

ZPRÁVY Z VÝZKUMU

Analýza kartografických zobrazení atlasových map planisféry v 17. století

JURAJ POVAŽAN

Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Albertov 6, 128 00 Praha 2, Česko; e-mail: juraj.povazan@natur.cuni.cz

ABSTRACT **An analysis of the map projection of the world maps in the 17th century** – The aim of this article is to introduce a new approach of analysing cartographic projections by means of the Detectproj software. This analysis was carried out on a set of old maps from the 17th century, divided into groups according to the captured area. Specific cartographic representations and their parameters were investigated. This article describes the history of cartographic projections and their division, also presenting the used data and methodology. In the conclusion, there are the results and their summary.

KEY WORDS analysis – map projection detection – history of cartography – cartographic projection – criteria – mathematical cartography – detection parameters – old maps

POVAŽAN, J. (2021): Analýza kartografických zobrazení atlasových map planisféry v 17. století. Informace ČGS, 40, 1, 1–15.

Článok vznikol na základe výsledkov bakalárskej práce, obhájenej v akademickom roku 2016/2017 na katedre aplikované geoinformatiky a kartografie PŘF UK, pod vedením doc. Ing. Tomáše Bayera, Ph.D. V rámci SVP 2018 sa práca umiestnila na 2. mieste, na konferencii GISáček 2018 sa práca umiestnila na 3. mieste a v rámci súťaže mladých vedcov a vedkýň Juniorská univerzita: Science Slam UK 2018 získal autor ocenenie Absolutní vítěz.

1. Úvod

Kartografické zobrazenie je spôsob, ktorý pomocou matematicky definovaných vzťahov jednoznačne priraduje každému bodu na zemskom povrchu odpovedajúci bod v rovine mapy (Čapek, Mikšovský, Mucha 1992). Popri kartografických zobrazeniach rozoznávame aj tzv. kartografické projekcie. Kartografická projekcia predstavuje zobrazenie, pri ktorom je možné vzájomné priradenie polohy bodov na dvoch rôznych referenčných plochách realizovať geometrickou cestou, t. j. premietaním (Buchar 2007).

Kartografické zobrazenia sú neodmysliteľnou súčasťou každej modernej mapy. Bez zobrazenia by nebolo možné vykonávať analýzy zakreslených prvkov, resp. výsledky týchto analýz by boli nesprávne. Taktiež polohová presnosť máp, pri ktorých nebolo zobrazenie použité, je oproti mape so zobrazením výrazne horšia a v neposlednom rade slúžia zobrazenia aj na geodetické výpočty.

Napriek významu kartografického zobrazenia, nebolo jeho použitie v minulosti samozrejmosťou. Mnohé mapy vznikali bez zobrazenia a mnohé staré mapy, ktoré už zobrazenie majú, jeho názov nikde neuvádzajú, takže je nutné ich určiť spätne. Práve spätná analýza kartografických zobrazení starých máp sa stala hlavnou témou tejto výskumnej práce. Určenie zobrazení týchto máp je veľmi prospešné pre ich katalogizáciu, zlepšenie georeferencie, prípadne reprojekcie do iného zobrazenia, ale aj na výskum zakreslených prvkov (Bayer 2016, 2017).

Na analýzu máp boli vybrané staré mapy zo 17. storočia od rôznych autorov a z rôznym rozsahom zachyteného územia. Toto storočie bolo zvolené z toho dôvodu, že u máp už došlo k použitiu nejakého kartografického zobrazenia, avšak bez bližšej špecifikácie, tá sa stala predmetom práce. Pri starších mapách (napríklad zo 16. storočia) by sa ešte mohlo stať, že pri nejakej nebude kartografické zobrazenie použité. Taktiež boli vybraté preto, že v tomto období dochádza k širšiemu vývoju a vzniku nových zobrazení a v neposlednom rade sú objavované nové časti sveta, ktoré je nutné na mapách zachytiť.

Hlavnými cieľmi práce sa stali:

1. systematizácia používaných zobrazení, ich katalogizácia podľa autora alebo zachyteného územia a výskum ich kartografických parametrov (dohromady osem parametrov),
2. zistenie najpoužívanejšieho kartografického zobrazenia, prípadne skupiny zobrazení v tomto období.

V nasledovných častiach článku je priblížený vývoj kartografických zobrazení v priebehu storočí, popis použitých dát a zdrojov a metodika spracovania. V záverečných častiach sú predstavené výsledky výskumu za jednotlivé kategórie skúmaných máp a ich celkový súhrn.

2. Predošlé výskumy

Medzi publikácie, ktoré sa venovali výskumu, resp. popisu kartografických zobrazení, je niekoľko. Medzi najvýznamnejšie sa radia *Matematická kartografie* (Srňka 1986), *Matematická kartografie 10* (Buchar, Hojovec 1996), *Základy matematické kartografie* (Talhofer 2007) a samozrejme *Flattening the Earth. Two thousand years of map projections* (Snyder 1997).

Výskumom zobrazení atlasových máp je venovaná napríklad bakalárska práca *Analýzy kartografických zobrazení používaných v atlasech* (Pohanková 2013), ktorá na analýzu používa program WinKart 2.0, ale skúma mapy z 20. a 21. storočia.

3. História kartografických zobrazení do 17. storočia

Prvé kartografické zobrazenia, resp. projekcie vznikali už v antickom období. Medzi najznámejšie patrí Ptolemaiove zobrazenie, stereografická, gnómonická a ortografická projekcia. Okrem znázorňovania Zeme boli využívané aj na mapovanie nebeskej sféry. V tomto období zažívala kartografia svoj prvý veľký rozkvet, predovšetkým po matematickej stránke. Pri mapách alebo zákresoch z predantického obdobia nebolo zistené použitie kartografického zobrazenia, hoci napríklad zememeračstvo v Egypte či Mezopotámii dosahovalo vysokú úroveň.

Napriek tomu, že aj Rím patrí do antického obdobia, za jeho éry môžeme hovoriť o prvom miernom úpadku kartografie a to najmä z dôvodu nepoužívania kartografických zobrazení. Mapy boli síce obsahovo bohaté, dokonca ešte viac ako grécke, avšak bez pevných matematických základov (Dvořák, Kovařík 1964).

Nech by však Rím aj znamenal mierny útlm kartografie, oproti stredovekému obdobiu nemohol symbolizovať jej úpadok. Práve stredoveku prezývame obdobie kartografického temna. Mapovanie bolo ovplyvnené náboženstvom a okrem absencie kartografického zobrazenia nastáva aj odklon od guľatého tvaru Zeme. Mapy boli kreslené veľmi schematicky a aj ich obsah bol pomerne chudobný, išlo o tzv. O-T mapy. Avšak aj v tomto období sa vyskytli mapy bohato zdobené, ako napríklad Herefordská mapa a dokonca vzniklo aj jedno nové zobrazenie od Rogera Bacona, pomenované po svojom strojcovi, Baconove zobrazenie. Úpadkový stav sa našťastie týkal len Európy a historické poznatky z Antiky prežívali v arabskom svete. Tam nielenže dochádzalo k o dosť presnejším zákresom s bohatým zdobením, ale zaznamenávaná bola aj nebeská obloha. Ďalšou svetlou kapitolou stredovekých máp boli tzv. Portolány, námorné mapy, ktoré dokonca využívali Mercatorove zobrazenie, napriek tomu, že oficiálne ešte nebol známy jeho matematický predpis.

Kartografické zobrazenia sa v Európe opäť dostali na výslnie až v období renesancie. Vďaka poznatkom preneseným zo zámoria, najmä z Orientu a novým

objavovaným častiam sveta, sa opäť začal zaznamenávať zemský povrch tak, ako to poznáme dnes. Začali vznikať nové kartografické zobrazenia a znovu sa začali používať aj tie, ktoré vznikli v antike. Mapy dostávali čoraz väčší priestor a vznikať začali aj prvé mapové atlasy.

Vývoj zobrazení pokračoval aj v ďalších storočiach a pokračuje dodnes. Celkovo sú známe stovky zobrazení, hoci v praxi sa ich využíva len niekoľko desiatok. V dobe, ktorá je predmetom výskumu, bolo známych celkovo 15 kartografických zobrazení. Konkrétne: Marinove, Ptolemaiove, Baconove, Bonneove, Werner-Stabov, Mercatorove, Sansonove, Postelove, Apianove I., Fournierove I., Orteliove oválne a Nicolosiho zobrazenie a z projekcií ortografická, stereografická a gnómonická projekcia (Snyder, Voxland 1989). Na základe týchto poznatkov vznikol predpoklad, že iné zobrazenia nebudú použité a tiež, že bude použitá väčšina z nich, pričom na mapy kontinentov budú aplikované hlavne valcové zobrazenia, resp. zobrazenie.

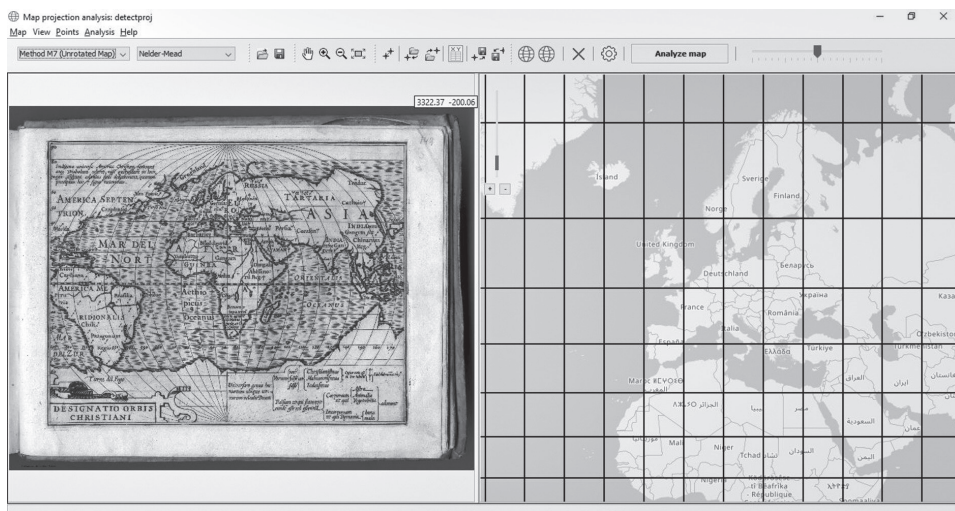
4. Dáta

Na zisťovanie zobrazenia boli okrem vlastnoručne vytvorených bodov v softvare *Detectproj* (viz nižšie, kapitola *Metodika zisťovania kartografického zobrazenia*) použité naskenované mapy vo formáte JPEG, PNG a TIFF. Celkovo bolo analyzovaných 59 mapových diel rozdelených podľa zachyteného územia do skupín, a to nasledovne:

- Mapy planisféry (celého sveta) – deväť máp. Z dôvodu nedostatku naskenovaných podkladov bola do výskumu zaradená aj jedna mapa z roku 1700.
- Mapy hemisfér (pologúl') – 25 máp. V tejto skupine ide v mnohých prípadoch o mapy zachytávajúce obe hemisféry (severnú-južnú, východnú-západnú), pričom obe sú na jednom mapovom liste a v totožnom zobrazení, takže finálny počet bol takmer dvojnásobne vyšší.
- Mapy svetadielov – 25 máp. Pri tejto skupine bolo možné si vyberať z veľkého množstva mapových diel. Mapy boli ešte rozdelené medzi jednotlivé svetadiely, pokiaľ možno rovnomerne.

Drvivá väčšina máp bola získaná z mapovej zbierky Davida Rumseyho (*David Rumsey Map Collection*). Táto zbierka obsahuje viac ako 150 000 máp, atlasov, glóbusov a iných kartografických diel. V súčasnosti je zdigitalizovaných približne 92 000 položiek, prístupných zdarma širokej verejnosti (David Rumsey Map Collection 2019). Celkovo bolo z tejto zbierky prevzatých až 49 mapových diel.

Druhým zdrojom máp sa stala Mapová sbírka Univerzity Karlovy. Tá vznikla v roku 1891 spoločne s Geografickým ústavom UK. V čase výskumu obsahovala 130 000 máp, 3 337 atlasov a 85 glóbusov. V elektronickom katalógu, z ktorého sa primárne čerpal, sa ku dňu 19. 1. 2017 nachádzalo 60 364 dokumentov (Mapová



Obr. 1 – Prostredie softwaru Detectproj (vľavo analyzovaná mapa, vpravo referenčná mapa). Zdroj: autor.

sbírka Univerzity Karlovy 2017). Celkovo bolo z Mapové sbírky UK použitých sedem diel.

Tretím zdrojom dát sa stala Kongresová knižnica (*Library of Congress*). Bola založená v roku 1800 a s viac ako 164 miliónmi položiek v 470 jazykoch je najväčšou knižnicou na svete. Napriek tomu, že obsahuje 5,5 milióna máp, 80 000 atlasov a viac ako 500 glóbusov (Library of Congress 2017), z nej boli použité len dva mapové dokumenty.

Posledný zdroj máp predstavuje internetová stránka spoločnosti ART PLUS s. r. o., ktorá predáva repliky máp, vedút a rytín z 15., 16. a 17. storočia. Na českom trhu pôsobí od roku 1997 a je jedným z najväčších predajcov máp, vedút a rytín (Historické mapy 2017). Keďže stiahnuteľné obrázky boli v nízkom rozlíšení a tento zdroj bol nájdený na doplnenie dát, použitá bola len jediná mapa.

5. Metodika zisťovania kartografického zobrazenia

Identifikácia kartografického zobrazenia bola až donedávna veľmi zložitým procesom, patriacim výlučne do rúk profesionálov. Museli byť vykonávané zložité kartometrické analýzy, trvajúce hodiny. Aktuálne však prišlo nové, omnoho rýchlejšie riešenie pomocou softwaru *Detectproj*, od Tomáša Bayera, z pracoviska autora článku (Personal homepage of Tomáš Bayer 2021). Zisťovanie zobrazenia trvá niekoľko minút a pokiaľ je vykonané s primeraným dôrazom, dáva solídne výsledky.

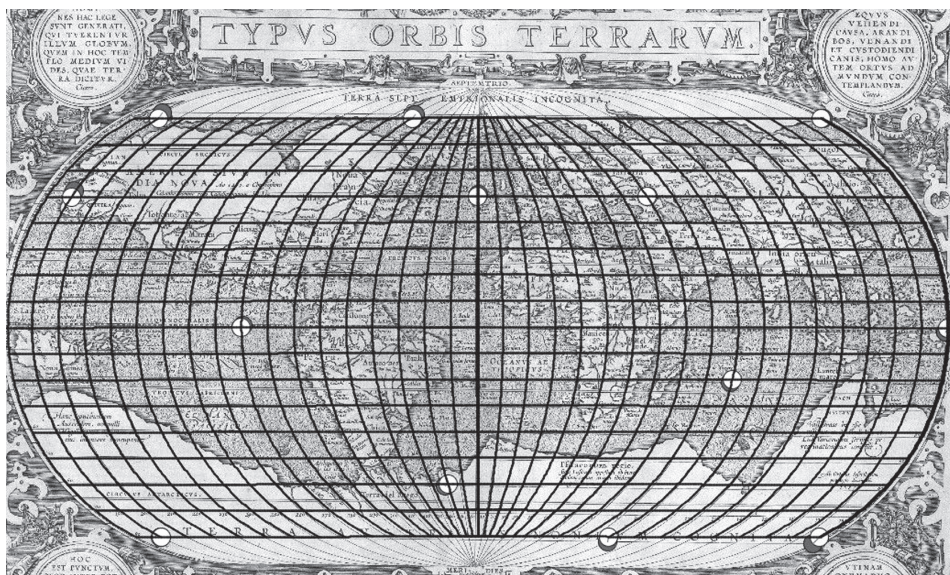
Matematická stránka je pochopiteľne veľmi obsiahla a komplikovaná, preto v tomto článku zostane ponechaná v pozadí programu a predstavená bude hlavne užívateľská časť pre lepšie pochopenie toho, ako analýza prebehla. Bližšie nahliadnutie do matematickej stránky poskytuje napríklad článok *Advanced Methods for the Estimation of an Unknown Projection from a Map* (Bayer 2016).

Spôsob zistenia je pre užívateľa pomerne jednoduchý. Do softwaru treba nahráť požadovanú mapu vo formáte TIFF, JPEG, PNG a pod. (viz obr. 1). Po zobrazení mapy je nutné nájsť identické body v mape (vľavo) a vo WMS službe, ktorá je nastavená v Mercatorovom zobrazení (vpravo). Túto úlohu nie je možné robiť automatizovane, je preto nutné, aby body zadal užívateľ sám.

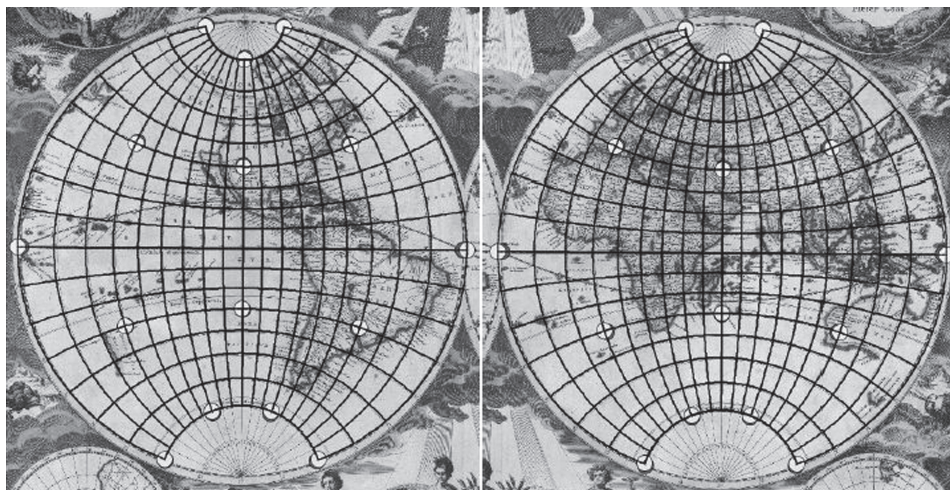
Body je nutné udeľovať nasledovnými spôsobmi:

1. Body musia byť rozmiestnené čo najrovnomernejšie po celom mapovom obraze. Ideálne je začať s ich umiestňovaním najprv po okrajoch (aby sa stanovil rozsah zachyteného územia) a postupne pokračovať do stredu mapy (Bayer 2017).
2. Body by nemali ležať na rovníku, v oblasti stredného poludníka a pólů. V týchto miestach totiž nedochádza k skresľovaniu dĺžok, a tým pádom detekcia zlyháva. Samozrejme pokiaľ sa nejaké body na týchto miestach určia, nie je to striktná chyba, je ale nutné, aby ich nebola väčšina (Bayer 2014).
3. Body by mali byť umiestnené na miestach so stálou pozíciou v čase, t. j. na prvky, ktoré sa nemenia, ide napríklad o významné stavby, vrchy alebo sútoky vodných tokov (Bayer 2014). Takýto prípad však v analyzovaných mapách nenastal, resp. mapy majú tak malé mierky a sú zakreslené negeodetickými metódami, takže nie je možné určovať body na základe zakreslených prvkov ani polôh svetadielov. Jedinú spoľahlivú vôdzku poskytuje mapová mriežka. Tá bola zakreslená matematicky a hoci možno samotný zákres kontinentov nie je tak presný, rozmiestnenie a rozstup poludníkov a rovnobežiek áno. Body je preto nutné umiestňovať na ich priesečníky (Bayer 2016).
4. Bodov musí byť dostatočný počet. Je to paradoxné, ale čím menšia mierka, tým menej bodov je dostačujúcich. Pri mapách malých mierok postačuje 5–10 bodov, pre mapy stredných mierok približne desať a pre mapy veľkých mierok viac než 15 (Bayer 2017). Na analyzované mapy však z dôvodu vyššej presnosti bolo vždy použitých viac ako desať bodov.
5. V neposlednom rade je nutné dodržať následnosť umiestňovaných bodov. Prvý bod musí byť vždy umiestnený buď v mape alebo vo WMS službe a jeho sused okamžite na paralelné miesto vo WMS službe alebo v mape. Nie je možné umiestniť všetky body hromadne najprv v mape a potom vo WMS službe.

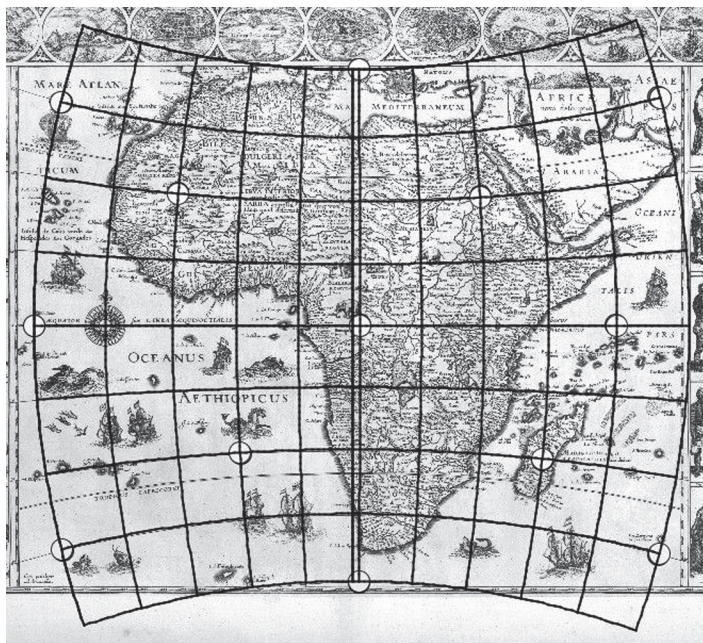
Ideálny prípad rozmiestnenia bodov, spolu s vykonanou analýzou na mapách planisféry, je zachytený na obr. 2, na mapách hemisféry na obr. 3 a na mapách svetadielu na obr. 4. Naopak nevhodné rozloženie bodov je znázornené na obr. 5.



Obr. 2 – Ideálne rozmiestnenie bodov a výber najvhodnejšieho zobrazenia (Orteliove oválne) na mape planisféry (sivé body = ručne určené, biele body = vygenerované softwarom Detectproj po analýze). Zdroj: autor.



Obr. 3 – Ideálne rozmiestnenie bodov a výber najvhodnejšieho zobrazenia (stereografická projekcia) na mape hemisfér (sivé body = ručne určené, biele body = vygenerované softwarom Detectproj po analýze). Zdroj: autor.



Obr. 4 – Ideálne rozmiestnenie bodov a výber najvhodnejšieho zobrazenia (stereografická projekcia) na mape svetadielu (sivé body = ručne určené, biele body = vygenerované softwarom Detectproj po analýze). Zdroj: autor.



Obr. 5 – Nevhodne rozmiestnené identické body (sivé body = ručne určené, biele body = vygenerované softwarom Detectproj po analýze). Zdroj: autor.

Keď sú body priradené, nastáva druhý výber, a tým je zvolenie detekčnej metódy. Detekčná metóda sa delí na dva druhy, tou prvou je metóda M7. Ide o nerotačnú detekčnú metódu so siedmimi parametrami (štyri parametre zobrazenia a tri parametre mapy), ktoré sú skúmané v rámci prvej výskumnej otázky, parametre zobrazení (Bayer 2014, 2016).

Parametre zobrazenia sú nasledovné:

1. *Poloha kartografického pólu* $[\varphi_k, \lambda_k]$ – tento parameter má rozhodujúci vplyv na tvar obrazu geografickej siete. V obecnej polohe sa nezachováva tvar poludníkov, rovnobežiek a uhlov medzi nimi. Nezachováva sa tu ani ortogonalita, výnimku tvoria jedine konformné zobrazenia, ktoré sú ortogonálne pri obecnej polohe kartografického pólu. Poloha kartografického pólu je zo všetkých parametrov zobrazenia najobtiažnejšie určiteľná, a to vďaka nekonvexite problému. Ak použijeme konvexnú optimalizáciu, iteračný proces môže uviaznuť v lokálnom minime (Bayer 2017).
2. *Šírky dvoch neskreslených zemepisných/kartografických rovnobežiek* $[\varphi'_1, \varphi'_2]$ – v normálnej polohe zobrazenia sa určujú jeho zemepisné šírky $[\varphi_1, \varphi_2]$, v obecnej polohe ich kartografické varianty $[\varphi'_1, \varphi'_2]$. Pri sečnom variante zobrazenia sa určujú podobne, pričom $[\varphi'_1 \neq \varphi'_2]$ a pri dotykovom variante sa určuje len jedna rovnobežka, takže $[\varphi'_1 = \varphi'_2]$. Valcové zobrazenia majú obe rovnobežky symetrické vzhľadom k rovníku $[\varphi'_1 = -\varphi'_2]$, kužeľové zobrazenia majú obe rovnobežky asymetrické $[\varphi'_1 \neq \varphi'_2]$ a azimutálne zobrazenia bývajú zostrojované len s jednou neskreslenou rovnobežkou $[\varphi'_1 = \varphi'_2]$, prípadne sa neskreslená rovnobežka vôbec nepoužíva (Bayer 2017).
3. *Zemepisná dĺžka stredného poludníka* $[\lambda'_0]$ – stredný poludník často prechádza stredom mapy, v normálnej polohe sa určuje jeho zemepisná dĺžka $[\lambda_0]$ a pri obecnej a transverzálnej polohe kartografická dĺžka $[\lambda'_0]$. Nie je úplne vhodné, z dôvodu zachytenia čo najlepšieho zobrazenia územia, nastaviť nulý poludník ako stredný (Bayer 2017).
4. *Ľubovoľný parameter kartografického zobrazenia* $[k]$ – parameter môže predstavovať ľubovoľnú konštantnú hodnotu mapového zobrazenia. Je široko používaný predovšetkým v súvislosti s perspektívnymi zobrazeniami, kde vzdialenosť stredu premietania od stredu sféry predstavuje odhadovaný parameter. Je zrejmé, že $[k]$ môže dosiahnuť širokú škálu hodnôt. Jeho stanovenie však prináša problémy, obzvlášť pre simplexovú metódu, u ktorej je nutné stanoviť obor hodnôt, v ktorom sa bude pohybovať (Bayer 2017).

Určované parametre mapy sú:

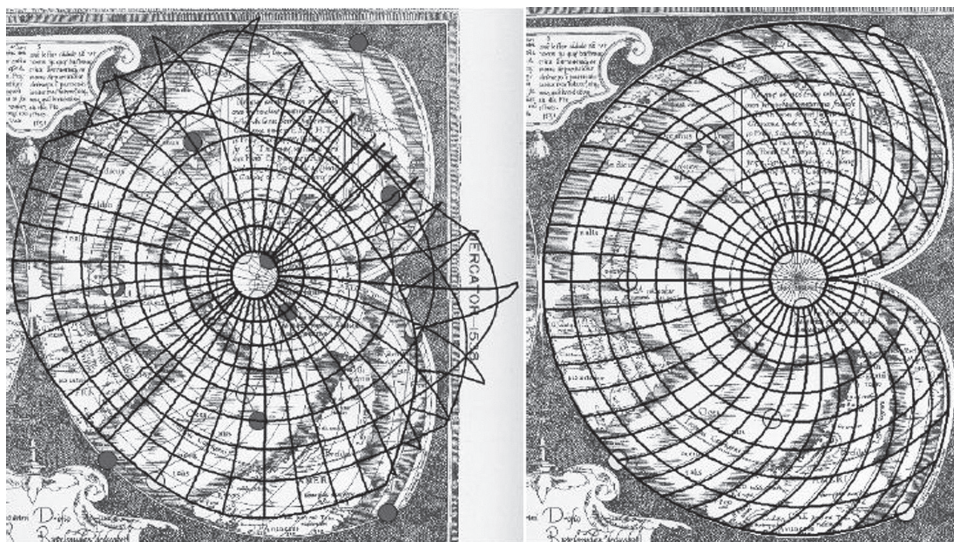
5. *Polomer pomocnej gule* $[R']$ – tento parameter sa určuje z dôvodu čo najlepšieho stotožnenia referenčnej a analyzovanej mapy, ktoré majú rozličné mierky. Analyzovaná mapa je malá, jej rozmery sa pohybujú v centimetroch, polomer

pomocnej gule preto bude tiež malý. Na zistenie približnej mierky sa môže použiť polomer pomocnej gule [$S = R/R'$], kde je [R] polomer Zeme (Bayer 2017).

6. *Adičné konštanty* [$\Delta X, \Delta Y$] – hodnoty adičných konštánt predstavujú vzájomný posun analyzovanej a referenčnej mapy. Aby sa predišlo problémom s určovaním znamienka, je celé mapované územie posunuté do prvého kvadrantu, kde sú hodnoty [X, Y] kladné. Tieto posuny môžu dosahovať hodnoty stoviek až tisíc kilometrov, preto nie sú zanedbateľné (Bayer 2017).

Druhou je metóda M8 s ôsmimi parametrami. Prvých sedem je totožných s predšlou metódou, ale spolu s nimi obsahuje ešte aj uhol natočenia mapy [α], ktorý predstavuje rotáciu mapy. Tá je väčšinou spôsobená nevhodným vložením papierovej formy mapy do skenera alebo jej dodatočnou rotáciou na stránke (Bayer 2014, 2016). Tento parameter sa tým pádom radí k určovaným parametrom mapy (Bayer 2017). Občas je však natočenie tak malé, že ho na prvý pohľad nie je vidieť a až chybné výsledky nás upozornia na nutnosť zmeny metódy. V niektorých prípadoch ide naopak o zámer (viz obr. 6).

Posledným nastavením pre užívateľa je výber optimalizačnej metódy. Tie sú celkovo tri. Prvou je nelineárna metóda najmenších švorcov (skrátene MNŠ), ktorá predstavuje konvexnú optimalizáciu, druhá je simplexová optimalizácia založená na riadenom prechádzaní stavového priestoru a poslednú, najzložitejšiu metódu, predstavuje adaptabilná diferenciálna evolúcia (Bayer 2014, 2016).



Obr. 6 – Použitie metódy M7 (vľavo) a M8 (vpravo) na natočenie mapy (sivé body = ručne určené, biele body = vygenerované softwarom Detectproj po analýze). Zdroj: autor.

Najpoužívanejšou sa stala simplexová optimalizácia, diferenciálna evolúcia bola použitá len vtedy, keď predošlá metóda zlyhala a metóda MNŠ nebola použitá vôbec.

Vo výskume bola vyvíjaná snaha držať sa vyššie uvedených pokynov pre umiestňovanie bodov a používať obe detekčné metódy v závislosti na konkrétnom mapovom diele. Pri každom mapovom diele boli taktiež skúmané všetky vyššie uvedené parametre zobrazenia a mapy zahrnuté v danej metóde.

6. Výsledky

Výsledky výskumu boli miestami až prekvapivé. Najprv boli hodnotené za jednotlivé skupiny a na záver celkovo. Súhrnné výsledky poskytuje tab. 1.

Mapy planisféry boli hodnotené ako prvé. A to hlavne preto, že veľké územia sa hodnotia najlepšie, s najmenším počtom bodov a relatívne vysokou presnosťou. Druhým dôvodom bol aj fakt, že táto kategória obsahovala najnižší počet mapových diel. Výsledky sú síce jednoznačné, ale vzhľadom na nízky počet máp nie sú pokladané za úplne reprezentatívne. Najpoužívanším zobrazením sa stalo Orteliove valcové zobrazenie (pseudovalcové zobrazenie). Vyskytlo sa v siedmich prípadoch. V ďalších prípadoch išlo o Mercatorove zobrazenie (valcové zobrazenie) a Postelove zobrazenie (azimutálne zobrazenie). Všetky zobrazenia boli použité v normálnej polohe, osem z nich malo ako základný poludník Ferrský poludník a jedna mapa mala základný poludník iný. Priemerné mierkové číslo bolo 1 : 194 340 582, pričom minimum bolo 1 : 23 176 419 a maximum 1 : 747 708 328. Ani jedna mapa nebola stočená, takže na každú bola aplikovaná metóda M7.

Mapy hemisfér poskytli odlišné výsledky oproti mapám planisféry. Ešte pre úplnosť treba podotknúť, že mapy hemisfér boli rozdelené na mapy severnej-južnej

Tab. 1 – Zastúpenie konkrétnych druhov kartografických zobrazení (podľa zobrazovacej plochy) za jednotlivé skupiny analyzovaných máp

Skupina	K	V	A	PK	PV	PA	MK	N	C
Mapy planisféry	0	1	1	0	7	0	0	0	9
Mapy hemisféry	0	0	24	0	0	1	0	0	25
Mapy Afriky	0	0	3	0	2	0	0	0	5
Mapy Ázie	0	0	3	1	1	0	0	0	5
Mapy Ameriky	0	0	4	0	2	0	0	0	6
Mapy Európy	0	0	4	0	4	1	0	0	9
Všetky mapové diela	0	1	39	1	16	2	0	0	59

Vysvetlivky: K – kužeľové, V – valcové, A – azimutálne, PK – pseudokužeľové, PV – pseudovalcové, PA – pseudoazimutálne, MK – mnohokužeľové, N – neklasifikované, C – celkový počet.

Zdroj: autor.

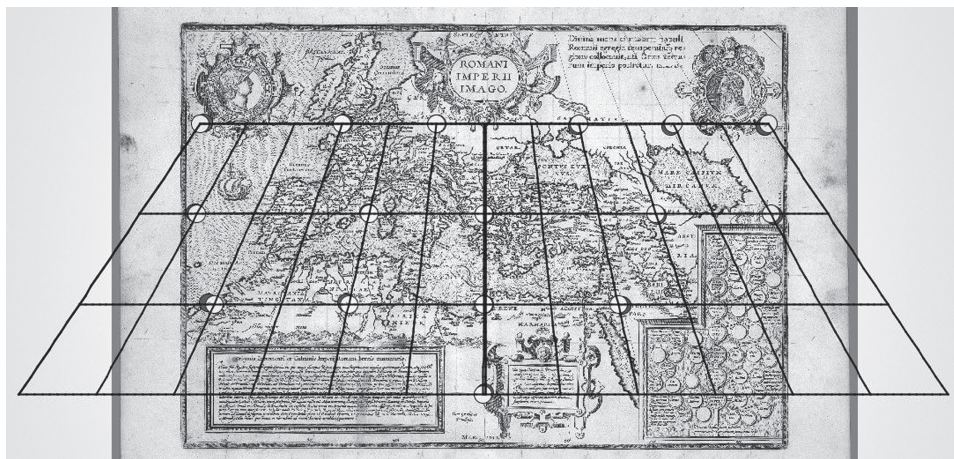
a východnej-západnej hemisféry, a to najmä kvôli neskoršiemu zisteniu rozdielnosti použitých zobrazení.

Máp severnej a južnej hemisféry bolo celkovo len päť kusov. Vo výsledku sa vyskytli len dve zobrazenia, a to Postelove zobrazenie (azimutálne zobrazenie) v troch prípadoch a stereografická projekcia (azimutálne zobrazenie) v dvoch prípadoch. Všetky boli zostrojené v normálnej polohe. V štyroch prípadoch bol ako základný poludník použitý ferrský poludník. Ani jedna mapa nebola stočená. Najmenšia mapová mierka bola 1 : 14 870 720 a najväčšia 1 : 109 797 685, priemerné mierkové číslo bolo 1 : 48 479 821.

Mapy západnej a východnej pologule už boli oveľa jednotvárnejšie. Z 20 skúmaných kusov došlo len pri jednom exemplári (resp. pri jeho dvoch hemisférach) k použitiu Nicolosiho globulárneho zobrazenia (pseudoazimutálne zobrazenie) aplikovaného v normálnej polohe a pri všetkých ostatných išlo o stereografickú projekciu (azimutálne zobrazenie) aplikovanú v transverzálnej polohe. Základný poludník, ktorý oddeľuje hemisféry, bol v 14 prípadoch Ferrský a vo zvyšných išlo o iný, bližšie neskúmaný poludník. Najmenšie mierkové číslo bolo 1 : 57 780 024, najväčšie 1 : 292 885 998 a priemerné 1 : 143 091 945. Stočených bolo celkovo deväť mapových diel (18 hemisfér).

Najväčšia rôznorodosť nastala až pri mapách jednotlivých svetadielov. Nielenže v tejto kategórii došlo k identifikovaniu najvyššieho počtu typov použitých zobrazení, ale dokonca sa tu objavilo jedno nové zobrazenie, pri ktorom v tomto období ešte nebol známy jeho matematický predpis, čím došlo k vyvráteniu nášho predpokladu, že použité mohli byť len zobrazenia do tej doby známe. Výsledky boli uvedené za jednotlivé svetadiely nasledovne:

- Mapy Afriky – v tejto kategórii bolo skúmaných päť mapových diel. V troch prípadoch išlo o stereografickú projekciu (azimutálne zobrazenie) použitú v transverzálnej polohe a v dvoch o Sansonove zobrazenie (pseudovalcové zobrazenie) v normálnej polohe. V troch prípadoch je taktiež základným poludníkom ferrský poludník. Najmenšie mierkové číslo bolo 1 : 27 156 294, najväčšie 1 : 65 538 580 a priemerné 1 : 52 572 319. Stočená bola jedna mapa.
- Mapy Ázie – podobne ako pri mapách Afriky bolo skúmaných päť máp a podobne ako u máp Afriky došlo k identifikácii azimutálnych a nepravých zobrazení. Konkrétne tri prípady stereografickej projekcie (azimutálne zobrazenie) použité v obecnej a transverzálnej polohe a jedného Sansonovho (pseudovalcové zobrazenie) a jedného Bonneovho zobrazenia (pseudokužeľové zobrazenie), oboch použitých v normálnej polohe. Najmenšie mierkové číslo bolo 1 : 34 912 740, najväčšie 1 : 78 282 325 a priemerné 1 : 52 511 730. Základný poludník bol pri všetkých mapách ferrský poludník a ani jedna mapa nebola stočená.
- Mapy Ameriky – pri mapách Ameriky už nastali mierne odlišnosti. Analyzovaných bolo šesť mapových diel a vyskytli sa globulárne zobrazenia (zaraďované



Obr. 7 – Maurerove zobrazenie (sivé body = ručne určené, biele body = vygenerované softwarom Detectproj po analýze). Zdroj: autor.

medzi nepravé). Opäť však dominanciu zaznamenala stereografická projekcia (azimutálne zobrazenie), ktorá sa vyskytla v štyroch prípadoch, aplikovaná v transverzálnej polohe. Pri zvyšných prípadoch išlo o Sansonove (pseudovalcové zobrazenie) a Apianove I. resp. Orteliove oválne zobrazenie (pseudovalcové zobrazenie) v normálnej polohe. Najmenšie mierkové číslo bolo 1 : 53 690 944, najväčšie 1 : 121 357 454 a priemerné 1 : 92 814 006. Ferrský poludník bol identifikovaný len v polovici prípadov a len v jednom prípade bolo zaznamenané natočenie mapy.

- Mapy Európy – vďaka mapám Európy dosiahla kategória máp svetadielov najvyššiu variabilitu po stránke výskytu konkrétnych zobrazení. V tejto sade máp síce bolo analyzovaných až deväť mapových diel, ale neboli zistené jednoznačné výsledky. Najvyšší výskyt síce zaznamenala stereografická projekcia (azimutálne zobrazenie), avšak nedosiahla nadpolovičnú väčšinu (ako v predošlých prípadoch), vyskytla sa štyrikrát v obecnej polohe. Zaznamenané boli dva prípady použitia Sansonovho zobrazenia (pseudovalcové zobrazenie) a jeden výskyt Werner-Stabovho zobrazenia (pseudoazimutálne zobrazenie) v normálnej polohe. Suverénne najväčším prekvapením sa stalo použitie Maurerovho zobrazenia (pseudovalcové zobrazenie [viz obr. 7]), a to o to viac, že k nemu došlo až v dvoch prípadoch, oba v normálnej polohe. Toto zobrazenie v tomto období ešte nebolo oficiálne matematicky definované a ani jeho predošlé použitie nebolo zaznamenané. Je taktiež prekvapivé, že pri mapách Európy nedošlo k použitiu kužeľových zobrazení, ktoré sú na jej zachytenie veľmi vhodné a v súčasnosti hojne využívané a ktoré mohli byť použité, pretože minimálne Ptolemaiove zobrazenie v tomto období bolo známe. Najmenšie mierkové číslo

bolo 1 : 17 894 699, najväčšie 1 : 43 021 765 a priemerné 1 : 27 691 381. Ferrský poludník sa ako základný vyskytol v piatich prípadoch a stočená bola jedna mapa.

7. Súhrn

Z výsledkov výskumu jasne vyplýva, že celkovo najpoužívanejším zobrazením bola stereografická projekcia, ktorá sa vyskytla až v 35 prípadoch, čo predstavuje 59,32 %. Druhým sa stalo Orteliove zobrazenie aplikované na siedmich dielach (13,56 %) a tretím Sansonove zobrazenie použité šesťkrát (10,17 %). Za zmienku stojí taktiež voľba základného poludníka, tým sa v 37 prípadoch stal Ferro. Tento jav nebol prekvapivý, keďže v tomto období bol ferrský poludník v podstate rovnako využívaný ako dnes greenwichský. Vo zvyšných siedmich prípadoch ide o iný poludník, väčšinou posunutý o pár stupňov od Ferra. Je možné, že išlo o zámer, alebo naopak o chybu vo výpočte či zákrese. Najväčšou záhadou zostáva použitie Maurerovho zobrazenia, ktoré nám nedovolilo potvrdiť jeden z predpokladov, že v analýze sa objavia len zobrazenia do tej doby známe. Pri jeho aplikácii je možné nájsť súvislosť s tým, že v oboch prípadoch bolo použité na mapy zachytávajúce starovekú Rímsku ríšu. Tento aspekt by mohol byť predmetom ďalšieho výskumu. Čiastočne sa potvrdil predpoklad, že využitá bude väčšina v tej dobe známych kartografických zobrazení. Z 15 známych zobrazení bol zaznamenaný výskyt desiatich zobrazení, lenže niektoré len v jednom kuse a taktiež nedošlo k vyššiemu použitiu valcových zobrazení na mapy svetadielov.

Na záver je možné vysloviť stanovisko, že najpoužívanejším zobrazením v 17. storočí bola stereografická projekcia, pravdepodobne pre jej dlhú dobu existencie, pomerne jednoduché zostrojenie a konformné vlastnosti.

Literatúra a zdroje dát

- BAYER, T. (2014): Estimation of an Unknown Cartographic Projection and its Parameters from the Map. *GeoInformatica*, 18, 3, 621–669.
- BAYER, T. (2016): Advanced Methods for the Estimation of an Unknown Projection from a Map. *GeoInformatica*, 20, 2, 241–284.
- BAYER, T. (2017): Estimation of the Cartographic Projection and its Application in Geoinformatics-habilitation thesis presentation. *Geoinformatics FCE CTU*, 16, 1, 17–52.
- BUCHAR, P. (2007): Matematická kartografie. Nakladatelství ČVUT, Praha.
- BUCHAR, P., HOJOVEC, V. (1996): Matematická kartografie 10. Nakladatelství ČVUT, Praha.
- ČAPEK, R., MIKŠOVSKÝ, M., MUCHA, L. (1992): Geografická kartografie. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.
- David Rumsey Map Collection. www.davidrumsey.com (18. 5. 2019).

- DVOŘÁK, K., KOVAŘÍK, J. (1964): Kartografie. Nakladatelství technické literatury, Praha.
- Historické mapy, ART PLUS s. r. o. www.historicke-mapy.cz (20. 6. 2017).
- Library of Congress. www.loc.gov/maps (15. 6. 2017).
- Mapová sbírka Univerzity Karlovy, O mapové sbírce. www.natur.cuni.cz/geografie/mapova-sbirka/mapova-sbirka (31. 7. 2017).
- Personal homepage of Tomáš Bayer. Osobní webové stránky Tomáše Bayera, odkaz pro stažení programu Detectproj: <https://web.natur.cuni.cz/~bayertom/images/detectproj/detectprojv2j.exe> (9. 3. 2021).
- POHANKOVÁ, D. (2013): Analýzy kartografických zobrazení používaných v atlasech. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno.
- SNYDER, P. J. (1997): *Flattening the Earth. Two thousand years of map projections*. University of Chicago, Chicago.
- SNYDER, P. J., VOXLAND, M. P. (1989): *An Album of Map Projections*. United States Government Printing Office, Washington, D.C.
- SRNKA, E. (1986): *Matematická kartografie*. VAAZ, Brno.
- TALHOFER, V. (2007): *Základy matematické kartografie*. Univerzita obrany, Brno.

POĎAKOVANIE

Veľká vďaka patrí pracovníkom Mapovej zbierky Univerzity Karlovy, hlavne PhDr. et. Mgr. Eve Novotnej za všestrannú pomoc pri hľadaní mapových podkladov a Ing. Markéte Hyndrákovej a Bc. Josefovi Patákovi za ich rýchle poskytnutie. V neposlednom rade tiež môjmu školiteľovi, doc. Ing. Tomášovi Bayerovi, Ph.D., za odborné a precízne vedenie mojej bakalárskej práce, cenné rady a odporúčania.

Článok vznikol s podporou projektu Špecifického vysokoškolského výzkumu Univerzity Karlovy, projekt SVV č. 260566.