

Ověřená technologie tvorby 3D modelů glóbů z poledníkových pásů

Jan Havrlant, Klára Ambrožová, Ondřej Böhm, Milan Talich

Realizováno z programového projektu DF11P01OVV021: Program aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity financovaného MK ČR v rámci projektu

„Kartografické zdroje jako kulturní dědictví. Výzkum nových metodik a technologií digitalizace, zpřístupnění a využití starých map, plánů, atlasů a glóbů.“

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.
červenec 2015

Obsah

1. Předmět ověřené technologie	3
2. Struktura ověřené technologie.....	4
3. Pořízení digitálních dat.....	5
4. Kartografická zobrazení použítá pro poledníkové pásy	6
5. Sběr identických bodů	7
6. Georeferencování poledníkových pásů	8
7. Vizualizace	9
7.1. Převod mapy do ekvidistantního válcového zobrazení	9
8. Zobrazení 3D modelu glóbu	9
8.1. Příprava modelu.....	9
8.2. Google Earth.....	9
8.3. Cesium	10
9. Ověření technologie vytvořením digitálního modelu glóbu J. Felkla.....	11
10. Závěr	14
11. Seznam použitých zdrojů	15

1. Předmět ověřené technologie

Tato ověřená technologie obsahuje postupy pro tvorbu 3D modelů glóbů z poledníkových pásů a pro jejich zpřístupnění odborné i laické veřejnosti například v aplikaci Google Earth. Tím se umožní vytvořit virtuální modely a studium i těch glóbů, které se dochovaly k dispozici pouze ve formě poledníkových pásů a nemusí již fyzicky existovat. Virtuální 3D modely jsou georeferencované a obsah takto vytvořených modelů glóbů lze následně porovnávat se skutečností, nebo s jinými modely starých glóbů, nebo i s jakoukoliv další georeferencovanou mapou například formou zprůhledňování.

Tato ověřená technologie využívá metodiky [10], kterou autoři vytvořili v roce 2015. Ověření technologie bylo provedeno na několika glóbech z Národní knihovny

2. Struktura ověřené technologie

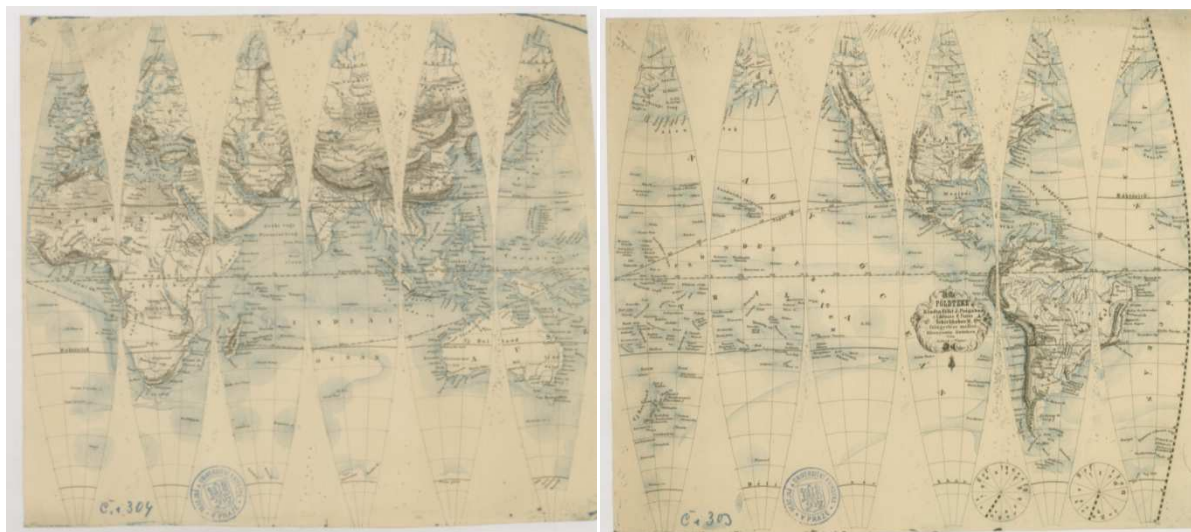
Popis technologie je rozdělen do několika hlavních oblastí, kterými jsou:

- získání digitálních dat,
- použitá kartografická zobrazení,
- sběr identických bodů: popis sběru identických bodů, množství bodů,
- transformace pásů,
- zpřístupnění: představení možností online zpřístupnění virtuálních glóbů odborné i laické veřejnosti,
- ověření technologie - vytvoření 3D modelu glóbu Jana Felkla.

3. Pořízení digitálních dat

Digitalizace poledníkových pásů je o mnoho jednodušší než digitalizace skutečných starých glóbů. Stačí je naskenovat jako běžnou mapu. U menších glóbů je možné použít běžný stolní skener. U větších glóbů už je potřeba využít velkoformátový stolní skener nebo průtahový válcový skener.

Protože je kresba glóbů většinou velmi jemná, je nutné, aby měl digitální obraz vysoké optické rozlišení alespoň 600 DPI lépe však 800 DPI. Tím je zajištěno, že není snížena kvalita obrazu a je zachována jeho čitelnost.



Obr. 1: Naskenované poledníkové pásy

4. Kartografická zobrazení použítá pro poledníkové pásy

Ve většině případů se pro poledníkové pásy používá transverzální Mercatorovo zobrazení. Někdy je pás celý v tomto zobrazení a někdy jsou polární vrchlíky tvořeny zvlášť.

Transverzální Mercatorovo zobrazení je válcové zobrazení v transverzální poloze. Je to hojně využívané zobrazení například pro UTM.

Mezi jeho základní vlastnosti patří:

- zobrazení je konformní,
- osový nebo také centrální poledník se zobrazuje jako přímka,
- ostatní poledníky se zobrazují jako křivky,
- rovník se zobrazuje jako přímka,
- rovnoběžky se zobrazují jako křivky,
- délkově nezkrácený je základní poledník,
- se zvyšující se vzdáleností od základního poledníku se také zvětšuje délkové zkreslení.

Ke zobrazení polárních vrchlíků se používá azimutální zobrazení ekvidistantní v polednicích nebo kuželové zobrazení v normální poloze ekvidistantní v polednicích.

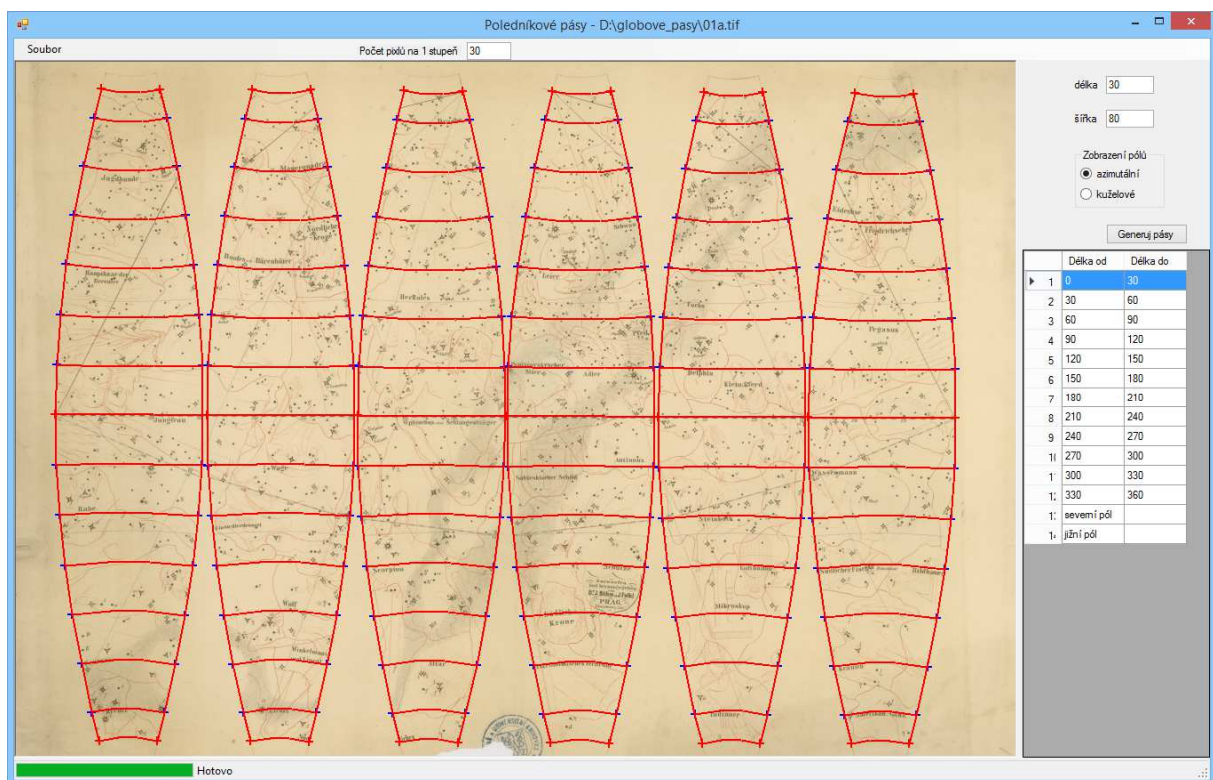
5. Sběr identických bodů

Každý poledníkový pás se musí georeferencovat jako samostatný mapový list. Je tedy nutné definovat identické body na jeho okraji. Vhodné je zadat identické body na průsečcích rovníku a okrajových poledníků. Dále je také vhodné definovat body na pólu nebo krajních rovnoběžkách.

Kvůli srážce papíru a také protože jsou poledníkové pásy většinou kresleny ručně, tak nemají přesný tvar podle zobrazovacích rovnic, proto je dobré definovat i další identické body na okraji pásu, případně i uvnitř na průsečících zeměpisné sítě.

Sběrem identických bodů se získá u každého pásu vždy dvojice souřadnic a to obrazové (snímkové) a zeměpisné.

Pro sběr identických bodů je dobré použít vhodný program, který umožňuje ukládat body definované uživatelem. Tato práce může být velmi náročná, protože se musí u každého pásu definovat minimálně 4 body. Protože jsou však pásy většinou kreslené ručně, musejí se hranice pásů definovat více body. V závislosti na kvalitě pásu je potřeba nasbírat i přes dvacet identických bodů na jeden pás. Středně velký globus se skládá z 12 pásů, takže je potřeba celkem definovat více než 200 identických bodů na jeden glóbus.



Obr. 2: Příklad programu pro sběr identických bodů

6. Georeferencování poledníkových pásů

Postup georeferencování se provede ve dvou krocích. Do zobrazovacích rovnic se dosadí zeměpisné souřadnice pro každý identický bod a vypočítají se odpovídající kartografické (vzorové) souřadnice v kartografické rovině. Tím se získá druhá sada rovinných souřadnic identických bodů (první sadou jsou obrazové souřadnice). Nyní se použije vhodná transformace pro převod mezi obrazovými a vzorovými souřadnicemi. Pokud je předloha kvalitní stačí použít afinní transformaci. Jestliže poledníkový pás obsahuje více než tři identické body, provede se vyrovnání metodou nejmenších čtverců.

Často je ale předloha tak zdeformovaná, že ani afinní transformace neodstraní všechny nepřesnosti poledníkových pásů a po transformaci pásy na sebe přesně nenavazují. Proto je někdy nutné použít speciální transformaci, která umožní transformovat identické body bez zbytkových chyb (nereziduální transformaci).

Jednou z možností je využití elastické transformace [12]. Její výhodou jsou široké možnosti nastavení a robustnost. Nevýhodou větší výpočetní náročnost, náročná implementace a také může být problém s vhodným nastavením transformačních koeficientů.

Další možností je Thin plate spline (TPS) [16], která je relativně jednoduchá a také rychlá.

Výsledkem je získání kartografických souřadnic X , Y všech obrazových bodů poledníkového pásu.

V dalším kroku se z těchto kartografických souřadnic X , Y určí, s využitím inverzních zobrazovacích rovnic příslušného kartografického zobrazení, zeměpisné souřadnice S , D všech obrazových bodů poledníkového pásu.

7. Vizualizace

Pro vytvoření 3D modelu glóbu je potřeba nejprve poledníkové pásy transformovat do vhodného kartografického zobrazení, kterým může být například ekvidistantní válcové zobrazení. Následně se pásy spojí a vytvoří tak souvislou mapu.

7.1. Převod mapy do ekvidistantního válcového zobrazení

Transformaci do ekvidistantního válcového zobrazení je nutno provést z důvodu následné vizualizace modelu v aplikaci Google Earth.

U ekvidistantního válcového zobrazení dochází k převedení zobrazení mapy na plášť válce, který se poté rozvine do roviny. Jelikož se jedná o zobrazení ekvidistantní, tedy délkojevné, nezkrslují se vzdálenosti podél určitého systému čar. Zobrazovací válec u použitého zobrazení je v normální poloze, což znamená, že osa válce je totožná s osou glóbu. Obrazem zeměpisné sítě je tedy soustava vzájemně ortogonálních přímků, kdy obrazy poledníků a rovnoběžek jsou od sebe stejně vzdálené.

Aby byla provedena transformace všech obrazových bodů do ekvidistantního válcového zobrazení, dosadí se výše určené zeměpisné souřadnice S , D do zobrazovacích rovnic ekvidistantního válcového zobrazení.

8. Zobrazení 3D modelu glóbu

8.1. Příprava modelu

Při zpřístupňování glóbů je velkým problémem značná velikost výsledného modelu. Aby nemusel uživatel při prohlížení na internetu zbytečně čekat, až se mu model nahraje do počítače, je výhodné před vlastní vizualizací vytvořit náhledy s menším rozlišením, které urychlí zobrazení glóbu ve webové aplikaci. Snímky jsou tedy rozděleny na menší části tzv. dlaždice, které jsou vytvářeny pro různé úrovně zvětšení obrazu obvykle tak, že jedna dlaždice na určité úrovni má poloviční rozlišení než dlaždice na další úrovni.

8.2. Google Earth

Po zpracování poledníkových pásů a transformaci do ekvidistantního válcového zobrazení je vytvořena vrstva v datovém formátu KML (Keyhole Markup Language). KML je formátem pro modelování a ukládání geografických funkcí, jako jsou body, čáry, obrázky, mnohoúhelníky a modely, které mají být zobrazeny v aplikaci Google Earth, ve službě Mapy Google a v dalších aplikacích. Pomocí jazyka KML je možné sdílet místa a informace s dalšími uživateli těchto aplikací.

Výsledným produktem celého zpracování pořízených snímků jsou tedy dlaždice pokrývající celou plochu glóbu a KML soubor, který popisuje polohu těchto dlaždic ve virtuálním modelu. Tato data se dají jednoduše zobrazit v desktopové aplikaci Google Earth, což je virtuální glóbus složený z družicových snímků, který umožňuje prohlížet si jak satelitní snímky, tak i mapy, terén, 3D budovy a další. Po načtení souboru KML do Google Earth je vytvořena nová vrstva pokrývající tento virtuální glóbus a je tak možné si vytvořený model snímaného glóbu prohlédnout.

Použití KML jazyka pro vizualizaci glóbu bylo vybráno z důvodu jeho jednoduché struktury a také díky schopnosti aplikace Google Earth pracovat s velkým množstvím dat s vysokým rozlišením.

8.3. Cesium

Další možností je zobrazení modelu glóbu pomocí javascriptové knihovny Cesium. Tato knihovna umožňuje zobrazit virtuální glóbus přímo ve webovém prohlížeči bez nutnosti instalovat další doplňky, což značně usnadňuje uživatelskou dostupnost.

Pro zobrazení glóbu vytvoříme dlaždice ve formátu TMS (Tile Map Service) a pomocí jednoduché konfigurace přidáme tuto obrazovou vrstvu na virtuální glóbus, která se potom přímo zobrazí v internetovém prohlížeči.

9. Ověření technologie vytvořením digitálního modelu glóbu J. Felkla

Pro ověření technologie byl vytvořen digitální model zemského glóbu Jana Felkla z poledníkových pásů, které jsou uloženy v Národní knihovně v Praze. Jedná se o poledníkové pásy pocházející z období mezi lety 1870-1890. Glóbus vytvořený z těchto poledníkových pásů by měl průměr 22 cm. Poledníkové pásy jsou vytištěny na dvou listech.

Postup zpracování byl následující:

1. Poledníkové pásy byly naskenované na velkoformátovém stolním skeneru s rozlišením 800 DPI.



Obr. 3: Naskenované poledníkové pásy J. Felkla

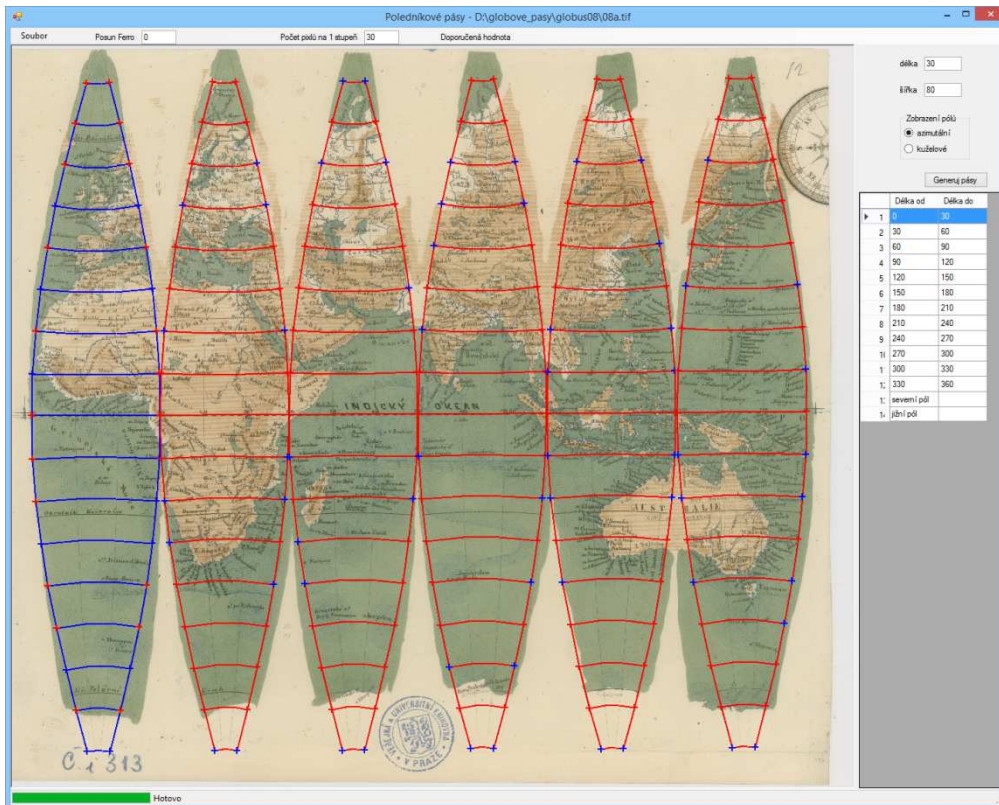
2. Ve speciálním programu vyvinutém pro zpracování poledníkových pásů byly zadány identické body u všech pásů včetně polárních vrchlíků. Celkově bylo definováno 260 identických bodů.

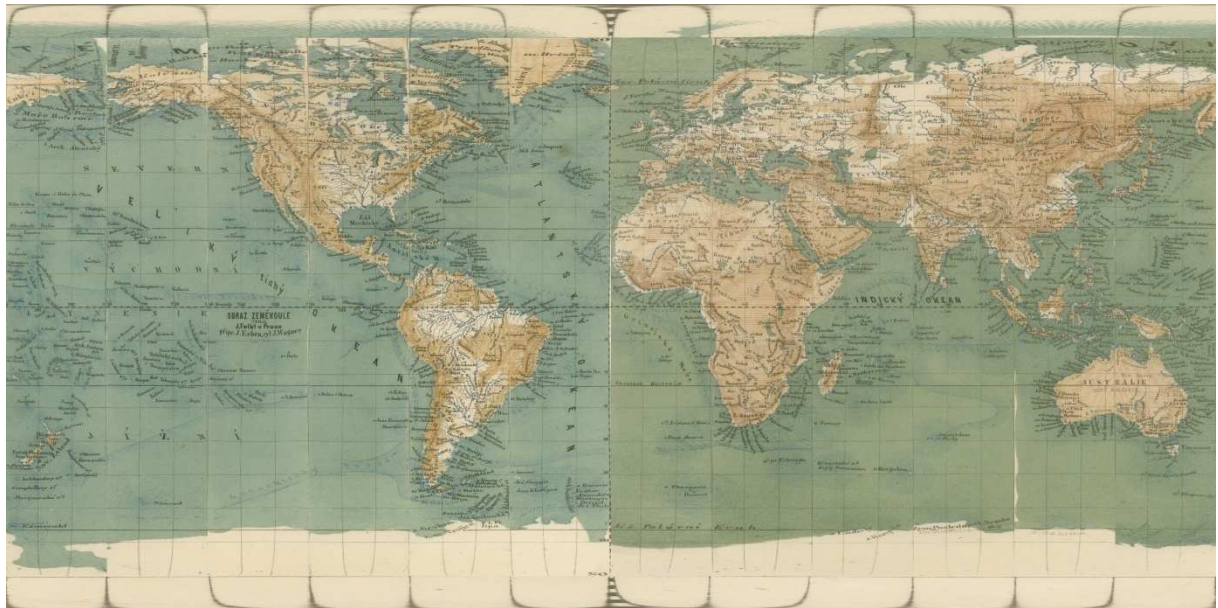
3. Byla provedena transformace poledníkových pásů do ekvidistantního válcového zobrazení, čímž vznikl jeden obrazový soubor ve formátu Tiff o velikosti 700 MB.

4. Obraz byl rozřezán na jednotlivé dlaždice a byla vytvořena vrstva ve formátu KML pro zobrazení v programu Google Earth případně pro prohlížení s pomocí knihovny Cesium.

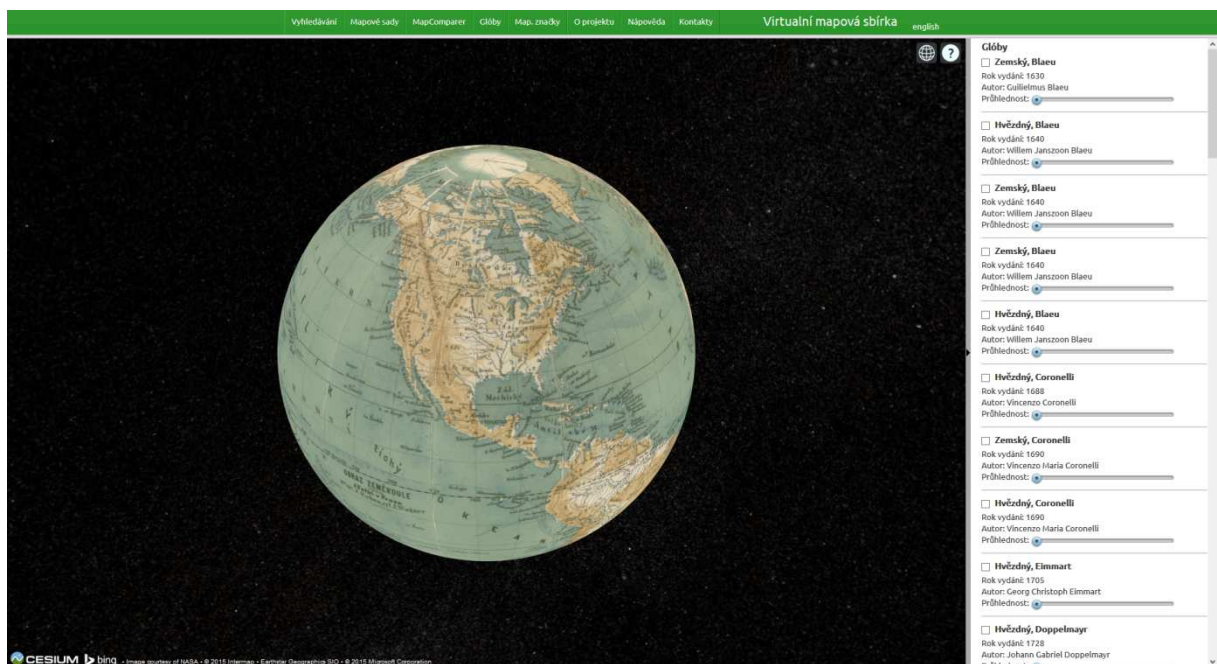
5. Vystavení výsledného modelu na internetu na stránce virtuální mapové sbírky VÚGTK v.v.i..

Výsledný model je možno vidět na adrese: <http://www.chartae-antiquae.cz/cs/globes/64451>





Obr. 5: Poledníkové pásy transformované do ekvidistančního válcového zobrazení



Obr. 6: Glóbus vytvořený z poledníkových pásů zobrazený v internetovém prohlížeči

10. Závěr

Postupem popsaným výše bylo vytvořeno celkem 14 glóbů z Národní knihovny v Praze a byla tím ověřena funkčnost vyvinuté technologie pro tvorbu 3D modelů glóbů z poledníkových pásů.

S Královskou kanonií premonstrátů na Strahově, IČ 00415090, ředitel Evermod Gejza Šidlovský, O. Praem., Strahovské nádvoří 1/132, 118 00 Praha 1, byla uzavřena, ve smyslu ustanovení § 11 odst. 1 písm. a) zákona č. 130/2002 Sb., o podpoře výzkumu, experimentálního vývoje a inovací z veřejných prostředků a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o podpoře výzkumu a vývoje), smlouva o využití výsledků výzkumu a vývoje.

11. Seznam použitých zdrojů

- [1] AMBROŽOVÁ K., TALICH M.: Metoda digitalizace starých glóbů. In: Sborník referátů z vědecké konference "Historické mapy", 24. 10. 2013, Bratislava, Katedra mapování a pozemkových úprav, SvF STU, 2013, str. 7 - 16, ISBN 978-80-89060-22-1, http://naki.vugtk.cz/media/doc/publikace/HM_2013_Ambrozova_Talich.pdf
- [2] ANTOŠ F., TALICH M., BÖHM O., HAVRLANT J., AMBROŽOVÁ K., SOUKUP L.: Virtuální mapová sbírka Chartae-Antiquae.cz - důležitý výsledek projektu Kartografické zdroje jako kulturní dědictví. In: INFORUM 2014: 20. ročník konference o profesionálních informačních zdrojích, Praha 27.-28. května 2014 [online]. Praha: Albertina icome Praha, 2014. s. 11, ISSN 1801-2213, <http://www.inforum.cz/cs/sbornik>.
- [3] BUCHAR, P. *Matematická kartografie*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. 197 s. ISBN 978-80-01-03765-2.
- [4] *Cesium - WebGL Virtual Globe and Map Engine* [online]. Analytical Graphics, Inc.2015. Dostupné z: < <http://cesiumjs.org/>>.
- [5] GEDE M, MÁRTON M.: *Globes on the Web—Technical Background and First Items of the Virtual Globes Museum*. Springer Berlin Heidelberg, 2010.
- [6] GEDE M.: The Projection Aspects of Digitising Globes. *ICC 2009*, 2009.
- [7] *Google Developers: Google Earth API Reference* [online]. Google, 2015. Dostupné z: < <https://developers.google.com/earth/documentation/reference/>>.
- [8] *Google Developers: KML Reference* [online]. Google, 2015. Dostupné z: <<https://developers.google.com/kml/documentation/kmlreference>>.
- [9] *Google Earth: Plugin Google Earth* [online]. Google. Dostupné z: <<http://www.google.com/earth/explore/products/plugin.html>>.
- [10] HAVRLANT J., AMBROŽOVÁ K., BÖHM O., TALICH M.: *Metodika tvorby 3D modelu glóbů z poledníkových pásů*. Zdivy, VÚGTK, 2015, 21s.
- [11] MÁRTON M, GERCSÁK G.: *Virtual Globes Museum*. In: Proceedings of the XXIV International Cartographic Conference. International Cartographic Association, Santiago,2009 , pp. 1-9. ISBN 978-1-907075-02-5.
- [12] SOUKUP L., HAVRLANT J., BÖHM O., TALICH M.: *Elastic Conformal Transformation of Digital Images*. In: FIG Working Week 2012 – Territory, environment, and cultural heritage, Rome, Italy, 6-10 May 2012, str. 10, ISBN 97887-90907-98-3.
- [13] TALICH M., AMBROŽOVÁ K.: Digitization of old globes. In: 8th International Workshop on Digital Approaches to Cartographic Heritage, Rome, Italy, 19-20 September, 2013.
- [14] TALICH M., ANTOŠ F.: *Metody a postupy digitalizace a zpřístupnění starých kartografických děl*. INFORUM 2011: 17. konference o profesionálních informačních zdrojích, Praha, 24. - 26. 5. 2011.

- [15] TALICH M., SOUKUP L., HAVRLANT J., AMBROŽOVÁ K., BÖHM O., ANTOŠ F.: *Metodika georeferencování map III. vojenského mapování. 2013.* Dostupné z: <http://naki.vugtk.cz/media/doc/metodika-3_voj_mapovani.pdf>.
- [16] *Thin plate spline* [online]. Wikipedia, 2015 Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Thin_plate_spline>.
- [17] *Virtual Globes Museum* [online]. Department of Cartography and Geoinformatics, Eötvös Loránd University. Budapest, Hungary, 2009. Dostupné z: <<http://terkeptar.elte.hu/vgm/info.php?lang=en>>.
- [18] ŽÁRA J., BENEŠ B., SOCHOR J., FELKEL P.: *Moderní počítačová grafika*, Brno 2004.