

Vykreslovací systém MTB map pro OpenStreetMap

Martin Tesař

Katedra počítačových systémů a komunikací, Fakulta informatiky,
Masarykova univerzita, Botanická 68a, 602 00, Brno, Česká republika,
Geografický ústav, Přírodovědecká fakulta,
Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37, Brno, Česká republika,
256369@mail.muni.cz

Abstrakt Cílem projektu bylo vytvořit systém, který vykresluje mapy vhodné pro jízdu na horském kole. Navrhnout specifický kartografický styl zobrazující MTB trasy (trasy pro jízdu na horském kole) v České republice na základě dat z projektu OpenStreetMap. Vytvořené mapy následně prezentovat na webu. Uživatelům webového rozhraní je navíc k dispozici základní možnost zobrazení výškových profilů svých tras. Práce navazuje na projekt OpenTrackMap. Podstatné je, že veškerá použitá geografická data a software jsou volně dostupné.

Klíčová slova: OpenStreetMap, MTB, Mapnik, OpenLayers, výškové profily, svobodná geografická data

Abstract. Goal of this project was to create the system, which is rendering maps suitable for mountainbiking. It was necessary to design specific cartographic style, which shows mountain bike (MTB) tracks in Czech Republic based on OpenStreetMap data. The maps are displayed on the web site. Users of the web interface have an option to display altitude profiles of their tracks. This project is based on conclusions of OpenTrackMap project. It is important, that all the data and software used are distributed for free.

Keywords: OpenStreetMap, MTB, Mapnik, OpenLayers, Altitude profiles, Free Geographic Data

1 Úvod

V posledních 20 letech zažívá cykloturistika v České republice veliký rozmach. Buduje se velké množství cyklostezek, organizují se závody pro profesionální, ale i rekreační jezdce. Tímto vzniká nutnost tvorby map pro hledání neznámých cest, plánování výletů, či tras na dovolené, včetně zobrazení dodatečných informací důležitých pro tyto aktivity. Existují mapy na velmi dobré technické úrovni, které běžným cyklistům vyhovují. Cyklistický tábor se však dělí na několik skupin,

z nichž každá má specifické nároky. Pro potřeby jízdy na horských kolech (MTB, mountain bike) žádná speciální mapa doposud vytvořena nebyla.

Pro zpracování takového úkolu se nabízí projekt OpenStreetMap (OSM), který prostřednictvím svých přispěvatelů vytváří a poskytuje svobodná geografická data celého světa [1]. Cílem této bakalářské práce je použít data a nástroje OSM k vytvoření specifické mapy pro jízdu na horském kole. Tuto poté zobrazit na internetu, aby byla volně dostupná.

Práce navazuje na projekt OpenTrackMap [2], který má za cíl zobrazení českých turistických tras. Jeho autor navíc stručně popsal způsob vytvoření takového projektu, což bylo použito jako primární zdroj informací [3]. Popisuje však nejen možné postupy zpracování, ale i důvody použití, či nepoužití vyzkoušených dat a aplikací.

V následující části je blíže představen projekt OSM. Ve třetí kapitole je stručně popsán postup tvorby celého systému, který je potřebný ke tvorbě originální mapy. Ve čtvrté části je popsán nově vytvořený grafický styl mapy, který se snaží ctít kartografické zásady. Pátá kapitola popisuje metodu generování výškových profilů. Další kapitola se zabývá testováním rychlosti renderingu a závěrečná část navrhuje možnosti dalšího rozšíření projektu v budoucnu, s ohledem na další vývoj použitých nástrojů.

2 Projekt OpenStreetMap

Na běžně dostupné mapy se vztahují zákonná omezení používání. Poskytují je komerční společnosti, které svá data draze získávají a především si je samy upravují. Není možné tato data zdarma použít k vytvoření vlastní mapy nebo do dat nějak operativně zasahovat v případě, že nám na mapě něco schází. Tyto komplikace se snaží řešit projekt OpenStreetMap [1].

Projekt OpenStreetMap (OSM) vytváří a poskytuje geografická data každému, kdo je chce. Data jsou chráněna licencí CC-By-SA 2.0 (Creative Commons, Attribution-Share Alike 2.0 Generic), která dovoluje data volně upravovat a šířit, za podmínky uvedení autora dat nebo vlastníka licence a podmínky zachování licence, tedy šíření vlastního díla pod stejnou nebo slučitelnou licencí [4].

Každý dobrovolník může OSM přispívat tvorbou geografických dat [1]. Tento přístup má pochopitelně své výhody i nevýhody. Přispívat může každý, bez jakýchkoli záruk za správnost dat. Data přibývají v různých lokalitách nerovnoměrně, lépe zmapována jsou velká města a jejich okolí, řídké osídlené oblasti nemusí být zmapovány vůbec. Obrovskou výhodou je neomezená možnost vkládání nejrůznějších atributů geodat. Stejně tak potenciálně neomezená skupina přispěvatelů může být postupem času velmi silnou konkurencí pro tvůrce komerčních dat. Existuje poměrně široká škála editorů, nejpoužívanější jsou Potlatch, JOSM a Merkaartor.

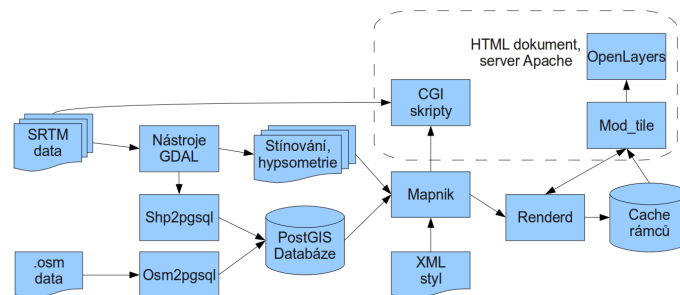
Během existence projektu vznikla řada map, které tato data zobrazují. Vychází je mapa na adrese <http://openstreetmap.org>, další tematicky příbuzné příklady jsou OpenCycleMap, OpenTrackMap, Hike&Bike Map, OpenMTBMap.

3 Sestavení systému

Samotné zprovoznění systému, který z počátečních OSM dat vyprodukuje webovou stránku, na níž jsou data zobrazena je zejména časově velmi náročné. Existují různé návody, ale žádný není nijak úplný, protože každý z tvůrců má svou představu a svůj projekt. Navíc všechny nástroje prochází rychlým vývojem a vzájemná konfigurace se může v různých verzích lišit. Pro všechny aplikace platí, že je výhodné používat operační systém Linux.

3.1 Architektura

Architektura je velmi podobná systému OpenStreetMap. Vektorová data jsou pomocí Osm2pgsql nahrána do databáze PostgreSQL s rozšířením pro práci s prostorovými daty PostGIS. Vykreslování mapových rámců zajišťuje Mapnik podle stylového XML dokumentu. Na serveru Apache je spuštěn modul Mod_tile, který se dotazuje, zda jsou na serveru uloženy mapové části požadované uživatelem. Pokud ne, je poslána žádost přímo nástroji Mapnik k vykreslení odpovídajících částí (rámců). O zobrazování map se stará HTML dokument, který využívá rozhraní Slippy map založené na AJAX knihovně OpenLayers [3]. Oproti hlavnímu OSM systému je doplněno zpracování výškových dat. Do stejné databáze PostGIS jsou nahrána i původně rastrová data vrstevnic prostřednictvím knihovny GDAL a aplikace Shp2pgsql. Stínování reliéfu je uloženo jako obrázek ve formátu TIFF. Na serveru jsou spouštěny CGI skripty, starající se o generování profilů a export map na základě požadavků uživatelů.



Obrázek 1. Schéma architektury systému.

3.2 Vektorová data

Úplným základem je soubor ve formátu XML – *planet.osm*. Obsahuje elementy popisující uzly, linie a relace pro celou Zemi. Tyto elementy jsou doplněny atributy, které je blíže popisují.

Kromě dat pro celou planetu, která dnes mají i v komprimovaném formátu velikost řádově v GigaBytech, jsou dostupná data pro jednotlivé kontinenty i samostatné státy. Pro Českou republiku jsou dostupná například na webu <http://osm.kyblsoft.cz/archiv/>, aktualizují se v současné době denně.

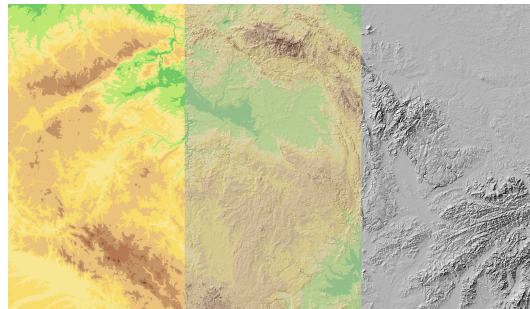
Konverzi OSM dat do databáze PostgreSQL umožňuje konzolová aplikace Osm2pgsql. Používá kartografickou projekci s označením *900913*, která je známa jako projekce Google Mercator [5]. Výběr jednotlivých atributů pro nahrání do databáze specifikujeme ve stylovém souboru [6]. Náš vychází ze stylu OSM, k němuž jsou přidány atributy turistických tras a stezek pro horská kola.

3.3 Rastrová data

Ke znázornění reliéfu a k výpočtu výšek bodů v profilech jsou použita rastrová výšková data USGS SRTM (United States Geological Survey, Shuttle Radar Topography Mission) [7].

Vrstevnice ukládáme v databázi PostGIS převedené do vektorů. Pro co nejpodrobnější znázornění reliéfu vytváříme vrstevnice s intervalem 5 m.

Stínování reliéfu a barevná hypsometrie jsou vytvářeny krátkým skriptem, který sloučí jednotlivé rámce výškových dat, převede je do požadovaného zobrazení a vykreslí programem Hillshade, v případě hypsometrie programem Color-relief, vše je dostupné v knihovně GDAL (Geography Data Abstraction Library). Byla analyzována velikost rozlišení, které není zbytečně velké a zároveň je dostatečně kvalitní pro maximální měřítko, pro něž je hypsometrie použita. Rozlišení jednoho pixelu bylo určeno na 150 m. Větší rozlišení by zbytečně zpomalilo vykreslování.



Obrázek 2. Znázornění reliéfu metodou barevné hypsometrie, stínováním a jejich kombinací na území celé ČR.

3.4 Mapnik

Mapnik je knihovna k samotnému vykreslování map. Je napsaná v jazyce C++, ovšem její „ovládání“ je možné pomocí jazyka Python a vzhled vykreslení určuje

XML stylový dokument. Mapnik podporuje velké množství vstupních formátů. Pro nás nejdůležitější jsou vektorové OSM XML, *shapefile* a databáze PostGIS. Z rastrových využijeme formát *GeoTIFF*. Pro výstup využíváme formát PNG. Vzhled mapy se standardně ovládá stylovým XML souborem, který je vysvětlen v další kapitole [8].

3.5 Prezentace mapy

Základem webové prezentace je server Apache. Uživateli je zobrazena HTML stránka s rozhraním Slippy Map, které zobrazuje požadované části mapy prostřednictvím knihovny OpenLayers. CGI skripty poskytují doplňkové funkce – generování výškových profilů a export mapy jako obrázku.

Modul `Mod_tile` serveru Apache se stará o zprostředkování mapových rámců (tiles) na základě požadavků uživatelů webového rozhraní. Samotnou komunikaci s Mapnikem a ukládání na disk obsluhuje program `Renderd`.

Webová stránka je rozvržena do dvou základních oken. V pravém je vlastní mapové pole s několika ovládacími prvky (navigace, přiblížení, generování odkazů na právě zobrazenou část mapy), měřítkem a zobrazením pozice kurzoru. Toto pole využívá JavaScriptovou knihovnu OpenLayers.

Další kompoziční prvky jsou umístěny v levé části – název, odkaz na zdroje dat, kontakt na autora, odkaz na zobrazení vysvětlivek. Vyskytuje se zde i ovládání doplňkových funkcí – přepínač pro kreslení vlastní trasy k vygenerování výškového profilu a tlačítko k exportu právě zobrazené části MTB mapy.

Pro kreslení tras za účelem zpracování výškových profilů byla s výhodou použita ovládací funkce *measure control* knihovny OpenLayers [9]. Kromě zobrazení trasy, kterou uživatel poklikáváním vybírá, si totiž ukládá celou její geometrii. Uživatel „dvojkliknutím“ ukončí kreslení své trasy a stiskne tlačítko *Spočítat profil*. Geometrie trasy je převedena do geografických souřadnic a poslána na server na standardní vstup CGI skriptu popsaného v další části práce. Ten vrátí obrázek profilu a zobrazí ho v novém okně prohlížeče.

Skript ke generování výřezu mapy přímo zjistí kterou část mapy má uživatel zobrazenou a právě tu vykreslí a vrátí jako obrazový soubor PNG.

4 Grafický styl mapy

Styl mapy klade důraz na mapy velkých měřítek, na podrobnost jejich obsahu a místopis, na přednostní zobrazení prvků, které souvisejí s jízdou na kole a orientací v terénu. Zejména musí být zobrazeny:

- Topografický podklad (obce, vodstvo, lesy, silniční síť, železniční síť)
- Trasy pro horská kola
- Stupnice obtížnosti těchto tras
- Pěší trasy Klubu českých turistů
- Značené cyklostezky
- Reliéf – vrstevnice, kóty, stínování, případně barevná hypsometrie
- Body zájmu (prodejny a opravy kol, turistické zajímavosti, ubytování, možnosti stravování. . .)

4.1 Tvorba stylu pro Mapnik

Výběr prvků a způsob, jakým budou vykresleny ovládáme dokumentem, který odpovídá XML schématu Mapniku. Elementem `<Style>` určujeme způsob vizualizace dat, která jsou vybrána SQL dotazem nebo odkazem na rastrový obrázek v odpovídajícím elementu `<Layer>` (jeho pozice zároveň určuje pořadí vykreslování vrstev). Jednotlivá pravidla jsou následně definována podobně, jako při použití kaskádových stylů. Všechny možnosti jsou podrobně vypsány včetně příkladů v dokumentu popisujícím XML schéma od tvůrců Mapniku. [10]

Náš stylový dokument je založen na primárním stylu OSM. Ten však klade důraz na výrazné zobrazení silniční sítě, která není k našemu účelu nejpodstatnější. Jednotlivé kategorie silnic jsou zjednodušeny a barevně přizpůsobeny českým zvyklostem, je zrušeno číslování silnic. Jsou přidány MTB trasy a další prvky podle výše uvedeného výčtu.

Důležitým přínosem je zobrazení obtížnosti terénu tras, která je v datovém souboru OSM uložena v atributu `mtb:scale`. Používá se stupnice s 6 základními kategoriemi obtížnosti od nejjednodušší 0 do nejnáročnější 5. Doporučený způsob znázornění značkami je uveden na stránkách OSM [11], avšak má určité nedostatky. Doporučené značky přímo nic neříkají o tom, které kategorii odpovídají. Pro obtížnost 2 a 3 jsou velmi těžko rozlišitelné, stejně tak otáčení značek v závislosti na směru linie komplikuje čitelnost. Proto je navržen podobný, ale snad logičtější značkový klíč. Přiřazení kategorií je zjednodušeno podobností s římskými číslicemi, obtížnost 0 je znázorněna kroužkem. Značky mají stále stejné umístění ve vztahu k linii a nijak nerotují.



Obrázek 3. Značení obtížnosti terénu.

Zobrazení turistických tras je převzato ze stylu OpenTrackMap [3], není však definitivní. V budoucnu se očekává, že bude Mapnik umožňovat vykreslení linií mimo hlavní osu, což přinese možnost paralelního vykreslování souběžných tras, namísto současného vykreslování přerušovanou čarou. V případě MTB tras jsme to obešli vykreslením MTB trasy zvláště mimo osu namapováním obrazového vzorku. Tento vzorek je ve své ose průhledný a na jedné straně má linii v barvě MTB trasy o požadované šířce.

Vyznačení výrazných stoupání a klesání je prezentováno s využitím atributů `mtb:scale:uphill` (kategorie sklonu 0–5) a `incline` (směr nahoru nebo dolů). Aby nedošlo k zahlcení mapy další šesticí symbolů, jsou vyznačeny jednotným symbolem kategorie 3, 4 a 5, tedy ty nejprudší. Větší důraz je kladen na pečlivé znázornění vrstevnic, které toho o tvaru terénu napoví mnohem více.

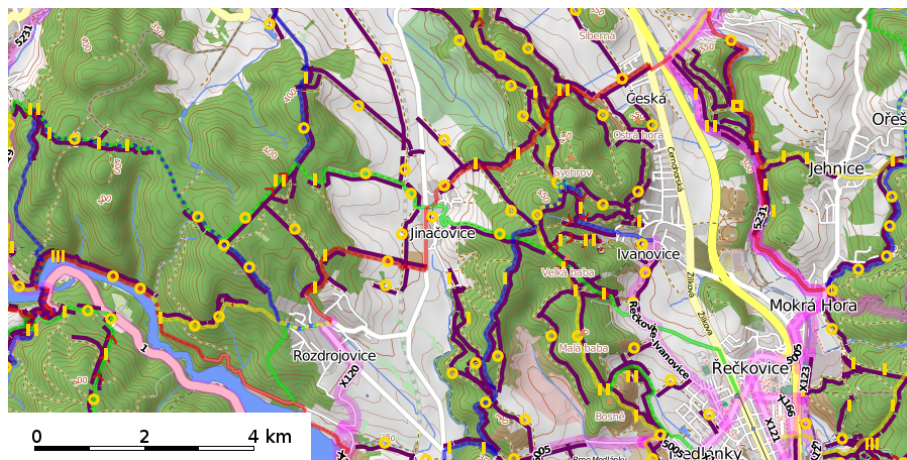
4.2 Generalizace

V závislosti na měřítku je nutné vhodné zevšeobecňování, výběr a vzájemná harmonizace prvků obsahu mapy [12]. Naše možnosti jsou výrazně ovlivněny automatizací tvorby map (aktualizace dat třikrát týdně), která do značné míry omezuje lidský faktor. Často se při zpracování setkáme s problémy nekonzistence vstupních dat, které plynou z jejich hromadné tvorby.

Schéma stylového dokumentu umožňuje specifikovat rozsah měřítek, pro něž má být dané pravidlo (styl) uplatňováno. V závislosti na měřítku tedy určíme měnící se velikost fontů, šířku linií a především samotné vykreslení různých prvků. Vzhledem k použití mapy v počítačovém prostředí, kdy má každý uživatel jinou velikost a specifické nastavení rozlišení monitoru, nelze přesně určit limity zobrazovacích zařízení (minimální hodnoty, které lidské oko rozliší na konkrétním zařízení). Spíše než matematiku proto musíme uplatnit cit.

Mapnik používá pro bodové objekty tzv. antikolizní algoritmus, aby se vzájemně neprolínaly. To by při hustě zmapovaném území často způsobilo, že se některé objekty jednoduše nevykreslí. Ve specifických případech byl tento algoritmus potlačen, potom se vykreslují všechny názvy a v některých případech kolidují, ale informace nezůstávají skryté.

Dalším kartografickým nedostatkem vykreslení je zcela náhodná orientace popisu vrstevnic, jelikož Mapnik podporuje jediné možné umístění textu na linii (tak, aby nebyl vzhůru nohama). Správně by základní dotažnice popisu vrstevnice měla být na straně údolí a horní dotažnice na straně vrcholu [12].

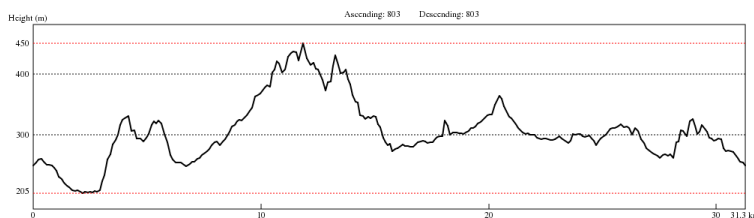


Obrázek 4. Výsledná mapa severozápadního okolí Brna v přibližení 13.

5 Výškové profily

O generování výškových profilů se stará CGI skript v jazyce Python. Ke zjištění informace o nadmořské výšce je třeba zpracovat potřebné soubory projektu SRTM. K přesnému určení profilu nestačí určit a vykreslit výšky bodů zadaných uživatelem. V případě, že jsou body velmi daleko od sebe, reálný profil se mezi nimi nemění lineárně. Je třeba mezi takové body vložit další s ohledem na rozlišení výškových dat. V našem skriptu jsou body přidávány lineárně přibližně po 100 metrech, je-li celková vzdálenost zadané trasy menší než 50 km. Je-li větší, bere se jako jeden krok jedna pětisetina celkové vzdálenosti. Tento limit je určen podle rozlišení výstupního obrázku. Skript počítá i s defekty ve vstupních datech. V případě chybějícího záznamu výšku interpoluje ze správně změřených bodů nejbližšího okolí.

Zbývá nakreslit profil, k čemuž se ideálně hodí formát SVG (Scalable Vector Graphics) založený na XML, jelikož umožňuje algoritmicky vykreslit geometrické tvary. Kromě profilu jsou vykresleny stupnice, pomocná vodítka, celková vzdálenost a převýšení trasy. Na výškové a na délkové stupnici jsou ošetřena možná kolidující značení výšek a délek¹.



Obrázek 5. Příklad výškového profilu trasy.

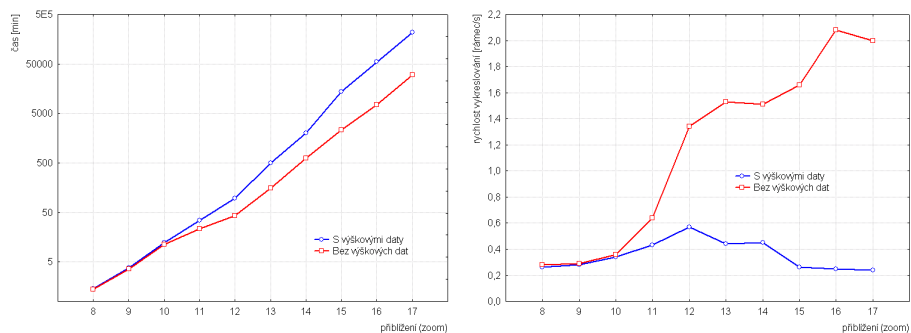
Vektorový formát má sice řadu výhod, ale nemá nativní podporu v prohlížeči Internet Explorer a i ostatní prohlížeče ho mohou zobrazovat různě [13]. Nezbyvá než převést ho na rastrový obrázek, v našem případě formát PNG.

6 Měření výkonnosti

Vykreslování mapy je výpočetně náročný proces, testováním jsme získali základní představu o rychlosti vykreslování. Zajímalo nás především srovnání rychlosti pro jednotlivé úrovně přiblížení. Předpokládalo se, že se rychlost zmenšuje použitím výškových dat, takže jsme srovnali vykreslování s nimi a bez nich.

¹ Např. v případě, kdy je celková délka trasy 20,1 km, není číselně uvedena značka 20 km, ale pouze celková délka.

Z časových důvodů nebyla provedena měření ve všech úrovních přiblížení na území celé České republiky. Průměrné výsledky pěti po sobě jdoucích měření byly dopočítány na oblast celé ČR. Měření bylo provedeno na stroji s operačním systémem Ubuntu 9.10 Karmic Koala, procesorem Intel Core 2 Duo 2 GHz a 3 GB RAM. Výpočet probíhal pouze v jednom vlákně, čili pouze na jednom jádře procesoru.



Obrázek 6. Grafy času a rychlosti vykreslování všech rámců pro území celé ČR v jednotlivých úrovních přiblížení.

Počet mapových rámců pro určitou úroveň přiblížení odpovídá přibližně čtyřnásobku počtu rámců o stupeň menší úrovně, což implikuje exponenciální nárůst výpočetní doby. Na grafu doby výpočtu s logaritmickou stupnicí se proto linie podobají přímkám. Celková doba vykreslení všech rámců do úrovně 15 by na použitém stroji trvala přibližně 12 dní.

Složitosť vykreslení výškových dat se projevila výrazně až v úrovni přiblížení 11 a vyšších, tedy v úrovních, které ke znázornění výšky využívají vrstevnice. V nejvyšších měřítkách byl výpočet s vrstevnicemi osmkrát pomalejší. Postupné zvětšování rozdílů rychlostí s výškovými daty a bez nich je způsobeno zvětšujícím se poměrem mezi vrstevnicemi a počtem ostatních prvků v mapě, určených stylovým XML dokumentem Mapniku. Zobrazení hypsometrie spolu se stínováním zpomalilo výpočet zanedbatelně. Stejná rychlost v úrovních 13 a 14 je zřejmě způsobena nezměněným intervalem vrstevnic. Z grafu rychlosti lze nepřímě odhadovat i grafické zaplnění mapy, které je největší v úrovni 12 (s výškovými daty).

7 Závěr

V bakalářské práci je vysvětlen postup vedoucí ke spuštění systému, který využívá svobodná geografická data projektu OpenStreetMap a volně dostupný software, jako alternativu k použití komerčních dat a placených geografických informačních systémů.

Byl navržen grafický styl mapy pro vyznače jízdy na horském kole, který umožňuje zobrazit neobvyklé doplňující informace, které mohou být cílovým uživatelům užitečné. Tento styl má však své nesporné kartografické nedostatky, kvůli omezením vykreslovacího nástroje a mé nedostatečné kartografické odbornosti.

V budoucnu bude styl mapy i funkcionalita systému dále vyvíjena. Očekává se nová verze nástroje Mapnik, v níž bude přímočará možnost vykreslování paralelních tras. Nabízí se implementace vyhledávače tras, které uživatelé určí pouze zadáním počátečních, koncových a průjezdních bodů. Doplněna může být dynamická vrstva KML (Keyhole Markup Language), která by umožnila odlehčit grafické zaplnění mapy a zároveň zpřístupnit další doplňkové informace.

Zdrojové soubory a další informace jsou volně dostupné jako projekt na SourceForge na adrese <http://sourceforge.net/projects/mtbmap-czechrep/>.

Reference

1. *OpenStreetMap Wiki* [online]. 2010 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Main_Page
2. BARTOŇ, R. *OpenTrackMap – Czech Republic* [online]. 2010 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: <http://opentrackmap.no-ip.org/>.
3. BARTOŇ, R. *Custom OpenStreetMap Rendering – OpenTrackMap Experience* [online]. 2010 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: http://geoinformatics.fsv.cvut.cz/gwiki/Custom_OpenStreetMap_Rendering_-_OpenTrackMap_Experience.
4. *OpenStreetMap Wiki – License* [online]. 2010 [cit. 2010-05-16]. Dostupné z WWW: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/OpenStreetMap_License.
5. *Google Projection: SR-ORG Projection – Spatial Reference* [online]. 2010 [cit. 2010-05-17]. Dostupné z WWW: <http://spatialreference.org/ref/sr-org/6/>.
6. *OpenStreetMap Wiki – Osm2pgsql* [online]. 2010 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Osmosis>.
7. *SRTM Documentation – USGS/EROS* [online]. 2003 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version1/Documentation/SRTM_Topo.txt.
8. *OpenStreetMap Wiki – Mapnik* [online]. 2010 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mapnik>.
9. *OpenLayers – Trac* [online]. 2010 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: <http://trac.openlayers.org/wiki>.
10. Eastcott, D. *Mapnik XML Schema Reference* [online]. 2010 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: <http://media.mapnik.org/docs/MapnikXMLDescription.pdf>.
11. *Mountainbike – OpenStreetMap Wiki* [online]. 2010 [cit. 2010-05-15]. Dostupné z WWW: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Mtb>.
12. HOJOVEC, V., et. al. *Kartografie*. Praha : Geodetický a kartografický podnik v Praze. 1987. 664 s.
13. TIŠNOVSKÝ, P. *Vektorový grafický formát SVG – Root.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-05-16]. Dostupné z WWW: <http://www.root.cz/clanky/vektorovy-graficky-format-svg/>.