Metodika zobrazení digitalizovaných map v 3D modelu

Jan Havrlant, Klára Ambrožová, Filip Antoš, 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. červen 2015

Obsah

1.	Pře	dmět metodiky3	
2.	Str	uktura metodiky4	
3. Pořízení digitálních dat			
3	.1.	Digitální fotoaparát	
3	.2.	Běžný stolní skener	
3	.3.	Průtahový (válcový) skener	
3	.4.	Velkoformátový stolní skener	
4.	Ulo	žení digitálních dat7	
4	.1.	Zoomify7	
5.	Sbě	r identických bodů	
5	.1.	Rozmístění identických bodů	
6. Georeferencování získaných rastrových dat10			
6	.1.	Transformace pomocí Thin plate spline	
6	.2.	Způsoby transformování map11	
7. Vizualizace			
7	.1.	Možnosti zobrazení 3D modelů map na internetu	
7	.2.	WebGL	
7	.3.	Převod mapy do ekvidistantního válcového zobrazení	
8. Zobrazení 3D modelu mapy na internetu pomocí knihovny Cesium			
8	.1.	Stínování	
8	.2.	Stupně detailu	
8	.3.	Výškové převýšení	
8	.4.	Zprůhledňování15	
8	.5.	Nedostatky 3D modelů map	
8	.6.	Další možnosti digitálního modelu terénu17	
9.	Záv	/ěr	
10.	Pro	koho je metodika určena	
11.	Sez	nam použitých zdrojů	
12.	12. Přílohy		
2	1.1	Příklad stránky zobrazující mapu ve 3D modelu s pomocí knihovny Cesium 21	

1. Předmět metodiky

Cílem metodiky pro zobrazení digitalizovaných map ve 3D modelu je poskytnout návod pro jejich zpřístupnění odborné i laické veřejnosti v georeferencované podobě formou 3D modelů na internetu. Možnost prohlížení mapy ve 3D zobrazení přidává další dimenzi při prohlížení mapy a umožňuje lepší studium krajiny.

Tato metodika se zaměřuje hlavně na zpřístupnění starých map uložených ve formátu Zoomify, který umožňuje rychlé prohlížení velkých rastrových obrazů ve vysokém rozlišení. Je možné ji ale použít i pro novější mapy uložené ve formátu Zoomify.

Zpřístupnění 3D modelu na internetu se děje pomocí javascriptového API WebGL a k vytvoření 3D modelu terénu se využívá javascriptová knihovna Cesium.

2. Struktura metodiky

Metodika je rozdělena do několika hlavních oblastí, kterými jsou:

- pořízení digitálních dat: uvedení podmínek nutných k získání kvalitních digitálních dat s použitím digitalizačního zařízení, převod do Zoomify
- popis uložení mapy ve formátu Zoomify
- sběr identických bodů nutných pro georeferencování: popis sběru identických bodů, množství bodů,
- georeferencování a online transformace
- možnosti zobrazení digitalizované mapy v 3D modelu,
- vizualizace: popis zpracování georeferencovaných digitálních dat vedoucí k vytvoření 3D modelu mapy,
- zpřístupnění: představení možnosti online zpřístupnění 3D modelu mapy odborné i laické veřejnosti.

3. Pořízení digitálních dat

V této kapitole je ve stručnosti shrnuto získávání digitálních dat pro účely tvorby 3D modelů map. Před digitalizací map je dobré zvážit formáty předloh, jejich cennost, množství a časovou náročnost digitalizace a podle toho zvolit nejvhodnější typ digitalizačního přístroje.

3.1. Digitální fotoaparát

Nejjednodušší metodou a zároveň i poměrně levnou je zvolit digitalizaci pomocí digitálního fotoaparátu s vysokým rozlišením. Předlohy se digitalizují tímto způsobem velice rychle. Výsledná kvalita digitálního obrazu je závislá na typu přístroje, především na použitém objektivu fotoaparátu, přes který snímaný obraz prochází a deformuje se. Kvalita i rozlišení dnešních poloprofesionálních digitálních fotoaparátů umožňuje digitalizovat předlohy rychle, kvalitně a ve srovnání s ostatními typy přístrojů velice levně. Je ale potřeba si uvědomit, že výsledný digitální obraz je při průchodu optickou soustavou objektivu deformován středovým promítáním, ke kterému ještě přistupují vlastní vady optické soustavy. Pro mapy a plány, které vznikly na podkladech geodetických měření a kartografických postupů, je toto zkreslení zásadní, protože už při digitalizaci je přesnost digitální kopie mapy znehodnocena. Proto je tato metoda pro digitalizaci map a plánů nevhodná a lze ji použít jen v krajní nouzi. Dalším problémem bude rozlišení mapy a čitelnost textů na mapě, protože mapy jsou většinou většího formátu a ani kvalitní fotoaparát nedosáhne takového rozlišení jako skener.

Při georeferencování kopie pořízené digitálním fotoaparátem je poté nutné získat daleko více identických bodů, aby se kompenzovalo zkreslení dané fotoaparátem.

3.2. Běžný stolní skener

Další poměrně levnou metodou je digitalizace map pomocí běžných stolních skenerů. Jedná se o bezpečné bezkontaktní skenování. Nevýhodou těchto skenerů je maximální velikost formátu, která je standardně do formátu A3, ale mapy bývají zpravidla větších rozměrů. To je možné vyřešit postupným skenováním s následným spojením do jednoho výsledného rastrového obrazu. Spojování jednotlivých skenů je věc poměrně náročná a většinou se mapu nepodaří sestavit bez viditelných nespojitostí, a to ani za pomoci transformace jednotlivých rastrů. Problémem také může být způsob přitlačení předlohy ke skenovacímu sklu, protože pokud je předloha zvlněná a zohýbaná je složité předlohu ke sklu rovnoměrně přitlačit. To se ve výsledku projeví různou ostrostí a také světlostí obrazu digitální mapy.

3.3. Průtahový (válcový) skener

Tyto problémy se dají odstranit použitím profesionálních velkoformátových průtahových (válcových) skenerů. Výraznou odlišností od ostatních typů skenerů je to, že snímací hlava skeneru se nepohybuje, ale pohybuje se předloha a to tak, že je pomocí válečků transportována skrz skener. Výhodou takového typu skeneru je, že je možné skenovat předlohy do šíře A0+ a délky teoreticky neomezené. Nevýhodou je, že se jedná o kontaktní skenování a existuje tu riziko poškození předlohy při průtahu skenerem. Riziko lze snížit použitím průhledné fólie, do které se předloha vloží a ochrání se tak před poničením. Mínusem může být i to, že průtahové skenery jsou omezeny tloušťkou předloh obvykle na maximálně 15mm, takže na tomto typu skeneru není možné skenovat publikace či atlasy.

3.4. Velkoformátový stolní skener

Posledním typem skeneru, který je pro skenování map asi nejvhodnější, je velkoformátový stolní skener. Předloha je u tohoto typu skeneru umístěna na desku, která se přitlačí ze spodu ke skenovacímu sklu, po kterém se pak pohybuje skenovací hlava. Jde tedy o bezpečné bezkontaktní skenování, kde je vyloučeno mechanické poškození předloh. Označení velkoformátový skener značí, že se na takovém skeneru dají skenovat předlohy do rozměru A0+ (914 x 1300 mm). Skener může být vybaven kolébkou, díky které lze šetrně a kvalitně digitalizovat knihy a atlasy i větších rozměrů (formát A1) nebo také do knih vložené rozkládací obrázky.



Obr. 1: Velkoformátový stolní skener Trias Vidar

4. Uložení digitálních dat

Při pořizování digitálního skenu mapy vyvstává otázka do jakého formátu mapu uložit. Pro ukládání originálu skenu je asi nejvhodnější využít formát TIFF, který umožňuje rastrové obrazy ukládat pomocí ztrátové i bezeztrátové komprese.

Pro zpřístupnění digitálního obrazu jako je mapa na internetu, je vhodné obraz rozdělit na menší části (dlaždice), aby se stahovala k uživateli vždy jen ta část obrazu, která se má zobrazit.

V současnosti je pro prohlížení map velmi rozšířený formát Zoomify, který umožňuje rychlé prohlížení velkých rastrových obrazů.

4.1.Zoomify

Formát Zoomify skládá obraz z dlaždic o velikosti 256x256 pixelů, které jsou uloženy v jednotlivých souborech ve formátu JPEG. Na okraji obrazu jsou dlaždice menší, podle toho jaký je zbytek po dělení na jednotlivé dlaždice. Dále je vygenerováno několik nižších rozlišení obrázku vždy s polovičním rozlišením, až do obrázku, který je menší než 256x256 pixelů. Tyto menší obrázky jsou opět uloženy ve formě dlaždic o velikosti 256x256 pixelů. Pokud má okrajová dlaždice šířku nebo délku pouze 1 pixel, tak se při tvorbě polovičního rozlišení zanedbá a v dalším úrovni dále nedělí. Na to je při načítání tohoto formátu potřeba dát pozor. Některé javascriptové knihovny, které umožňují načítání tohoto formátu např. Openlayers mají v implementaci načítání tohoto formátu chybu a při určité velikosti obrázku, ho nezobrazí korektně. Je to dáno tím, že je nutné předem vypočítat přesný počet dlaždic.

Dlaždice jsou uložené v adresářích s názvem TileGroupXX, kde XX značí číslo od nuly. V každém adresáři je vždy uloženo 256 dlaždic. Adresářů je tedy různý počet podle toho kolik je celkový počet dlaždic.

Označení dlaždic má formát *z-x-y.jpg*, kde *z* je úroveň rozlišení a 0 značí nejnižší rozlišení, *x* je označení pozice dlaždice na obrázku ve směru osy X a *y* je označení pozice dlaždice ve směru osy Y. Počátek souřadnicových os je vlevo nahoře. Osa X směřuje vpravo a osa Y dolů. V adresářích jsou potom dlaždice seřazeny podle názvu vzestupně.

V adresáři kde jsou uloženy adresáře s dlaždicemi je soubor s názvem ImageProperties.xml, který obsahuje informaci o velikosti obrázku v pixelech a další údaje.

Příklad obsahu souboru ImageProperties.xml:

< I MAGE_PROPERTI ES $\,$ WI DTH="12593" HEI GHT="10413" $\,$ NUMTI LES="2777" $\,$ NUMI MAGES="1" VERSI ON="1. 8" $\,$ TI LESI ZE="256" $\,$ /> $\,$

Nejjednodušší cestou jak vytvořit dlaždice ve formátu Zoomify je použití programu Zoomify EZ. Připravené dlaždice je poté možné na internetu prohlížet pomocí flashové aplikace Zoomify nebo lze využít některé javascriptové knihovny např. Openlayers nebo Leaflet.

5. Sběr identických bodů

Abychom mohli vytvořit digitální 3D model mapy je potřeba mít mapu georeferencovanou a k tomu potřebujeme identické body. Na naskenované mapě je potřeba definovat body o známých zeměpisných souřadnicích, které se použijí při transformaci mapy do požadovaného souřadnicového systému.

Sběrem identických bodů získáme u každé mapy vždy dvojici souřadnic a to obrazové a zeměpisné.

Pro sběr identických bodů je dobré použít vhodný program, který umožňuje ukládat body definované uživatelem. Tato práce může být velmi náročná zvláště u starých map, kde je potřeba najít prvky, které se objevují jak na současné mapě, tak na naskenované mapě. V závislosti na velikosti mapy je potřeba nasbírat i několik desítek identických bodů.



Obr. 2: Příklad programu pro sběr identických bodů

5.1. Rozmístění identických bodů

Aby byla mapa dobře georeferencovaná musí být identické body na mapě rovnoměrně rozmístěné. Je výhodné, když program pro sběr identických bodů umožňuje online georeferencování mapy, což má za následek, že při vložení dalšího identického bodu se mapa opětovně transformuje a uživatel tak okamžitě vidí výsledek své práce. Dále je vhodné transformovanou mapu zobrazit na podkladě jiného mapového díla, a zhodnotit tak kvalitu-a georeferencování. Případně je možné přidat další identické body nebo stávající upravit.

Pokud se jedná o mapu z území České republiky, může se jako podkladová mapa zvolit např. některá z map poskytovaných ČÚZK. V případě mapy zahraniční mohou být podkladem mapy Google nebo OSM.



Obr. 3: Transformovaná mapa na podkladě jiného mapového díla

6. Georeferencování získaných rastrových dat

Georeferenci, tedy určení vztahu mezi obrazovými a zeměpisnými souřadnicemi, můžeme provést několika způsoby. Pokud známe kartografické zobrazení dané mapy je vhodné ho při georeferenci využít. Není potom potřeba definovat tolik identických bodů a je dosažena vyšší polohová přesnost. Pokud kartografické zobrazení mapy neznáme, nezbývá než použít nějaký druh transformace, který umožňuje natransformovat naskenovanou mapu na dané identické body. Zajímavou možnost je využití elastické transformace [6,7]. Její výhodou jsou široké možnosti nastavení a robustnost. Nevýhodou je větší výpočetní náročnost a proto se hodí spíše pro offline transformaci.

Další dnes hojně používanou možností je Thin plate spline (TPS), která je relativně jednoduchá a lze ji tedy použít i pro online transformaci rastrů.

6.1. Transformace pomocí Thin plate spline

TPS je interpolační metoda, která umožňuje vytvořit hladký povrch funkce z = z(x,y), procházející všemi danými body. Při použití metody pro transformaci rovinných souřadnic tedy umožní nulové zbytkové chyby na daných identických bodech.

Máme danou množinu kontrolních bodů C počtu p, regularizační parametr λ

$$C_{p\times3} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ & \vdots & \\ x_p & y_p & z_p \end{bmatrix}$$

a počítáme neznámé w a a ze systému lineárních rovnic

$$\begin{bmatrix} \mathbf{K} & \mathbf{P} \\ \mathbf{P}^T & \mathbf{O} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \vec{w} \\ \vec{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \vec{v} \\ \vec{o} \end{bmatrix}$$

kde **K**, **P** a **O** jsou submatice a *w*, *a*, *v* a *o* jsou vektory

$$\begin{split} K_{ij} &= U\Big(\Big| \begin{bmatrix} x_i, y_i \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_j, y_j \end{bmatrix} \Big| \Big) + I_{ij} \cdot \alpha^2 \cdot \lambda & i, j \in [1...p] \land \lambda \ge 0 \\ U(r) &= \begin{cases} r^2 \cdot \log r \| r > 0 \\ 0 \| r = 0 \end{cases} \\ \alpha &= \frac{1}{p^2} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p \Big| \begin{bmatrix} x_i, y_i \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} x_j, y_j \end{bmatrix} \Big| \\ \mathbf{P}_{p \times 3} &= \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & \vdots & \vdots \\ 1 & x_p & y_p \end{bmatrix}, \ \mathbf{O}_{3 \times 3} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ \vec{v}_{p \times 1} &= \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \vdots \\ z_p \end{bmatrix}, \ \vec{\sigma}_{3 \times 1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \ \vec{w}_{p \times 1} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_p \end{bmatrix}, \ \vec{a}_{3 \times 1} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} \end{split}$$

Funkční hodnotu (souřadnici) z libovolného bodu (x, y, z) na ploše poté můžeme vypočítat pomocí vztahu:

$$z(x, y) = a_1 + a_2 x + a_3 y + \sum_{i=1}^{p} w_i U(|[x_i, y_i] - [x, y]|)$$

Transformační vztah touto metodou musíme počítat dvakrát. Odděleně pro souřadnici X a Y.

Výsledkem je získání kartografických souřadnic X, Y všech obrazových bodů skenu mapy. 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 skenu mapy.

6.2. Způsoby transformování map

Pokud máme množinu identických bodů a definovaný transformační vztah mezi obrazovými a zeměpisným souřadnicemi můžeme přistoupit k transformaci. Zde je potřeba rozhodnout jakým způsobem budeme mapu transformovat. Máme několik možností:

- transformace offline mapu transformujeme předem a na internetový server vystavíme již transformovanou mapu připravenou k tvorbě 3D modelu. Tento postup je vhodný pokud předpokládáme časté použití transformované mapy. Nevýhodou je, že není možné jednoduše přidat další identické body. Navíc vytváříme další kopii mapy, která může zbytečně zabírat místo na serveru.
- transformace online na klientském počítači webový klient stahuje originální mapu ve formátu Zoomify a s ní seznam identických bodů. Vlastní transformace pak probíhá v internetovém prohlížeči pomocí programu napsaném v javascriptu. Nevýhodou tohoto postupu je, že přístup javascritpu přímo k jednotlivým bodům obrázku je velmi pomalý, takže transformace může být na starších počítačích pomalejší a tím se zpomalí zobrazení 3D modelu. Tento problém se dá v některých případech řešit tím, že využijeme WebGL, které umožňuje některé výpočty přesunout na grafickou kartu. Jsou zde ale některá omezení a navíc ne všechny počítače dnes WebGL podporují.
- **transformace online na serveru** transformace proběhne online na serveru a uživatel potom už stahuje transformovanou georeferencovanou mapu požadovaného výřezu a rozlišení např. prostřednictvím dotazu WMS. Zde může být nebezpečí přetížení serveru, pokud by více uživatelů najednou začalo stahovat transformovanou mapu.

Z uvedených 3 možností je v současné době asi nejvýhodnější poslední způsob, pokud nebudeme předpokládat větší přístup uživatelů současně. V budoucnosti s rostoucím výkonem počítačů, ale pravděpodobně převáží transformace na klientském počítači z důvodů flexibilnosti a nízkého zatížení serveru.

7. Vizualizace

7.1. Možnosti zobrazení 3D modelů map na internetu

Pro zobrazení 3D modelů bylo použito již mnoha technologií, ale žádná se masověji nerozšířila. Stále je zobrazení 3D modelu na internetu spíše exotickou záležitostí, než aby byla běžnou součástí webových stránek.

Zde je uveden stručný výčet softwarových technologií umožňujících zobrazení 3D modelu mapy:

- Adobe Flash
- Vrml plugin
- Java 3D
- Silverlight
- Google Earth plugin
- WebGL
- a další

Všechny tyto metody kromě WebGL mají jednu společnou vlastnost a to nutnost instalace nějakého softwarového doplňku, který navíc většinou není dostupný pro všechny operační systémy. To výrazně omezuje jejich masové rozšíření. Navíc v současné době je trend ukončování používání doplňků internetových prohlížečů z důvodů bezpečnosti. Vývoj na webu směřuje k používání pouze HTML 5 a javascriptu.

Dnes se do popředí dostává javascriptové API WebGL implementované přímo do internetových prohlížečů. Uživatel už tedy nemusí nic instalovat, což přispívá k jeho snadnějšímu rozšiřování. Jedinou nevýhodou v současnosti je, že WebGL běží pouze na novějších počítačích, takže ne všude funguje.

7.2.WebGL

WebGL je javascriptové aplikační rozhraní umožňující zobrazení 3D modelů a které umožňuje využít hardwarovou akceleraci grafické karty bez které by bylo zobrazení 3D modelu velmi pomalé a tedy nepoužitelné. Je založeno na standardech OpenGL a umožňuje programovat přímo grafickou kartu.

Jeho nevýhodou je, že v současné době nepodporuje starší grafické karty, což se bude s postupem času samozřejmě zlepšovat. Výhodou naopak je podpora i v operačním systému Android, takže je možné prohlížet 3D modely i na výkonnějších mobilních telefonech s tímto operačním systémem.

V současnosti podporují WebGL všechny známější webové prohlížeče. Internet Explorer od verze 11, Mozilla Firefox od verze 4 a Google Chrome od verze 9. Většina prohlížečů podporuje WebGL již několik let.

7.3. Převod mapy do ekvidistantního válcového zobrazení

Pro vytvoření 3D modelu mapy je potřeba ji transformovat do ekvidistantního válcového zobrazení. Transformaci do tohoto zobrazení je nutno provést z důvodu následné vizualizace modelu pomocí knihovny Cesium, která umožňuje zobrazit mapu na digitálním modelu terénu.

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, nezkreslují se vzdálenosti podél určitého systému čar. Zobrazovací válec u použitého zobrazení je v normální poloze. Obrazem zeměpisné sítě je tedy soustava vzájemně ortogonálních přímek, kdy obrazy poledníků a rovnoběžek jsou od sebe stejně vzdálené.



Obr. 4: Ekvidistantní válcové zobrazení v normální poloze

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

$$X_j = R \cdot S$$
$$Y_j = R \cdot D$$

R...poloměr Země,S, D...zeměpisné souřadnice obrazových bodů (v úhlové míře), X_j, Y_j ...pravoúhlé souřadnice obrazových bodů v rovině ekvidistantního,
válcového zobrazení.

8. Zobrazení 3D modelu mapy na internetu pomocí knihovny Cesium

Pro zobrazení 3D modelu mapy byla vybrána knihovna Cesium využívající WebGL, protože umožňuje relativně snadno zobrazit uživatelskou mapu na 3D modelu terénu. Má k dispozici dostatečně přesný model terénu a je šířen jako open source pod licencí Apache 2.0. Primárně slouží tato knihovna pro tvorbu 3D glóbů, ale umožňuje také tvorbu 3D modelů map.

Při tvorbě 3D modelů mapy je dobré pamatovat na některé vlastnosti 3D modelu terénu.

8.1.Stínování

Pro zvýšení plasticity modelu je vhodné zapnout stínování modelu, které zlepšuje prostorový dojem, jak ukazuje obrázek č. 5. S tím také souvisí nastavení osvětlení. Podle toho jak vysoko je slunce nad obzorem, tak se mění velikost stínu. To lze měnit pomocí časové osy. Zároveň ovládací prvky Cesia umožňují nastavit rychlost pohybu slunce, takže se stínování může plynule měnit.



Obr. 5: Srovnání 3D modelu. Nahoře s vypnutým stínováním, dole se zapnutým.

8.2.Stupně detailu

Digitální model terénu je složen z trojúhelníků. Jejich množství a rozmístění určuje detail modelu. Pokud je trojúhelníků málo není model hladký a dostatečně podrobný. Pokud je naopak trojúhelníků příliš mnoho vykreslování modelu je pomalé a animace pohybu po modelu trhaná. Proto je model rozdělen na čtvercové oblasti a u každé je předem vytvořeno několik stupňů detailu. Podle vzdálenosti od pozorovatele se potom přepíná stupeň detailu, jak je vidět na obrázku č. 6. Bližší oblasti mají hustší síť trojúhelníků a vzdálenější řidší. Tento mechanismus má Cesium již v sobě zabudovaný a není potřeba ho nějak zapínat. Pokud je potřeba podrobnější model terénu než má Cesium k dispozici, je možné si udělat vlastní a ten s knihovnou Cesium použít.



Obr. 6: Model terénu tvořený nepravidelnou trojúhelníkovou sítí, využívající stupně detailu.

8.3.Výškové převýšení

Většina terénu se na modelu jeví jako rovina a proto je dobré zvětšit výškové převýšení a zdůraznit tak výškové rozdíly. Bohužel knihovna Cesium v současné době neumožňuje změnu výškového měřítka nějakým jednoduchým způsobem. To je možné pouze úpravou zdrojových kódů knihovny.

8.4.Zprůhledňování

Další možností, která může zlepšit vzhled modelu, je využití zprůhlednění mapy s vhodným podkladem podobně jako u 2D map na internetu.



Obr. 7: Srovnání 3D modelu. Nahoře jako textura zobrazena pouze mapa, dole prolnutí s ortofotem.

8.5.Nedostatky 3D modelů map

Použití mapy jako textury pro 3D model terénu se sebou však přináší i problémy. Jednou z nich je generalizace mapy. I když je mapa správně georeferencovaná nemusejí být všechny objekty na mapě zakresleny tak, aby se na modelu zobrazily správně. To je dáno vlivem zjednodušení.

Může se také stát, že kresba mapy úplně přesně nesedí na modelu, nebo model není tak přesný a např. část řeky se promítne do svahu okolo říčního koryta, což může vypadat, jako by řeka tekla do kopce.

Dalším velkým problémem jsou ostřejší svahy. Mapa se na svahu natahuje a tím i deformuje. Zvlášť patrné je to u cest, které se na svazích roztáhnou. Tento problém by se dal vyřešit pouze u vektorových map.

U starších map se také může stát, že model terénu neodpovídá kresbě staré mapy. To je dobře vidět například u povrchových dolů v severních Čechách, kde se za posledních 50 let velice výrazně změnila krajina a zaniklo mnoho vesnic. Vytvořit původní 3D model terénu odpovídající staré mapě by bylo velmi náročné, především z důvodu chybějících výškových dat.

8.6.Další možnosti digitálního modelu terénu

Zobrazení mapy v 3D modelu nabízí i další možnosti. Jednou z možností je přidání další informační vrstvy v podobě 3D objektů, které mohou vhodně doplnit model. Lze tak zlepšit orientaci v modelu, protože popisky přímo na mapě (vlivem deformace a stínovaní) jsou méně čitelné a je tedy vhodné doplnit model 3D popisky.

Další perspektivní možností je použití monitoru umožňující 3D vjem a zobrazit tak model prostorově[3].

9. Závěr

Použití knihovny Cesium pro zobrazení 3D modelů map je velmi výhodné. Tato knihovna obsahuje mnoho funkcí, které mohou 3D model terénu obohatit o další prvky nebo funkce. Její velkou výhodou je, že není potřeba do prohlížeče instalovat další doplňky, což umožňuje okamžité zobrazení 3D modelu bez zbytečného čekání a instalování doplňků. To je dáno využitím WebGL. Použití knihovny je velmi jednoduché a za pár okamžiků lze zobrazit 3D model mapy. Umožňuje ale mnohem více, protože umořuje tvorbu vlastních pluginů (např. kreslení čar a polygonů). Snad se díky knihovně Cesium a WebGL více rozšíří 3D modely map na internetu a bude se tak moci mapám přidat další rozměr.

10. Pro koho je metodika určena

Uplatnění metodiky je především v paměťových institucích, jako jsou muzea nebo knihovny, které vlastní staré (historické) mapy a chtějí je zpřístupnit ve formě 3D modelů široké veřejnosti ke studiu prostřednictvím Internetu. Dále pak organizacím, které se zabývají digitalizací historických sbírek kartografických děl.

11. Seznam použitých zdrojů

- BUCHAR, P. *Matematická kartografie*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. 197 s. ISBN 978-80-01-03765-2.
- [2] *Cesium WebGL Virtual Globe and Map Engine* [online]. Analytical Graphics, Inc.2015. Dostupné z: < http://cesiumjs.org/>.
- [3] Cesium-VR [online]. NICTA, 2015. Dostupné z:

<https://github.com/NICTA/cesium-vr>.

- [4] Leaflet a JavaScript library for mobile-friendly maps [online]. Vladimir Agafonkin, 2015. Dostupné z: ">http://leafletjs.com/>.
- [5] OpenLayers [online]. Open Source Geospatial Foundation, 2015. Dostupné z: http://openlayers.org>.
- [6] 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.
- [7] 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 .
- [8] 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.
- [9] *Thin plate spline* [online]. Wikipedia, 2015 Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Thin_plate_spline>.
- [10] *Web Map Service OGC* [online]. Open Geospatial Consortium, 2015. Dostupné z: http://www.opengeospatial.org/standards/wms>.
- [11] *WebGL Specification* [online]. WebGL Working Group, 2015. Dostupné z: .
- [12] Zoomify-Zoomable web images [online]. Zoomify, Inc., 2015. Dostupné z: http://www.zoomify.com/>.
- [13] *Zoomify-Zoomable web images* [online]. Zoomify, Inc., 2015. Dostupné z: http://www.zoomify.com/>.
- [14] ŽÁRA J., BENEŠ B., SOCHOR J., FELKEL P.: Moderní počítačová grafika, Brno 2004.

12. Přílohy

21.1 Příklad stránky zobrazující mapu ve 3D modelu s pomocí knihovny Cesium

```
<! DOCTYPE html >
<html lang="en">
<head>
     <!-- Use correct character set. -->
     <meta charset="utf-8">
     <!-- Tell IE to use the latest, best version (or Chrome Frame if pre-
IE11). -->
     <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=Edge, chrome=1">
     <!-- Make the application on mobile take up the full browser screen and</p>
disable user scaling. -->
     <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1,
maximum-scale=1, minimum-scale=1, user-scalable=no">
     <title>Hello World!</title>
<script src=".../Build/CesiumUnminified/Cesium.js"></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script></script>
     <style>
               @import url(../Build/Cesium/Widgets/widgets.css);
              html, body, #cesiumContainer {
    width: 100%; height: 100%; margin: 0; padding: 0; overflow:
hi dden:
               ł
     </style>
</head>
<body>
<div id="cesiumContainer" class="fullSize"></div>
     <script>
     //tvorba hlavního objektu Cesium
          var viewer = new Cesium. Viewer('cesiumContainer');
//přidání 3D modelu terénu
var terrai nProvi der = new Cesi um. Cesi umTerrai nProvi der({
          url : '//assets.agi.com/stk-terrain/world',
          requestVertexNormals: true
                                                                                              //nastavení požadavku na stahování
normálových vektorů potřebných pro stínování terénu
});
viewer.terrainProvider = terrainProvider;
viewer.scene.globe.enableLighting = true;
                                                                                                          //zapnutí stínování
viewer.camera.viewRectangle(Cesium.Rectangle.fromDegrees(13, 50, 14, 51));
//nastavení pozice kamery
//vytvoření textury mapy ve formátu WMS
var provider = new Cesium. WebMapServiceImageryProvider({
         url: 'http://localhost:8080/trans.php',
layers : 'basic',
}):
//vytvoření textury 3D modelu ve formátu TMS
var tms = new Cesium. OpenStreetMapImageryProvider({
       url : 'http://195.113.142.114/tiles/military3',
       fileExtension: 'jpg',
```

```
maximumLevel: 17,
```

});

```
//naneseni textury na model
viewer.imageryLayers.addImageryProvider(tms);
    </script>
    </body>
    </html >
```