

Pokročilejší vizualizace seismických dat v prostředí MapServer UMN

Zuzana Sukeníková¹

¹Institut Geoinformatiky, HGF, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15,
708 33, Ostrava - Poruba, ČR
suknikova.z@centrum.cz

Abstrakt. Diplomová práce se zabývá vizualizací zemětřesení v UMN MapServer. V úvodu práce se nachází základní informace o zemětřeseních, souřadnicových systémech a kartografických projekcích. Dále se práce zabývá zprovozněním aplikace Eqmap, původně určené pro operační systém Linux, pod operačním systémem Windows. Na tento krok navázala práce zabývající se nalezením volně dostupných zdrojů seismických dat. Následně bylo přistoupeno k praktické části návrhu a realizace úložiště dat. V této části bylo nutné vybrat vhodnou SŘBD, která by byla schopna ukládat data i v jiné formě než textové, nejlépe ve formě vektorové. Dále bylo potřeba nalézt vhodný programovací jazyk, umožňující komunikovat se všemi aplikacemi. Pokročilejší formy vizualizace obsažené v rámci této práce se zabývají také transformací dat do jiných souřadnicových systémů, kde výchozí souřadnicový systémem je brán WGS84 a cílové jsou dány souřadnicové systémy UTM a UPS. Závěr práce pojednává o získávání počtu obyvatel v zasaženém území na základě definovaných vzdáleností od epicentra. Přesné číslo nelze přímo stanovit, ale pomocí zonálních analýz lze nad určitými prostorovými daty získat přesnější odhad počtu zasažených obyvatel. Tato diplomová práce se snaží o nalezení vhodného řešení této problematiky pomocí volně dostupných moderních technologií využívaných v GIS.

Klíčová slova: GIS, zemětřesení, UMN MapServer, GeoRSS, PostgreSQL, PostGIS, UTM, UPS, WPS, GRASS GIS

Abstract. Advanced Visualisation of the Seismic Data by Using Map Server UMN. This diploma thesis deals with the visualization of the earthquake in the UMN MapServer. At the beginning of the project there are basic information about earthquakes, coordinate systems and cartographical map projections. Furthermore, the project deals with making the application Eqmap, originally designed for the Linux operating system under Windows. At this step up the work involved in finding free resources available seismic data. Subsequently, it was made to the practical design and implementation of data storage. In this section, it was necessary to select appropriate database, which would be able to store data in a form other than text, preferably in the form of vector. Furthermore, it was to find a suitable programming language, allowing communication with all applications. More advanced forms of visualization in the context of this work deal with the transformation of data into other coordinate systems where the default coordinate system is taken WGS84 and target coordinate systems are given by the UTM and UPS. Conclusion the work deals with the acquisition of the population in affected areas based on the defined distance from the epicenter. The exact number cannot directly provide,

but through the Zonal analysis is above the spatial data to obtain a more precise estimate of the number of affected people. This thesis seeks to find an appropriate solution to this problem using a freely available modern technologies used in GIS.

Keywords: GIS, earthquake, UMN MapServer, GeoRSS, PostgreSQL, PostGIS, UTM, UPS, WPS, GRASS GIS

1 Úvod

Zemětřesení jsou velmi časté přírodní úkazy. V rámci lepšího předvídání a monitoringu zemětřesení existuje po celém světě síť stanic monitorujících aktivity pod zemskou kůrou. Seismologické centra shromažďují vědecká data, která jsou v různých podobách zpřístupňována i veřejnosti.

Tato práce navazuje na diplomovou práci Ing. Františka Klímka z roku 2006, která řešila vytvoření geografického informačního systému umožňujícího uživateli pomocí internetového prohlížeče procházet jednotlivé seizmické události.

V současnosti disponují všechny velké seismologické centra jako jsou například European-Mediterranean Seismological Centre, British Geological Survey nebo U.S. Geological Survey prohlížečkami seizmických událostí. Tato práce rozšiřuje původní prohlížečku seizmických událostí o nové pokročilejší funkce z hlediska vizualizace i z hlediska obsahu zobrazených informací.

Diplomová práce si klade za cíl zpřístupnit seizmická data široké veřejnosti využitím pokročilejší vizualizace dat v prostředí UMN MapServer.

2 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je doplnit stávající prohlížečku seizmických dat aplikace Eqmap vytvořenou Ing. Františkem Klímkem o nové pokročilejší funkce.

Prvním cílem byl výběr vhodného kartografického zobrazení pro jednotlivé zemětřesení. Aby u vizualizace nedocházelo k příliš velkým zkreslením, bylo nutné v detailním náhledu zobrazovaná zemětřesení transformovat do zobrazení UTM nebo UPS.

Pro zobrazování zemětřesení v detailním náhledu byla vytvořena „zdánlivě“ nekonečná mapa, která zamezila neúplnému zobrazování podkladové fyzické mapy světa v okrajových částech rastru kolem 180 a -180 poledníku.

Dalším úkolem bylo doplnění a aktualizace mapových podkladů. Nalezení vhodnější fyzické mapy světa a dalších vektorových vrstev potřebných k lepší orientaci v detailním náhledu.

Posledním neméně důležitým úkolem této práce bylo doplnění statistiky o počtu obyvatelstva v zasaženém území na základě definovaných vzdáleností od epicentra s použitím WPS (Web Processing Service) a zonálních analýz v GRASS GIS. Tato funkce předává uživateli informace, získané analýzami prostorových dat, pomocí internetového prohlížeče. Uživatel proto nemusí mít k získání požadovaných

informací žádné specifické znalosti ani softwarové vybavení spadající do oblasti geografických informačních systémů.

3 Rozbor cílů

Tematický rozsah diplomové práce je široký. Na počátku se zabývá zprovozněním aplikace Eqmap v operačním systému Windows. Bylo nutné si osvojit teoretické základy, týkající se UMN MapServer, JavaScript atd.

Na tento krok navázala práce zabývající se nalezením volně dostupných zdrojů prostorových dat použitelných v řešené oblasti. Bylo se potřeba také obeznámit se všemi datovými formáty, v nichž byla jednotlivá data poskytována, jakými byly formáty GeoRSS založený na XML dokumentu, ESRI Shapefile a další.

Po zvládnutí předchozích úkolů bylo přistoupeno k praktické části návrhu a realizace úložiště dat. V této části bylo nutné vybrat vhodnou SŘBD, která by byla schopna ukládat data i v jiné formě než textové, nejlépe ve formě vektorové. Velký důraz byl kladen také na návrh samotné databáze, který předchází fázi implementační.

Po vytvoření fungujícího řešení úložiště dat, bylo potřeba nalézt vhodný programovací jazyk, který by byl schopen komunikovat se všemi aplikacemi, a bylo by také možno v něm vytvořit aplikaci fungující online v rámci Internetu. Byl nastudován objektově orientovaný programovací jazyk PHP5.

Pokročilejší formy vizualizace obsažené v rámci této práce se zabývají také transformací dat do jiných souřadnicových systémů, kde výchozí souřadnicový systémem je brán WGS84 a cílové jsou dány souřadnicové systémy UTM a UPS. Transformace souřadnicových systémů jsou obsaženy také přímo v cílech diplomové práce, proto bylo nutné nastudovat problematiku týkající se souřadnicových systémů, kartografických zobrazení a projekcí.

Důležitou informací při vizualizaci seizmických událostí je počet obyvatel v zasaženém území. Tuto informaci mnoho agentur nepodává. Přesné číslo nelze přímo stanovit, ale pomocí zonálních analýz lze nad určitými prostorovými daty získat přesnější odhad počtu zasažených obyvatel. Tato diplomová práce se snaží o nalezení vhodného řešení této problematiky pomocí volně dostupných moderních technologií využívaných v GIS.

Součástí práce jsou postupy popisující spojení mnoha různorodých programovacích jazyků a aplikací do jednoho fungujícího celku. Snahou od počátku řešení, bylo vytvořit automatizovaný systém, který by se staral o všechny důležité části vedoucí ke zdárnému dokončení všech cílů diplomové práce a ve výsledku by nabídnul fungující aplikaci ihned připravenou k použití.

4 Zprovoznění UMN MapServer v operačním systému MS Windows

Původní aplikace Eqmap byla vytvořena pro UMN MapServer v prostředí operačního systému Linux. Adresářová struktura (zápisu absolutních cest) se v OS Linux se od

OS Windows znatelné liší, proto bylo nutné pozměnit konfigurační soubory mapového serveru.

5 Vytvoření skriptu pro práci se zdroji dat

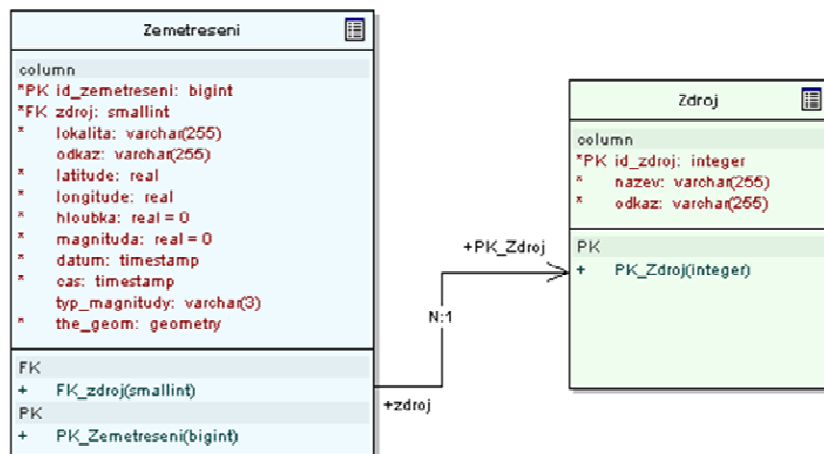
K neustálému získávání dat o aktuálních výskytech zemětřesení bylo potřeba navrhnout a vytvořit skript, který by se staral o výběr zdroje dat, spojení se zdrojem dat, zjištění zdali se vyskytly nové zemětřesení, které nejsou uloženy v databázi a následné uložení nových výskytů zemětřesení do databáze. Byla navržena třída nazvaná `Zemetreseni`, která obsahuje vlastnosti a metody umožňující provádět požadované operace.

Pro další manipulace s daty bylo nutné získat jednotlivé zemětřesení pomocí GeoRSS kanálu a mít přístup ke každému údaji o zemětřesení. K vydolování informací z XML dokumentu se využívá parser. Data byla následně možné uložit do databáze v textové podobě a také jako prostorovou informaci pomocí PostGIS nadstavby do PostgreSQL.

6 Návrh databáze

Databáze byla od počátku navrhována pro SŘBD PostgreSQL. Jedním z hlavních důvodů byla možnost využít nadstavby PostGIS, která umožňuje vytvořit v relaci prostorový sloupec k uložení vektorových dat.

Byly navrženy dvě relace - `Zemetreseni` a `Zdroj`. Relace `Zemetreseni` obsahuje 12 atributů, které jsou uvedeny na obrázku č.1 spolu s definicí jejich datových typů. Relace `Zdroj` obsahuje 3 atributy. Relace jsou navzájem propojeny cizím klíčem, který je v relaci `Zemetreseni` představován atributem `zdroj`. Vazba mezi relacemi `Zemetreseni` a `Zdroj` je N:1.



Obrázek 1: Návrh databáze

7 Vytvoření databáze

K vytvoření navržené databáze bylo využito grafického nástroje pgAdmin III, který je součástí instalace PostgreSQL. V tomto nástroji byly definovány všechny relace, atributy, datové typy i vazby vytvořené nastavením primárních a cizích klíčů.

Vytvořená databáze byla pojmenována eqmap. Byly vytvořeny uživatelské účty s přístupovými právy k datům. Pomocí příkazového řádku byl vytvořen prostorový sloupec nazvaný the_geom k uložení vektorových dat typu bod v souřadnicovém systému WGS 84. Pro vytvoření prostorového sloupce ve schématu public a v relaci zemetreseni byl použit tento příkaz:

```
SELECT AddGeometryColumn('public', 'zemetreseni', 'the_geom',
4326, 'POINT', 2);
```

8 Propojení databáze s UMN MapServer

UMN MapServer podporuje práci s PostgreSQL + PostGIS databází. K zajištění komunikace bylo nutné do souboru Mapfile přidat následující příkazy.

```
CONNECTIONTYPE postgis
CONNECTION "user=jajanka password=heslo dbname=eqmap
host=localhost"
DATA "the_geom from zemetreseni"
NAME "EMSC" # název zdroje dat
TYPE POINT
```

9 Vizualizace aktuálních zemětřesení v globálním měřítku

Protože se data, získané z GeoRSS z EMSC, liší od původních dat z projektu ORFEUS, bylo také nutné upravit v Mapfile a v Template file zobrazování vrstvy zemětřesení.

Současná data obsahují hodnoty magnitudy pohybující se v rozsahu celé škály Richterovy stupnice (na rozdíl od původních dat, které obsahovaly zemětřesení o síle magnitudy 4 a vyšší), proto se zobrazení tříd v legendě muselo upravit takto:

- magnituda menší nebo rovno 3,
- magnituda větší než 3 a menší nebo rovno 5,
- magnituda větší než 5 a menší nebo rovno 7,
- magnituda větší než 7.

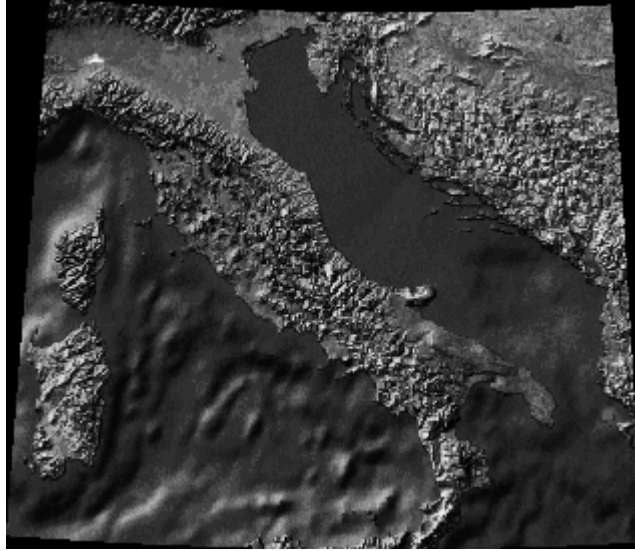
V souboru Mapfile byly jednotlivé třídy zemětřesení upraveny podle hodnoty magnitudy.

10 Detailní náhled

Pro vytvoření detailního náhledu u jednotlivých zemětřesení byl stejně jako v případě metod pro práci s databází použit skriptovací jazyk PHP5. Metody byly zakomponovány do třídy zemetreseni. Jako podkladová rastrová vrstva byla použita fyzická mapa světa Wsiearth, která byla převedena v programu GIMP do odstínů šedi. Dále také vektorová vrstva hranic států, podrobnějšího správního členění, bodová vrstva obcí, síť poledníků a rovnoběžek a bodová vrstva jednotlivých zemětřesení.

11 Transformace výřezu do kartografické projekce UTM/UPS

Pro transformace do kartografických projekcí UTM/UPS je použita aplikace OGR/GDAL s vazbou na knihovnu Proj.4. Typ projekce se volí podle souřadnic jednotlivých zemětřesení.



Obrázek 2: Výřez transformovaný do projekce UTM

12 Vytvoření nekonečné mapy světa

Fyzická mapa světa byla v programu ArcMap transformována do UTM zóny N01 s centrálním poledníkem -177. Tím bylo docíleno, že zemětřesení vyskytující se na konci rastru se nenachází „na okraji“, ale data byla spojena a transformována do podoby nekonečné mapy. Proto v případech kdy se zemětřesení nacházejí blízko poledníků -180 a 180 není problém s useknutými daty. Tato zóna byla předpřipravena z důvodů časové náročnosti její tvorby a dále zobrazována v detailním náhledu.

13 Zobrazení vrstvy zemětřesení v detailním náhledu

Prostorové informace o jednotlivých zemětřeseních jsou uloženy v atributech tabulky zemětřesení v PostgreSQL + PostGIS databázi v projekci WGS84. K zobrazení v aplikaci UMN MapServer s ostatními vrstvami v detailním náhledu byla vytvořena pomocí PHP Mapscripts nová vrstva. Do této vrstvy byly vloženy jednotlivé zemětřesení jako body pomocí souřadnic získaných z databáze v textové formě. Pomocí metody Project objektu PointObj byly jednotlivé body transformovány do projekce UTM nebo UPS.

14 Vytvoření mapové kompozice v detailním náhledu

K vytvoření mapové kompozice v detailním náhledu byla navržena samostatná metoda starající se o zobrazování jednotlivých vrstev. Metoda řeší také výběr vrstev ve správném zobrazení (UTM nebo UPS) a následné vygenerování celkové mapové kompozice pomocí UMN Mapserveru.

15 Získání počtu obyvatel v zasaženém území

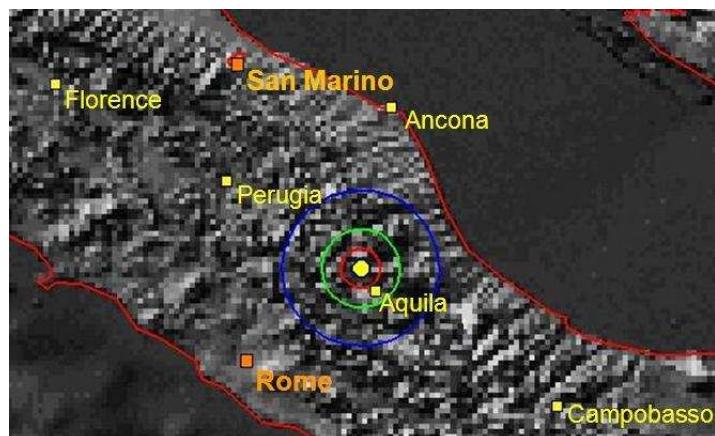
K získání hodnoty počtu obyvatel žijících na území zasaženém zemětřesením byla využita rastrová data ve formátu ArcInfo ASCII Grid, kde každý pixel obsahuje číselnou informaci o počtu obyvatel na dané území.

Byly vytvořeny obalové zóny (buffer) kolem epicentra zemětřesení. Poloměr jednotlivých obalových zón s centrem v epicentru zemětřesení se mění podle velikosti magnitudy jednotlivých zemětřesení. U zemětřesení s hodnotou magnitudy menší než 3 je definovaná vzdálenost od epicentra 15km. To znamená, že počet obyvatel se analyzuje pouze na území vzdálené do 15km od epicentra. Pro zemětřesení s hodnotou magnitudy v rozmezí 3 až 5 se definují dvě obalové zóny. První zóna je stejná jako v předchozím případě 15km a druhá zóna představuje okruh vzdálený 30km od epicentra. Pro každou obalovou zónu se zobrazí počet obyvatel, přičemž druhá zóna bude obsahovat počet obyvatel i z první zóny. Pro zemětřesení s hodnotou magnitudy větší jak 5 vznikají 3 obalové zóny. První dvě jsou stejné jako v předchozím případě a poslední je ve vzdálenosti 60km od epicentra.

K získání počtu obyvatel bydlících v zasaženém území byla využita služba WPS (Web Processing Service) pomocí aplikace PyWPS, která umožňuje klientům získat geoprostorové informace přičemž klientovi postačí pouze internetový prohlížeč.

16 Zobrazení obalových zón obsahujících počet obyvatel v UMN MapServer

Kolem zemětřesení jsou jednotlivé obalové zóny zobrazeny v podobě jednoho nebo více kruhů (viz. Obrázek 3). Počet obyvatel žijících v dané zóně je zobrazen v informacích o zemětřeseních nacházejících se pod detailním náhledem.



Obrázek 3: Vizualizace obalových zón, Itálie

17 Načtení vrstev do mapového serveru

Jednotlivé obalové zóny pro aktuální zemětřesení jsou ukládány během zonální analýzy do souboru ve formátu ESRI Shapefile. Po dokončení výpočtů pro všechny zemětřesení jsou ve fázi přípravy vrstev pro UMN MapServer pomocí PHP MapScripts načteny data z vytvořených Shapefile souborů jednotlivých obalových zón. Každé zóně je přiřazena barva a data jsou zakomponována do celkového výstupu. Vytvořená celková vizualizace všech vrstev včetně obalových zón je zobrazena v prohlížeči Emap v okně pro detailní náhled.

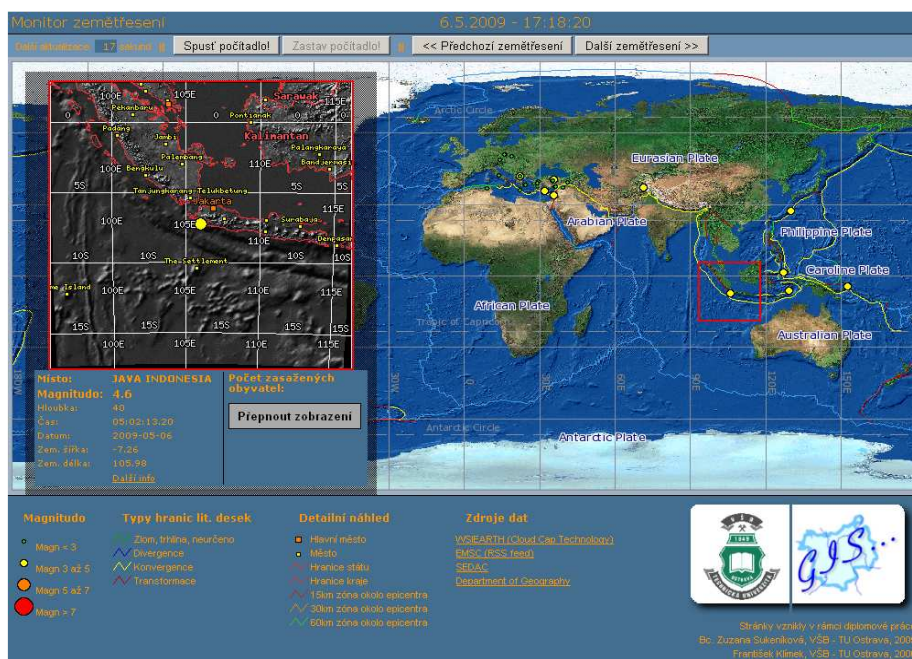
18 Zobrazení detailního náhledu

Jelikož jsou data v detailním náhledu zobrazována v malém měřítku a data obsahující obalové zóny kolem zemětřesení reprezentují střední měřítko, nemohou být zobrazeny v jednom detailním náhledu. Proto bylo vytvořeno přepínací tlačítko, kterým si uživatel zobrazí oblast zemětřesení v malém nebo středním měřítku podle toho, které informace ho v daném momentě zajímají.

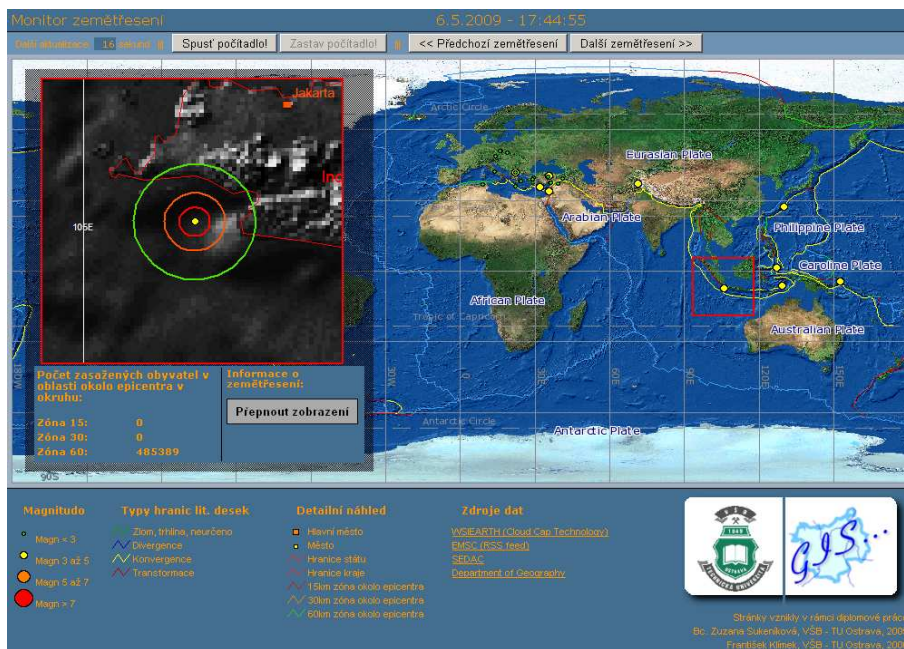
19 Ukázka funkční aplikace

Aplikace umožňující vizualizaci seizmických událostí je složena ze tří rozdílných částí. Většinu zobrazovaných informací a prostorových dat poskytuje této klientské aplikaci skript na straně serveru, který provádí všechny potřebné výpočty a analýzy. První důležitá část zobrazuje posledních třicet zemětřesení na fyzické mapě světa pomocí grafických symbolů, jejichž barva a velikost je dána velikostí magnitudy

daného výskytu zemětřesení. Druhou část prohlížečky tvoří detailní náhled obsahující v horní části výřez oblasti vybraného zemětřesení v UTM nebo UPS projekci a ve spodní části detailní informace o daném zemětřesení (viz. Obrázek 4). Detailní náhled je možno přepnout do speciálního pohledu zobrazujícího obalové zóny a počet obyvatel v zasaženém území (viz. Obrázek 5). Poslední neméně důležitá část prohlížečky se nachází na jejím spodním okraji. Tato část obsahuje legendu, odkazy na zdroje dat, logo Institutu Geoinformatiky, logo VŠB-TUO a jména tvůrců této aplikace.



Obrázek 4: Vizualizaci seizmických událostí v klientské aplikaci – detailní informace o zemětřesení



Obrázek 5: Vizualizaci seismických událostí v klientské aplikaci – detailní informace o počtu obyvatel v zasaženém území

20 Závěr

Celá aplikace byla přizpůsobena operačnímu systému Windows. Byl nalezen nejvhodnější GeoRSS zdroj dat, ze kterého jsou získána požadovaná data. Do navržené databáze jsou automaticky ukládány všechny nové výskyty zemětřesení, spolu s podrobnými informacemi (lokality, odkaz, hloubka epicentra, magnituda, datum a čas výskytu a souřadnice zemětřesení). Třicet nejnovějších zemětřesení je vizualizováno v mapovém serveru.

Každé zemětřesení je v detailním náhledu zobrazeno v konkrétním UTM či UPS zobrazení podle polohy jednotlivých zemětřesení. Zemětřesení jsou zobrazeny spolu s fyzickou mapou světa v odstínech šedi, vektorovou vrstvou států, vrstvou územně správního členění, městy a sítí poledníků a rovnoběžek za pomoci knihoven OGR/GDAL.

Pro zobrazování zemětřesení nacházejících se blízko 180 a -180 poledníků a v oblastech pólů byla vytvořena nekonečná mapa, která spojila data a umožnila zobrazení podkladového šedotónového rastru i za okraji používaného rastru.

Pro získání hodnoty počtu obyvatel v zasaženém území byla použita služba WPS, a její implementace PyWPS, která pomocí Python skriptů komunikuje s aplikací GRASS GIS. GRASS GIS provedl všechny definované příkazy, pomocí kterých byl získán počet obyvatel. Ten byl následně vizualizován v mapovém serveru.

V diplomové práci se podařilo splnit všechny čtyři zadané úkoly. GRASS GIS, Python a PyWPS jsou primárně vytvářené pro OS Linux, pro který jsou publikovány

všechny dokumentace a příklady. Pro OS Windows nejsou tak dobře popsány možnosti odstraňování vyskytujících se chyb, práce je tím komplikovanější a náročnější. Všechny problémy byly vyřešeny a všechny aplikace byly úspěšně zprovozněny pod OS Windows.

Diplomovou práci je možné dále rozšiřovat o metody převzorkování rastru fyzické mapy světa. Další zajímavou funkcí by mohlo být vyhledávání a zobrazování odkazů na zprávy z médií o daném zemětřesení (např. získání z RSS).

Diplomovou práci a v ní vytvořené funkce ocení nejen běžní uživatelé, kteří neumí pracovat s technologiemi využívajícími prostorová data, ale i odborníci zabývající se zemětřeseními, jelikož některými funkcemi většina existujících aplikací umožňujících vizualizaci seismologických událostí nedisponuje. Dále je také možné práci využít jako studijní materiál pro práci s UMN MapServer a WPS v operačním systému Windows.

Reference

- [1] BRUCE, Momjian: *PostgreSQL – Praktický průvodce*, Computer press Brno, 2003, p. 402, ISBN: 80-7226-954-2
- [2] Klímek, F.: *Vizualizace seismických dat projektu ORFEUS v prostředí MapServer UMN integrovaná na Live CD*. Diplomová práce. VŠB--TU Ostrava, Ostrava, 2006
- [3] LERDORF, R.: *PHP Pocket Reference, 2nd Edition*, O'Reilly, 2002, p. 144, ISBN: 0-596-00402-8
- [4] RAPANT, P.: *Geoinformatika a geoinformační technologie*, Ostrava 2006, 1. vydání, 513str., ISBN: 80-248-1264-9
- [5] Akademie věd České republiky, Seismické oddělení, [cit. 12.1.2009], dostupné na WWW: <<http://seis.ig.cas.cz/seismika/pojmy.php>>
- [6] Cartographical Map Projections, [cit. 13.1.2009], dostupné na WWW: <<http://www.progonos.com/furuti/MapProj/Normal/TOC/cartTOC.html>>
- [7] Cloud Cap Technology, [cit. 2.4.2009], dostupné na WWW: <<http://www.cloudcaptech.com/default.shtm>>
- [8] Čepický J.: Mapový server snadno a rychle, [cit. 14.1.2009], dostupné na WWW: <<http://gisak.vsb.cz/livecd/tutor/umn/cepik/clanky/index.html>>
- [9] GDAL, [cit. 3.3.2009], dostupné na WWW: <<http://www.gdal.org/>>
- [10] GeoRSS :: Geographically Encoded Objects for RSS feeds, [cit. 16.1.2009], dostupné na WWW: <<http://georss.org/>>
- [11] GIS Unit Royal Botanic Gardens, [cit. 2.4.2009], dostupné na WWW: <<http://www.rbgekew.org.uk/gis/tdwg/index.html>>
- [12] GRASS GIS, [cit. 15.1.2009], dostupné na WWW: <<http://grass.itc.it/>>
- [13] Kartografie a geoinformatika, [cit. 5.5.2009], dostupné na WWW: <<http://www.geogr.muni.cz/ucebnice/kartografie/obsah.php?show=44>>
- [14] MagpieRSS: RSS for PHP, [cit. 15.2.2009], dostupné na WWW: <<http://magpierss.sourceforge.net/>>

- [15] National atlas.gov, [cit. 2.4.2009], dostupné na WWW: <<http://nationalatlas.gov/atlasftp.html?openChapters=chptrans#chptrans>>
- [16] National Marine Sanctuaries [cit. 28.4.2009], dostupné na WWW: <<http://dusk2.geo.orst.edu/djl/samoa/>>
- [17] OGC (Open Geospatial Consortium, Inc.), [cit. 16.3.2009], dostupné na WWW: <<http://www.opengeospatial.org/standards/wps>>
- [18] OGR Simple Feature Library, [cit. 3.3.2009], dostupné na WWW: <<http://www.gdal.org/ogr/index.html>>
- [19] PostGIS, [cit. 12.1.2009], dostupné na WWW: <<http://postgis.refractive.net/>>
- [20] PROJ.4 - Cartographic Projections Library, [cit. 3.3.2009], dostupné na WWW: <<http://trac.osgeo.org/proj/>>
- [212] Přírodní katastrofy a environmentální hazardy - zeměřesení, [cit. 11.1.2009], dostupné na WWW: <<http://www.sci.muni.cz/~herber/quake.htm>>
- [22] Python Programming Language, [cit. 2.4.2009], dostupné na WWW: <<http://www.python.org/>>
- [23] SEDAC, [cit. 2.4.2009], dostupné na WWW: <<http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/global.jsp>>
- [24] Spatial Horizont, [cit. 2.4.2009], dostupné na WWW: <<http://spatialhorizons.com/2007/12/09/sample-dataset-world-map/#more-147>>
- [25] Švýcarská seismologický služba, [cit. 11.1.2009], dostupné na WWW: <http://www.seismo.ethz.ch/redpuma/magnitudes_fr.html>
- [26] UMN Map Server, [cit. 14.1.2009], dostupné na WWW: <<http://mapserver.org/>>
- [27] University of California v Berkeley, [cit. 2.4.2009], dostupné na WWW: <<http://biogeo.berkeley.edu/bgm/gdata.php>>
- [28] W3 Schools, [cit. 15.1.2009], dostupné na WWW: <<http://www.w3schools.com/>>
- [29] Web Processing Service, [cit. 5.5.2009], dostupné na WWW: <<https://52north.org/twiki/bin/view/Processing/52nWebProcessingService?rev=51#Web%20Processing%20Service>>
- [30] Welcome to PyWPS, [cit. 19.3.2009], dostupné na WWW: <<http://pywps.wald.intevation.org/>>