení a jeho odstranění kalibrací (Dvořák a Jišová, 2009).



Obr. 5.5: Zkreslení fotografie vlivem nevhodného umístění clony (Housková a Jůza, 2009).

5.3 MapAnalyst

MapAnalyst je jednou z možných aplikací, která se využívá pro analýzu přesnosti starých map. Aplikaci navrhnul a vytvořil Bernard Jenny ve Švýcarském Curychu (Institute of Cartography and Geoinformation of ETH Zurich). Některé další části aplikace doplnil jeho kolega Adrian Weber. Jedná se o open-source⁴ Java aplikaci, která je volně ke stažení na stránkách <http://mapanalyst.org> v aktuální verzi 1.3.23 a ve verzi 1.4 Pre-Release (předběžná verze) pro všechny hlavní operační systémy (Windows, Mac OS X i Linux). Jeho hlavní výhodou je snadná ovladatelnost a vizualizace geometrické přesnosti staré mapy pomocí vektoru posunu, izoliniemi měřítka, izoliniemi rotace, kružnice posuvu a deformační sítě. Plnohodnotné využití MapAnalystu se naskýtá pro analýzu map středních a malých měřítek. U map velkého měřítka může nastat problém s hledáním identických bodů na referenční mapě a neplnohodnotná vizualizace způsobená, u map velkých měřítek, jejich větší polohovou přesností než u map středních a malých měřítek. Tzn., že názorná vizualizace polohových nepřesností se může jevit jako by zde žádná nepřesnost nebyla.

Jako ideální referenční data pro analýzu se využívají nové mapy shodné oblasti, měřítka a podrobnosti. Dále se mohou využívat importy různých skenů topografických map, online podklad OpenStreetMap⁵ a nebo datové společnosti ESRI či databáze Macon (Seminář NeoCartoLink, 2012).

Pro výpočet geometrické přesnosti se využívají identické body, které jsou vyznačeny jak na staré mapě, tak také na mapě nové (referenční). Výsledkem zpracování je tedy konstrukce vektorů posunutí, izolinií lokálního měřítka a rotace, kružnice posuvu a také distorzní mřížka. Dále jsou výsledkem zpracování i číselný výstup stočení mapy, statistické hodnoty transformací a globální měřítko mapy. Od verze 1.4 obsahuje i nástroj pro detekci kartografického zobrazení. MapAnalyst nabízí širokou paletu parametrů pro jemné doladění generované grafiky (Jenny a Webber, 2011). MapAnalyst dále obsahuje několik transformačních rovnic, které lze aplikovat v hlavní nabídce v záložce „Analyze“. V aplikaci, tak může být využita Helmertova transformace, afinní pětivršková, afinní šestivršková a robustní Helmertova transformace, které lze mezi sebou analyzovat („Analyze – Compare Transformations“).

5.3.1 Transformace rastru v SW MapAnalyst

Helmertova transformace

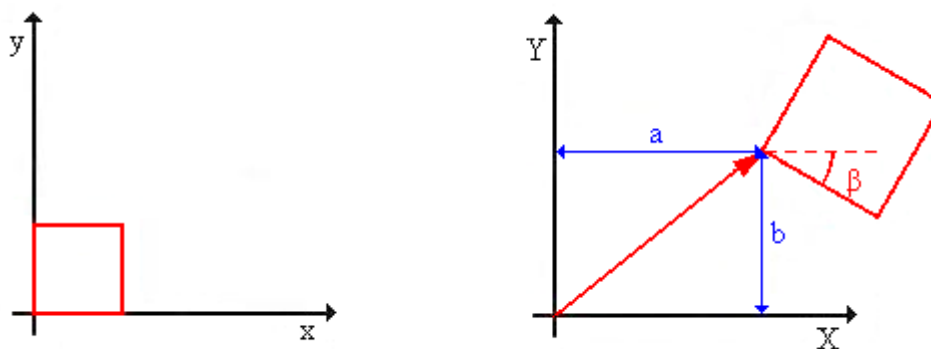
Helmertova transformace patří do skupiny globálních transformací (viz kap. 6.3.1 Transformační metody). Je to podobnostní lineární konformní transformace, která vyrovnává koeficienty podle metody nejmenších čtverců. Díky konformitě nedochází ke zkreslení křivosti křivek. U konformních transformací se měřítko mění stejně ve všech

⁴ Open-Source je označení pro tzv. otevřený software, což znamená, že kdokoliv se znalostí programovacího jazyka může svobodně upravit jeho zdrojový kód.

⁵ OpenStreetMap podklady jsou vytvořené v Mercatorově zobrazení, které se vyznačuje plošným zkreslením.

směrech os. Je vhodná pro transformace mezi souřadnicovými systémy, které jsou navzájem posunuty a pootočený (Fajt, 2005).

K řešení Helmertovy transformace je zapotřebí alespoň dvou dvojic identických bodů. Pakliže je zadán větší počet identických bodů, tak se úloha řeší vyrovnáním metodou nejmenších čtverců (MNČ). U této transformace dochází k převodu bodového pole do referenčního souřadnicového systému pomocí parametrů: úhel otočení mezi systémy (β), změna měřítka (q), posunu (a, b) v ose (X, Y).



Obr 5.6: Lineární konformní transformace (Fajt, 2005).

Otočíme-li souřadnicové osy o úhel β , posuneme-li o vektor (a, b) a vynásobíme matici rotace měřítkem q , změní se souřadnice (x, y) na souřadnice (X, Y) podle transformačních rovnic:

$$R = \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \quad (5.1)$$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = q R \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + k = q \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \quad (5.2)$$

(x, y) - souřadnice soustavy první (původní souř.)

(X, Y) - souřadnice soustavy druhé (transformované souř.)

β - úhel rotace, pootočení

R - matice rotace

q - změna měřítka

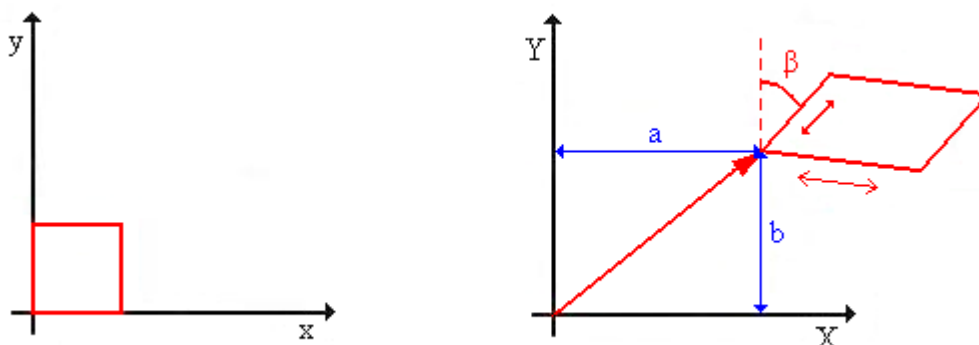
a, b - posun počátku výstupní soustavy proti vstupní soustavě (k)

Když se $q = 1$, jde o shodnost, jestliže $q \neq 1$, jde o podobnost. Zpravidla je q přibližně 1.

Transformace afinní pětivrzková

Afinní transformace je speciálním případem polynomické transformace prvního řádu a řadí se mezi transformace kolineární (projektivní). Střed promítání je umístěn do nekonečna a tak jsou body promítány jako paprsky. Rovnoběžné části zůstávají stále rovnoběžné, ale dochází zde ke zkosení původního obrazce (zkreslují se úhly - tzn., že není konformní). K řešení afinní transformace je zapotřebí alespoň třech dvojic identických bodů. Afinní s pěti parametry převádí bodové pole pomocí posunu počátku soustavy (a, b), jednou rotací os (β) mezi původním a novým systémem a dvou změn

měřítka v obou směrech os (q_x, q_y). Místo jedné rotace stočení a dvou změn měřítka může být transformace definována také jedním měřítkovým koeficientem a dvěma rotacemi stočení kolem obou os. Využívá se u jednosměrné deformace původní mapy.



Obr. 5.7: Afinní transformace (Fajt, 2005).

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = qR \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + k = q \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \quad (5.3)$$

$$\text{Pro změnu měřítka } q \text{ platí: } q = (q_x, q_y) \quad (5.4)$$

Rovnice polynomicke transformace prvního řádu má tvar:

$$X = a_0 + a_1x + a_2y \quad (5.5)$$

$$Y = b_0 + b_1x + b_2y \quad (5.6)$$

Respektive:

$$X = ax + by + \Delta x \quad (5.7)$$

$$Y = cy - dx + \Delta y \quad (5.8)$$

$$a = q_x \cos \beta_x ; b = q_y \sin \beta_y ; c = q_y \cos \beta_y ; d = q_x \sin \beta_x$$

Δx a Δy jsou posuny počátku výstupní soustavy proti vstupní soustavě, tedy v původní rovnici označené jako a, b.

Poznámka: Projektivní transformace popisuje středové zobrazení dvou rovinných souřadnicových systémů. V ideálním případě platí Pappova věta - Dvojpoměr čtveřice bodové nebo paprskové zůstává v rovině předmětu i obrazu zachován. Přímký, které jsou v původní soustavě rovnoběžné, směřují v transformovaném obraze do společného bodu zvaného úběžník (viz kap. 6.5.1 Transformace rastru v SW ArcMap).

Transformace afinní šestiprvková

Tato transformace se využívá u map, které jsou výrazně ovlivněny srážkou původního mapového díla a také pro mapy, které jsou deformovány zkosením. Stejně jako u pětiprvkové je nekonformní a pro výpočet jsou zapotřebí alespoň tři dvojice identických bodů. Afinní se šesti parametry převádí bodové pole pomocí posunu počátku soustavy (a, b) , dvěma rotacemi os mezi původním a novým systémem (β_x, β_y) a měřítkovým koeficientem ve směru x a také ve směru y (q_x, q_y) . Rovnoběžné části zůstávají opět stále rovnoběžné, ale dochází zde ke zkosení původního obrazce. Pakliže je zadán větší počet identických bodů, tak se úloha řeší vyrovnáním metodou nejmenších čtverců (MNC), při které se minimalizuje suma rozdílů v poloze mezi souřadnicemi bodů.

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = qR \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + k = q \begin{pmatrix} \cos \beta_x & -\sin \beta_y \\ \sin \beta_x & \cos \beta_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \quad (5.9)$$

$$\text{Pro změnu měřítka } q \text{ platí: } q = (q_x, q_y) \quad (5.10)$$

Polynomická transformace n-tého řádu

Jestliže je mapa silněji deformována, pak je výhodnější použít polynomickou transformaci vyššího řádu. Pro takovou transformaci je zapotřebí alespoň šesti dvojic identických bodů (polynomická transformace druhého řádu). Pro polynomickou transformaci třetího řádu je zapotřebí mít těchto identických bodů alespoň deset dvojic. Existují i polynomické transformace vyšších řádů, ale v praxi se využívají pouze polynomy druhého a třetího řádu. Pro výpočet koeficientů polynomické transformace n-tého řádu je potřebných alespoň N -dvojic identických bodů podle vzorce (Fajt, 2005).

$$N_n = \frac{n^2 + 3n + 2}{2} \quad (5.11)$$

Tvar polynomické transformace n-tého řádu:

$$X = \sum_{m=0}^n \sum_{i=0}^m a_{m,i} x^i y^{m-i} \quad (5.12)$$

$$Y = \sum_{m=0}^n \sum_{i=0}^m b_{m,i} x^i y^{m-i} \quad (5.13)$$

Druhého řádu

$$X = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 \quad (5.14)$$

$$Y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2 \quad (5.15)$$

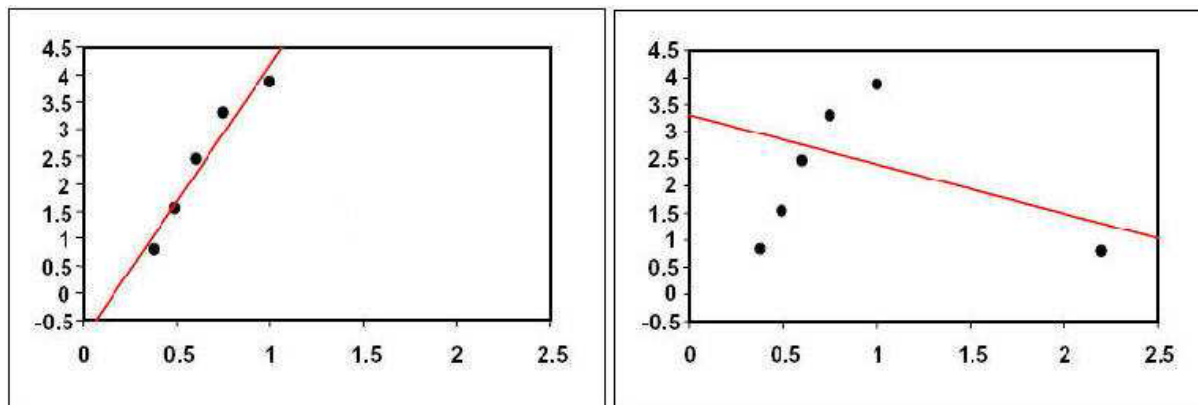
Třetího řádu

$$X = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 + a_6x^2y + a_7xy^2 + a_8x^3 + a_9y^3 \quad (5.16)$$

$$Y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2 + b_6x^2y + b_7xy^2 + b_8x^3 + b_9y^3 \quad (5.17)$$

Robustní Helmertova transformace

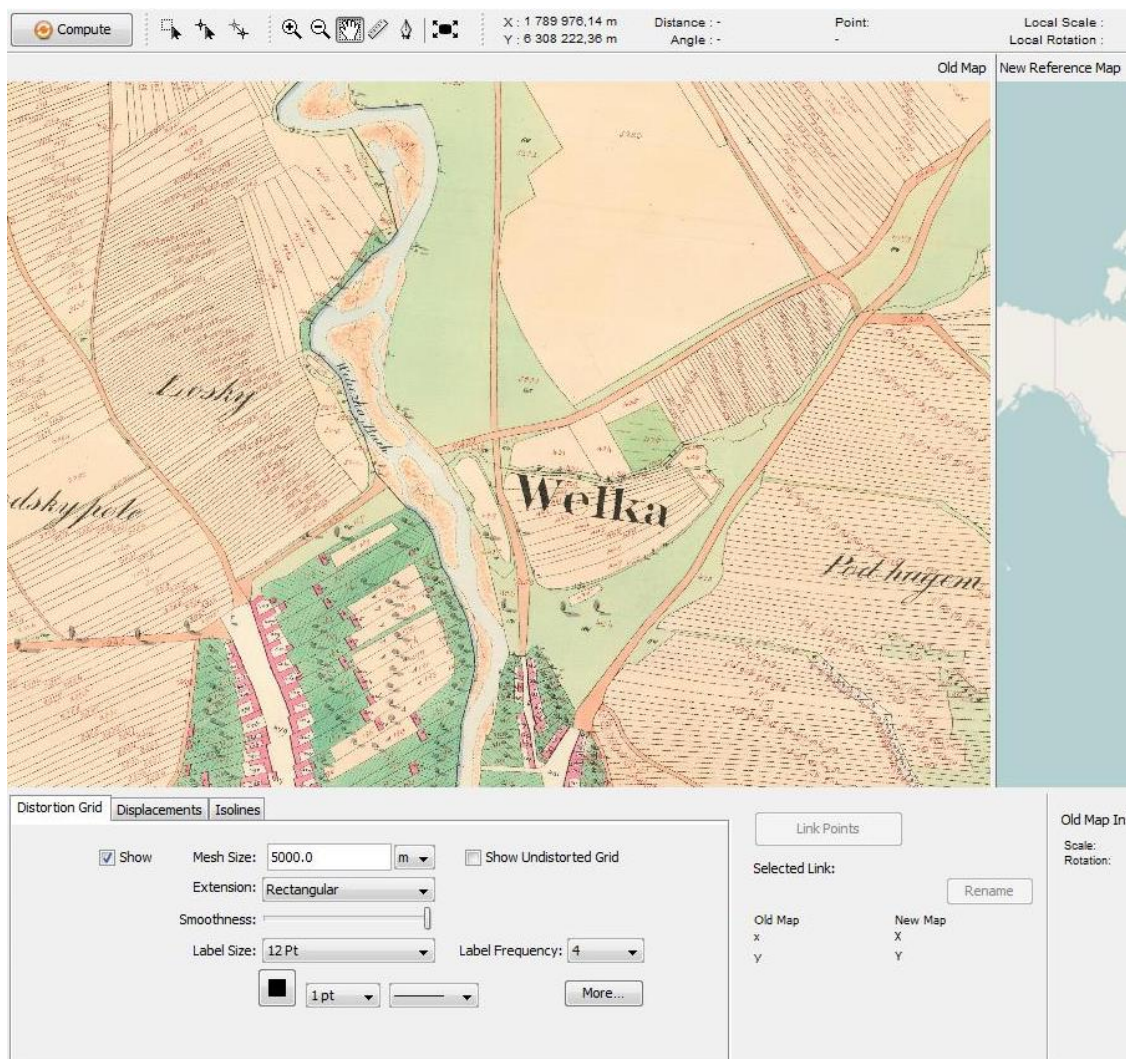
Robustní transformace se využívá, když jsou body v mapě nepravidelně uspořádané a dochází k tomu, že některé body mají ve výpočtu menší váhu. Týká se odlehlých bodů, pro které tato transformace používá odhad k určení váhy bodů. Odlehlá data se řeší filtrováním (Vejrová, 2008). Program MapAnalyst obsahuje tři odhady pro výpočet této transformace (Huberův odhad, V odhad a Hampelův odhad).



Obr. 5.8: Citlivost odhadu na odlehlá pozorování (Vejrová, 2008).

5.3.2 Práce v SW MapAnalyst

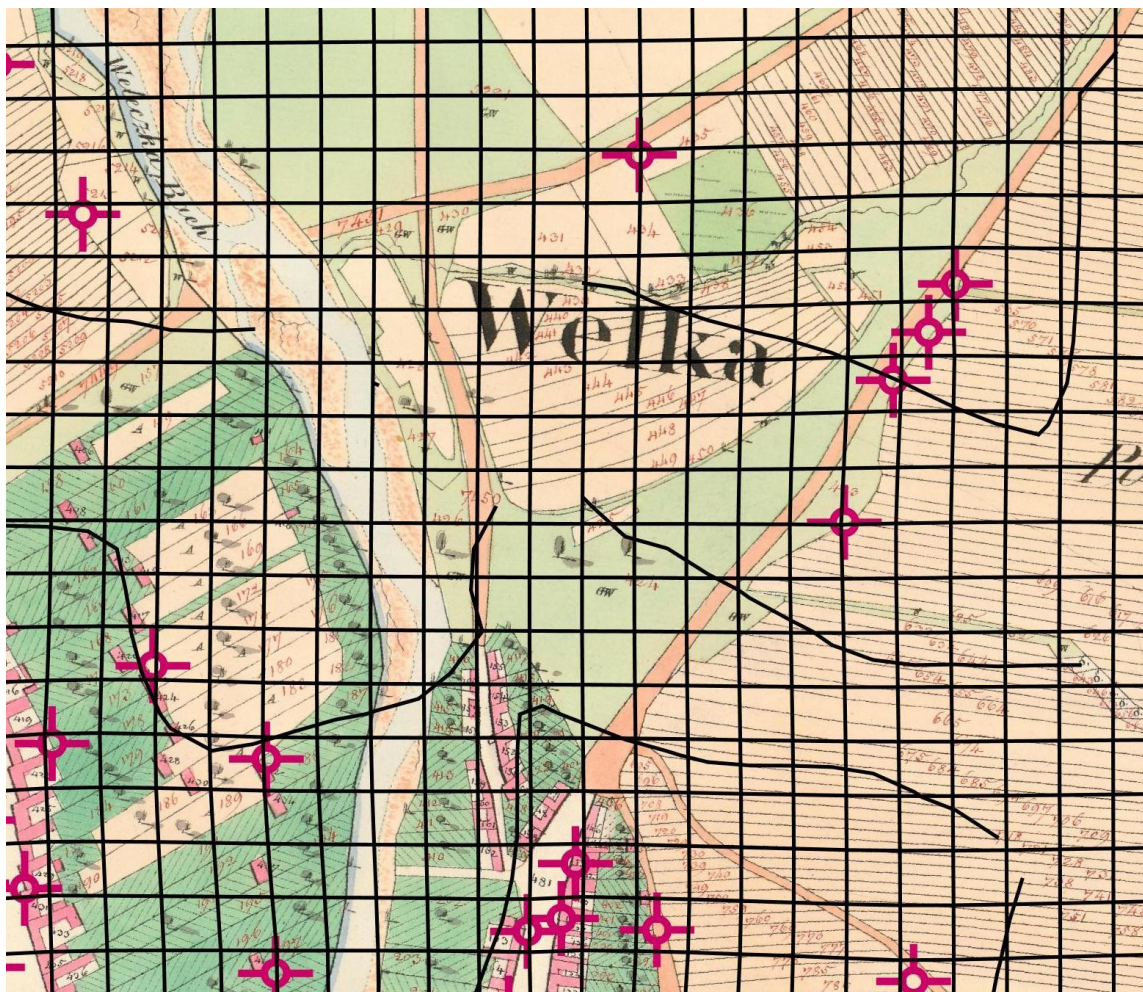
Prostředí aplikace je jednoduché a přehledně rozdělené na dvě části, kdy v první se nachází stará mapa a ve druhé referenční mapa. Bylo by možné namítat, že uživatelsky příjemná by mohla být i jiná jazyková mutace, ale to lze považovat za detail, jelikož jsou zde použita základní anglická slovíčka. Větší nedostatek lze spatřit při samotné práci. Konkrétně při zadávání bodů resp. při vizualizaci výsledku. Opět je to jen detail, na který se dá časem zvyknout, ale umístění hlavního tlačítka „Compute“, tedy výpočtu, je umístěno neprakticky v horní části, přitom je hodně využíváno při nastavení vizualizace, která se nachází ve spodní části programu. To stejné platí i pro vytváření bodů, kdy se musí přejíždět mezi horní a dolní částí na tlačítko spojení bodů „Link Points“. Z výše uvedených důvodů by bylo dobré zvážit umístění tlačítka do spodní části nebo se s tím smířit a používat klávesovou zkratku Ctrl + K, která je také neprakticky zvolená.



Obr. 5.9: Ukázka prostředí aplikace MapAnalyst.

Tlačítka na práci s rastrem a referenční mapou jsou tedy v horní části programu, kde se také v této liště nachází i základní tlačítka typu přiblížení, oddálení či posunu a další. Bohužel zoomování pomocí rolovacího kolečka myši zde chybí. Navíc by se dalo říci, že stisk rolovacího kolečka má opačnou funkci, než stisk levého tlačítka myši (prakticky vykonává funkci pravého tlačítka myši). Zde by bylo vhodné rolovacímu kolečku přiřadit pouze jednu funkci, tedy pohybu po mapě (přiblížení a oddálení mapy posunem rolovacího kolečka a dále posun „Pan“ pomocí stisku rolovacího kolečka myši). Vedle těchto tlačítek se aktivně při každém pohybu ukazuje pozice kurzoru. Souřadnice XY mají počátek v levém dolním rohu. Vedle těchto souřadnic jsou i další údaje, které se ovšem mění až při konkrétní práci jako je třeba měření vzdálenosti.

Ve spodní části se nachází možnosti vizualizace kartometrických nepřesností. Jsou jimi již zmíněné vizualizace pomocí deformační sítě, vektorů posunu, izolínie měřítka a rotace. V nastavení se dá přidat ještě kruhová vizualizace (kružnice posuvu) lokálních nepřesností. Kruhová vizualizace není v MapAnalystu nastavena přímo. Uživatelé jej, ale mohou snadno přidat z hlavní nabídky pomocí „Edit – Preferences – zaškrtnutí druhé možnosti“. Vizualizuje lokální nepřesnosti mapy a platí pro ni, že čím je kruh větší, tím je větší poziční nepřesnost zvolených bodů.



Obr. 5.10: Analýza mapového podkladu pomocí deformační sítě a izolinie rotace (Podkladová data © ČÚZK)

Ještě nebyla zmíněna hlavní nabídka (mimo možnosti přidání kruhové vizualizace a volby transformace), která je velmi důležitá. V této nabídce se volí import dat („File“) bez kterého by bylo složité pracovat. MapAnalyst podporuje řadu rastrových formátů. Na svých stránkách uvádí, že podporuje formáty JPEG (.jpg), PNG, GIF nebo BMP, přičemž se doporučují formáty JPEG, PNG a GIF (Portable Network Graphics, Graphics Interchange Format, BitMaP image file). Nicméně nebyl zjištěn problém nahrát i rastr ve formátu TIFF. Zároveň se zde uvádí i omezení velikosti v pixelech, kdy by rastr neměl překročit rozměry 5 000 x 5 000 pixelů. Jestli bude rastr větších rozměrů, tak může dojít ke zpomalení aplikace. Opět nebyl upozorován žádný problém při načtení rastru s mírně větším rozměrem.

Uživatelé mohou importovat i referenční mapy se stejným doporučením jako výše. Navíc je potřeba, aby referenční mapa obsahovala soubor tzv. world file. Jedná se o jednoduchý, textový ASCII (American Standard Code for Information Interchange) soubor, který obsahuje informaci o umístění referenční mapy a velikosti území. World file musí mít stejný název jako referenční mapa. Liší se pouze v příponě (viz další strana). Bez tohoto souboru by tedy byly veškeré výpočty nekorektní. U staré mapy se k určení velikosti mapy využívá DPI a doporučuje se, než se začne samotnou prací, tak je třeba

velikost staré mapy ověřit v MapAnalystu pomocí nástroje pro měření vzdálenosti a úhlu (Measure Distance and Angle). Pokud rozměr neodpovídá, tak se doporučuje rastr pře uložit do formátu JPEG.

Přípona souboru World file podle použitého formátu rastru

jpg potřebuje soubor *JGW*

png potřebuje soubor *PGW*

gif potřebuje soubor *GFW*

bmp potřebuje soubor *BPW*

tif potřebuje soubor *TFW*

Soubor world file má svoji stanovenou strukturu v matematickém smyslu, proto je ve čtvrtém řádku uvedena záporná velikost. MapAnalyst dále vyžaduje, aby hodnoty velikosti pixelu v x-ovém a v y-ovém směru byly stejné a také, aby byly rotace rovné nule.

Struktura souboru World file

Řádek 1: velikost pixelu v x-ovém směru

Řádek 2: první rotace okolo osy y (obvykle 0)

Řádek 3: druhá rotace okolo osy x (obvykle 0)

Řádek 4: záporná velikost pixelu v y-ovém směru

Řádek 5: x-ová souřadnice středu levého horního pixelu

Řádek 6: y-ová souřadnice středu levého horního pixelu

Do aplikace lze nahrát i již vytvořené souřadnice spojených identických bodů (lze použít i import pouze pro starou mapu a import pouze pro referenční mapu). Zde může nastat problém s tím, že nemusí odpovídat struktura těchto souřadnic získaných z jiného zdroje a tak je vhodné textový soubor upravit do podoby, kterou MapAnalyst podporuje, která se mírně liší od struktury ze SW ArcMap. Důležité je zde oddělení čárkou. (viz ukázka níže)

Struktura tabulky souřadnic spojených identických bodů v SW MapAnalyst

1,	535510.904078,	1201761.542664,	535514.237835,	1201759.796411
2,	534194.041698,	1201490.061355,	534193.332006,	1201490.751665
3,	534246.422817,	1201484.865193,	534243.735231,	1201486.253739
4,	534878.642589,	1200909.358414,	534877.960389,	1200910.836755
5,	534485.749203,	1200586.567045,	534486.027022,	1200585.821938
6,	535013.395441,	1200403.141880,	535013.381465,	1200402.835739
7,	535021.606504,	1201559.217208,	535018.070112,	1201558.638372
8,	534421.184131,	1201530.234940,	534418.602454,	1201531.518526
9,	534617.741178,	1201341.848294,	534616.339204,	1201342.579189
10,	535532.170245,	1201652.082732,	535535.106667,	1201651.904183

Ukázka struktury souřadnic spojených identických bodů (zleva číslo (název) identické dvojice bodů, XY souřadnice staré mapy v S-JTSK a XY souřadnice referenční mapy v S-JTSK)

Mimo importu je zde možnost i exportu vytvořených výsledků. Při exportu výsledného rastru se opět doporučuje jako maximální rozlišení 5000 x 5000 pixelů. Rozdíl mezi importem a exportem je ve formátech, které lze vyexportovat. Mimo JPEG a PNG, které lze i importovat, tak lze také exportovat do ESRI formátu SHP (shapefile), do vektorových formátů DXF (Drawing Exchange Format), SVG (Scalable Vector Graphics) a WMF (Windows Metafile). Je zde i možnost exportu do textového ASCII formátu pro vektory (Ungenerate), který lze následně importovat do GIS produktů. Co se týče exportu souřadnic spojených identických bodů, tak se ve výsledném textovém souboru objeví další dva sloupce, které značí vektory vzdálenosti a azimutu mezi identickými body.

5.4 Georeferencer

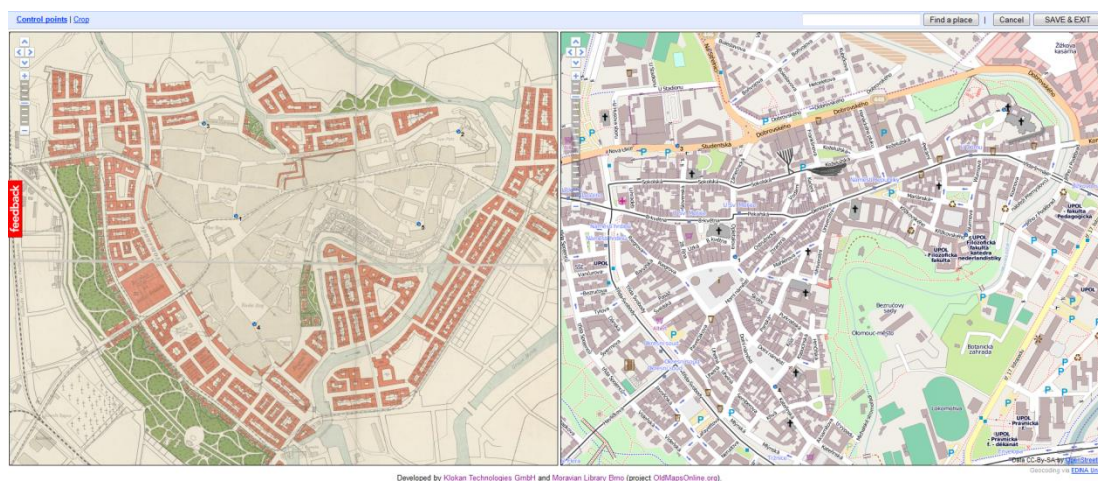
Georeferencer patří do skupiny tzv. online nástrojů sloužících ke georeferencování starých map, ale i k jejich analýze. Umožňuje tedy ztotožnění polohy míst, které se vyskytují na staré mapě s polohou míst v moderních referenčních systémech. Využívá tedy techniky zvané ground control points neboli vlíčovacích bodů. Program pracuje na technologii Google App Engine a OpenLayers s podporou Zoomify a technologie Image Serverů MrSID. Do aplikace Georeferencer jsou zakomponovány nástroje výše zmíněného SW MapAnalyst (nově včetně i detekce kartografického zobrazení). Mimo to umožňuje vzájemné překrývání map a jejich vizualizaci do trojrozměrného prostředí aplikace Google Earth. Nově také obsahuje nástroj pro přepis názvů, které se v mapě vyskytují nebo ořezání staré mapy pomocí polygonu.

Na platformě Georeferenceru stojí projekt „StaréMapy“, který propojuje řadu českých institucí. Celý seznam zapojených institucí je k nahlédnutí na stránkách <http://www.staremapy.cz/projekt/>. Georeferencer využívají i další světové projekty jako je British Library, National Library of Scotland či David Rumsey Map Collection a další. Do projektu se může zapojit kdokoliv, kdo má zájem o staré mapy. Jedinou podmínkou je registrace. Jeho silná stránka spočívá v jednoduchosti a snadné dostupnosti. Práce s vybranou mapou je jednoduchá. Pro výpočet geografické polohy v mapě je zapotřebí určení alespoň tří identických bodů, které uživatel zvolí. Rozložení aplikace je stejné jako u MapAnalystu, tedy na levé straně se nachází sken staré mapy a vpravo se nachází aktuální mapa (GoogleMaps). Postup práce je také stejný. Nejdříve se zvolí bod na staré mapě a poté na mapě nové. Výsledky je poté možné prohlížet v záložkách „Visualize“ a „Accuracy“ (v české mutaci se jedná o záložky „Zobraz“ a „Analyzuj“). Uživatel může zvolit i průhlednost staré mapy na mapě nové.

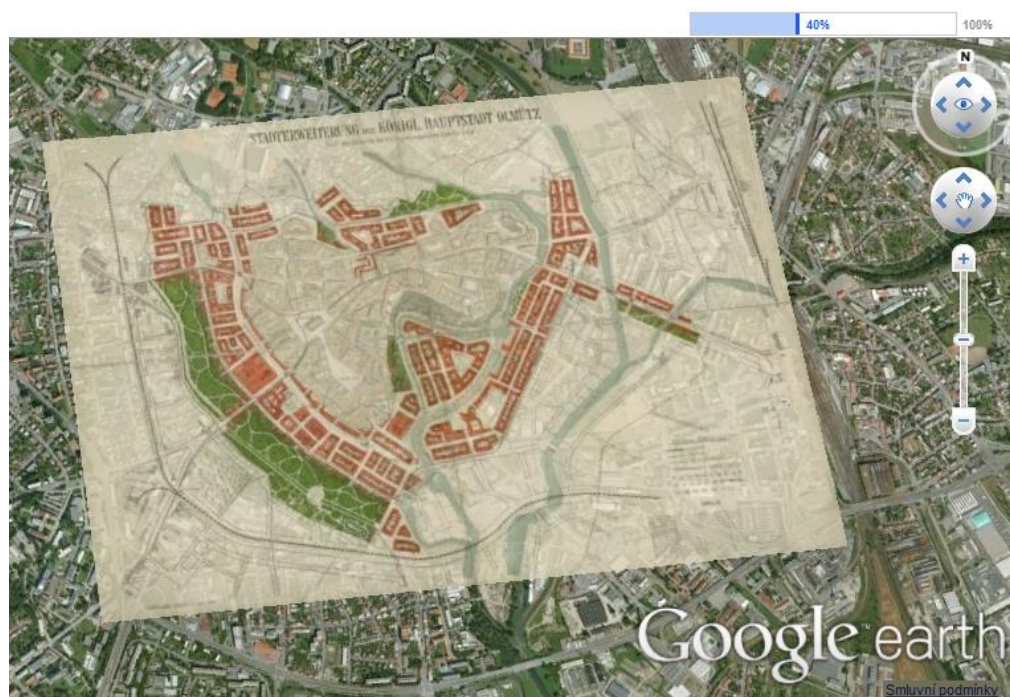
Jak již bylo zmíněno výše, tak jsou do aplikace implementovány nástroje MapAnalyst, takže v záložce „Analyzuj“ lze zobrazit vizualizaci pomocí deformační sítě (mřížka zkreslení), vektorů posunu, izolinie měřítka a rotace, kružnice posuvu a detekci projekce. Z projektu lze vyexportovat kml soubor resp. soubor kmz pro vizualizace výsledku v prostředí Google Earth a také je zde možnost exportu souboru world file pro další zpracování (viz kapitoly 5.3.2 Práce v SW MapAnalyst a 6.5 Práce v SW ArcMap 10.2.2). Dříve byla přístupná beta verze (georeferencer.org), ve které bylo možné

analyzovat vlastní staré mapy. Jako referenční podkladová mapa byla využívána služba OpenStreetMap. Navíc byla možnost prohlížení výsledku v Google Earth přímo v internetovém prohlížeči. Viz obrázky 5.11 a 5.12, které byly použity v práci Balcárek (2013).

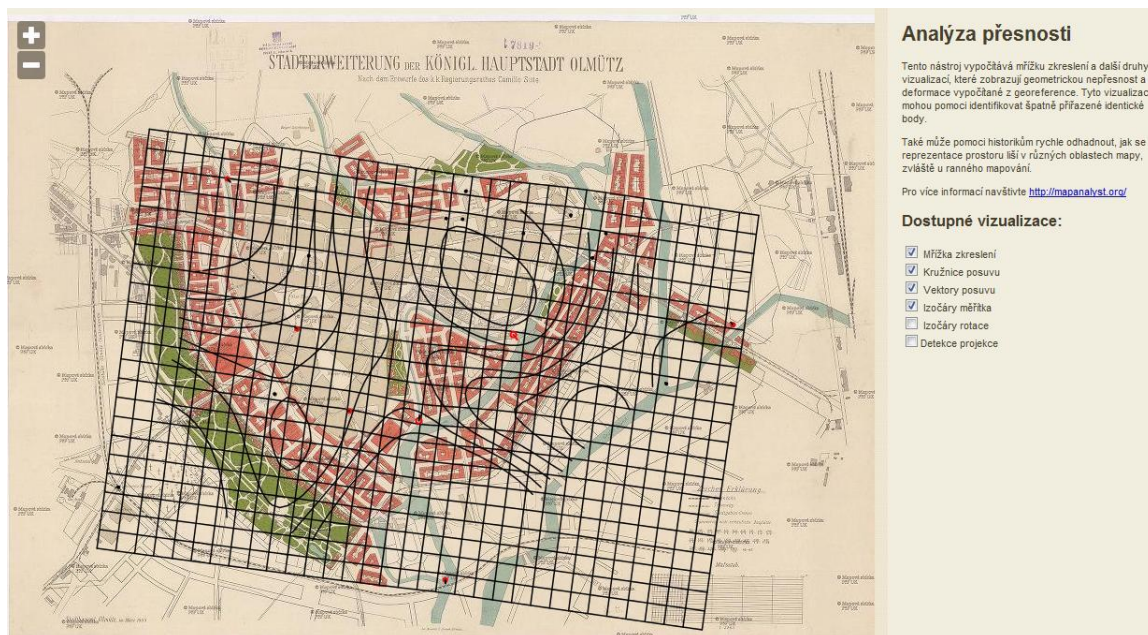
Nevýhodou Georeferenceru je, že jej běžný uživatel nemůže zvolit pro analýzu svých starých map. Analyzovat lze jen mapy, na které se nevztahuje autorské právo, a na staré mapy které jsou již nahrané na internetovém serveru pomocí prohlížečky, která rastr vykresluje pomocí dlaždic nebo původní nepozměněný rastr. Lepší možnosti poskytuje placená verze Georeferenceru, která je určena pro instituce, které vlastní velkou sbírku starých map.



Obr. 5.11: Georeferencování pomocí nástroje Georeferencer.org na mapě *Stadterweiterung Der Königl. Hauptstadt Olmütz* (Balcárek, 2013).



Obr. 5.12: Výstup stejné mapy pomocí nástroje Georeferencer.org v prostředí Google Earth (Balcárek, 2013).



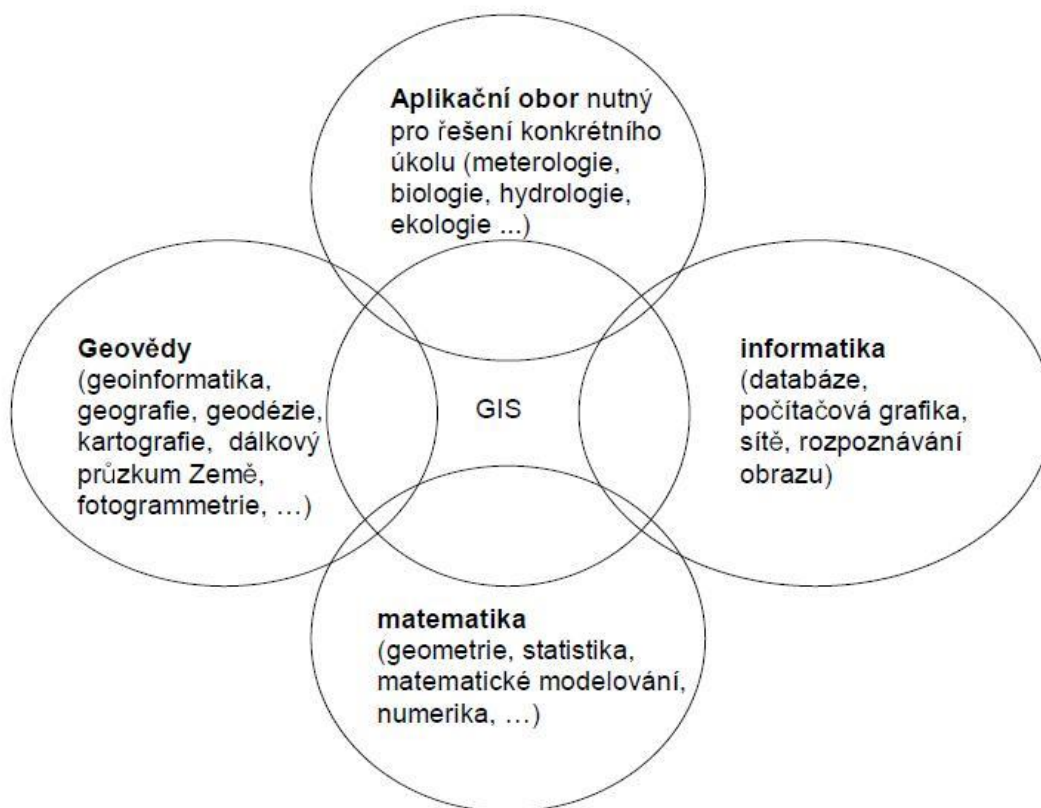
Obr. 5.13: Kartometrická analýza stejné mapy (StaréMapy, 2016).

Nástroj Georeferencer vyvinula Švýcarská firma Klokán Technologies GmbH, kterou založil Petr „Klokán“ Přidal. Mimo této aplikace vyvinuli i aplikaci MapRank Search a MapTiler. Obě aplikace, stejně jako Georeferencer, byly vytvořeny pro práci se starými mapami. Aplikace MapTiler bude v práci popsána níže v kap. 7 (Prohlížečka).

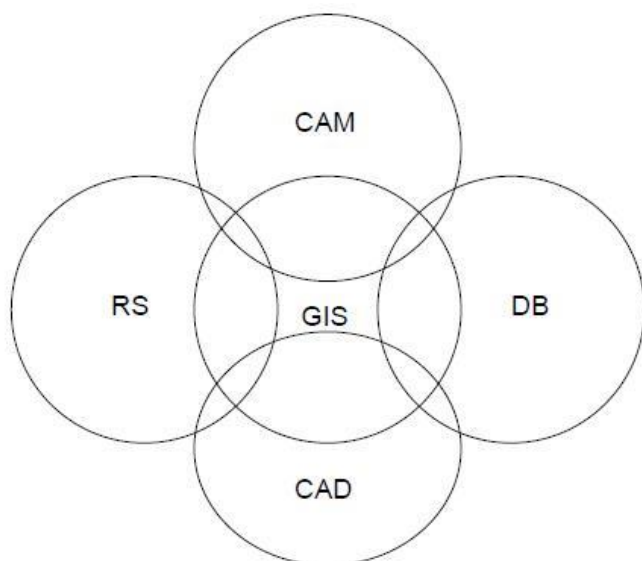
MapRank Search slouží k prohledávání mapových děl podle jejich lokace, resp. podle souřadnic území, které jsou na mapě zachyceny. Prohledávání těchto map je dostupné na stránkách <http://www.oldmapsonline.org/> nebo <http://mapy.mzk.cz/hledat> a na dalších stránkách institucí, které tímto nástrojem disponují. Prvně zmíněná adresa je takovým centrálním serverem, na kterém lze prohledávat mapy všech institucí, které s firmou Klokán Technologies GmbH spolupracují. „Aby mohl systém MapRank Search mapové sbírky prohledávat, musí jednotlivé bibliografické záznamy splňovat určité požadavky. Kromě splnění požadavků na minimální záznam pro mapy je nutné v záznamu vyplnit matematicky kódované údaje o mapě (v MARC21 pole 034), tedy rozměr dokumentu, mezní souřadnice zobrazeného území a měřítko“ (Dufka, 2011). MapRank Search neslouží jako prohlížečka a ani s ním nelze analyzovat kartometrické nepřesnosti starých map. Jedná se spíše o interaktivní katalog starých map a možnosti zjistit, která instituce onu mapu vlastní, resp. od které instituce je možné získat digitální podobu staré mapy pro další analýzu.

6 ANALÝZA V PRODUKTECH GIS

Co to je vlastně GIS? Co se pod touto zkratkou chápe? GIS je zkratkou slovního spojení geografický informační systém. Jedná se o *organizovaný, počítačově založený systém hardwaru, softwaru a geografických informací vyvinutý ke vstupu, správě, analytickému zpracování a prezentaci prostorových dat s důrazem na jejich prostorové analýzy* (VÚGTK, 2016). Skládá se ze čtyř komponent. V první řadě to je hardware, poté software, data a samozřejmě lidé, kteří s GIS pracují. Data (geodata) se kterými pracují, jsou definovány pomocí atributů, svojí geometrií, topologií a dynamikou. GISy umí pracovat jak s vektorovými daty, tak samozřejmě i s daty rastrovými, které se objevují i v této diplomové práci a také s tzv. negrafickými daty (atributové tabulky), které lze mezi sebou propojovat. GIS je vlastně propojení více různých vědních oborů. Zahrnuje geovědní disciplíny, informatiku, matematiku a tzv. aplikační obory (viz obr. 6.1).



Obr. 6.1: Propojenost GIS s dalšími vědními obory (Břehovský a Jedlička, 2005)



CAD – počítačově podporované kreslení

CAM – počítačově podporované modelování

DB – databázové systémy

RS – dálkový průzkum
+ rozpoznávání obrazu

Obr. 6.2: Vztah GIS a počítačových disciplín (Břehovský a Jedlička, 2005)

Historie GIS sahá do druhé poloviny 20. století. Velmi úzce tedy souvisí s rozvojem informační technologie, bez které by nemohl existovat. Jako první se GIS objevuje na přelomu 50. a 60. let na severoamerickém kontinentě. Jako průkopník v tomto směru je považován kanadský geografický informační systém označovaný jako CGIS (Canadian Geographic Information System). První GISy byly založené na zobrazení prostorových dat pomocí řádkových tiskáren. V 60. letech se jednalo o speciální aplikace, které neměly grafický výstup z dnešní podoby. Větší pozornost k GIS aplikacím se zvedla díky snížení cen vývoje v 80. letech (období tzv. komercializace) a v 90. letech díky dostupnosti barevných tiskáren (Gaura a Ďuráková, 2012). V těchto letech se objevují běžně dostupné softwarové systémy pro GIS, jako jsou produkty od firem ESRI či Intergraph a postupně začíná jejich standardizace. V dnešní době je kladen důraz na práci s prostorovou složkou dat, jejich řešení pomocí online nástrojů, vytváření, publikování a sdílení pomocí internetu.

Do Evropy se GISy dostaly později, což bylo dle Konečného (1994) zapříčiněno fixací na klasické mapy, které se v Evropském měřítku daleko lépe a rychleji aktualizovaly. Na území České republiky se počátky GISů datují do 70. let a k masivnímu nárůstu GIS aplikací využívaných ve vědě, státní správě atp. dochází od poloviny 90. let. Mezi největší světové distributory GIS software patří společnosti ESRI, Intergraph, Autodesk, MapInfo, a další. Z českých GIS společností to jsou například společnosti Berit, DIGIS, Foresta SG, GEPRO, T-Mapy, Xanadu, LabGIS a další.

GIS SW lze rozdělit podle funkcionality na **Profesionální GIS**, které jsou považovány za plně funkční systém sloužící pro správu, editaci a pořizování dat včetně tvorby databází. Také bývá rozšířen o řadu dalších speciálních nástrojů a o nástroje prostorových analýz. Další skupiny z hlediska funkcionality tvoří tzv. **Desktop GIS**, které jsou mezi uživateli GIS nejvíce rozšířené. Desktop GIS se zaměřují především na

používání dat nikoliv na jejich pořizování. Existují i další skupiny GIS SW, do kterých se řadí **Příruční GIS**, **Internet (Server) GIS**, **GIS prohlížečky** a také **Freeware GIS**, do kterých spadají i některé SW z předchozích skupin. Obecně se GIS dají rozdělit do dvou skupin a to na skupinu komerční a nekomerční nebo také na skupinu placené a zdarma či otevřené nebo svobodné.

6.1 Nekomerční GIS

Do skupiny nekomerčních GIS SW patří všechny SW, které jsou poskytovány zdarma nebo jsou poskytovány jako Open-Source SW, které mají otevřený zdrojový kód. Uživatelé tedy mají možnost tento SW užívat zdarma, upravovat jej a dokonce i sdílet. Bývají také licencovány na základě GNU GPL licence (GNU's Not Unix General Public License). Do této skupiny se řadí celá řada GIS SW, jako jsou například OpenJUMP, gvSIG, GRASS GIS, QGIS, MapWindow GIS, uDig, Janitor a další. Všechny tyto SW řešení se snaží být konkurence schopné komerčním produktům. Svoji funkcionalitou se většinou řadí mezi desktopové verze.⁶ O podporu (právní, technickou i infrastrukturní) Open-Source SW se ve Spojených státech amerických stará nezisková organizace OSGeo.org (Open Source Geospatial Foundation). V České republice je to spolek „Otevřená GeoInfrastruktura“ (OSGeo.cz).

QGIS

QGIS neboli také Quantum GIS byl vytvořen v roce 2002. Program je distribuován s GNU/GPL licencí a vytvořen v programovacím jazyce C++ a naprogramován pomocí knihovny Qt. Aktuální verze SW je 2.14.0 s označením německého města Essen. Jako většina podobných SW řešení podporuje nejpoužívanější operační systémy (Windows, Mac OS X a Linux). QGIS se vyznačuje obrovskou funkcionalitou, kterou lze rozšířit pomocí zásuvných modulů (pluginů) a konkuruje tak řadě komerčním SW.

GRASS GIS

Pod zkratkou GRASS se vyskytuje anglické slovní spojení Geographic Resources Analysis Support System. Patří k neznámějším a nejstarším Open-Source GIS řešení. Byl vyvíjen již od roku 1982. Jeho velkou výhodou je obrovská funkcionalita podporující, jak rastrová, tak vektorová data. Aktuální verze SW je 7.0.3 a je spustitelná na všech nejpoužívanějších operačních systémech. Zahrnuje více než 350 modulů pro zpracování, analýzu, správu a vizualizaci.

⁶ SW gvSIG má k dispozici 106 funkcí a QGIS 94 funkcí (Sillero & Tarroso, 2010).

6.2 Komerční GIS

Druhou skupinu logicky tvoří SW řešení, za které je třeba si zaplatit. Na rozdíl od nekomerčních SW má uživatel se zakoupením produktu záruku správy a udržovací podpory. Komerční GIS mají vyšší funkcionalitu a umožňují různé nadstavby. Do skupiny komerčních GIS SW se řadí ArcGIS, GeoMedia, MicroStation, AutoCAD, Geomatica, Kristýna GIS (plná verze), MISYS a další.

GeoMedia

Produkt GeoMedia vytvořila americká společnost Intergraph. Svojí cenou představuje dostupnější alternativu desktopového produktu ArcGIS. Obsahuje celou řadu produktů pro tvorbu, analýzu a publikaci dat včetně analytických nástrojů. Mimo produkt GeoMedia, což je univerzální GIS klient obsahuje i produkty GeoMedia Web Map pro publikaci dat v online prostředí, GeoMedia Professional, který je univerzálním GIS klientem a také produkt určený pro tvorbu dat (umožňuje zápis do databázových tabulek Oracle či SQL). Posledním zmíněným produktem bude GeoMedia Web Enterprise, který slučuje vlastnosti všech předchozích produktů.

ArcGIS

ArcGIS je produktem jedné z největších a zároveň také jedné z prvních GIS firem ESRI založené v roce 1969 (nejstarší verze programu byla uvedena na trh v roce 1982). Výhoda SW ArcGIS spočívá v jeho komercionalizaci. Firma poskytuje příznivou multilicenční politiku pro školství. Z tohoto důvodu je SW hojně využíván i v různých institucích a firmách právě z důvodu, že s tímto SW přišla řada mladých pracovníků do styku již ve školách.

Obsahuje řadu modulů, z nichž nejvyžívanější je asi ArcView, který mj. obsahuje ArcMap. ArcMap je hlavní aplikací, která se využívá pro tvorbu, editaci a publikaci map včetně jejich tisku. Práce s ArcMap je poměrně „jednoduchá“ a dovoluje udělat téměř jakoukoliv GIS analýzu včetně georeferencování. Aktuální verze desktopového systému ArcGIS je 10.4, která vyšla 18. 2. 2016. Nicméně pracováno bylo se starší verzí 10.2.2. Více bude zmíněno dále v kap. 6.5 (Práce v SW ArcMap 10.2.2).

Tab. 6.1: Porovnání výhod a nevýhod Open-Source GIS a komerčního GIS (upraveno dle Steiniger & Bocher, 2008).

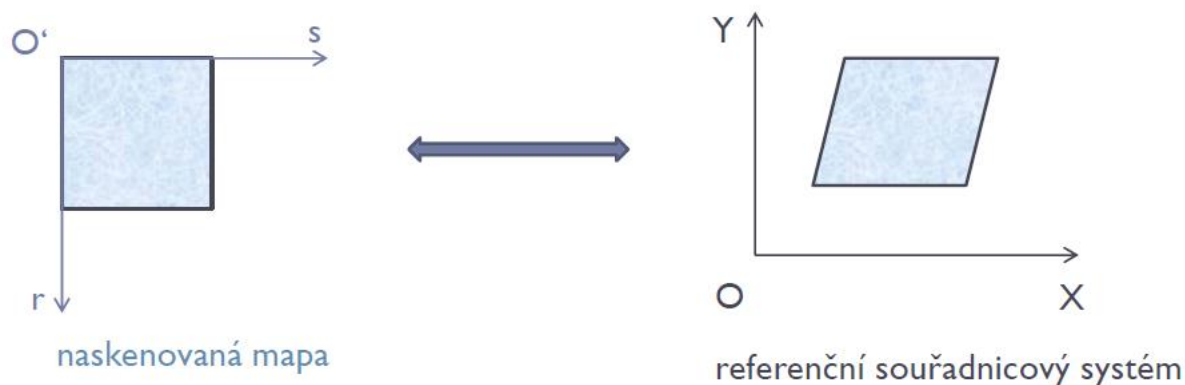
	Silné stránky	Slabé stránky
Open-Source GIS	Bez licenčních poplatků Nepovinná aktualizace Neomezené použití (libovolný počet instalací) Podpora svobodných standardů a formátů Podpora komunity (vývojáři a uživatelé) využívající Open-source SW (více méně časově neomezená) Programátorské rozhraní	Náklady na školení Snadnější napadení SW Není zaručena funkčnost
Komerční GIS	Záruka kvalitního správy a podpory Dobrá dokumentace Jednotlivé součásti na sebe navazují a spolupracují mezi sebou	Cena za jednotlivé části SW, která je vázána na konkrétní licenci společnosti Cena za podporu či údržbu Podpora je vázána na dobu existence společnosti Vysoké náklady na školení Absence nebo obtížné vlastní ho přizpůsobení SW

6.3 Georeferencování

Staré mapy, především ty nejstarší, byly vyhotoveny bez jakéhokoliv kartografického zobrazení nebo je jejich zobrazení neznámé. Obsahují různé lokální deformace a často vznikaly bez geodetických základů. Analýza v produktech GIS je dalším způsobem jak s těmito starými mapami dále pracovat. Slovník VÚGTK (2016) georeferencování definuje jako „proces vztahu mezi polohou dat v přístrojovém souřadnicovém systému a geografickou, resp. mapovou polohou“. Pro studium těchto map je tedy třeba, aby byly umístěny do některého přesně definovaného souřadnicového systému⁷. Ať už do

⁷ „Tento systém je pak chápán jako definice geodetického datumu popisující vztah souřadnicového systému k Zemi (zpravidla definice náhradního elipsoidu či náhradní koule) a dále jako definice kartografického zobrazení, pomocí které je možné převádět zeměpisné souřadnice z náhradního tělesa do roviny“ (Cajthaml, 2013).

globálního jako je například WGS 84⁸ (World Geodetic System) či do nějakého národního. Pro naše území se v těchto úlohách využívá systém S-JTSK⁹.



Obr 6.3: Transformace původního obrazu do souřadnicového systému (Potůčková, 2013)

Georeferencováním se tedy rozumí umístění neboli transformování mapy do referenčního souřadnicového systému. Dle Cajthamla (2015) se transformace souřadnic dělí na dvě resp. někdy uváděno na tři skupiny (třetí skupinu lze zařadit do druhé).

Globální transformační metody - pro celý obraz mapy platí jeden transformační klíč (lineární transformace - podobnostní, afinní)

Lokální transformační metody - transformační klíč se vypočítává na základě vzdáleností od identických bodů (IDW - Inverse Distance Weighting, TPS - Thin Plate Splines).

Transformační metody po částech – kdy je obraz rozdělen na trojúhelníky z identických bodů a poté se provede afinní transformaci či plátování.

Výběr transformace tedy určuje matematické vztahy, podle kterých se převedou obrazová data. Záleží na třech parametrech a to na znalosti souřadnicového systému staré mapy, na rozměrech mapového listu a počtu mapových listů. Jestli je znám souřadnicový systém použitý na staré mapě, tak pro transformaci stačí pouze jednoduché operace jako posun, rotace a změna měřítka. Cajthaml (2013) zde uvádí, že pokud budou parametry rozdílnější, tak bude deformace mezi oběma souřadnicovými systémy větší a bude třeba zvolit složitější transformační vztahy. Znalost originálních rozměrů staré mapy nám pomůže zjistit a odstranit srážku materiálu, na kterém je stará mapa vyhotovena. Co se týče posledního parametru, počtu mapových listů, tak zde platí, že transformace jediného mapového listu je relativně jednoduchá. Složitější operace jsou s více mapovými listy, z důvodu návaznosti jednotlivých mapových listů na sebe.

Cajthaml (2015) uvádí několik bodů, na které je třeba si při georeferencování dát pozor. V první řadě se jedná o již zmíněné rozdílné kartografické zobrazení mezi starou mapou a novou referenční mapou. Pokud informaci nelze dohledat, je možné použít

⁸ Celosvětově uznávaný geodetický standard vydaný v roce 1984 ministerstvem obrany USA. Definuje souřadnicový systém, referenční elipsoid.

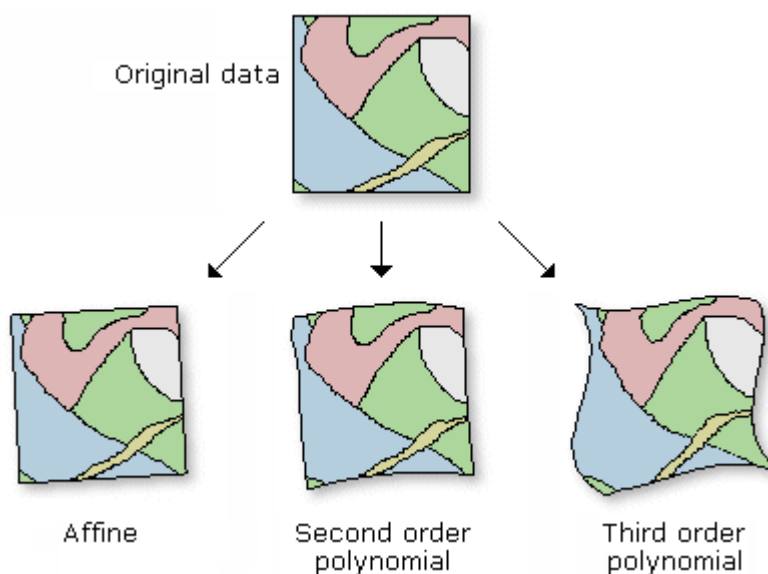
⁹ Souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální, který je definován vlastním Křovákovým zobrazením, které je kuželové, konformní v obecné poloze.

matematické metody pro odhad příslušných parametrů (Bayer, 2008). U map velkých měřítek není absence těchto informací tak významná, ale u map malých měřítek se bez znalosti minimálně typu kartografického zobrazení těžko obejdeme (Cajthaml, 2013). Dále Cajthaml (2015) uvádí, že je třeba dát si pozor na rozložení identických bodů a jejich statistické testování a také jaký je účel georeference (požadovaná přesnost a vlastnosti).

6.3.1 Transformační metody

Jak již bylo zmíněno, tak se transformační metody se dělí na dvě (někdy uváděno na tři) skupiny podle toho, zda se vztahují k celému rastru mapy nebo pouze k jeho menší části.

Globální metoda (reziduální) je založena na aplikaci matematických rovnic, které určují vztah mezi oběma systémy na základě zvolených identických bodů. Pro celý mapový obraz platí jeden transformační klíč. Určuje pouze měřítko, posun a natočení (rotaci). Střední souřadnicová chyba transformace odpovídá přesnosti mapy. Do této skupiny se řadí lineární 2D transformace, do kterých spadá transformace afinní, pětivrzková afinní či podobnostní. Dále sem také patří nelineární transformace polynomická (2. a 3. řádu) a projektivní transformace.



Obr. 6.4: Deformace rastru podle zvoleného typu transformační metody (ESRI, 2008).

Lokální metody (nereziduální)¹⁰ využívají rozdělení obrazu na menší části (př. trojúhelníky) nebo je transformace prováděna, tak že je pro každý obrazový bod vypočítán funkční vztah. Tento vztah bývá závislý na vzdálenosti bodu od identických bodů. Při těchto transformacích se mění geometrie mapy (prohnutí, deformace) a ztrácí se informace o odhadech středních souřadnicových chyb. Mezi příklady lokální metody se řadí IDW či TPS neboli transformace, které zaručují tzv. úplné ztotožnění map na

¹⁰ Nereziduální transformace dotahují identické body zdrojové soustavy na body cílové soustavy beze zbytku (rezidua).

identických bodech. Jednotlivé transformační metody, včetně vzorců, jsou detailně popsány v díle Cajthamla (2012).

6.3.2 Volba identických bodů

Jedná se o velmi důležitý krok v celém procesu. Tento krok spočívá ve výběru stejných bodů na staré mapě a na současné mapě. Tzn., že bodu na staré mapě jsou přiřazeny souřadnice téhož bodu na mapě nové. Pro samotnou georeferenci je zapotřebí najít alespoň 3–4 identické body, což se považuje za minimum pro samotný proces.¹¹ Ovšem tento počet pro další práci se starou mapou je nedostačující. Tento počet je dostačující u georeferencie mapových děl u nichž se ještě neprojeví následky srážky papíru nebo jsou známy originální rozměry staré mapy a je znám použitý souřadnicový systém. Obecně se nedá ideální počet identických bodů definovat a tak by se dalo říci, že záleží na každém autorovi, kolik identických bodů zvolí. Dalo by se říci, že čím více identických bodů, tím lepší výsledek.

Při výběru identických bodů je velmi důležité jejich rovnoměrné umístění a také pokud jich je velké množství, tak se dle Cajthamla (2015) doporučuje provést shlukovou analýzu¹², váhu identických bodů (odhad kvality identických bodů, dle jednotlivých kategorií, které reprezentují), metody pro odhalení chybných identických bodů, interaktivní váhování (Huberův nebo Hampelův odhad v SW MapAnalyst). Mezi vhodně zvolené identické body patří neměnné prvky v krajině. Ať už se jedná o kostely, hrady, zámky a další zděné budovy nebo také křížení cest, styk hranic pozemků, hranice parcel nebo významné lomové body katastrálních hranic. Vůbec neoptimálnější je zvolit takové body, které byly použity při tvorbě mapy, tedy body geodetických základů. Také se doporučuje i to, kde naopak není vhodné identické body volit. Jsou to koryta vodních toků a jiných prvků, u kterých se poloha hranice mohla v čase změnit. Dále je zbytečné volit identické body blízko sebe. Při sběru identických bodů také záleží, zda se mapa skládá z více mapových listů nebo se jedná pouze o jeden mapový list. U více mapových listů je třeba najít více identických bodů a to v blízkosti spojů z důvodu jejich návaznosti na další mapový list.

6.3.3 Jednotlivé metody postupu georeferencování

Jiří Cajthaml ve své práci (2015) zmiňuje jednotlivé postupy georeferencování v závislosti na dalších faktorech jako je počet mapových listů nebo zda je znám použitý referenční systém a originální rozměry staré mapy.

A) Pro jeden mapový list

Pokud je znám použitý referenční systém a rozměry map, tak je zapotřebí starou mapu nejprve rekonstruovat do původních rozměrů pomocí rohů. Poté následuje práce v GIS, kde se nastaví tento referenční systém pro zobrazení současné mapy. Následuje sběr

¹¹ Minimální počet identických bodů u podobnostní transformace jsou dva páry (Potůčková, 2013).

¹² Cílem je roztřídění množiny objektů do několika skupin (shluků). Objekty nacházející se v jednom shluku si jsou nejvíce podobné a zároveň nejvíce odlišné od objektů nacházejících se v jiném shluku.

identických bodů a volba transformace (podobnostní, projektivní, ale i lokální metody - nereziduální). Pokud je známo kartografické zobrazení, pak je další možností dle Potůčkové (2013) využití zobrazovacích rovnic použitých kartografických zobrazení ve speciálním programu (př. Proj4, Madtran, Matkart).

Pokud je znám referenční systém, ale nejsou známy rozměry mapy, tak se postupuje podobně jako v předchozím případě, s tím rozdílem, že se zvolí transformace afinní (nebo pětiprvkovou afinní), která eliminuje srážku ve dvou směrech.

Když není znám použitý referenční systém, tak Cajthaml (2013, 2015) uvádí, že je třeba odhadnout nebo určit alespoň některé parametry. Může se jednat o geodetické datum, které je ovšem velmi těžko zjištělné. Dále se může určit kartografické zobrazení pomocí softwaru na jejich detekci (př. Bayer, DetectProj) nebo jej odhadnout ze zobrazené zeměpisné sítě či rámových značek. Je třeba použít co nejpodobnější referenční souřadnicový systém. Pokud jsou známy rozměry, tak se zvolí podobnostní transformace a pokud ne, tak se zvolí afinní transformace nebo lokální metody. Aby bylo možné zjistit rozměry původního rastru, tak je třeba v prvním kroku zvolit projektivní transformaci a ve druhém je třeba obraz transformovat.

B) Pro více mapových listů

Spojení obrazových dat a následné georeferencování

Tento proces se považuje za nejjednodušší. Je zapotřebí znát rozměry jednotlivých mapových listů. Mapové listy musejí být ve stejném kartografickém zobrazení. Na rohy jednotlivých listů je možné použít projektivní transformaci, která zajistí na rozích mapových listů nulové odchylky.

Metoda plátování

Při metodě plátování je třeba nejdříve rekonstruovat tvar mapových listů. Vnitřek mapového listu se transformuje lokální metodou TPS. Okrajové části zůstávají zachovány.

Metoda průměrování rohů

Tento postup spočívá v georeferencování každého mapového listu zvlášť. Získají se souřadnice rohů, které jsou odečteny a zprůměrovány. Poté jsou tyto mapy transformovány na průměry souřadnic rohů. Tuto metodu lze použít pouze pro globální lineární metody.

Metoda společného vyrovnání s podmínkami

Jedná se o nově navrženou metodu, která kromě sběru identických bodů definuje i odpovídající si body na hranách mapových listů. Byla navržena v díle „Analýza starých map v digitálním prostředí na příkladu Müllerových map Čech a Moravy“ (Cajthaml, 2012). U lineárních transformací se jedná o rohy a u polynomických také i o body na hranách. Obvykle se jako třetí bod volí střed hrany. Jde tedy o vyrovnání měření zprostředkujících s podmínkami, které definují návaznost mapových listů. Výsledkem jsou tedy transformační klíče pro jednotlivé mapové listy. Pro výpočet této metody byla vyvinuta aplikace MultiGeoref. Více o metodě společného vyrovnání s podmínkami v monografii Cajthaml (2012).

Po dokončení transformace je třeba uložit informaci o umístění rastru v souřadnicovém systému. Existuje rozdílný způsob uložení této informace v závislosti na použité transformační metodě. Pokud byla použita některá z jednodušších (lineárních) metod, tak stačí pouze uložit informaci o umístění v souřadnicovém systému přímo do hlavičky souboru (př. formát souboru GeoTIFF) nebo do tzv. souboru world file. Soubor world file má svoji stanovenou podobu (viz kapitoly 5.3.2 Práce v SW MapAnalyst a 6.5 Práce v SW ArcMap 10.2.2). Rastrová data se nemusí nijak měnit a stačí je ponechat v původním stavu (formát, rozlišení, barevná hloubka). Problémem je, že většina formátů informaci o parametrech a typu souřadnicového systému nepodporuje, což může být vyřešeno pomocí vedení metadat k rastrům nebo také pomocí webových mapových služeb, kde je tento souřadnicový systém k rastrům přiřazen (Cajthaml, 2013).

Je-li použita složitější (lokální, polynomická či jiné transformační vztahy) metoda, tak je zapotřebí původní rastr převzorkovat z důvodu přenositelnosti informace o parametrech transformace mezi GIS programy. Výsledkem je tedy nový rastrový soubor.

6.4 Převzorkování rastru

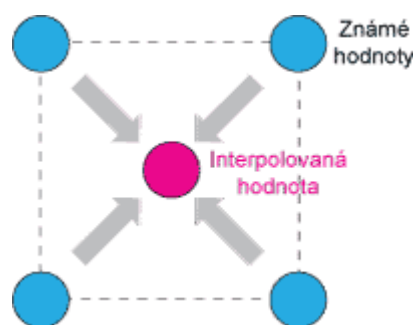
Převzorkováním obrazu se rozumí převod neboli konverze původního rastru do nového rastru na základě geometrického transformačního předpisu. Při procesu převzorkování dochází ve většině případů k posunu středů jednotlivých pixelů nového rastru oproti původnímu rastru (Brůha, 2014). To znamená, že každému pixelu je přiřazena nová hodnota, která je vypočtena z původního rastru. Při tomto procesu se využívají tři nejběžnější algoritmy, které budou dále popsány.

Metoda nejbližšího souseda (Nearest neighbor)

Tato metoda je považována za nejjednodušší metodu převzorkování obrazu. Její princip je snadný, jelikož při této metodě dochází k určení hodnoty pixelu na základě hodnoty nejbližšího pixelu. Výhodou této metody je, že hodnoty pixelů nejsou žádným způsobem upravovány, tzn., že nemění hodnotu vstupních buněk. Nevýhodou je výskyt nespojitostí z důvodu posunu pixelů až o polovinu svojí velikosti. Výsledkem jsou zubaté hrany (aliasing). Jelikož nedochází ke změně hodnot vstupních buněk, tak se například využívá pro následný výzkum land use (Brůha, 2014).

Bilineární metoda (Bilinaer)

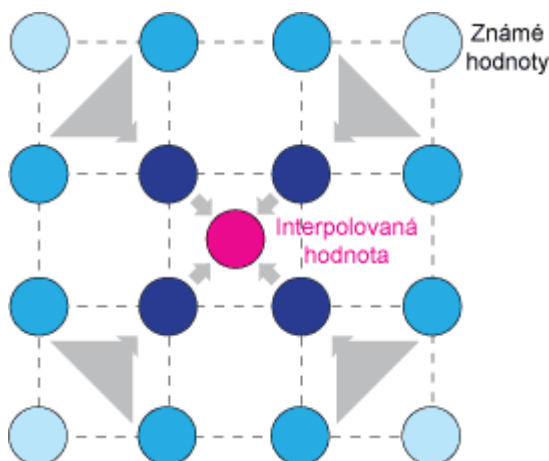
Další metodou převzorkování je metoda bilineární interpolace, která je podle Dobrovolného (1998) přesnějším algoritmem z hlediska geometrické přesnosti výsledného obrazu. Hodnota pixelu se vypočítává jako vážený průměr čtyř nejbližších obrazových pixelů (2 x 2). Oproti předchozí metodě je její výhodou, že nevytváří nespojitosti. Má tzv. vyhlazovací účinek (anti-aliasing), což se projevuje jemnějším průběhem hran. Při zvětšení rastru je ovšem viditelné rozostření, hrany jsou méně zřetelné. Podle Brůhy (2014) je tato metoda vhodná pro data s kontinuální změnou hodnot. Tedy pro nadmořskou výšku, sklonitost atp.



Obr. 6.5: Výpočet hodnoty pixelu pomocí bilineární metody (Pihan, 2011).

Bikubická metoda (Bicubic)

Poslední zmíněnou a zároveň často používanou metodou je metoda bikubické interpolace. Pro stanovení nové hodnoty pixelu používá vážený průměr ne čtyři, ale 16 okolních pixelů. Tím dochází k většímu zpřesnění a tedy i k lepším výsledkům. Navíc je pro nejbližší pixely určena větší váha, než pro pixely vzdálenější. Výsledný obraz je ostřejší, má jemné přechody hran. Využívá se u snímků dálkového průzkumu země a stejně jako předchozí metoda nezachovává hodnoty odpovídající kategoriím ve výstupním rastru (Brůha, 2014).



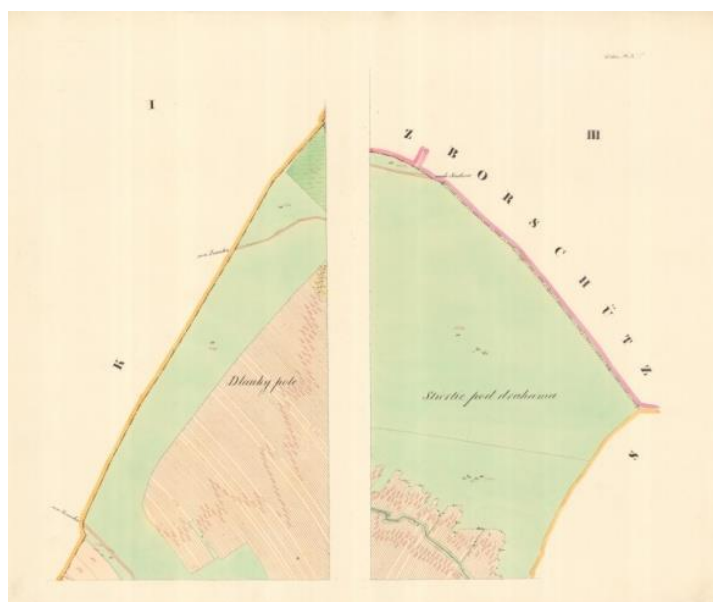
Obr. 6.6: Výpočet hodnoty pixelu pomocí bikubické metody, modré odstíny značí rozdílnou váhu pixelu (Pihan, 2011).

6.5 Práce v SW ArcMap 10.2.2

Práce, jejichž cílem bylo zjištění polohové nepřesnosti a tvorby bezešvého rastru, probíhala v programu ArcMap 10.2.2 od firmy ESRI. Samozřejmě je možné použít i jiný GIS SW, ve kterém se uživatel lépe orientuje, nebo který je pro něj dostupnější.

Vždy je vhodné v prvním kroku překontrolovat veškeré rastry starých map, se kterými se bude dále pracovat a popřípadě je poupravit. Mohla by nastat situace, kdyby se začalo pracovat a v půli práce bylo zjištěno, že nebyla poskytnuta digitální podoba celého sledovaného území nebo jsou rastry ve špatné kvalitě. Rastry byly zakoupeny od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního sídlícího v Praze. Jednalo se celkem o 13 listů ve formátu JPEG (.jpg), ve fyzické rozlišení 300 DPI, v poměru 1 : 1 k originální velikosti skenované předlohy a v barevné hloubce 24 bit. Na jednom listu se nacházela přehledová mapa a na zbylých 12 mapových listech se nacházelo území Velké nad Veličkou, které

bylo rozděleno na 15 částí. Jelikož se na některých mapových listech nacházely i dvě části sledovaného území, tak bylo třeba tyto rastry rozdělit na jednotlivé části. Mapa poddanských pozemků kolem městečka Velká byla poskytnuta Moravským zemským archivem v Brně ve formátu TIFF, ve fyzickém rozlišení 400 DPI, poměru stran 1 : 1 a barevné hloubce 24 bit. Před každou prací, při které může dojít ke ztrátě vlastností staré mapy (rozdělení, deformace, rotace atp.), je vhodné zálohovat originální rastry. Také je vhodné, pro lepší orientaci v prostředí ArcMap, aby byly jednotlivé části pojmenovány postupně. Ve výsledku byly pro každou část listu zjištěny polohové nepřesnosti v různých transformacích a vznik nového tzv. bežešvého rastru z povinných otisků stabilního katastru.



Obr. 6.7: Mapový list s označením 3303-1-001, který obsahuje kresbu dvou částí území (označené římskými číslicemi I a III) (Podkladová data © ČÚZK).

Po kontrole a úpravě původních rastrových dat je lze bez obav nahrát do prostředí ArcMap. Samozřejmě je zapotřebí nejdříve zvolit souřadnicový systém, ve které bude stará mapa georeferencována. Jako vhodnou variantou se jeví systém S-JTSK_Krovak_East_North, který je využíván i v obdobných pracích zabývajících se stejnou tematikou. Výsledkem jsou hodnoty polohových chyb v metrech. Po pouhém nahrání rastrových částí se v adresáři, ve kterém se nacházejí rastry, vytvoří další dva resp. tři soubory. Jeden s příponou .aux.xml, druhý s příponou .jpg.ovr a třetí s příponou .jgw, který se ovšem vytvoří až budou tomuto rastru definovány identické body.

Formát AUX (auxiliary) definuje použitý souřadnicový systém. Pokud rastr tuto informaci neobsahuje, tak se levému hornímu rohu nastaví souřadnice 0, 0 a velikost pixelu se nastaví na jednu jednotku aktuálního souřadnicového systému. Jestliže je použita jiná transformace než afinní, tak se v tomto souboru nachází i seznam identických bodů a typ transformace. Soubor OVR (overview) definuje pyramidování rastrů velkých rozměrů neboli ukládání dat menšího rozlišení pro rychlejší práci s původním rastrem. To znamená, že původní rastr je uložen do několika menších rozlišení. Tyto pyramidy neboli náhledy jsou uloženy právě v souboru s příponou OVR. Soubor s příponou JGW nebo

také JGWX je označován jako tzv. world file, který definuje umístění rastru v souřadnicovém systému. JGW je vytvořen, když je použita afinní transformace, ale pokud je použita jiná transformace, tak se soubor přepíše na JGWX. Přípona se také mění s použitým formátem (viz níže). Soubor world file má svojí danou strukturu.

Přípona souboru World file podle použitého formátu rastru

jpg potřebuje soubor JGW

png potřebuje soubor PGW

gif potřebuje soubor GFW

bmp potřebuje soubor BPW

tif potřebuje soubor TFW

Struktura souboru World file

Řádek 1: velikost pixelu v x-ovém směru

Řádek 2: první rotace okolo osy y (obvykle 0)

Řádek 3: druhá rotace okolo osy x (obvykle 0)

Řádek 4: záporná velikost pixelu v y-ovém směru

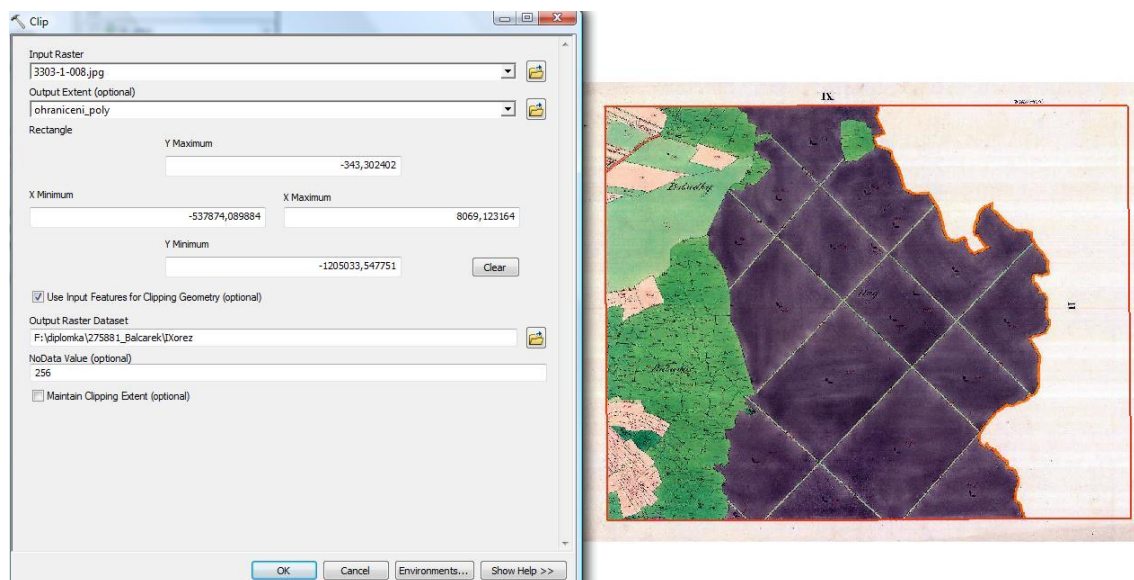
Řádek 5: x-ová souřadnice středu levého horního pixelu

Řádek 6: y-ová souřadnice středu levého horního pixelu

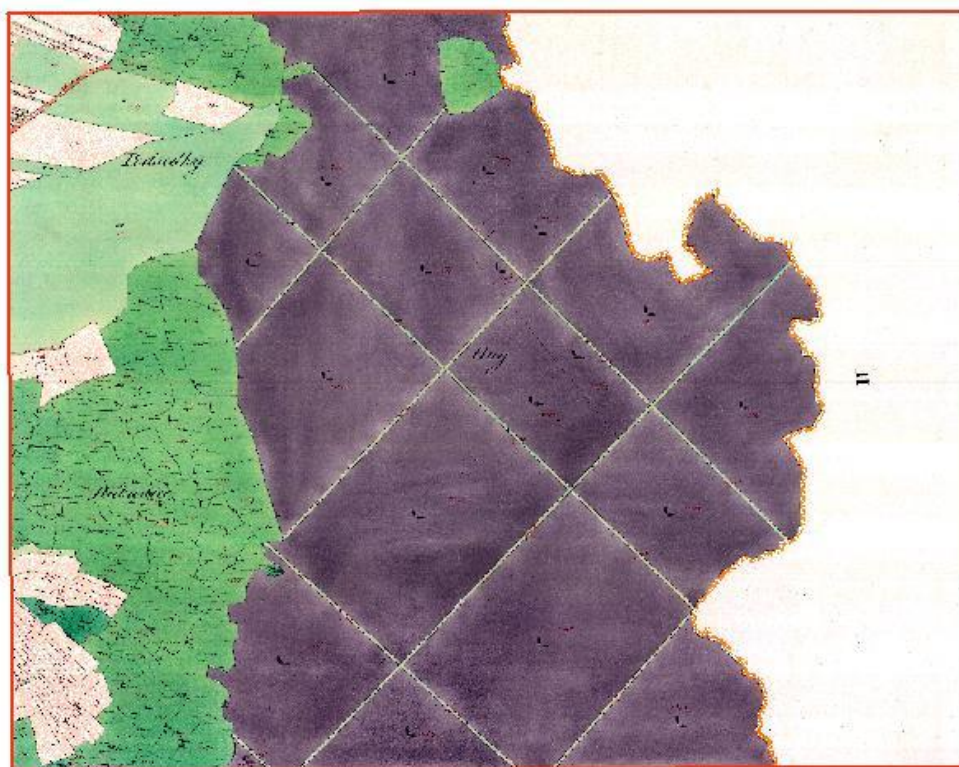
Dalším krokem, který je potřeba udělat před samotnou georeferencí, je ořezání přebytečných částí mapového podkladu (mimorámových). Není nezbytně nutné ořezávat okrajové části, na které žádný další mapový podklad nenavazuje. Důležité je ořezat části mapy, které se vyskytují v oblastech styku mapových podkladů z praktického důvodu. Tento ořez pomůže pro snadnější a přesnější georeferenci, jelikož nebude zapotřebí neustále přepínat mezi rastry, jejichž části se překrývají. Samozřejmě to není nutné a ořez se může provést až po provedení georeference nebo vůbec. Zde záleží na charakteru práce a k jakému účelu je georeference prováděna. V případě této práce je ovšem nutné ořez mapových podkladů provést, aby v závěru mohl vzniknout bežešvý rastr.

Ořezání mapového podkladu v SW ArcMap lze provést dvěma způsoby. Prvním způsobem je ořezání pomocí toolbaru „Image Analysis“, který se nachází v horním panelu v záložce „Windows“. Princip ořezu spočívá ve vytvoření nové shp vrstvy (polygonové) pomocí které bude zájmové území ořezáno. Polygon se vytvoří pomocí nástrojů na editaci vrstvy („Editor“). Jakmile je polygon vytvořen, tak se otevře „Image Analysis“, zvolí se vrstvy, kterých se tento proces bude týkat a poté se klikne na ikonku „Clip“ (čtverec s nůžkami). Výsledkem bude nová vrstva, kterou můžeme uložit do grafického formátu, který potřebujeme. Druhý způsob ořezu spočívá také ve vytvoření nové vrstvy pomocí nástroje „Clip“, který se nachází v ArcCatalogu (Data Management Tools – Raster – Raster Processing – Clip). Výsledkem je opět nová vrstva, kterou lze uložit (exportovat) do zvoleného formátu. U ořezu se musí mít na paměti, že mapový rám

není zcela rovný a proto se nedoporučuje vést polygon či linie pouze se čtyřmi kontrolními body. Je tedy nutné vystihnout tvar mapového rámu.



Obr. 6.8: Ořezání mapového podkladu označeného IX pomocí nástroje „Clip“. (Podkladová data © ČÚZK)



Obr. 6.9: Výsledek (část IX), který vzniknul ořezáním pomocí nástroje „Clip“. (Podkladová data © ČÚZK)

Nyní už je možné přejít k samotné georeferenci. Ovšem je třeba ještě stanovit, podle kterého mapového podkladu bude georeferencie probíhat. Pro georeferenci otisků stabilního katastru se doporučuje jako podkladová data používat mapy, které jsou svým datem tvorby blízké datu vzniku otisků stabilního katastru. Tento důvod je prostý. Území

během let prošlo řadou změn, hranice nemusí odpovídat, řada staveb byla zbourána a následně postavena na jiném místě nebo došlo k požáru, který zničil řadu domu, vypálil blízký les, byla provedena změna tvaru říčního koryta apod. U těchto podkladových map může ovšem dojít k dalšímu problému a to je ten, že je třeba, aby tyto mapy byly také georeferencovány a v tom je kámen úrazu, jelikož i u těchto map se dají objevit kartometrické polohové nepřesnosti. Obecně se tedy doporučuje použít mapy pozemkového katastru, Státní mapu 1 : 5 000 nebo novější katastrální mapy. V této práci byla využita „Služba WMS Katastrální mapy“ mající adresu <http://services.cuzk.cz/wms/wms.asp?>, kterou je třeba v programu ArcMap připojit jako WMS (web map service) službu. Tato služba poskytuje jak data pozemkového katastru, tak také jejich novější ekvivalent katastr nemovitostí. Pro kontrolu výsledků byla připojena i „Prohlížeč služba WMS - Ortofoto“ mající adresu http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx?. Samotné ortofoto se pro georeferenci příliš nedoporučuje, jelikož rozlišovací schopnost se u ortofota pohybuje kolem 0,25 m, někde uváděno 0,2 m (u nízkého rozlišení až cca 3 m).

Georeference v SW ArcMap se provádí pomocí nástroje „Georeferencing“. Opět je zde více možností jak začít. Lze použít funkci „Fit To Display“ po rozkliknutí „Georeferencing“ a následné přepínání viditelnosti jednotlivých vrstev nebo využít funkci „Zoom To Layer“ či přepínání pomocí bookmarků (záložka „Bookmarks“ v horní liště). Pro přidávání identických bodů slouží funkce s označením „Add Control Points“ (první barevná ikonka v nástroji „Georeferencing“). Vždy se jako první zadá bod na starou mapu, kterou chceme analyzovat, a poté se identický bod přiřadí k nové referenční mapě.

Po každém přidání se identické body zobrazí v tabulce. V této tabulce (ikonka s označením „View Link Table“) je poté možnost jednotlivé identické body procházet a dále s nimi pracovat. Jestliže byl bod špatně určen, tak se může bez problémů smazat a určit znovu nebo jej pouze skrýt, aby nezasahoval do výpočtu transformačního klíče. Zároveň jsou v tabulce vidět souřadnice identických bodů na staré mapě a souřadnice na referenční mapě (v případě této práce v záporných hodnotách, jelikož je nastavený referenční systém v S-JTSK_Krovak_East_North, který má v SW ArcGIS obrácené osy¹³). Dále jsou v tabulce údaje o polohové chybě pro obě osy a celková polohová chyba jednotlivých identických bodů. Tyto hodnoty lze třídit podle velikosti a zjistit, jestli nebyl některý bod špatně přiřazen. Tabulka ukazuje i střední polohovou chybu (Total RMS Error = Total Root Mean Square Error) všech zvolených identických bodů. Také je zde možnost přepínání mezi jednotlivými transformacemi a pozorovat tak změny polohových chyb jednotlivých bodů, tak i změnu střední polohové chyby. Celou tabulku je také možné uložit do textového souboru, který se může hodit pro další práci (např. export do SW MapAnalyst atp.). Od základní struktury propojených identických bodů v SW MapAnalyst se liší tím, že souřadnice nejsou oddělené čárkou, jsou v záporných hodnotách a chybí zde označení řádku (označení dvojice identických bodů).

¹³ S-JTSK_Krovak_East_North má v GIS aplikacích kladný směr osy X směřující na východ a kladný směr osy Y směřující na sever.

Struktura tabulky souřadnic identických bodů SW ArcMap

-535510.904078	-1201761.542664	-535514.237835	-1201759.796411
-534194.041698	-1201490.061355	-534193.332006	-1201490.751665
-534246.422817	-1201484.865193	-534243.735231	-1201486.253739
-534878.642589	-1200909.358414	-534877.960389	-1200910.836755
-534485.749203	-1200586.567045	-534486.027022	-1200585.821938
-535013.395441	-1200403.141880	-535013.381465	-1200402.835739
-535021.606504	-1201559.217208	-535018.070112	-1201558.638372
-534421.184131	-1201530.234940	-534418.602454	-1201531.518526
-534617.741178	-1201341.848294	-534616.339204	-1201342.579189
-535532.170245	-1201652.082732	-535535.106667	-1201651.904183

Ukázka struktury souřadnic identických bodů (zleva XY souřadnice staré mapy v S-JTSK a XY souřadnice referenční mapy v S-JTSK)

Pro každý mapový list císařského povinného otisku bylo identifikováno 10 až 35 resp. 14 až 115 identických bodů (první hodnota představuje počet identických bodů pro transformaci jednotlivých mapových podkladů zvlášť, druhý se poté týká identifikace bodů pro vytvoření bežešvého rastru). Druhý údaj představuje velmi velký počet identických bodů, ale jak říká jedno pravidlo „čím více, tím lépe“. Ovšem neplatí to pokaždé. Při větším počtu identických bodů dojde sice vizuálně k lepšímu výsledku (obraz mapy bude lépe vystihovat průběh referenční mapy), ale ve výsledné tabulce se to projeví většími hodnotami polohových chyb. Tento větší počet identických bodů byl vytvořen záměrně, aby kresba výsledného bežešvého rastru co nejvíce odpovídala současné mapě a také z důvodu návaznosti jednotlivých mapových listů na sebe. Z tohoto důvodu jsou zvoleny i identické body na hranách mapového rámu. Na příkladu mapového podkladu s označením XI byla, po afinní transformaci identických bodů bez návaznosti na sousední mapové podklady, zjištěna střední polohová chyba 1,35602 m. Ovšem po přidání bodů na okrajové části (i do vnitřní kresby) se střední polohová chyba vzrostla na druhou nejvyšší zjištěnou hodnotu 3,68354 m. Zároveň je problém u map velkého měřítko dodržet zásadu rovnoměrného rozložení identických, jelikož jsou na mapách často místa, kde identické body nelze určit a naopak místa, kde je identických bodů hodně.

6.5.1 Transformace rastru v SW ArcMap

SW ArcMap nabízí celou řadu transformačních metod, kterou může uživatel pro georeferenci použít. V první řadě to je afinní transformace (polynomická prvního řádu), která se nabízí jako defaultní možnost. Další možnosti transformace jsou zpřístupněny až po zadání několika identických bodů. Po zadání alespoň jedné dvojice se zpřístupní polynomická transformace nultého řádu. Po zadání třech bodů se k těmto transformacím přidá transformace adjust. Čtvrtý identický bod zpřístupní projektivní transformaci. Polynomickou transformaci druhého řádu lze použít až po zadání šesti identických bodů. Po zadání deseti identických bodů se zpřístupní poslední dvě transformace a to polynomická třetího řádu a transformace spline. U transformace se obvykle využívá více identických (referenčních) bodů. Z toho důvodu se hodnoty koeficientů vypočtou metodou nejmenších čtverců.

Afinní transformace

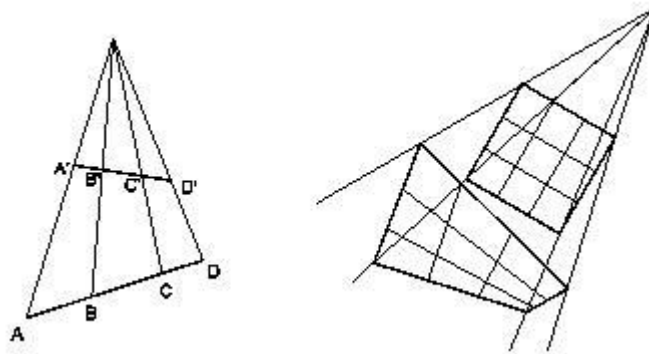
Afinní transformace je speciálním případem polynomické transformace prvního řádu a řadí se mezi transformace kolineární (projektivní). Střed promítání je umístěn do nekonečna a tak jsou body promítány jako paprsky. Rovnoběžné části zůstávají stále rovnoběžné, ale dochází zde ke zkosení původního obrazce (zkreslují se úhly - tzn., že není konformní). K řešení afinní transformace je zapotřebí alespoň třech dvojic identických bodů (viz kap. 5.3.1 Transformace rastru v SW MapAnalyst).

Polynomická transformace n-tého řádu

Jestliže je mapa více deformována, pak je výhodnější použít polynomickou transformaci vyššího řádu. Pro takovou transformaci je zapotřebí alespoň šesti dvojic identických bodů (polynomická transformace druhého řádu). Pro polynomickou transformaci třetího řádu je zapotřebí mít těchto identických bodů alespoň deset dvojic. Existují i polynomické transformace vyšších řádů, ale v praxi se využívají pouze polynomy druhého a třetího řádu (viz kap. 5.3.1 Transformace rastru v SW MapAnalyst).

Projektivní transformace

Projektivní transformace, označována také jako transformace kolineární, popisuje středové zobrazení dvou rovinných souřadnicových systémů. To znamená, že je obraz bodu zobrazen pomocí středového promítání z jedné roviny na druhou. V ideálním případě platí Pappova věta - Dvojpoměr čtveřice bodové nebo paprskové zůstává v rovině předmětu i obrazu zachován. Přímky, které jsou v původní soustavě rovnoběžné, směřují v transformovaném obraze do společného bodu zvaného úběžník. U této transformace není konstantní měřítko. Projektivní transformace se využívá ve fotogrametrii. Pro výpočet je zapotřebí identifikovat alespoň čtyři identické body. Poté se transformace vypočítá na základě vzorce na další straně.



Obr. 6.10: Středové promítání projektivní transformace (Fajt, 2005)

$$X = \frac{aX' + bY' + c}{gX' + hY' + 1} \quad (6.1)$$

$$Y = \frac{dX' + eY' + f}{gX' + hY' + 1} \quad (6.2)$$

Adjust

Transformace adjust patří do skupiny lokálních, nereziduálních transformací, které využívají transformační klíč pro menší části obrazu. Je založena na algoritmu, který kombinuje polynomickou transformaci a interpolační techniku TIN (nepravidelná trojúhelníková síť). Nejprve je provedena polynomická transformace pomocí dvou dvojic identických bodů a poté jsou identické body spojeny s nejbližšími body v okolí liniemi a vzniká tak síť trojúhelníků, které se navzájem nepřekrývají. Při této transformaci se tedy mění geometrie mapy (prohnutí, deformace) a není tak vhodná pro určení střední polohové chyby.

Spline

Spline transformace také patří do skupiny lokálních, nereziduálních transformací. Obě metody jsou tedy lokalizované pro lokální přesnost (rubber sheeting). Využívá matematicky generované křivky, které modelují daný povrch. Tato metoda je typická tím, že generuje hladký povrch. *Funkce spline převádí zdrojové identické body přímo do cílových identických bodů, z toho vyplývá, že pro pixely obrazu, které se nacházejí ve větší vzdálenosti od identických bodů, není zaručena přesnost* (Trnková, 2015). Pro výpočet je třeba identifikovat alespoň deset dvojic identických bodů. Při této transformaci se také, jako u předchozí, mění geometrie mapy (prohnutí, deformace) a není tak vhodná pro určení střední polohové chyby.

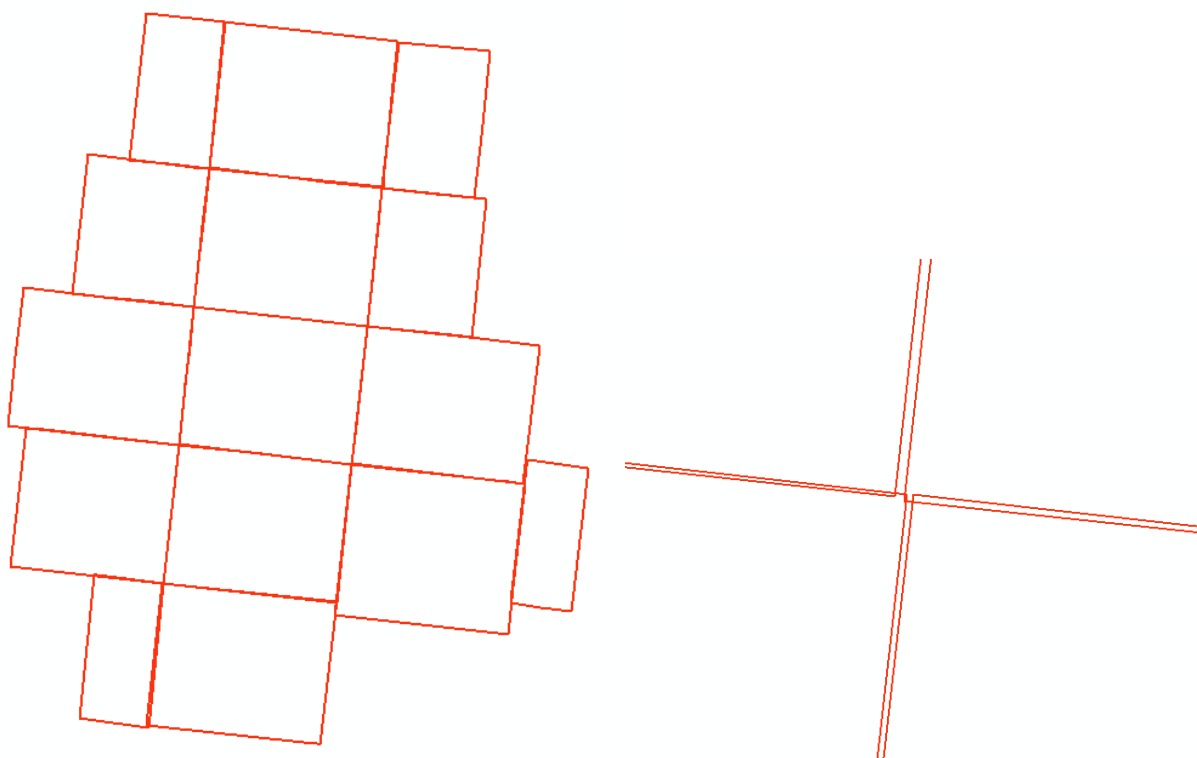
Metoda nejmenších čtverců

Tato metoda se využívá při zvolení více identických bodů u všech zmíněných globálních typů transformace pomocí vyrovnání transformačních koeficientů. Metoda nejmenších čtverců minimalizuje sumu rozdílů v poloze mezi souřadnicemi transformovaných bodů. Detailní postup metody nejmenších čtverců a s doplněním podmínky návaznosti hran lze najít v publikaci „Analýza starých map v digitálním prostředí na příkladu Müllerových map Čech a Moravy“ od Jiřího Cajthamla (2012).

6.5.2 Tvorba bezešvého rastru

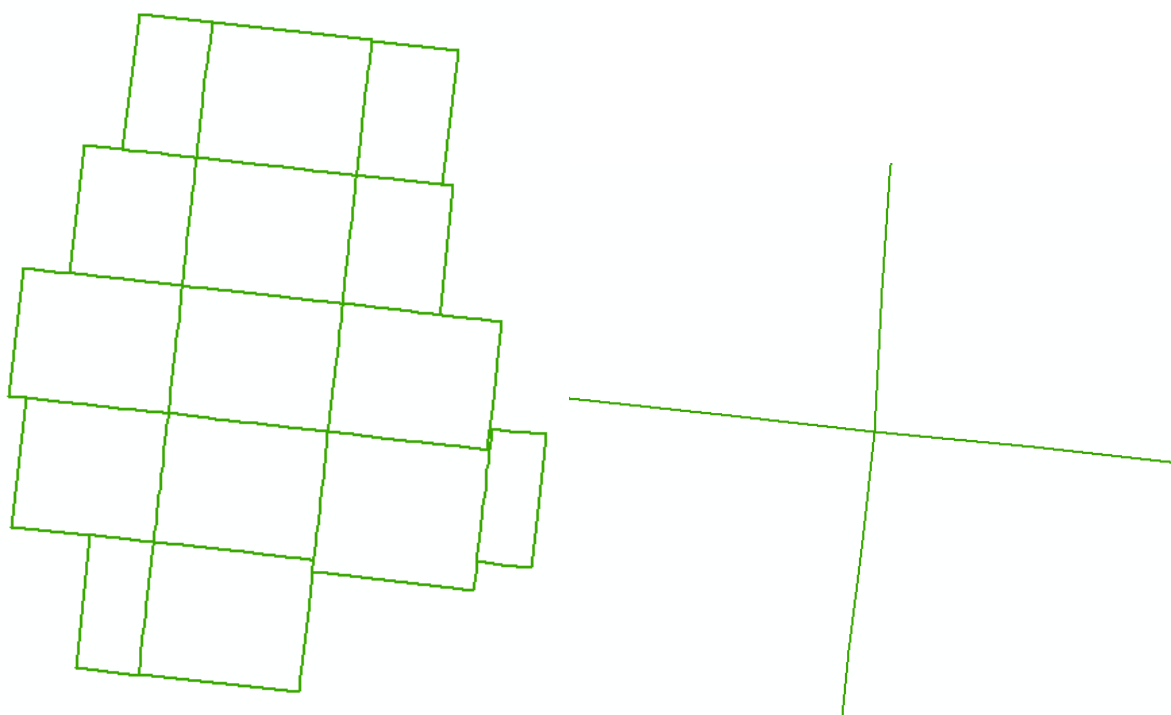
Nejprve je třeba si uvědomit, jakou metodou se bude při tvorbě postupovat. Jedná se o práci s více mapovými listy, a tak se okruh metod snížil na čtyři metody, které doporučuje Jiří Cajthaml. Císařské povinné otisky stabilního katastru zachycují hranice pozemků, které na sebe musí navazovat. Z toho důvodu je vhodné použít nově navrženou metodu společného vyrovnání s podmínkami a hledat identické body i na hranách mapového rámu za použití afinní transformace. Nicméně se u mapových podkladů často vyskytují problémy, které jsou zapříčiněné deformací mapového rámu. Mapový rám je často prohnutý nebo na více místech zvlněný a z toho důvodu byl v této práci zvolený odlišný přístup, místo afinní transformace byla použita lokální transformace spline, která zvládne vystihnout prohnutý průběh hran. Tento přístup zvolil také například Tomáš Marek (2010). Výsledkem může být rastr, ve kterém mohou navazovat všechny prvky na hranách jednotlivých mapových podkladů, což by pomocí afinní transformace nemohlo nastat.

Tvorba bezešvého rastru započala tím, že bylo nejprve pro každý rastr zvoleno několik základních identických bodů (bez bodů na hranách), které byly rovnoměrně rozmístěny. Na zvolené identické body byla použita afinní transformace. Aby bylo možno porovnat změny tvaru mapového obrazu resp. mapového rámu, tak byla kolem všech mapových podkladů vytvořena liniová hranice (obr. 6.8). Z větší vzdálenosti se linie jeví jako by do sebe krásně zapadaly, ale při bližším průzkumu je patrné, že zadáním malého počtu identických bodů a bez bodů na hranách, se „dokonalý“ bezešvý rastr nepodaří vytvořit.

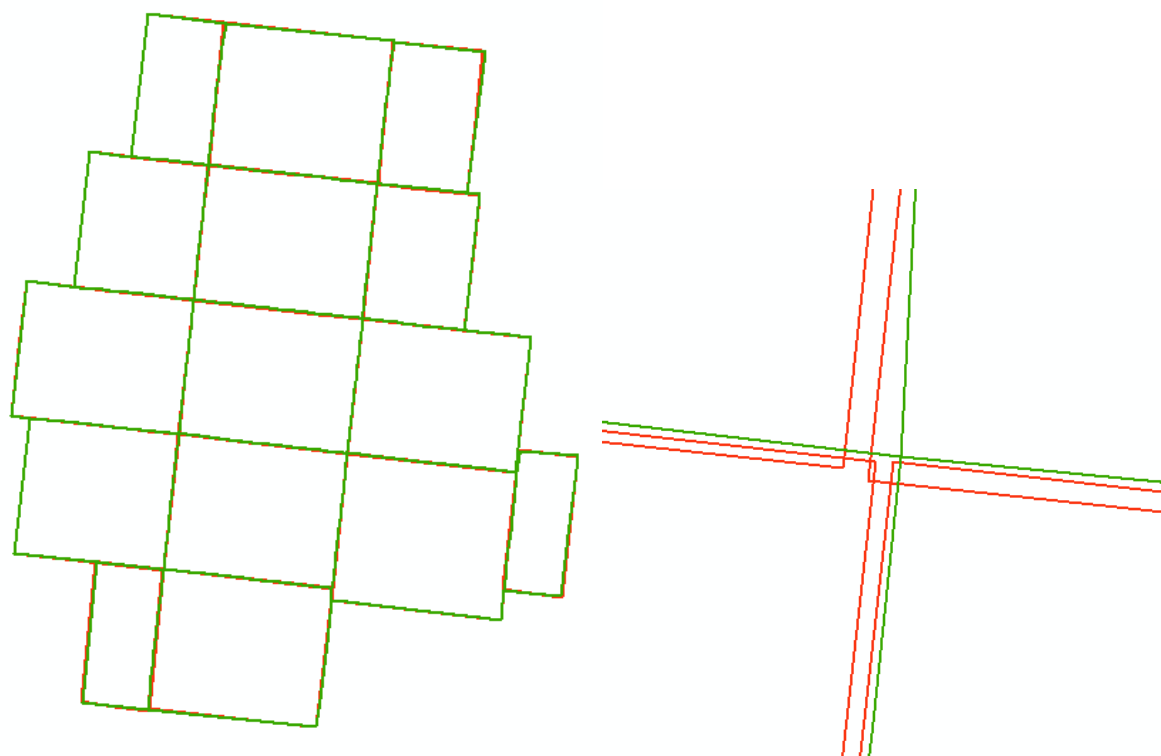


Obr. 6.11: Ohraničení mapových podkladů po jednotlivých transformacích, pomocí malého počtu identických bodů a globální transformace

Pro tvorbu bezešvého rastru je tedy nutné zvýšit počet identických bodů a použít jinou transformaci. Jako ideální transformace se zde jeví taková, při které dochází k úplnému ztotožnění mapy na identických bodech. Z toho vyplývá, že pro tvorbu bezešvého rastru je nutné použít lokální transformaci. Tyto transformace sice nejsou vhodné pro určení střední polohové chyby mapového podkladu, ale jsou dobrým pomocníkem při georeferencování, jelikož díky ní je jednodušší určit identické body. Navíc po ukončení lokální transformace není problém přepnout transformaci na globální a zjistit tak střední polohovou chybu mapového podkladu. Počet identických bodů záleží na tom, zda se jedná o část území, která se nachází v okrajové části katastrálního území Velké nad Veličkou nebo zda se jedná o oblast s velkým počtem možných identických bodů. Po ukončení georeference všech mapových podkladů, byla opět vytvořena hranice mapového rámu, která již na sebe navazuje (Obr. 6.12). Na následujícím obrázku (Obr. 6.13) je vidět porovnání obou metod.



Obr. 6.12: Ohraničení mapových podkladů pomocí většího počtu identických bodů a lokální transformace



Obr. 6.13: Porovnání jednotlivých ohraničení mapových podkladů

6.5.3 Polohové chyby mapových podkladů

V následující části budou popsány průměrné polohové chyby v metrech na jeden mapový list zachycující obec Velká nad Veličkou na císařských povinných otiscích. Také bude popsána polohová chyba mapy poddanských pozemků z roku 1762. Tabulky popisují polohové chyby v metrech pomocí šesti transformací (afinní, polynomické druhého řádu a polynomické třetího řádu, projektivní, adjust a spline). Zbývající tabulky polohových chyb jednotlivých částí císařských povinných otisků se nachází v Příloze 1 nebo také v tabulce xlsx. či po spuštění projektu MXD (map executable document) na DVD nosiči (Příloha 2).

Jednotlivé tabulky popisují tři identické body s maximální polohovou chybou a tři s minimální polohovou chybou, včetně označení bodů a celkové střední polohové chyby v metrech. Číslo, napsané v závorce za názvem části území, udává počet identických bodů. Pro všechny podklady bez návaznosti platí, že u nich byly zjištěny nižší střední polohové chyby. Jako výchozí rastr pro tvorbu bezešvého rastru byl zvolen středový rastr s označením VIII, na který navazovaly rastry sousední.

Z tabulek vyplývá, že zjištěné hodnoty polohových nepřesností se vlivem použití bodů na hranách mapového rámu, zvětší. Zároveň je, ale vhodné znovu uvést fakt, že se díky lokální transformaci spline zlepšil přesnost mapové kresby k porovnání se současnou mapou. To znamená, že zvolené identické body lépe odpovídají poloze na současné mapě. Nutno podotknout, že se volba identických bodů v průběhu mohla měnit. Některé body byly odstraněny, některé další byly přidány. Označení bodů se v průběhu práce mohlo změnit, což znamená, že například bod s označením 10 v georeferenci jednotlivých částí zvláště nemusí být identický s bodem 10, který byl použit při georeferenci s návazností hran.

Zjištěná polohová chyba může mít řadu příčin. Například, že základnímu rastru VIII byly špatně identifikovány body nebo další příčinou může být i přestavba domů, změna rozměrů některých parcel a především změna toku řeky Veličky. Další chybou mohl být i fakt, že jednotlivé mapové podklady na sebe korektně nenavazují (Obr. 6.14). Ze zjištěných hodnot (uvedených v tabulkách v Příloze 1) je možné určit průměrnou polohovou chybu na jeden mapový list území Velké nad Veličkou. Pro určení střední polohové chyby celého území by bylo vhodné postupovat metodou spojení obrazových dat a následného georeferencování.



Obr. 6.14: Rozdílné provedení návaznosti říčního koryta. (Podkladová data © ČÚZK)

Tab. 6.1: Tabulka průměrné polohové chyby (v metrech) na jeden mapový podklad s návazností hran.

I - XV						
Průměrná polohová chyba na 1 mapový list	Afinní	Polynomická druhého řádu	Polynomická třetího řádu	Projektivní	Adjust	Spline
	2,868693333	2,372558667	1,952430867	2,762196	0,3124396	0

Tab. 6.2: Tabulka průměrné polohové chyby (v metrech) na jeden mapový podklad bez návazností hran.

I - XV						
Průměrná polohová chyba na 1 mapový list	Afinní	Polynomická druhého řádu	Polynomická třetího řádu	Projektivní	Adjust	Spline
	1,4520826	1,1273788	0,763561133	1,3431314	0,3521088	0

Dalším krokem bylo třeba zjistit polohovou chybu pro samotnou mapu poddanských pozemků kolem městečka Velká, která se nachází na jednom mapovém listě. Jelikož byla mapa vytvořena dříve, bez přesného zaměření a v menším měřítku, tak se v ní logicky objeví větší nepřesnosti. Mapa, oproti předchozím císařským povinným otiskům, vykazuje značné nepřesnosti. Navíc je zde velmi obtížné identifikovat identické body, protože zástavba je znázorněna jen názorně a neodpovídá ani vymezení katastrálních hranic obce Velká nad Veličkou. Průběh řeky Velička je také značně odlišný, i co se týče v porovnání s mapami císařských povinných otisků.

Tab. 6.3: Tabulka polohových chyb (v metrech) mapy poddanských pozemků, která se nachází na jednom mapovém listě (hodnota v závorce udává počet identických bodů).

Mapa poddanských pozemků kolem městečka Velká (13)						
Střední polohová chyba	Afinní	Polynomická druhého řádu	Polynomická třetího řádu	Projektivní	Adjust	Spline
	32,8659	26,7538	12,9646	30,9929	15,989	0

Zjištěné polohové chyby císařských povinných otisků odpovídají hodnotám, které byly zjištěné v obdobných pracích (kap. 4.2 Studium polohových chyb) zkoumající jiné území. Co se týče zjištěné polohové chyby u mapy poddanských pozemků, tak tento výsledek není možné porovnat s jinou prací, která by zkoumala mapu z druhé poloviny 18. století v měřítku cca 1 : 10 000. Zjištěné hodnoty je třeba brát s rezervou, jelikož zde byl problém přesně určit identické body a pokud by mapu zkoumal někdo jiný, tak by mohl dojít k jiným hodnotám. Zjištěné hodnoty polohových chyb obou mapových děl lze zařadit do skupiny splňující podmínku max. polohové chyby do 50 metrů. Tím pádem jsou obě mapová díla vhodná pro další analýzu (např. vývoj změn krajiny).

7 PROHLÍŽEČKA

7.1 Práva

Než bude možné dále pracovat s jednotlivými georeferencovanými rastry, tak je třeba uvědomit si, že se i na mapová díla vztahují některá práva. Týká se to především veřejného publikování výsledků prostřednictvím internetu a tak je jejich publikování značně omezené. Na mapy se obecně vztahují dvě základní práva a to autorské a vlastnické právo (zákon č. 121/2000 Sb. - Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon)).

7.1.1 Autorské právo

Autorské právo se sice této práce přímo netýká, ale je vhodné jej také zmínit. Autorské právo se vztahuje na díla, jejichž autor žije nebo ještě neuplynulo 70 let od smrti autora. V případě, že je více autorů, tak se autorské právo vztahuje k uplynutí 70 let od smrti posledního autora. Jednoduše řečeno, že dílo je autorsko-právně volné po uplynutí 70 let od smrti autora či autorů. Pokud není znám autor díla, tak se doba 70 let počítá od vydání díla. *„Doba trvání autorských práv se počítá vždy k 1. lednu kalendářního roku, který následuje po roce, v němž došlo k rozhodné události, například úmrtí autora.“* (Vondráková, 2012). Autorské právo je nepřenosné na další osobu a autor pouze přiděluje nabyvateli licenci na nakládání s dílem. U současných map lze hovořit o zaměstnaneckém díle, u něhož nelze uplatňovat autorské právo.

7.1.2 Vlastnické právo

Jedná se o právo, které se týká této práce, jelikož se vztahuje k vlastníkům díla. *„Ten kdo má mapu v držení, si však může klást podmínky zpřístupnění, například poplatky za vstup, zpoplatnění zapůjčení, apod. Nejedná se však o otázku autorského práva. Vlastník mapy si může klást neautorsko-právní podmínky, jako je zpřístupnění, umožnění focení, skenování, tvorby kopie, apod. Jedná se o tzv. pořadatelské podmínky, které s autorským právem nemají nic společného“* (Telec, 2011).

7.2 Tvorba publikace

Jedním z výsledků georeferencování byl vznik bezešvé rastrové podoby katastrálního území obce Velká nad Veličkou. Z výše provedených georeferencí mohl vzniknout bezešvý rastr díky nástroji „Mosaic To New Raster“ (ArcToolbox – Data Management – Raster – Raster Dataset), se kterým bylo dále pracováno v aplikaci MapTiler. Při exportu do obrazového formátu je vhodné také nastavit průhlednost. Ta se nastavuje zadáním hodnoty 255 do pole „NoData as:“. Tento rastr je možné dále upravit, resp. umožnit jeho snadné prohlížení v internetovém prohlížeči. K tomu slouží řada SW řešení. V této práci byla využita možnost prohlížení pomocí aplikace MapTiler na základě obhájené bakalářské práce. Její výhodou je především to, že na rozdíl od jiných klasických

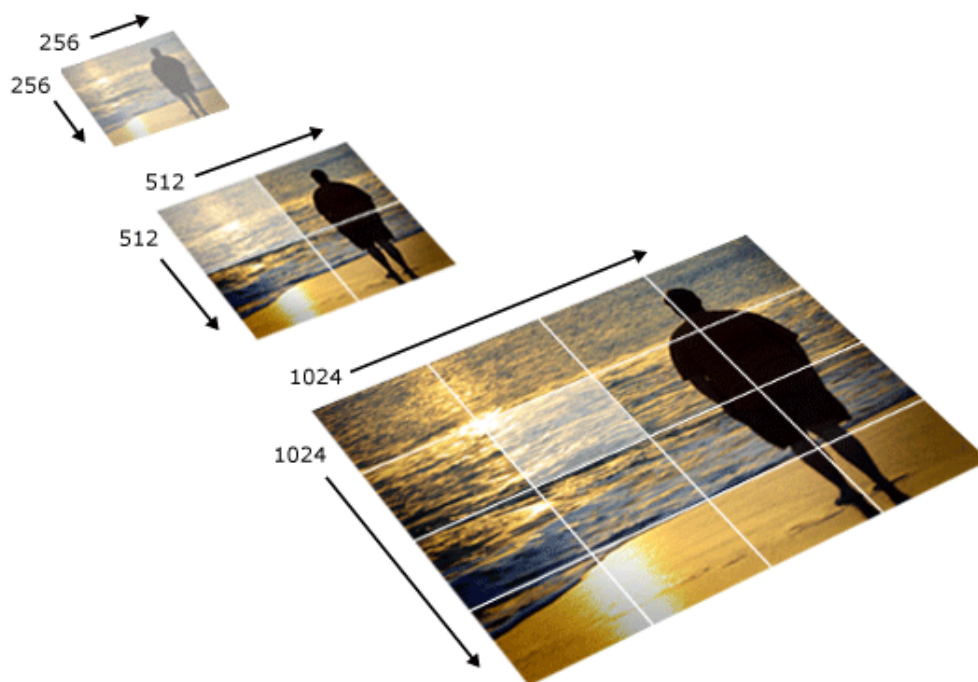
prohlížeček, umí pracovat i s georeferencovanou mapou, kterou umí umístit na světově známé a on-line dostupné mapové podklady.

MapTiler

MapTiler patří mezi nástroje, které dovolují pro výsledné georeferencované snímky vytvořit výstupy bez širší znalosti API (Application Programming Interface), které lze prohlížet ve webovém prohlížeči. Nejedná se tedy přímo o SW, ve kterém se mapy mohou georeferencovat, ale SW, který georeferencované mapy rozdělí na dlaždice a vytvoří pro ně výstup. Novější verze dokonce zvládne i georeferencování pomocí nástroje Georeferencer, který byl do aplikace přidán. Výstup je poté snadné prohlížet v běžném internetovém prohlížeči. Postup práce s touto aplikací je snadný. Do aplikace stačí nahrát již georeferencovaný snímek (se souřadnicemi, tedy se souborem world file), ověřit použitý souřadnicový systém a nastavit možnosti výstupu, který se pomocí aplikace MapTiler vygenerují. Verze MapTiler, která je dostupná zdarma ovšem nepodporuje práci s rastrem, jehož rozměry jsou vyšší než 10 000 x 10 000 pixelů. Nechybí zde klasické zoomování či posun neboli pohyb tahem myši.

Princip dlaždic

System dlaždic je hojně využívanou metodou pro publikování velkoobjemových rastrů, které by svojí velikostí značně zpomalily průběh načítání internetového prohlížeče. Tento princip funguje na bázi rozdělení původního rastru na menší fragmenty neboli dlaždice, které se rychleji načítají. Jednotlivé dlaždice jsou umístěny v adresářích v rozlišení 256 x 256 pixelů a menší v případě okrajových částí. Výsledný obraz je poté sestavován právě z těchto malých dlaždic, přičemž v prohlížeči se načítají pouze ty dlaždice, které se vyskytují právě ve zkoumaném území.

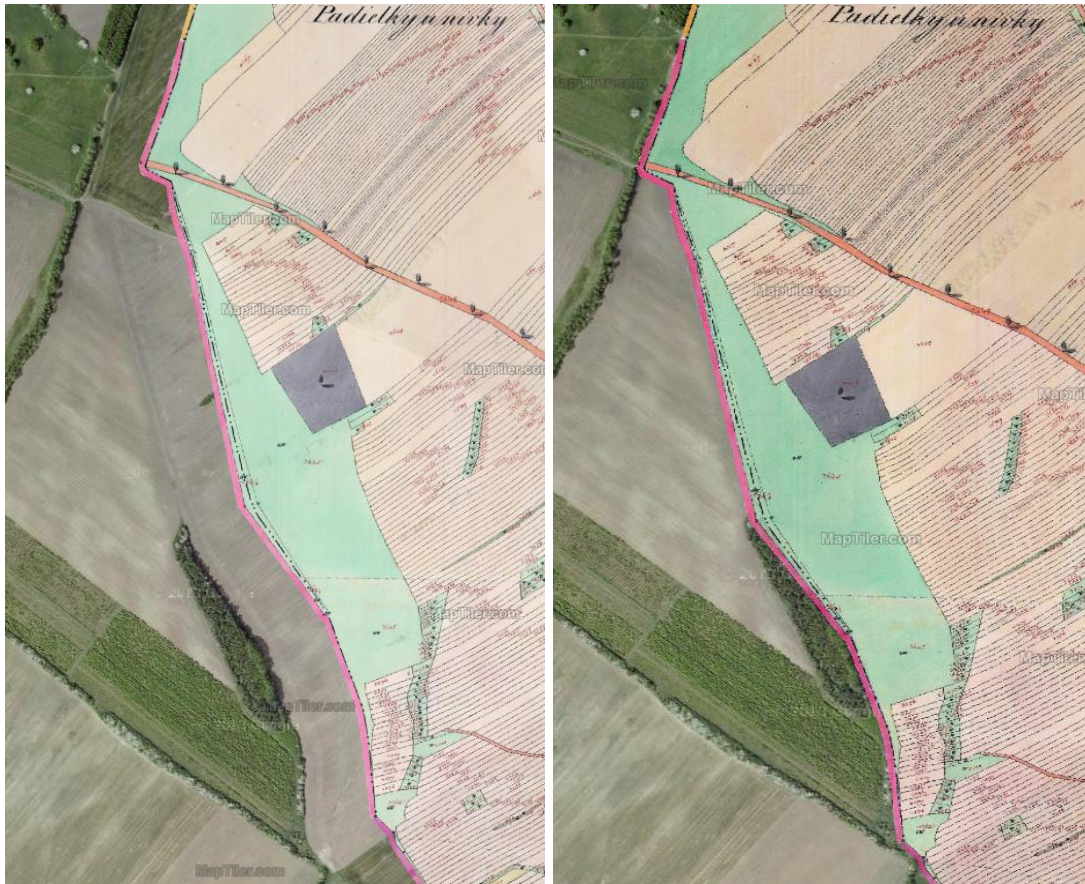


Obr. 7.1: Princip rozložení dlaždic v pixelech (Deep Zoom, 2011).

V případě této diplomové práce byl do aplikace MapTiler vložen bezešvý rastr zájmového území ve dvou variantách. Jedna varianta je pro rastr bez souřadnic, tedy pouhé prohlížení. Na tento výstup lze použít i jinou aplikaci například Zoomify apod. Druhý výstup se vytváří za pomoci souřadnic bodů umístěných na současné mapě. Je zde možnost navolit více možností vizualizace výsledků, ve které lze měnit i průhlednost.

Před samotným nahráním bezešvého rastru do aplikace MapTiler je ovšem nutné zkontrolovat souřadnicový systém rastru, jelikož je zapotřebí souřadnice převést do WGS 84. Zde může nastat problém v transformaci, protože transformační rovnice nejsou v tomto směru dokonalé a výsledek je oproti původnímu referenčnímu systému (S-JTSK_Krovak_East_North) posunutý (Obr. 7.2). WGS 84 je světově uznávaný geodetický standard, který je využíván na podkladech Google Maps a dalších, které poslouží jako podkladové mapy. Z tohoto důvodu je třeba, aby referenční systémy odpovídaly. V aplikaci je tedy nutné změnit souřadnicový systém rastru. Aplikace správně zjistí, že byl pro rastr použit systém S-JTSK_Krovak_East_North, nicméně při této volbě dojde k výsledku, který je na obrázku 7.2. Této chybě se dá předejít tak, že se nabízený souřadnicový systém změní na S-JTSK (Ferro) / Krovak s kódem ESPG: 2065 (European Petroleum Survey Group).

Výsledek výstupu není problém dále upravit pomocí html kódu v některém z editorů nebo pouze v poznámkovém bloku a přizpůsobit výstup vlastním požadavkům. Jelikož tento výstup nemůže být umístěn volně na stránkách školy, tak jej není třeba dále upravovat. Výsledek je možné prohlédnout na DVD nosiči. V adresáři (Welka_MapTiler) se nachází čtyři html soubory, jejichž provedení se mírně liší. Ovšem nejdůležitější soubor je s označením index.html, ve kterém se dají prohlédnout všechna provedení v internetovém prohlížeči (důležité je mít přístup k internetu, aby se mohla načíst podkladová data). Nejzajímavější je asi defaultní provedení na podkladech Google Maps, ve kterém lze měnit průhlednost rastrové vrstvy císařského povinného otisku stabilního katastru obce Velká nad Veličkou.



Obr. 7.2: Posun vzniklý transformací ze systému S-JTSK_Krovak_East_North do WGS 84 a jeho opravená podoba. (Podkladová data © ČÚZK)

8 VÝSLEDKY

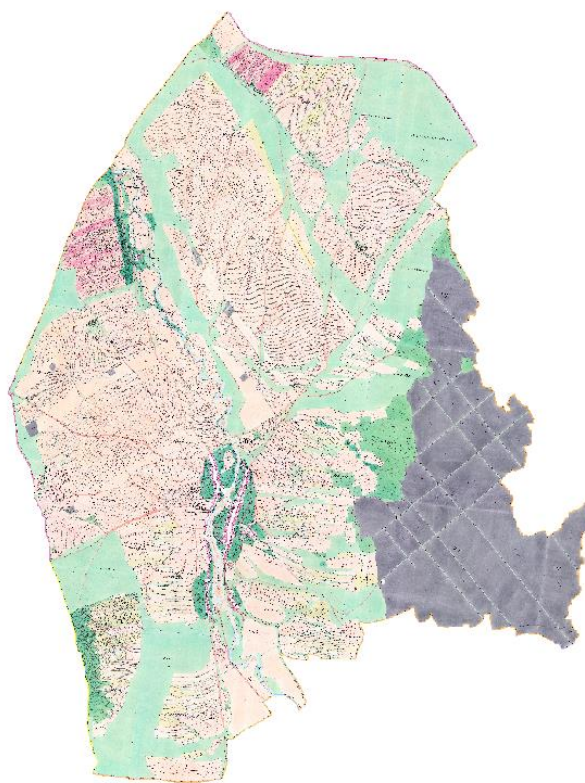
Z výše popsaných metod zpracování byly získány potřebné výsledky, které vychází ze zadání práce. Ve výsledku je možné definovat dva hlavní cíle práce a to sice jednotlivé tabulky polohových nepřesností a pak také vznik bezešvé rastrové vrstvy vytvořené z jednotlivých mapových podkladů císařských povinných otisků. Mimo těchto dvou hlavních výsledků byla vytvořena i ukázka (analýzy kartometrických nepřesností v aplikaci MapAnalyst (viz kap. 5.3.2 Práce v SW MapAnalyst) a také možnost interaktivního prohlížení georeferencovaných i negeoreferencovaných výstupů (viz kap. 7.2 Tvorba publikace).

8.1 Polohové nepřesnosti

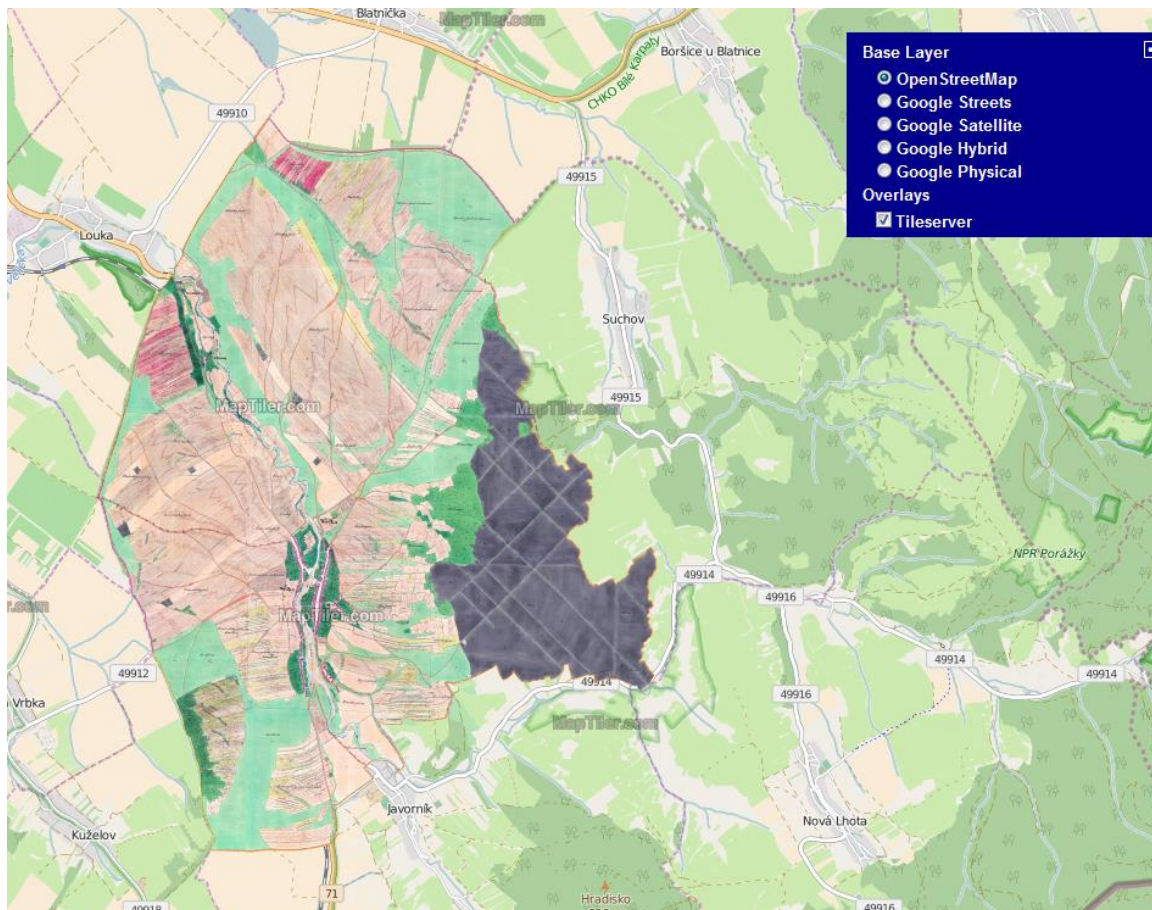
Hlavním úkolem bylo zjištění polohových nepřesností starých map císařských povinných otisků stabilního katastru obce Velká nad Veličkou a také zjištění polohové nepřesnosti mapy poddanských pozemků kolem městečka Velká. Georeferencování těchto mapových podkladů bylo provedeno v aplikaci ArcMap. Veškeré tabulky, včetně porovnání jednotlivých polohových nepřesností jsou uvedeny v kap. 6.5.3 (Polohové chyby mapových podkladů) a také v Příloze 1. Na základě těchto tabulek (polohy identických bodů) byla vytvořena i ukázka analýzy kartometrických nepřesností v aplikaci MapAnalyst.

8.2 Bezešvý rastr obce Velká nad Veličkou

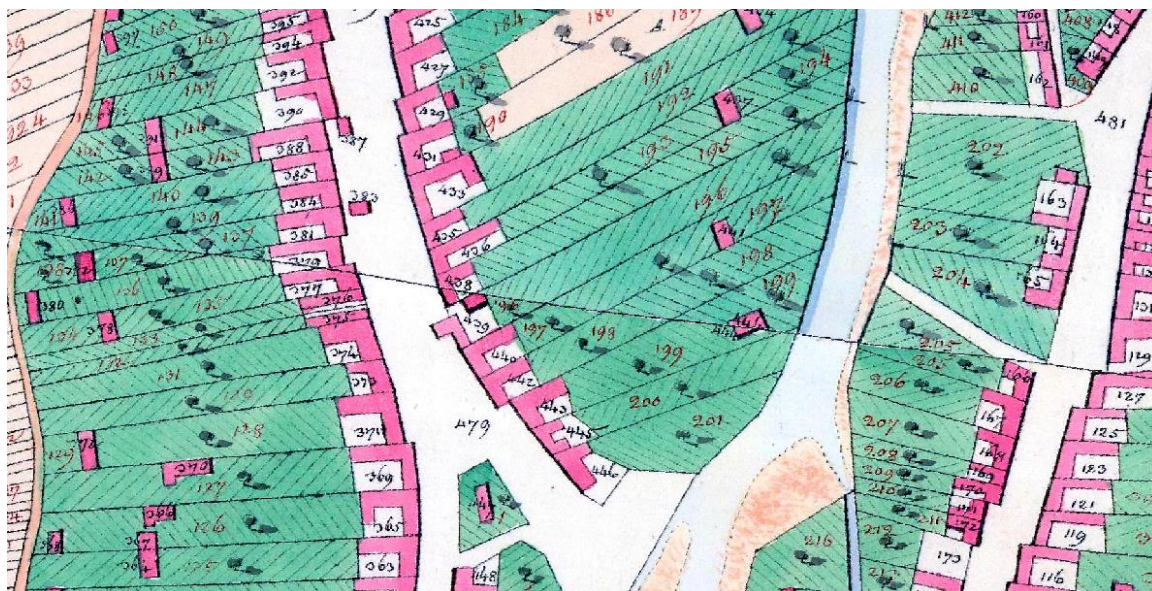
Pro tvorbu bezešvého rastru, ale i předchozích tabulek, bylo nutné na mapových podkladech identifikovat dostatečné množství identických bodů. Na základě těchto identických bodů a zvolené lokální transformace lze v aplikaci ArcMap vyhotovit mozaiku neboli koláž jednotlivých mapových podkladů do jednoho celku (obr. 8.1). Dalším výsledkem byla možnost prohlížení georeferencovaného rastru na mapových podkladech v internetovém prohlížeči. Jelikož není možné veřejně publikovat poskytnuté mapové podklady na veřejném serveru, tak byla vytvořena pouze možnost lokálního prohlížení na DVD nosiči pomocí internetového prohlížeče.



Obr. 8.1: Vytvořená bezešvá a ořezaná vrstva obce Velké nad Veličkou. (Podkladová data © ČÚZK)



Obr. 8.2: Výstupu ze SW MapTiler na podkladech OpenStreetMap s možností volby podkladových dat. (Podkladová data © ČÚZK)



Obr. 8.3: Výřez bezešvé vrstvy s detailem návaznosti mapových podkladů. (Podkladová data © ČÚZK)

8.3 Mapa poddanských pozemků kolem městečka Velká

Pro mapu poddanských pozemků nebylo nutné vytvářet bezešvou vrstvu ani ji nijak zvlášť upravovat (pouze ořezání bílé okrajové části a zesvětlení), jelikož se nachází pouze na jednom mapovém listě. Výsledkem této mapy je tedy také tabulka polohových nepřesností (viz výše) a výstup georeferencované mapy (Obr 8.4) na mapových podkladech a také negeoreferencované mapy.



Obr. 8.4: Výstup mapy poddanských pozemků ze SW MapTiler na podkladech Google Maps.

9 DISKUZE

Při tvorbě diplomové práce bylo zjištěno několik drobných problémů. Ve většině případů se nejednalo o zásadní problém. Jako první lze zmínit absenci resp. nemožnost poskytnutí mapových podkladů ve formátu TIFF, který je na rozdíl od poskytnutého JPEG, bezztrátový. Absence TIFFu se projevuje především u kvality obrazu, která se každým dalším převzorkováním snižuje.

Dalším „problémem“ bylo, že se na některých sekčních listech nachází dvě části území obce Velká nad Veličkou. Je tedy nutné, aby byly tyto mapové podklady rozříznuty a také pootočený ještě před samotným nahráním těchto rastrových dat do SW ArcMap. Pootočení není nezbytně nutné, ale rozhodně usnadní práci. Rastry tedy byly poupraveny v SW IrfanView a znovu pře uloženy do formátu JPEG, přičemž mohlo dojít ke ztrátě obrazových informací při převzorkování obrazu.

Samotné georeferencování také přineslo několik drobných problémů. Nejdříve bylo nutné jednotlivé rastry ořezat, přičemž bylo zjištěno, že mapový obraz je zvlněný (není tedy rovný, jak se na první pohled zdá být). Ořezání mapových podkladů není nutné volit u jednotlivých transformací, ale stačí jej provést až u transformace při tvorbě bezešvého rastru. Nicméně zjištění, že hrany nejsou rovné, bylo využito při dalším zpracování bezešvého rastru. Další problém souvisel s volbou identických bodů. Nejde ani tak o samotnou identifikaci některých identických bodů, které byly hůře dohledatelné, ale spíše o rozvržení postupu. Bylo tedy rozhodnuto, že bude nejprve provedena transformace jednotlivých mapových podkladů zvlášť bez volby bodů, které se vyskytují na hranách mapového obrazu. Tzn., že nebylo využito ani ohrazení mapového obrazu znázorněného pomocí WMS služby pozemkového katastru, jelikož zde nebyla jistota, zda ohrazení území pozemkového katastru je 100% shodné s ohrazením mapového obrazu císařského povinného otisku stabilního katastru. Volba identických bodů byla pro větší jistotu kontrolována pomocí WMS služby Ortofota a také pomocí novějších katastrálních map, což se týkalo především bodů, u kterých byla zjištěna větší hodnota polohové nepřesnosti. Na základě tohoto porovnání byly některé identické body s větší polohovou chybou vypuštěny a některé naopak zůstaly. Týká se to především mapového podkladu s označením II.

Po zjištění polohových chyb jednotlivých mapových podkladů započala tvorba bezešvého rastru obce Velká nad Veličkou. Jelikož bylo v předchozím kroku zjištěno, že hrany mapového obrazu nejsou rovné a navíc je třeba, aby většina, ne-li všechny prvky na hranách navazovaly na sousední mapové podklady, tak byla pro tvorbu bezešvého rastru zvolena lokální transformace spline. S tímto problémem se také ve své práci setkal Tomáš Marek (2010) a také jako vhodnou metodu zvolil transformaci spline. Tato transformace zajistí tzv. úplné ztotožnění zvolených identických bodů na staré mapě s body na současné (referenční) mapě.

Jako základní rastr, na který navazovaly další rastry, byl zvolen mapový podklad s označením VIII, jelikož se nacházel ve středu zájmového území a nacházelo se zde velké

množství možných identických bodů, což by u okrajové části mohl být problém. Při navazování mapových podkladů, bylo neustále pro kontrolu využíváno WMS služeb, aby nebyly hledány body, které by neodpovídaly podkladu. Při navazování bylo nalezeno větší množství identických bodů a to i takových, u kterých byla zjištěna větší polohová chyba, ale podklad jim lépe odpovídal, což lze zjistit pomocí výstupu na podkladech Google Maps nebo OpenStreetMap. U zvolených identických bodů není problém měnit transformace, a tak byla pro porovnání jednotlivých transformací a transformací, jejichž výsledkem je bezešvá mapa, vytvořena také tabulka jednotlivých podkladů s polohovými chybami, které jsou právě u navazující tvorby větší. Tyto větší chyby mohou být způsobené z řady příčin. Například nedostatečná volba identických bodů základního rastru, špatně zvolenými identickými body, srážkou papíru nebo procesem skenování předlohy a také špatným zanesením informací do mapy v době tvorby. Především v hůře přístupných částech krajiny. Větší chyba může být způsobena i kombinací výše uvedených možností.

Z výsledku je ovšem patrné, že bezešvá vrstva Velké nad Veličkou, díky použité metodě, lépe odpovídá současným mapě. Polohová chyba zde byla zjištěna v intervalu cca 2–4 m (afinní transformace), což je zhruba o 1 m větší chyba než transformace jednotlivých mapových podkladů po částech. Nicméně i tato zjištěná hodnota je velmi dobrá a hlavně jednotlivé prvky staré mapy lépe na sebe navazují a také lépe odpovídají současným mapě.

Ve většině prací se ovšem píše, že byly odstraněny body s největší chybou, aby došlo ke zpřesnění polohové chyby, což není úplně správné. Tímto způsobem mohly být odstraněny i identické body, které si odpovídají a pouze byly špatně zaneseny při tvorbě mapy, což by se mělo v polohové chybě objevit. Odstraněním těchto bodů se ovšem hodnota polohové chyby sníží a neodpovídá skutečné chybě. Vždy je dobré zvolené body porovnat a zvážit, zda je nutné je odstranit nebo ponechat.

Získané souřadnice identických bodů mohly být dále využity například v SW MapAnalyst. Zde se vyskytl další problém a to, že získané souřadnice ze SW ArcMap nelze v původní podobě do SW MapAnalyst importovat. Nutné je tyto souřadnice upravit do podoby, kterou MapAnalyst podporuje.

Výstup ze SW ArcMap lze také využít pro publikování vytvořených dat v internetovém prohlížeči, ať už pomocí mapového severu (mapserveru), který může vytvořit kdokoli, kdo se v tomto směru orientuje, nebo pomocí jiných SW řešení umožňující prohlížení vyhotovených výsledků. Zde se mohou objevit další problémy a to omezení max. velikosti vstupního rastru na 10 000 x 10 000 pixelů (SW MapTiler). Další problém může nastat při prohlížení georeferencovaného výstupu na globálních mapových výstupech, které používají jiný souřadnicový systém a výsledek získaný z jiného souřadnicového systému (př. S-JTSK_Krovak_East_North) nemusí odpovídat. Zde je zapotřebí nastavit vhodný systém (S-JTSK (Ferro) / Krovak), který umožní provést korektní transformaci do celosvětově uznávaného standardu WGS 84.

10 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo zjištění polohové přesnosti císařských povinných otisků stabilního katastru obce Velká nad Veličkou. V závěru tvorby byla ještě získána mapa poddanských pozemků kolem městečka Velká, pro kterou se vztahoval stejný cíl, tedy zjištění polohové přesnosti. U map císařských povinných otisků stabilního katastru bylo navíc cílem vytvoření bezešvého rastru.

V první fázi tvorby bylo zapotřebí nastudovat literaturu a navštívit regionální pracoviště Správy CHKO Bílé Karpaty sídlící v Luhačovicích. Po dohodě bylo zapotřebí získat podkladová data obce Velká nad Veličkou. Data stabilního katastru byla zakoupena od Českého úřadu zeměměřického a katastrálního v Praze a mapa poddanských pozemků byla získána od Moravského zemského archivu v Brně.

Veškeré hlavní cíle práce byly vyhotoveny pomocí SW ArcMap 10.2.2. Během práce se vyskytlo několik problémů, které jsou popsány v předchozí kap. 9 (Diskuze). Polohová přesnost, resp. nepřesnost mapy se určuje na základě volby identických bodů. Ze souřadnic těchto bodů je určena jejich polohová chyba. Tabulky pro císařské povinné otisky byly vyhotoveny ve dvou variantách. První varianta se týkala samotné transformace jednotlivých mapových podkladů bez návaznosti na sousední mapové podklady. Při těchto transformacích bylo logicky zvoleno menší množství identických bodů, jelikož nebyla zkoumána detailní přesnost na hranách mapového podkladu. Počet identických bodů se pohyboval od 10 (okrajová část území) do 35 (středová část území, ve které se nachází obec Velká nad Veličkou). Na základě těchto identických bodů byly pro všechny mapové podklady zjištěny polohové chyby v různých transformacích (afinní, polynomická 2. a 3. řádu, projektivní, adjust a spline). Pro afinní transformaci se hodnoty polohové chyby pohybují v rozmezí 0,788539–3,17945 metrů.

Stejným způsobem byly zjištěny polohové chyby i pro druhou variantu, která se lišila tím, že byly hledány i body na hranách mapového obrazu, aby jednotlivé podklady na sebe „perfektně“ navazovaly. K tomu, aby hrany mapového obrazu na sebe navazovaly, je vhodné použít lokální transformaci, jelikož při detailním pohledu je patrné, že hrany mapového obrazu jsou prohnuté a lokální transformace dokáže lépe vystihnout jejich průběh. U lokální transformace je o to důležitější rovnoměrné rozmístění identických bodů a volby většího množství identických bodů. Pro druhou variantu bylo nalezeno 14 až 115 identických bodů. Pro afinní transformaci se hodnoty polohové chyby pohybují v rozmezí 1,93326–3,97532 metrů. Ze získaných hodnot lze vyvodit, že hodnoty středních polohových chyb jsou u všech transformací o trochu větší s výjimkou lokální transformace. Ačkoliv byly u většího počtu identických bodů zjištěny větší polohové chyby, tak obraz lépe vystihoval průběh referenčních podkladů a zároveň prvky, které se vyskytují na hranách mapového obrazu, na sebe lépe navazují.

Obecně lze říct, že pro tvorbu bezešvého rastru je zapotřebí volit právě lokální transformaci s větším počtem identických bodů, což u map stabilního katastru není problém. Tento proces je sice časově zdoluhavý, ale výsledky dosahují lepších výsledků, než při volbě globální transformace a menšího počtu identických bodů.

Mírně rozdílný postup byl použit u zjištění polohové chyby u mapy poddanských pozemků kolem městečka Velká, která je vyhotovena v měřítku cca 1 : 9 400. Na první pohled jsou zde patrné větší polohové nepřesnosti. Rozdíl je v tom, že v případě tohoto mapového podkladu se jedná pouze o jeden mapový list a tak není zapotřebí, aby mapa navazovala na další části. Z tohoto důvodu není ani zapotřebí použít hledat body na hranách mapového obrazu. U této mapy je navíc problém, na rozdíl od předchozích map, identifikovat jakékoliv identické body. Zjištěné polohové chyby vychází z charakteristik mapy a pohybují se v řádu desítek metrů.

Z výsledků polohových chyb obou mapových podkladů lze rozhodnout, že je vhodné použití těchto mapových podkladů pro další práci. Jelikož se polohová chyba pohybuje do 50 metrů, tak je možné je použít na i na analýzu vývoje změn krajiny. U mapových podkladů císařských povinných otisků stabilního katastru se tento výsledek předpokládal již na základě obdobných prací jiného území, které určily téměř identické hodnoty polohových chyb, jako jsou i výsledky této práce.

Jednotlivé cíle této diplomové práce, které se týkaly především zjištění polohové chyby dvou různých mapových děl a také tvorby bezešvé rastrové vrstvy císařských otisků stabilního katastru obce Velká nad Veličkou, byly splněny. Navíc byly doplněny o ukázkou kartometrické analýzy v SW MapAnalyst a možnost publikace výsledků pomocí internetového prohlížeče v SW MapTiler.

11 SUMMARY

The main objective of this master's thesis was to determine the positional errors on old map in comparison with current (reference) map, which is considered to be cartographically accurate. As an area of our interest, the village of Velká nad Veličkou located in South Moravia at the foothills of White Carpathians (Bílé Karpaty) was chosen. Comparisons of positional errors were carried out on Imperial Imprints of the Stable Cadastre, created in Moravia between years 1824–1830 and 1833–1836. These maps show an excellent positional accuracy, yet they are not flawless. Maps of the Stable Cadastre were purchased from State Administration of Land Surveying and Cadastre (ČÚZK). Another studied map was the Map of Allotments around Velká town (from the Manor Strážnice fund), obtained from Moravian Provincial Archives (MZA).

Positional error determination is implemented by finding identical points on both the old and the current map. This process was performed by using computer software ArcMap with Georeferencing tool. ArcMap has several transformation methods at its disposal, which were applied to create the table of positional errors. Obtained coordinates of identical points can be further used for cartometric analysis in other software. First of all, transformations of individual maps of the Stable Cadastre were performed and the same procedure was later carried out with the Map of Allotments around Velká town.

The next goal of this work was to create a seamless raster from individual maps of the Stable Cadastre. This means that it was necessary to attach individual maps together. Since the edges of map images are often bent, the local transformation Spline was used for this procedure in order to better describe the shapes of the edge. Resulted raster is then composed from a mosaic of individual parts joined together.

For easier browsing and comparing these particular old maps with the current map, an output was created using computer software MapTiler. This output allows viewing georeferenced maps using Google Maps or OpenStreetMap background layer.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- ANTALOVÁ, J.: *Rekonstrukce zaniklé obce Fukov a Ústeckém kraji* [online]. Praha, 2014 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://geo.fsv.cvut.cz/proj/bp/2014/jana-antlova-bp-2014.pdf>. Bakalářská práce. ČVUT Fakulta stavební.
- BALCÁREK, M.: *Zobrazení Olomouce na starých mapách*. Olomouc, 2013. [cit. 2016-04-01]. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci.
- BAYER, T.: *The importance of computational geometry for digital cartography*. Geoinformatics FCE CTU, 2008. 3 (1).
- BAYER, T., POTŮČKOVÁ M. a ČÁBELKA M.: *Kartometrická analýza starých map českých zemí: mapa Čech a mapa Moravy od Petra Kaeria* [online]. In: Olomouc: 18. kartografická konference, 2009 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: http://maps.fsv.cvut.cz/gacr/publikace/2009/2009_18KK_BAYER2.pdf
- BEINEKE, D.: *Zur Bestimmung lokaler Abbildungsverzerrungen in Altkarten mit Hilfe der multiquadratischen Interpolationsmethode*, 2007. Neubiberg.
- BIČÍK, I. a kol.: *Vývoj využití ploch v Česku*. Česká geografická společnost, Praha 2010, 250 s. ISBN. 978-80-904521-3-8.
- BRŮHA, L.: *Georeferencování rastrových dat: výukový materiál GIS a kartografie* [online]. Praha: Univerzita Karlova, 2014 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/moderni-geoinformacni-metody-ve-vyuce-gis-a-kartografie/georeferencovani-rastrovych-dat/>
- BŘEHOVSKÝ, M. a JEDLIČKA K.: *Úvod do geografických informačních systémů* [obrázek]: přednáškové texty. Redigoval Jiří Šíma. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, [2005]. 116 s.
- BUCHROITHNER, M. F.; ZIMMERMANN, G.; KOCH, W. G.: *The Dresden Digital Archive of Historical Maps*. In XXII International Cartographic Conference, Moscow: Rossijskaja akademija nauk, 2007
- CAJTHAML, J.: *Nové technologie pro zpracování a zpřístupnění starých map*. Doktorská disertační práce, ČVUT v Praze, 2007, Praha.
- CAJTHAML, J. a KREJČÍ, J.: *Využití starých map pro výzkum krajiny*, In Sborník z konference GIS Ostrava 2008, VŠB – TU OSTRAVA, 27. – 30. 1. 2008
- CAJTHAML, J.: *Přehled základních metod georeferencování starých map* [online]. In: Praha, 2011 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: http://www.czechmaps.cz/data/seminar_041111/Cajthaml_digitalizace_2011.pdf
- CAJTHAML, J.: *Analýza starých map v digitálním prostředí na příkladu Müllerových map Čech a Moravy*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2012. 172 s. ISBN 978-80-01-05010-1.
- CAJTHAML, J.: *Tvorba souvislé mapy I. vojenského mapování Habsburské monarchie – testovací oblast Ústecký kraj*. Geodetický a kartografický obzor 59/101, 2013, číslo 8: 212 - 219, 2013, Praha

- CAJTHAML, J.: *Přehled vhodných metod georeferencování starých map* [online]. ČVUT Katedra geomatiky. Praha, 2015 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: http://naki.vugtk.cz/media/doc/seminar1/04_Cajthaml.pdf
- ČADA, V.: *Přednáškové texty z geodézie: Kartometrické práce*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2007, [cit. 2016-04-01]. Česky. Dostupný z: <http://www.gis.zcu.cz/studium/gen1/html/ch09s04.html>
- ČÁSTKOVÁ, J.: *Multimediální materiály pro výuku kartografie: Kartometrie* [online]. 2010 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://www.kartografie.webzdarma.cz/klasclen/kartometrie.html>
- ČSÚ: *Vše o území VDB: Velká nad Veličkou (okres Hodonín)* [online]. Český statistický úřad, 2016-04-01, [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=profil-uzemi&uzemiprofil=31588&u=__VUZEMI__43__586714#
- ČÚZK: *Stručná historie pozemkových evidencí* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Katastr-nemovitosti/O-katastru-nemovitosti/Historie-pozemkovych-evidenci.aspx>
- DEEP ZOOM.: *Deep Zoom File Format Overview* [obrázek] [online]. Microsoft, 2011 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc645077%28v=vs.95%29.aspx>
- DOBROVOLNÝ, P.: *Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu*. 1. Vydání, 1998. Masarykova univerzita, Brno, 208 s.
- DUFKA, J.: *Projekt Georeferencer a MapRank Search*. Duha [online]. 2011-06-30 (All day) [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://duha.mzk.cz/clanky/projekt-georeferencer-maprank-search>. ISSN 1804-4255.
- DVOŘÁK, P. a JÍŠOVÁ M.: *Digitální fotoaparáty a digitalizace map* [obrázek]: *Semestrální práce Digitalizace mapových podkladů, předmět KAPR* [online]. ČVUT, 2009 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/SP/2008_2009/jisova_dvorak/fotoaparaty.html
- ESRI: *Warp (Data Management)* [obrázek] [online]. 2008 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisengine/java/Gp_ToolRef/data_management_tools/warp_data_management_.htm
- FAJT, J.: *Geometrické Transformace v GIS* [online]. ZČU Plzeň, 2005 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://www.gis.zcu.cz/studium/ugi/referaty/05/GeometrickeTransformace/index.html>
- FIEDLEROVÁ, T.: *Aplikace pro georeferencování vícelistých mapových děl* [online]. Praha, 2015 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://www.fsv.cvut.cz/svoc/2015/gak-fied.pdf>. Studentská vědecká a odborná činnost. ČVUT Fakulta stavební.
- GAURA, J. a ĎURÁKOVÁ D.: *GIS – Geografické informační systémy* [online]. 2012 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: http://wiki.cs.vsb.cz/images/c/c6/Gis_lecture1_11.pdf

- HAVLÍČEK, M., KREJČÍKOVÁ, B., CHRUDINA, Z., BOROVEC, R. & SVOBODA, J.: *Změny ve využití krajiny a na vodních tocích v povodí Veličky a v horních povodích Kyjovky a Svratky*. – Acta Pruhoniana, 99: 5–17, 2011.
- HAVLÍČEK, M.: *Význam starých map pro studium změn krajiny v okrese Hodonín* [online]. Brno, 2013 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/19770/prif_d/Havlicek_disertacni_prace_final.pdf. Disertační práce. Masarykova univerzita v Brně.
- HOUSKOVÁ, D. a JŮZA A.: *Digitalizace mapových podkladů [obrázek]: Semestrální práce Digitalizace mapových podkladů, předmět KAPR* [online]. ČVUT, 2009 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/SP/2008_2009/houskova_juza/fotografovani.html
- JENNY, B. a WEBER A.: *MapAnalyst* [online]. 2011-01-08 [cit. 2016-04-01]. Dostupný z WWW: <http://mapanalyst.org/>.
- JIRÁSEK, P.: *Analýza vývoje krajinného pokryvu a využití země v povodí toků Novohradských hor (povodí Malše po soutok s Tichou, Tiché, Pohořského potoka po soutok s Černou)* [online]. České Budějovice, 2010 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: https://theses.cz/id/d984v8/downloadPraceContent_adipIdno_10375. Diplomová práce.
- KARLOVÁ, L. a MATOUŠKOVÁ E.: *Digitalizace mapových podkladů: Semestrální práce Digitalizace mapových podkladů, předmět KAPR* [online]. ČVUT, 2008 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/SP/2008_2009/karlova_matouskova/index.html
- KÁNSKÝ, L.: *Sledování změn krajiny pomocí starých map v prostředí GIS* [online]. Praha, 2007 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://projekty.geolab.cz/gacr/b/files/kansky.pdf>. Diplomová práce. ČVUT Fakulta stavební.
- KONEČNÝ, M.: *Vývojové trendy geografických informačních systémů, CAD*, 1994, roč. 4, č. 6, s. 3-6.
- KOSTKOVÁ, P. a ŘÍMALOVÁ J.: *Archivní mapy: Císařské povinné otisky stabilního katastru Čech*. In: *Archivní mapy - ČÚZK* [online]. 2006 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: http://archivnimapy.cuzk.cz/cio/text_sk.html
- LIPSKÝ, Z.: *Sledování změn v kulturní krajině: učební text pro cvičení z předmětu Krajinná ekologie*. 1. vyd. 2000, Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy. 71s.
- MACKOVČIN, P.: *Land use categorization based on topographic maps: Acta Pruhoniana* 91: 5-13, Průhonice, 2009.
- MACKOVČIN, P.: *Československé mapy v Benešově a Křovákově zobrazení v období 1921-1951*. Geodetický a kartografický obzor 60/102, 2014, číslo 8: 193 - 219, 2014, Praha

- MAREK, T.: *Bezešvá mapa Prahy z povinných císařských otisků* [online]. Praha, 2010 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://geo.fsv.cvut.cz/proj/dp/2010/tomas-marek-dp-2010.pdf>. Diplomová práce. ČVUT Fakulta stavební.
- NOVÁK, J.: *Georeferencování prvního vojenského mapování Rakouska-Uherska* [online]. Praha, 2012 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: http://maps.fsv.cvut.cz/software/georef/text/DP_Novak.pdf. Diplomová práce. ČVUT Fakulta stavební.
- OŤAHEL, J. a FERANEC, J.: *Výskum a mapovanie využitia krajiny: minulosť a súčasnosť v kontexte Slovenska*. Geografický časopis. Vol. 58, N. 2, s. 105–123, 2006.
- PIHAN, R.: *Slovník fotografických pojmů: interpolace (interpolation), převzorkování (resampling)* [obrázek] [online]. 2011 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: http://fotoroman.cz/glossary2/3_interpolace.htm
- POMYKACZOVÁ, A.: *Analýza Klaudyánovy mapy v prostředí GIS: bakalářská práce* [online]. Praha: ČVUT Fakulta stavební, 2007. 46 s. [cit. 15. dubna 2010]. Dostupné z: <http://projekty.geolab.cz/gacr/b/files/pomykaczova.pdf>
- POTŮČKOVÁ, M.: *Staré mapy TEMAP - eLearning: Kartometrické analýzy* [online]. Praha, 2013 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: http://web.natur.cuni.cz/gis/temap/elearning/Kartometrick%C3%A9_anal%C3%BDzy.pdf
- PŘIDAL, P.: *Zpracování a zpřístupnění historických dokumentů*. Brno, 2007 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.staremapy.cz/th.pdf>. Diplomová práce. Masarykova Univerzita - Fakulta Informatiky.
- SEDLÁK, P., SZCZYRBA Z. a ZÁVODNÍK P.: *Spatial temporal changes of land use in Olomouc with remote sensing data: (Zjišťování změn ve využití země města Olomouce pomocí DPZ)* [online]. 2006 [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2004/Sbornik/Referaty/sedlak.htm
- Seminář NeoCartoLink: Kartometrická analýza starých map – část 1* [online]. Olomouc, 2012 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://www.neocartolink.cz/upload/kartometrie1ncl-20130109010955.pdf>
- SEMOTANOVÁ, E.: *Mapy Čech, Moravy a Slezska v zrcadle staletí*. 1. vyd. Praha: Libri, 2001. 263 s. ISBN 80-7277-078-0.
- SILLERO, N. & TARROSO, P. (2010). *Free GIS for herpetologists: free data sources on Internet and comparison analysis of proprietary and free/open source software*, 5(1), 63–85.
- SKOKANOVÁ, H. a kol.: *Application of methodological principles for assessment of land use trajectories and processes in south-eastern Moravia for the period 1836–2006: Acta Pruhoniana 91: 15-19, Průhonice, 2009.*
- SKOKANOVÁ, H. a kol.: *Změna struktury krajiny ve třech příhraničních oblastech České republiky, Acta Pruhoniana 104: 5-12, Průhonice, 2013.*

- Staré mapy: Stadterweiterung Der Königl. Hauptstadt Olmütz [kartografický dokument]* [online]. 2016 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://staremapy.georeferencer.cz/map/6eHpwPdMAv5qpcFINoCf67/201505282027-gXhNJ2/accuracy>
- STEINIGER, S. & BOCHER, E. (2008). *An Overview on Current Free and Open Source Desktop GIS Developments. Int. J. of Geographical Information Science*, 1–24.
- ŠÍPKOVÁ, M.: *Rekonstrukce zaniklé obce Tuchomyšl v Ústeckém kraji* [online]. Praha, 2014 [cit. 2016-03-30]. Bakalářská práce. ČVUT Fakulta stavební. Dostupné z: <http://geo.fsv.cvut.cz/proj/bp/2014/michaela-sipkova-bp-2014.pdf>.
- ŠKABRADA, J.: *Lidové stavby: Architektura českého venkova*. Vyd. 1. Praha: Argo, 1999. 246 s. ISBN 80-7203-082-5.
- TELEC, I. – právník, odborník na autorské právo: Kozultace s Alenou VONDRÁKOVOU ze dne 31. 1. 2011. Místo konzultace – kancelář 3.14, Katedra občanského práva a pracovního práva, Právnická fakulta UP. Pořízen digitální záznam.
- TRNKOVÁ, E.: *Nástroje GIS pro účely zpracování digitálních fotografií* [online]. Brno, 2015 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/409019/prif_b/BP.txt. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- VEJROVÁ, L.: *Vizualizace kartometrických charakteristik našich nejstarších map v software MapAnalyst* [online]. Praha, 2008 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: http://maps.fsv.cvut.cz/diplomky/2008_BP_Vejrova_Vizualizace_kartometrickych_c_harakteristik_nasich_nejstarsich_map_v_software_MapAnalyst.pdf. Bakalářská práce. ČVUT Stavební fakulta.
- VONDRÁKOVÁ, A.: *Autorské právo v kartografii a geoinformatice*. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky, 2012. 124 s. Terra notitia. ISBN 978-80-244-3206-9.
- VÚGTK: *Slovník VÚGTK* [online]. 2005 - 2016 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník/>
- W.Takeuchi Lab - Institute of Industrial Science, the University of Tokyo: *Digitizers for Vector Data Input* [obrázek]. [cit. 2016-03-30] [online] 2015. Dostupný na WWW: <http://wtlab.iis.u-tokyo.ac.jp/~wataru/lecture/rsgis/giswb/vol1/cp3/cp3-2.htm>
- Wikipedie: *Otevřená encyklopedie: Stabilní katastr* [online]. c2016 [citováno 28. 03. 2016]. Dostupný z WWW: https://cs.wikipedia.org/wiki/Stabiln%C3%AD_katastr
- Wikipedie: *Otevřená encyklopedie: Velká nad Veličkou* [online]. c2015 [citováno 28. 03. 2016]. Dostupný z WWW: https://cs.wikipedia.org/wiki/Velk%C3%A1_nad_Veli%C4%8Dkou
- ŽIGRAI, F.: *Analýza využití zeme v geografii a krajinnej ekológii. Teoretická báza a aplikácia*. Habilitačná práca, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně, 550 s, 1991.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy

Příloha 1: Tabulky polohových chyb

Příloha 2: DVD

Popis struktury DVD

Adresáře:

Text_Prace

Vstupni_Data (CUZK; MZA)

Vystupni_Data (ArcMap; MapAnalyst; MapTiler)

Příloha 1

Tabulky popisují tři identické body s maximální polohovou chybou v metrech a tři s minimální polohovou chybou v metrech, včetně označení bodů a celkové střední polohové chyby v metrech. Číslo, napsané v závorce za názvem části území, udává počet identických bodů. Pro všechny podklady bez návaznosti platí, že u nich byly zjištěny nižší střední polohové chyby.

Tab. 1.1a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením I.

I (11)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
7	2,24482	9	1,398699	4	0,715244
5	1,8584	5	1,26914	8	0,502918
3	1,49791	4	1,24997	3	0,459298
~	~	~	~	~	~
4	0,651184	7	0,175937	6	0
2	0,702612	6	0,201963	10	0,0216238
10	1,02982	10	0,262947	11	0,0259696
Total RMS	1,39185	Total RMS	0,851423	Total RMS	0,313321

Tab. 1.1b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením I pomocí většího počtu identických bodů.

I (36)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
10	5,89889	10	3,91423	11	3,17995
24	4,6296	11	3,64882	10	2,34417
3	3,82158	32	2,58948	6	2,32159
~	~	~	~	~	~
15	0,41271	35	0,164484	30	0,173408
14	0,480653	14	0,173246	14	0,202067
9	0,816627	16	0,209827	5	0,209029
Total RMS	2,5463	Total RMS	1,70291	Total RMS	1,40546

Pro mapový podklad s označením I bylo nalezeno celkem 36 identických bodů. V původní transformaci bez identických bodů na hranách bylo nalezeno 11 identických bodů. V případě tohoto rastru nelze tvrdit, že se polohová přesnost přidáním bodů na hrany příliš zhoršila. Dokonce se v jižní, navazující, části nachází několik bodů s nejnižší polohovou chybou.

Tab. 1.2a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením II.

II (20)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
20	8,98952	20	5,46303	20	5,72164
12	5,98779	15	5,18168	15	4,38575
11	4,18074	12	3,30597	18	2,98786
~	~	~	~	~	~
8	0,180053	7	0,222981	7	0,254536
4	0,861477	2	0,445853	2	0,695842
3	1,04804	13	0,498613	5	0,722393
Total RMS	3,17945	Total RMS	2,28483	Total RMS	2,19379

Tab. 1.2b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením II pomocí většího počtu identických bodů.

II (98)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
96	10,8095	96	9,65137	96	8,00256
83	9,47186	35	7,39986	35	7,00469
93	8,76387	83	7,05283	83	6,35727
~	~	~	~	~	~
20	0,0179601	92	0,10055	22	0,15759
21	0,260781	23	0,159699	66	0,173586
19	0,297387	20	0,165037	29	0,20196
Total RMS	3,51887	Total RMS	3,11844	Total RMS	2,75407

Na mapovém podkladu s označením II se největší polohové chyby nachází v SZ v oblasti sadů a vinohradů a také ve střední části kolem říčky. Jelikož se z mapové kresby zdá, že zvolené identické body byly dobře zvoleny, tak byly tyto body ponechány a nebyly dále upravovány. Bylo identifikováno 98 identických (bez návaznosti 20).

Tab. 1.3a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením III.

III (14)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
8	1,40453	6	1,25606	6	0,919053
7	1,25841	8	1,07746	7	0,696706
14	1,24265	7	1,03914	4	0,658787
~	~	~	~	~	~
11	0,275514	11	0,050949	10	0
5	0,280397	10	0,0969209	11	0
10	0,388543	2	0,260315	2	0,00621181
Total RMS	0,788539	Total RMS	0,720324	Total RMS	0,392624

Tab. 1.3b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením III pomocí většího počtu identických bodů.

III (42)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
41	4,17398	37	3,80775	34	2,15852
34	3,86036	38	3,47984	36	2,13455
1	3,39477	34	3,16289	9	1,74255
~	~	~	~	~	~
26	0,141014	32	0,0289469	40	0,111554
6	0,164802	26	0,224266	41	0,190092
3	0,178451	16	0,24585	38	0,214685
Total RMS	2,02311	Total RMS	1,8122	Total RMS	1,14959

U mapového podkladu s označením III se nejvyšší polohové chyby vyskytovaly v návaznosti na předchozí podklad II a také v SV v oblasti hranic, kde je problém přesně určit identické body. V tomto směru je zajímavý i bod s označením 41, který se nachází na hranici území. Tento bod je u afinní transformace zařazen mezi body s nejvyšší polohovou chybou a naopak u transformace polynomické třetího řádu se tento bod vyskytuje mezi body s nejnižší polohovou chybou. Střední polohová chyba bez návaznosti je 0,788539 m (Afinní transformace).

Tab. 1.4a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením IV.

IV (16)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
16	2,87723	3	1,75883	3	0,988233
2	2,15164	16	1,4617	11	0,899526
5	1,82121	2	1,25166	8	0,846134
~	~	~	~	~	~
12	0,235878	12	0,228461	14	0,0281
8	0,407557	9	0,290216	1	0,0365492
10	0,679842	1	0,36025	13	0,042529
Total RMS	1,36541	Total RMS	0,898956	Total RMS	0,589875

Tab. 1.4b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením IV pomocí většího počtu identických bodů.

IV (73)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
17	5,03186	43	4,73996	43	4,98398
43	4,68265	17	4,22541	46	3,90359
63	4,66407	46	4,09159	17	3,84782
~	~	~	~	~	~
69	0,277965	53	0,0413643	35	0,0123964
68	0,380817	29	0,202683	3	0,174216
66	0,387592	19	0,318046	53	0,245465
Total RMS	2,49076	Total RMS	1,99996	Total RMS	1,82797

U tohoto mapového podkladu opět došlo k největším polohovým chybám v oblasti návaznosti na mapový podklad V a VII a také v oblasti hranic na západě území.

Tab. 1.5a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením V.

V (21)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
11	2,20374	11	2,36306	54	7,71754
16	1,86971	16	1,83118	90	5,89898
20	1,73213	2	1,61142	81	5,38476
~	~	~	~	~	~
3	0,129449	10	0,374965	14	0,249848
10	0,152529	5	0,437931	15	0,26326
5	0,285917	1	0,480651	12	0,277387
Total RMS	1,28639	Total RMS	1,16391	Total RMS	0,770936

Tab. 1.5b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením V pomocí většího počtu identických bodů.

V (95)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
78	7,09797	54	6,94109	54	7,71754
54	6,97264	81	5,36318	90	5,89898
93	6,90537	50	5,28369	81	5,38476
~	~	~	~	~	~
27	0,173071	44	0,117311	40	0,0955239
41	0,401486	26	0,285348	42	0,108091
15	0,417571	20	0,52406	44	0,241092
Total RMS	3,15021	Total RMS	2,7612	Total RMS	2,58559

Ačkoliv v době tvorby tento podklad na severní části nemusel na žádný rastr navazovat, tak se v této oblasti vyskytují největší polohové chyby. V této oblasti bylo dodatečně (po transformaci II) vytvořeno i několik tzv. pomocných bodů, které nelze identifikovat na 100% (nejsou průsečíkem dvou nebo více linií, ale nacházejí se pouze na jedné linii, takže nelze přesně určit jejich souřadnice).

Tab. 1.6a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením VI.

VI (16)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
15	3,08287	7	1,67747	7	1,58639
11	2,17276	11	1,63445	4	1,29992
12	2,06164	2	1,59049	11	0,802853
~	~	~	~	~	~
10	0,185123	6	0,125412	16	0,0735493
6	0,208044	1	0,130762	15	0,150821
8	0,386262	10	0,419017	2	0,192787
Total RMS	1,40416	Total RMS	1,06594	Total RMS	0,644339

Tab. 1.6b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením VI pomocí většího počtu identických bodů.

VI (77)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
37	7,52397	34	5,96402	36	5,55713
38	6,82697	37	5,89649	34	4,70026
53	6,46279	36	5,4447	38	4,34084
~	~	~	~	~	~
70	0,332652	12	0,270109	68	0,171915
74	0,814289	60	0,342405	15	0,193599
66	0,84587	6	0,344744	10	0,199212
Total RMS	3,05351	Total RMS	2,51023	Total RMS	2,20181

Největší polohové chyby na tomto podkladu se vyskytují v oblasti návaznosti na okolní podklady s označením V a IX. Body na hranici území mají poměrně malou polohovou chybu.

Tab. 1.7a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením VII.

VII (18)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
12	2,91841	12	2,80648	12	1,97872
11	2,57736	11	1,7532	15	1,55904
18	1,98084	15	1,61357	6	1,29415
~	~	~	~	~	~
14	0,314637	9	0,35881	1	0,0820505
6	0,450688	5	0,456149	9	0,283378
10	0,746395	10	0,468518	14	0,46367
Total RMS	1,55535	Total RMS	1,19123	Total RMS	0,950706

Tab. 1.7b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením VII pomocí většího počtu identických bodů.

VII (59)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
8	7,37374	8	4,82513	57	4,09696
58	5,05847	57	4,07913	53	3,94274
9	3,98271	45	3,87692	45	3,33055
~	~	~	~	~	~
52	0,199879	34	0,206508	25	0,0736987
23	0,49551	38	0,249816	38	0,15507
41	0,633823	27	0,294303	34	0,156619
Total RMS	2,33572	Total RMS	1,64393	Total RMS	1,43576

Návaznost na mapový podklad s označením VIII je v tomto směru dobrá v severní části. Ovšem směrem dolů po hraně se polohové chyby zvětšují. Dále se větší chyby objevují v SZ oblasti mapového podkladu.

Tab. 1.8a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením VIII.

VIII (35)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
32	2,93371	32	2,73353	29	1,62967
34	2,77909	19	2,48849	19	1,61081
3	2,73563	27	2,00342	3	1,54916
~	~	~	~	...	~
28	0,233693	6	0,265182	17	0,120196
21	0,337124	17	0,317286	33	0,185515
14	0,375539	10	0,318965	31	0,206269
Total RMS	1,5079	Total RMS	1,2266	Total RMS	1,02248

Tab. 1.8b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením VIII pomocí většího počtu identických bodů.

VIII (95)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
18	9,68002	18	9,47058	18	9,2065
32	9,42918	32	8,39927	32	6,74107
31	7,3746	31	5,70211	7	5,84248
~	~	~	~	~	~
2	0,116717	55	0,138203	67	0,147655
71	0,131279	52	0,28748	21	0,182968
60	0,28408	49	0,331157	76	0,256373
Total RMS	2,83977	Total RMS	2,70885	Total RMS	2,46616

Mapový podklad s označení VIII byl zvolen jako základní, tudíž se zde neobjevují polohové chyby na hranách, jelikož zde nebyla možnost navázat na okolní podklady. Nicméně i tak zde byly nějaké pomocné body na hranách později určeny. Co se týče polohových nepřesností, tak největší jsou v místě, kde se nachází severní část obce Velká nad Veličkou, což může být způsobeno přestavbou domů, změnou některých parcel a především změnou průběhu koryta řeky Velička.

Tab. 1.9a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením IX.

IX (16)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
6	2,34974	15	2,13633	10	1,43238
8	2,16414	2	1,91096	16	1,09018
15	1,82159	6	1,7433	12	0,955779
~	~	~	~	~	~
4	0,113994	5	0,269482	1	0,27373
5	0,613445	16	0,448603	5	0,292601
7	0,633248	7	0,515613	3	0,305595
Total RMS	1,38485	Total RMS	1,28438	Total RMS	0,76066

Tab. 1.9b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením IX pomocí většího počtu identických bodů.

IX (61)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
60	7,57215	60	7,04417	3	5,26306
3	7,49597	3	6,10847	8	5,08763
8	6,3711	8	4,88793	57	4,34007
~	~	~	~	~	~
6	0,157198	40	0,23508	40	0,196989
42	0,37324	39	0,289593	54	0,23594
43	0,41098	45	0,418648	50	0,327483
Total RMS	2,80192	Total RMS	2,44848	Total RMS	2,16567

Největší polohové nepřesnosti u afinní transformace tohoto podkladu se vyskytují v oblasti lesa a vůbec ohraničení území. Právě tyto body se během několika let mohly rychle změnit a navíc mapování v této oblasti bylo určitě složitější než třeba na louce.

Tab. 1.10a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením X.

X (16)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
8	1,68367	2	1,36512	7	1,3826
15	1,63788	15	1,26906	4	1,15702
10	1,57485	4	1,21642	1	0,85851
~	~	~	~	~	~
3	0,581915	5	0,285366	13	0,152146
5	0,605521	6	0,494179	14	0,189198
9	0,620749	14	0,550839	3	0,192684
Total RMS	1,16112	Total RMS	0,932251	Total RMS	0,667706

Tab. 1.10b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením X pomocí většího počtu identických bodů.

X (96)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
49	7,97593	49	6,10312	9	4,19103
13	7,35446	13	4,90824	49	3,93329
14	6,40586	14	4,341	63	3,91948
~	~	~	~	~	~
59	0,0780714	7	0,0662996	64	0,119405
12	0,107155	59	0,231947	44	0,158831
28	0,159606	74	0,245332	34	0,179671
Total RMS	2,51157	Total RMS	2,04543	Total RMS	1,65398

Největší polohové nepřesnosti se opět vyskytují v oblasti návaznosti na sousední podklady v SV části podkladu. Dále se větší polohové chyby nachází na hranicích katastrálního území obce. Střední polohová chyba bez návaznosti je 1,16112 m

Tab. 1.11a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením XI.

XI (31)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
31	2,63422	11	1,99059	11	2,15559
20	2,45159	9	1,90616	17	1,78499
11	2,22976	1	1,85087	1	1,64222
~	~	~	~	~	~
8	0,301611	12	0,191903	8	0,178089
28	0,392392	5	0,358474	15	0,330089
22	0,424546	19	0,458534	27	0,334814
Total RMS	1,35602	Total RMS	1,21187	Total RMS	1,0665

Tab. 1.11b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením XI pomocí většího počtu identických bodů.

XI (115)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
114	12,3215	112	11,5133	112	10,0617
115	11,9637	114	10,3176	114	7,73573
112	11,5114	115	9,66024	113	7,67598
~	~	~	~	~	~
1	0,206095	17	0,319576	5	0,129255
4	0,362883	5	0,451186	22	0,19673
3	0,408193	22	0,501548	2	0,235127
Total RMS	3,68354	Total RMS	3,52619	Total RMS	3,1148

Na mapovém podkladu XI se nachází největší koncentrace identických bodů. Celkem zde bylo navoleno 115 bodů (bez návaznosti 31). Zároveň je to oblast s největší zjištěnou polohovou chybou, která je navýšena hlavně návaznými body se základním podkladem VIII. Chyba může mít řadu příčin. Například, že základnímu rastru VIII byly špatně identifikovány body nebo to může být i způsobeno vlivy popsané u tabulky VIII. Další chybou mohl být i fakt, že jednotlivé mapové podklady na sebe korektně nenavazují (viz Obr. 6.11).

Tab. 1.12a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením XII.

XII (12)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
10	3,1842	10	2,30271	10	1,70526
6	2,68134	1	1,91418	1	1,33604
7	2,46653	9	1,39612	2	1,16788
~	~	~	~	~	~
4	0,142679	4	0,434612	7	0,178016
8	0,394171	2	0,441272	11	0,188222
5	0,487982	11	0,446684	4	0,221589
Total RMS	1,77961	Total RMS	1,18332	Total RMS	0,881763

Tab. 1.12b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením XII pomocí většího počtu identických bodů.

XII (55)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
25	9,3908	25	6,77117	25	6,22079
2	6,56024	12	6,45709	12	5,92134
13	6,15069	2	5,5625	13	5,38151
~	~	~	~	~	~
23	0,725375	32	0,260004	41	0,126263
15	0,867845	1	0,366001	34	0,306528
30	0,871591	37	0,371803	1	0,360543
Total RMS	3,63714	Total RMS	2,77144	Total RMS	2,59706

V případě tohoto podkladu je opět, stejně jako u podkladu IX, značná polohová chyba v oblasti lesního porostu Háje.

Tab. 1.13a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením XIII.

XIII (10)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
2	2,01097	4	2,04409	1	0
4	1,88756	2	0,967657	2	0
1	1,58397	7	0,938042	3	0
~	~	~	~	~	~
3	0,267758	5	0,0558024	4	0
5	0,388765	9	0,234258	5	0
6	0,556479	6	0,625859	6	0
Total RMS	1,24639	Total RMS	0,946336	Total RMS	0

Tab. 1.13b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením XIII pomocí většího počtu identických bodů.

XIII (14)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
3	4,34572	9	3,6956	14	1,22256
13	3,92277	4	3,20724	2	0,9743
4	3,68859	13	2,53646	11	0,605631
~	~	~	~	~	~
5	0,296998	8	0,316516	3	0,0595215
11	0,368675	7	0,588974	13	0,149734
14	0,856588	2	0,850606	8	0,195537
Total RMS	2,5294	Total RMS	1,92956	Total RMS	0,5516

Jedná se o hraniční oblast území. Navíc se zde nachází pouze les, který se hoře mapoval. Z toho důvodu zde ani nelze najít větší množství identických bodů.

Tab. 1.14a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením XIV.

XIV (13)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
8	1,71211	8	1,47821	8	1,28345
3	1,68091	10	1,06223	7	1,14495
13	1,63515	7	1,01925	1	0,642436
~	~	~	~	~	~
2	0,0956711	2	0,0395347	9	0,0267802
12	0,50951	5	0,306321	13	0,0533914
5	0,552302	13	0,363775	5	0,0912852
Total RMS	1,07887	Total RMS	0,829972	Total RMS	0,583448

Tab. 1.14b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením XIV pomocí většího počtu identických bodů.

XIV (25)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
15	3,69857	8	2,05068	15	1,43195
12	3,35359	5	1,98001	8	1,4143
8	3,33183	3	1,92542	13	1,32943
~	~	~	~	~	~
20	0,0837339	21	0,07116	2	0,0373532
16	0,275645	19	0,322408	4	0,0609008
22	0,422765	7	0,35035	24	0,153662
Total RMS	1,93326	Total RMS	1,16785	Total RMS	0,755773

U podkladu XIV nelze jednoznačně určit, na kterém místě se vyskytují největší polohové nepřesnosti, jelikož ty se nacházejí zcela nahodile na celém území. Jedná se o podklad s nejnižší zjištěnou polohovou chybou s navazujícími body.

Tab. 1.15a: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením XV.

XV (15)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
2	2,6776	7	2,00689	8	1,30574
7	2,22461	2	1,86753	6	1,06553
15	1,43066	5	1,47129	2	0,906599
~	~	~	~	~	~
1	0,222011	13	0,128125	15	0,107629
6	0,227088	12	0,130609	10	0,113098
13	0,2341	14	0,318766	1	0,166004
Total RMS	1,29533	Total RMS	1,11934	Total RMS	0,615269

Tab. 1.15b: Tabulka polohových chyb mapového podkladu s označením XV pomocí většího počtu identických bodů.

XV (46)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
17	9,43986	17	8,05882	24	6,20545
24	7,88232	24	7,2932	10	5,03933
29	7,34016	6	6,32772	43	4,3306
~	~	~	~	~	~
21	0,84179	12	0,350803	36	0,324616
25	0,973941	20	0,387289	32	0,428706
16	1,08262	36	0,457798	39	0,664301
Total RMS	3,97532	Total RMS	3,44171	Total RMS	2,62117

Největší nepřesnosti se nachází v oblasti návaznosti na sousední podklad XI. Další nepřesnosti lze identifikovat na JV hranici území.

Tab. 1.16: Tabulka polohových chyb mapy poddanských pozemků, která se nachází na jednom mapovém listě.

Mapa poddanských pozemků kolem městečka Velká (13)					
Označení bodu	Afinní	Označení bodu	Polynomická druhého řádu	Označení bodu	Polynomická třetího řádu
3	58,6942	3	46,5263	4	24,3544
13	41,0242	12	42,2979	2	23,1202
6	39,0428	13	38,6446	6	18,0781
~	~	~	~	~	~
10	2,38897	10	6,25504	5	1,0842
1	8,98616	1	6,39601	9	1,32153
5	16,1451	5	12,149	10	5,08649
Total RMS	32,8659	Total RMS	26,7538	Total RMS	12,9646

Tabulka potvrzuje předchozí predikaci na polohovou přesnost této mapy. V mapě se vyskytují i body, které mají polohovou nepřesnost více než 50 metrů. Některé body s nepřesností přes 100 metrů byly po následném zvážení (porovnání s ortofotem a katastrálními mapami) odstraněny. Ze získaných hodnot lze rozhodnout, že je tento podklad vhodný pro další zpracování (splňuje podmínku maximální polohové nepřesnosti pro analýzu vývoje změn krajiny).