



**FAKULTA
INFORMAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ČVUT V PRAZE**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Název:	GIS rozšíření pro ClueMaker
Student:	Bc. Jozef Beneš
Vedoucí:	Ing. Marek Sušický
Studijní program:	Informatika
Studijní obor:	Webové a softwarové inženýrství
Katedra:	Katedra softwarového inženýrství
Platnost zadání:	Do konce letního semestru 2018/19

Pokyny pro vypracování

Zadáním je analyzovat, navrhnout, implementovat a otestovat nový modul do aplikace ClueMaker. Aplikace slouží pro vizualizaci vztahů z dat (propojení mezi daty v databázích v různých tabulkách apod.). Používá se například při odhalování bankovních a pojistných podvodů. Nový modul bude mapovat entity na mapový podklad ze serveru WMS (Web Map Service – standard přenosu map přes HTTP) anebo WMTS (Web Map Tile Service – mapa rozdělená na tiles do více vrstev dle zoomu).

Bude umožňovat :

- vkládání entit dle GPS souřadnic
- počítání vzdáleností
- zobrazení obrysů vzdáleností
- konverzi GPS souřadnic

Seznam odborné literatury

Dodá vedoucí práce.

Ing. Michal Valenta, Ph.D.
vedoucí katedry

doc. RNDr. Ing. Marcel Jiřina, Ph.D.
děkan

V Praze dne 1. listopadu 2017



**FAKULTA
INFORMAČNÍCH
TECHNOLGIÍ
ČVUT V PRAZE**

Diplomová práce

GIS rozšíření pro ClueMaker

Bc. Jozef Beneš

Katedra softvérového inženýrství
Vedúci práce: Ing. Marek Sušický

9. mája 2018

Pod'akovanie

Za početné rady a usmernenia by som rád poďakoval môjmu vedúcemu práce Ing. Marekovi Sušickému a spoločnosti Profinit EU s.r.o za poskytnutú možnosť pracovať na diplomovej práci v rámci ich projektu. Ďalej by som chcel vyjadriť poďakovanie svojej rodine a priateľom, bez podpory ktorých by som týchto päť rokov na ČVUT nezvládol. A nakoniec by som chcel poďakovať svojej priateľke za psychickú a emocionálnu podporu vždy, keď mi bolo najťažšie.

Prehlásenie

Prehlasujem, že som predloženú prácu vypracoval(a) samostatne a že som uviedol(uviedla) všetky informačné zdroje v súlade s Metodickým pokynom o etickej príprave vysokoškolských záverečných prác.

Beriem na vedomie, že sa na moju prácu vzťahujú práva a povinnosti vyplývajúce zo zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, v znení neskorších predpisov, a skutočnosť, že České vysoké učení technické v Praze má právo na uzavrenie licenčnej zmluvy o použití tejto práce ako školského diela podľa § 60 odst. 1 autorského zákona.

V Prahe 9. mája 2018

.....

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta informačních technologií

© 2018 Jozef Beneš. Všetky práva vyhradené.

Táto práca vznikla ako školské dielo na FIT ČVUT v Prahe. Práca je chránená medzinárodnými predpismi a zmluvami o autorskom práve a právach súvisiacich s autorským právom. Na jej využitie, s výnimkou bezplatných zákonných licencií, je nutný súhlas autora.

Odkaz na túto prácu

Beneš, Jozef. *GIS rozšíření pro ClueMaker*. Diplomová práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií, 2018.

Abstrakt

Táto diplomová práca sa zaoberá analýzou, návrhom a realizáciou modulu do aplikácie ClueMaker firmy Profinit EU, ktorej hlavnou funkciou je vizualizácia dát uložených v databázach. Tento nový modul umožňuje analyzovať dáta z databáz aj vzhľadom na ich geografickú lokalitu. Pri vývoji pluginu bola využitá knižnica WorldWind vyvíjaná agentúrou NASA.

Kľúčová slova ClueMaker, GIS, WMS, NASA WorldWind, vizualizácia dát, analýza dát

Abstract

This master thesis deals with analysis, design and implementation of module for application ClueMaker of company Profinit EU. Its main function is visualization of data from databases. This new module allows for analysis of data from database according to their geographic location. For implementation was used WorldWind library developed by United States' agency NASA.

Keywords ClueMaker, GIS, WMS, NASA WorldWind, data visualization, data analysis

Obsah

Úvod	1
Motivácia a cieľ práce	1
Štruktúra práce	2
1 Aplikácia ClueMaker	3
1.1 Popis funkcionality	3
1.2 Použité technológie	6
1.3 Konkurencia ClueMakeru	8
1.4 Využitie v praxi	10
2 Analýza a návrh	13
2.1 GIS a webové mapové služby	13
2.2 GIS v konkurenčných riešeniach	15
2.3 Funkčné požiadavky	16
2.4 Nefunkčné požiadavky	18
2.5 Knižnice implementujúce webové mapové služby	19
2.6 Návrh užívateľského rozhrania	22
3 Realizácia	25
3.1 Modul GIS	25
3.2 Integrácia modulu GIS do aplikácie	44
3.3 Vyhodnotenie splnenia funkčných a nefunkčných požiadaviek	48
4 Testovanie	51
4.1 Unit testy	51
4.2 Testovanie užívateľského rozhrania	51
4.3 Performance testy	53
Záver	57

Literatúra	59
A Zoznam použitých skratiek	63
B Obsah priloženého DVD	65

Zoznam obrázkov

1.1	Logo aplikácie ClueMaker	3
1.2	Aplikácia ClueMaker	5
1.3	Časová os	7
2.1	Návrh GUI hlavného okna modulu	23
2.2	Návrh GUI panelu vrstiev	23
2.3	Návrh panelu nastavení modulu	24
3.1	Zjednodušený diagram komponent	25
3.2	Diagram tried modelu	26
3.3	Zobrazenie uzlov a hrán v module GIS	27
3.4	Triedny diagram akcií, ktoré sa podieľajú na paneli nástrojov	29
3.5	Panel s nástrojmi modulu GIS	30
3.6	Multihrany v module GIS	31
3.7	Normálny režim zobrazenia	32
3.8	Jednoduchý režim zobrazenia	33
3.9	Panel vrstiev	35
3.10	Triedny diagram akcií, ktoré sa podieľajú na paneli nástrojov merania vzdialenosti	36
3.11	Panel nástrojov merania vzdialenosti	37
3.12	Dialóg zvýraznenie obrysu vzdialenosti uzlu	37
3.13	Príklady nakreslených útavrov	39
3.14	Dialóg importu uzlov z grafu	40
3.15	Panel všeobecných nastavení	41
3.16	Panel nastavení serverov a vrstiev	42
3.17	Dialóg importu entít	47
4.1	Výsledky performance testu so samotnými uzlami – graf	55
4.2	Výsledky performance testu s uzlami a hranami – graf	56

Zoznam tabuliek

2.1	Funkčné požiadavky	17
2.2	Nefunkčné požiadavky	19
3.1	Splnenie funkčných požiadaviek	49
4.1	Výsledky performance testu so samotnými uzlami	54
4.2	Výsledky performance testu s uzlami a hranami	55

Úvod

V posledných rokoch stále narastá používanie informačných technológií a s tým je spojená aj vyššia produkcia dát. Vznikla vďaka tomu potreba vizualizácie týchto dát z databáz, ktoré inak voľným okom neukazujú dost názorne, aké prepojenia sú medzi nimi. Jedným z nástrojov, ktoré takúto vizualizáciu umožňujú je ClueMaker.

Táto aplikácia je komerčným produktom spoločnosti Profnit EU s.r.o., kde sa ako zamestnanec podieľam na jeho tvorbe v rámci tejto práce.

Motivácia a cieľ práce

Keďže je ClueMaker komerčný produkt, je kľúčové, aby si udržal konkurencieschopnosť a snažil sa stále vylepšovať a poskytovať služby na úrovni iných podobných aplikácií.

Mnohé z konkurenčných aplikácií už v súčasnosti podporujú vizualizáciu dát s geografickými údajmi na mapu, z čoho vznikla požiadavka doimplementovať takúto funkcionality aj do ClueMakeru. Takéto vylepšenie funkcionality môže pomôcť súčasným klientom a taktiež prilákať nových klientov.

Možnosť vkladania entít na mapu uľahčuje analýzu dát z geografického hľadiska a je možné ju využiť pri skúmaní dát o pohybe osôb, údajoch o telefonických hovoroch, prípadne na zisťovanie susedských väzieb pri osobách či firmách.

Ako príklad jedného z týchto využití sa ponúka situácia, keď máme v databáze informácie z vysielateľov mobilného signálu o polohe telefónnych čísel podozrivých osôb v určitom čase. Vďaka možnosti umiestňovať ich na mapu bude možné jednoduchšie vystopovať trasy, po ktorých sa pohybujú, prípadne

miesta ich pravidelných stretnutí a podobné informácie podstatné pre vyšetrenie.

Ďalšou oblasťou, kde sa už v súčasnosti používa zobrazovanie dát s geografickými údajmi na mape, je Afganistan, kde analytici armády a spravodajských služieb USA používajú jedno z konkurenčných riešení ClueMakeru na zabráňovanie bombovým útokom improvizovanými explozívnymi zariadeniami (angl. IED)[1].

Štruktúra práce

Práca je rozdelená na štyri logické celky. V prvej časti bude popísaná aplikácia a jej funkcionality s akou vstupovala do vývoja nového GIS modulu. Sú tam predstavení aj hlavní konkurenti aplikácie ClueMaker a technológie, ktoré boli použité pri jej vývoji.

Ďalšia časť sa zaoberá analýzou webových mapových služieb a termínmi patriacimi do problematiky GIS. Pre vytvorenie prehľadu sú tu aj zhodnotené GIS riešenia konkurentov aplikácie ClueMaker. Nachádza sa tam aj rozbor knižníc, ktoré implementujú GIS funkcionality a z ktorých bolo vybrané najadekvátnejšie riešenie. Nechýba tam ani analýza funkčných a nefunkčných požiadaviek na nový modul a návrh obrazoviek nového modulu.

Tretia časť sa zaoberá implementáciou nového modulu. Okrem vlastnej implementácie jednotlivých funkčných požiadaviek a popisu technológií a postupov na to použitých sa tu nachádza popis integrácie nového modulu na zvyšok aplikácie. V závere tejto časti sa ešte nachádza stručné vyhodnotenie splnenia funkčných a nefunkčných požiadaviek.

V poslednej časti je popísané, ako bol nový modul otestovaný, teda jeho funkcionality pomocou unit testov, jeho užívateľské rozhranie heuristickou analýzou a jeho výkon performance testami.

Aplikácia ClueMaker

Nástroj na analýzu dát ClueMaker (predtým SVAT – Smart Visual Analytics Tool) vznikol v rámci projektu pre jednu z hlavných českých bánk v roku 2012 a slúžil na odhaľovanie podvodov pri finančných transakciách.

Aplikácia prešla veľkým redesignom v roku 2015, kedy sa začalo od nuly a aplikácia získala svoju dnešnú podobu a počas ďalších troch rokov vývoja aj všetku svoju súčasnú funkcionality.

1.1 Popis funkcionality

V tejto sekcii popíšem funkcie ClueMakeru, ktoré tvoria jeho kľúčovú funkcionality.

1.1.1 Súbor pre prácu s aplikáciou ClueMaker

Pre prácu s dátami v ClueMakeri existujú dva typy súborov:

- **ClueMaker Workspace (.sws)**, ktorý má uloženú konfiguráciu dáto-



Obr. 1.1: Logo aplikácie ClueMaker[2]

vých zdrojov, SQL dopyty pre mapovanie dát na entity a vzťahy medzi nimi a taktiež SQL dopyty pre uložené vyhľadávania a reporty (o nich v 1.1.4 a 1.1.6).

- **ClueMaker Project (.spr)** slúži na uloženie grafu, zmien na uzloch mimo konfigurácie a selekcií. Ďalej je v ňom uložené aj aktuálne rozloženie grafu.

1.1.2 Configurator

Configurator je samostatná aplikácia, v ktorej sa definujú mapovania dát z databáz na jednotlivé entity a vzťahy medzi nimi. Tiež je tu možné nadefinovať dátové zdroje pre import dát. Ďalej je tu možné definovať všeobecné aj entitné reporty (1.1.6) a dopyty potrebné pre ich vykonanie. Výstupom Configuratora je konfigurácia, ktorá slúži ako základ projektu pre import entít a spúšťanie reportov a je uložená do ClueMaker Workspace súboru.

1.1.3 Podporované zdroje dát

ClueMaker podporuje okrem všetkých tradičných relačných databáz (Oracle, PostgreSQL, Microsoft SQL Server a MySQL) aj menej rozšírené riešenia ako Aster Data, Firebird, Apache Hive, IBM DB2, Impala, Netezza, Splunk a Teradata.

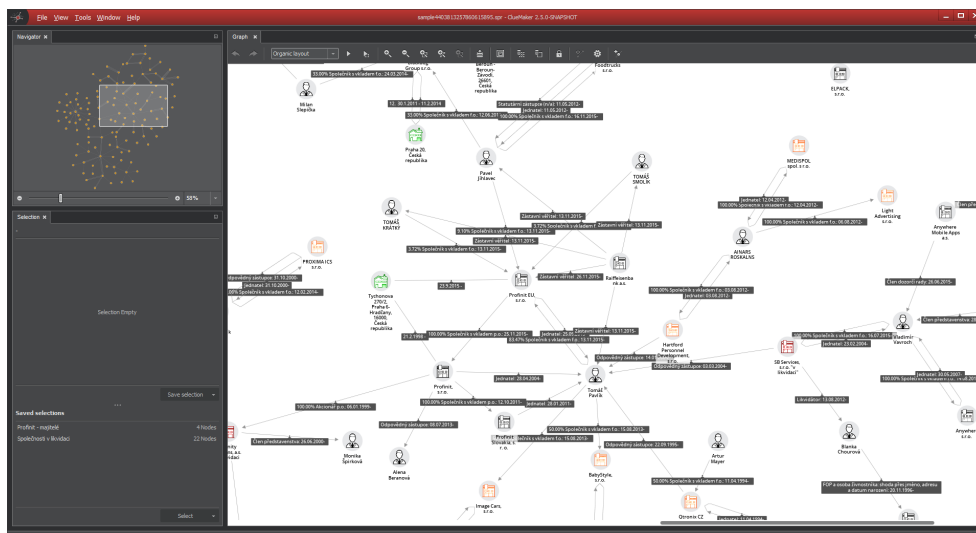
1.1.3.1 Import Excelu

Ďalší spôsob ako dostať štruktúrované dáta do aplikácie na analýzu je pomocou importovania vo formáte Excel. Pre načítanie dát z Excelu existuje v aplikácii špeciálny sprievodca, počas ktorého sa vytvorí mapovanie dát na uzly (entity) a hrany. Takto vytvorenú šablónu mapovania je možné uložiť a znovu použiť.

1.1.4 Import dát z databáz a ich dodatočné dohľadávanie

Ak je projekt v ClueMakeri založený s nakonfigurovanou databázou, dáta je možné doňho importovať priamo z databázy. Pri importe sa dajú definovať kritériá na atribúty, podľa ktorých sa budú vyberať dáta pre import. Po vyhľadaní dát v databáze je užívateľovi zobrazený zoznam entít vyhovujúcich zadaným kritériám a užívateľ môže vybrať, ktoré z nich sa vložia do grafu.

Na uzloch už prítomných v grafe v projekte založenom nad databázou je možné dohľadať uzly, ktoré s nimi majú väzby. Je možné vybrať konkrétne väzby, ktoré nás zaujímajú, priamo všetky väzby alebo použiť uložené hľadanie definované v konfigurácii pomocou Configuratora.



Obr. 1.2: Aplikácia ClueMaker

1.1.5 Vizualizácia dát, selekcia, filtrácia a zvýrazňovanie

ClueMaker zobrazuje dáta z dátových zdrojov vo forme grafu, kde sú zadané entity jednotlivými uzlami. Aplikácia nielenže entity zobrazuje, taktiež týmto entitám načíta z dátových zdrojov atribúty podľa ich konfigurácie. Graf je možné zobrazit vo viacerých rozlozeniach, a to:

- **organické**, ktoré uzly len rozmiestni do hviezdic, ako je viditeľné napríklad na obr. 1.2,
- **hierarchické**, kde sú uzly špeciálne zoradené podľa svojich stupňov, a to buď horizontálne, alebo vertikálne podľa toho, aký typ rozloženia bol vybratý,
- **časové rozloženie**, ktoré uzly s časovou platnosťou zoradí od najstaršieho vľavo po najmladší vpravo.

Okrem toho je možné zobrazit vo vybranom rozložení len označené uzly.

Podľa ich atribútov je možné filtrovať entity aj hrany. Filtrácia prebieha zvýraznením uzlov (a hrán medzi nimi), ktoré spĺňajú kritéria filtrácie. Filtrovať je tiež možné podľa typu entity alebo hrany a jednotlivé kritériá filtrácie je možné skladať. V zobrazenom grafe je tiež možné fulltextovo vyhľadávať, uzly spĺňajúce kritériá hľadania sa vyberú a zvýrazia.

Ďalší spôsob zobrazenia, ktorý ClueMaker ponúka, je zobrazenie dát v tabuľke spolu s ich atribútmi. Ak sú riadky v tabuľke označené, sú zároveň

vybraté príslušné uzly alebo hrany v grafe a naopak. Uzly, ktoré sú označené sa dajú v projekte uložiť ako uložený výber a označiť neskôr, prípadne sa s uloženými výbermi dajú robiť množinové operácie.

Uzly a hrany sa do grafu dajú vkladať aj pomocou tzv. palety, kde je možné zvoliť si entitu alebo typ hrany a následne kliknutím do mapy vytvoriť nový uzol alebo potiahnutím medzi dvoma uzlami vložiť novú hranu. Z palety je tiež možné vkladať do grafu textové pole alebo obrázok. Celkový graf je možné exportovať ako obrázok vo formáte PNG.

1.1.6 Reporty

Pre projekty, ktoré sú založené nad databázami, ClueMaker umožňuje spúšťať SQL dopyty s formátovaným výstupom vo formáte tabuľky alebo grafu. Existujú 2 druhy reportov:

- **všeobecné**, ktoré nemajú väzbu na žiadnu entitu a slúžia najmä na spúšťanie zložitejších SQL dopytov s parametrami zadanými užívateľom.
- **entitné**, ktoré sú viazané na konkrétnu entitu a okrem užívateľských parametrov v dopytoch používajú väčšinou aj atribúty entity.

Výsledok reportu, ktorým je zvyčajne tabuľka s výsledkom jeho SQL dopytu, ktorú je možné exportovať do CSV alebo súboru XLS.

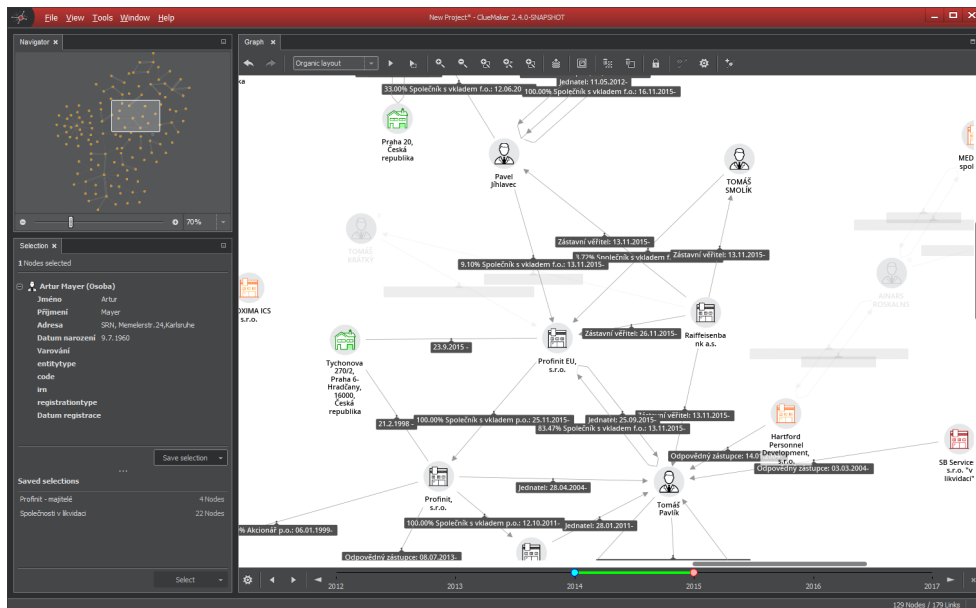
1.1.7 Časová os

Uzly alebo hrany z databázy môžu mať namapované atribúty, ktoré im udávajú začiatok alebo koniec časovej platnosti. Pomocou časovej osi (na obrázku 1.3 dolná lišta) je možné označiť začiatok a koniec intervalu a uzly, ktorých doba platnosti spadá do označeného intervalu, budú následne zvýraznené.

Jednotky času na časovej ose je možné meniť pomocou pohybu kolieska myši. Ďalej sa dá nastaviť presná dĺžka intervalu, prípadne sa dá interval o nastavený krok posúvať po osi alebo rozširovať.

1.2 Použité technológie

Pri implementácii aplikácie ClueMaker boli použité tri základné technológie, Java, Maven a NetBeans Platform, ktoré v nasledujúcich odsekoch stručne popíšem.



Obr. 1.3: Časová os v ClueMaker[3]

1.2.1 Java

Java je objektovo orientovaný programovací jazyk. Pri kompilácii je prekladaný na bajtkód, ktorý následne interpretuje Java Virtual Machine, ktorý je spustený na operačnom systéme. Vďaka tejto vlastnosti je Java multiplatformná, čo umožňuje to, že ClueMaker je dostupný pre Windows, Linux aj MacOS.

Ďalšou výhodou Javy je jej veľká rozšírenosť v programátorskej komunite, a tým pádom aj veľký počet knižníc dostupných pre tento jazyk. Napríklad na GitHubu bola v prvom kvartáli roku 2018 Java tretí najpoužívanější jazyk s podielom 9,96 %. Ďalší jazyk, ktorý by sa dal považovať za konkurenta Javy, C#, ešte nie je dosť rozšírený (obsadil deviatu priečku s 3,375% podielom)[4].

Pri implementácii aplikácie ClueMaker bola použitá Java verzie 8, a jej prínosy (napr. Stream API) sú aj značne používané .

1.2.2 Maven

Pre správu a riadenie buildu ClueMakeru je použitý Apache Maven. Je to potrebné najmä pre desiatky modulov, ktoré aplikácia obsahuje a pre mnohé závislosti medzi nimi. Taktiež uľahčuje používanie externých knižníc.

1.2.3 NetBeans Platform

Táto sekcia čerpá z [5, 6]

NetBeans okrem svojho známejšieho IDE poskytujú aj platformu na tvorbu zložitejších modulárnych aplikácií. Ide o generický framework na tvorbu Swingových Java aplikácií. Táto platforma okrem podpory modularity poskytuje:

- správu pluginov (umožňuje ich vypínanie a zapínanie),
- ucelené grafické rozhranie,
- window systém a ďalšie.

Obsahuje taktiež Visual API, ktoré je základom zobrazovania grafov v ClueMakeri.

1.3 Konkurencia ClueMakeru

V nasledujúcej časti predstavím hlavných konkurentov aplikácie ClueMaker a ich riešenia vizualizácie dát na mapových podkladoch.

1.3.1 IBM i2 Analyst's Notebook[7]

Spoločnosť IBM stojí za jedným z najpokročilejších nástrojov v oblasti vizualizácie dát, a to IBM i2 Analyst's Notebook. Skladá sa z viacerých súčastí[8]:

- Analyst's Notebook Connector for Esri, ktorá poskytuje možnosť zobrazovať dáta na mape a analyzovať ich z časového hľadiska,
- iBridge, pomocou ktorej sa aplikácia pripája na dátové zdroje,
- Text Chart, ktorý dokáže analyzovať dokumenty a získavať z nich zadané entity,
- Pattern Tracer, ktorého úlohou je vykonávať SNA nad veľkým objemom dát o vykonaných telefonických hovoroch,

IBM i2 Analyst's Notebook nie je multiplatformný, funguje len na systémoch Windows a Windows Server[9]. Ďalšou súvisiacou aplikáciou od IBM je IBM i2 Chart Reader, pomocou ktorého je možné výsledky získané v Analyst's Notebooku zobrazovať aj bez neho, napríklad v inom vyšetrovacom tíme[8].

1.3.2 Palantir Gotham

Táto sekcia čerpá z [10, 11, 12, 13]

Softvér Palantir Gotham je podobne ako IBM i2 Analyst's Notebook vysoko prepracovaný nástroj. Inžinieri z firmy Palantir na začiatku vytvoria model z používaných dát (tzv. Dynamic Ontology), ktorý je možné flexibilne meniť, čím prispôbia aplikáciu potrebám zákazníka. Tieto dáta môžu byť aj z viacerých zdrojov. Takto integrované dáta sú uložené do tzv. Revision Database (RevDB), ktorá funguje podobne ako Git a sleduje všetky zmeny vykonané či užívateľsky alebo v databáze. RevDB používa ako úložisko AtlasDB, ktorá kombinuje škálovateľnosť NoSQL databáz s transakciami a konzistenciou tradičných relačných databáz.

Palantir Gotham je distribuovaný systém a na využívanie dát a analýzy z iných inštancií sa používa synchronizácia pomocou ich nástroja Nexus Peering. Ďalšie nástroje, ktoré tvoria systém Gotham, sú Phoenix, ktorý slúži na analýzu veľkých datasetov o veľkosti rádovo v petabytoch a Raptor, ktorý slúži na fulltextové vyhľadávanie v štruktúrovaných aj neštruktúrovaných dátach. Celý tento systém je spustený na serveri, na ktorý sa jednotlivé pracovné stanice pripájajú. Okrem desktopového variantu existuje aj mobilná verzia aplikácie.

1.3.3 Cambridge Intelligence KeyLines

Táto sekcia čerpá z [14, 15, 16]

Cambridge Intelligence KeyLines je aplikácia napísaná v jazyku JavaScript a spúšťa sa v prehliadači. Na vykresľovanie grafov s dátami a ich prepojeniami používa HTML5, prípadne v drahšej verzii WebGL, ktorá zvláda väčší objem dát. Kvôli tomu, že sa spúšťa v prehliadači, nie je závislá na platforme, postačuje jej len prehliadač podporujúci HTML5 alebo WebGL.

ClueMaker tiež podporuje filtrovanie uzlov, časovú os, layouty a veľké množstvo užívateľských vizuálnych úprav. KeyLines však navyše ponúka možnosť počítat SNA metriky a zobrazovanie na mapových podkladoch. KeyLines je agnostický voči typu databáze, pre import je len potrebné dáta dať do podoby JSON objektu.

1.3.4 Tovek Tools

Táto sekcia čerpá z [17, 18]

Tovek Tools je český konkurenčný produkt od spoločnosti Tovek. Dokáže pracovať s offline úložiskom, ale aj s obsahom schránky elektronickej pošty, prípadne s databázou. Rovnako ako ClueMaker, podporuje vizualizáciu dát z databáz alebo aj časovú os. V súčasnosti už podporuje aj vizualizáciu na mapových podkladoch.

Zaujímavou vlastnosťou je analýza kontextu dokumentu. Dokáže z dokumentov (aj v iných jazykoch ako v češtine) vyextrahovať mená osôb, miest, štáty, webové adresy alebo finančné čiastky.

1.3.5 Forcepoint SureView Analytics[19]

Forcepoint SureView Analytics je produkt, ktorý sa zameriava na bezpečnostné analýzy. Dokáže pracovať s dátami z webových stránok, elektronickej pošty, sociálnych sietí, dokumentov a samozrejme z databáz.

Pri práci s dátami ponúka analýzu vzťahov medzi dátami, časovú analýzu, geografickú analýzu a štatistickú analýzu (identifikácia vrcholov v aktivitách či hodnotách ap.).

1.3.6 Maltego

Táto sekcia čerpá z [20, 21, 22]

Maltego od juhoafrickej spoločnosti Paterva slúži ako interaktívny nástroj pre dolovanie dát a ich vizualizáciu. Na rozdiel od ostatnej konkurencie nepracuje s dátami z databáz, ale so štruktúrovanými dátami z CSV súborov alebo zošitmi MS Excel. Jednou zaujímavou vlastnosťou je možnosť vytvoriť pomocou ich Comms serveru zdieľanú session, čím sa umožní upravovať graf viacerým užívateľom naraz. Ďalšou zaujímavosťou je ich Transforms Hub, ktorý umožňuje na entitách vykonávať transformácie, ktorých výsledkom sú nové entity, napr. Kaspersky Labs umožňuje takýmto spôsobom analýzu nebezpečných URL alebo súborov[23].

1.4 Využitie v praxi

ClueMaker je v súčasnosti používaný v niekoľkých českých bankách a poisťovniach na odhaľovanie finančných, resp. poisťných podvodov. Jeho ďalším úspešným použitím je jeho využitie pri vyšetrovaní či už advokátskymi kancelárkami, alebo aj českým portálom Hlídací pes pri investigatívnej žurnalistike.

Napríklad pri tomto konkrétnom prípade[24] bola pomocou ClueMakeru a jeho schopnosti vyhľadávať prepojenia odhalená sieť ľudí spojených obchodnými väzbami, čím sa podarilo ukázať skutočné prúdenie peňazí. Bez

ClueMakeru (alebo iného podobného nástroja) by sa takéto väzby odhaľovali oveľa zložitejšie, možno by to bolo až nemožné.

Analýza a návrh

2.1 GIS a webové mapové služby

Geografický informačný systém (skrátene GIS) je systém navrhnutý na zaznamenávanie, ukladanie, manipuláciu, analýzu, správu a prezentáciu priestorových alebo geografických dát[25]. V GIS rozšírení pre ClueMaker sa budú na získavanie mapových podkladov, na ktorých sa vizualizujú dáta, používať štandardizované webové mapové protokoly.

Všetky protokoly umožňujú poskytovať viaceré mapové vrstvy (angl. layers), čo sú vlastne rôzne typy máp, napr. klasická mapa, satelitná a pod.

2.1.1 Protokoly

Existujú 3 typy technológií používaných na prenos mapových dát pomocou protokolov HTTP/HTTPS a to:

- protokoly renderujúce mapy z GIS databázy (napr. WMS),
- protokoly zobrazujúce rastrové dlaždice (napr. TMS, WMTS),
- protokoly zobrazujúce vektorové dlaždice (napr. Mapbox Vector Tile Specification)

2.1.1.1 Web Map Service

Táto sekcia čerpá z [26, 27]

Web Map Service (skrátene WMS) je protokol, ktorý slúži na poskytovanie mapových obrázkov, ktoré generuje mapový server z jednej alebo viacerých GIS databáz. Prvá verzia tohto protokolu vyšla v roku 2000 a za jeho vývojom

2. ANALÝZA A NÁVRH

stojí Open Geospatial Consortium. Najnovšia verzia protokolu je 1.3.0 a bola vydaná v januári 2004.

Protokol WMS má 2 základné druhy requestov, ktoré musí podporovať každá jeho implementácia, a to GetCapabilities a GetMap. Ide o štandardné HTTP GET requesty, parametre sa predávajú pomocou key-value v query stringu v URL. O aký typ requestu ide sa určuje pomocou povinného parametra REQUEST, v ktorom sa uvedie meno typu requestu.

GetCapabilities slúži na získanie parametrov o danej službe WMS. V response vráti informácie o tom, aké verzie protokolu WMS služba podporuje, aké má vrstvy a štýly, informácie o ich bounding boxe (rozsah podporovaných súradníc), o podporovaných súradnicových systémoch¹ a formátoch vracaných obrázkov. Podľa štandardu je jediným povinným formátom responsu XML, môžu byť ale podporované aj iné formáty.

GetMap má okrem parametra REQUEST aj ďalšie povinné parametre:

- VERSION, ktorý určuje, akú verziu protokolu používame,
- LAYERS, ktorý obsahuje čiarkou oddelený zoznam vrstiev, ktoré má server na mapu vyrenderovať,
- STYLES, ktorý obsahuje zoznam štýlov, ktoré sa majú pri renderovaní použiť; ak je prázdny, použije sa defaultný štýl,
- CRS, reprezentujúci použitý systém súradníc,
- BBOX, v ktorom sú súradnice oblasti, ktorej mapu chceme získať,
- WIDTH a HEIGHT určujú rozmery nami požadovaného obrázka mapy,
- FORMAT, kde je uvedený požadovaný formát obrázku v response (PNG, JPG, ...).

Response bude obsahovať obrázok podľa requestu, prípadne XML s chybou, ak nejaká nastane.

¹**Súradnicový referenčný systém** (angl. Coordinate Reference System, skr. CRS) je systém založený na súradniciach, ktorý slúži na lokalizovanie geografických entít. Definuje špecifickú mapovú projekciu a zároveň aj transformácie medzi inými CRS[28].

2.1.1.2 Rastrové dlaždicové služby

Rastrové dlaždicové služby poskytujú na rozdiel od WMS vopred renderované dlaždice (angl. tiles) máp z databázy, čím je oproti WMS urýchlené vybavovanie requestov. Ako vyplýva z názvu, tieto dlaždice sú rastrové, najčastejšie vo formáte PNG. Dlaždice majú rovnaké rozmery 256x256 pixelov a miera detailov v nich závisí od tzv. zoom levelu.

Slippy Map Tilenames[29] sa používa pri službe OpenStreetMap². Dlaždice sú dostupné na adrese formátu `http://.../Z/X/Y.png`, kde Z je zoom level a X a Y identifikujú dlaždicu. Dlaždice sú číslované z ľavého horného rohu mapy, teda zo severozápadu.

Web Map Tile Service[31] je štandardizovaný protokol, ktorý slúži na prenos vopred renderovaných dlaždíc. Jeho štandard publikovalo Open Geospatial Consortium v apríli 2010. Protokol WMTS podporuje requesty s key-value parametrami v query stringu, SOAP aj REST. Vznikol na základe protokolu Tile Map Service spoločnosti OSGeo.

Podobne ako WMS aj WMTS má dva typy requestov, ktoré musia byť implementované – `GetCapabilities` na zistenie parametrov služby a `GetTile` na získanie samotnej dlaždice. Zoom levely sú reprezentované tzv. množinou matíc dlaždíc (angl. tile matrix set). Jednotlivé dlaždice sú číslované z ľavého horného rohu do pravého dolného rohu.

2.1.1.3 Vektorové dlaždicové služby

Vekovo najmladšie sú vektorové dlaždicové služby. Líšia sa od rastrových tým, že ich dlaždice sú vektorové obrázky. Jeden z protokolov používaných pre vektorové dlaždice je Mapbox Vector Tile Specification od spoločnosti Mapbox[32]. Vektorové dlaždice sú v tomto protokole zakódované pomocou Google Protocol Buffers, ktoré umožňujú serializáciu štruktúrovaných, v tomto prípade vektorových objektov. Na prenos dlaždíc slúži formát GeoJSON³. Najnovšia verzia tohto protokolu je 2.1 a bola vydaná v januári 2016[32].

2.2 GIS v konkurenčných riešeniach

V tejto sekcii sa vrátim ku konkurenčným riešeniam aplikácie ClueMaker spomenutým v minulej kapitole (1.3) a zhodnotím ich schopnosti v oblasti zobrazovania dát na mapovom podklade.

²**OpenStreetMap** je služba poskytujúca editovateľné mapy sveta vytvorené dobrovoľníkmi. Tieto mapy sú poskytované zdarma pod licenciou OpenStreetMap License.[30].

³**GeoJSON** je formát na kódovanie rôznych geografických dátových štruktúr do formátu JSON[33].

2.2.1 IBM i2 Analyst's Notebook

Mapy sú riešené pomocou spoločnosti Esri a ich produktu ArcGIS, ktorý je do aplikácie integrovaný v podobe IBM i2 Analyst's Notebook Connector for Esri. Mapové funkcie tohoto produktu sú veľmi pokročilé a okrem zobrazovania dát dokáže robiť aj GIS dopyty, teda dopyty s obmedzením na nejaké dané územie. Výber toho územia sa uskutočňuje buď jeho priamym vyznačením na mape (dostupné sú viaceré tvary ako obdĺžnik, kruh, nadväzujúce úsečky atď.), alebo označením oblasti okolo nejakého bodu, prípadne vyznačeného územia (tzv. data buffer). Ďalšou zaujímavou funkciou je možnosť vyhľadania novej cesty medzi 2 bodmi[34].

2.2.2 Palantir Gotham

Mapová funkcionálnosť je podobná s IBM, podporuje vlastné mapy, vyhľadávanie v útvare nakreslenom na mape, prípadne v okolí bodu (tzv. buffer) alebo trasy. Palantir Gotham tiež umožňuje nahrávať vrstvy zo súborov vo formáte KML⁴ alebo Shapefile⁵. Gotham má tiež funkciu heatmapy, kde na mape farebne zvýrazní oblasti podľa koncentrácie importovaných bodov[11].

2.2.3 Cambridge Intelligence KeyLines

V rámci zobrazovania na mapách umožňuje KeyLines používať rovnakú funkcionálnosť ako pri klasickom zobrazení grafu. Jeho hlavnou nevýhodou je potreba, aby dáta mali súradnice, aby ich bolo možné zobrazovať na mape[16].

2.2.4 Ďalšie riešenia

Z ďalších konkurenčných riešení analýzu dát s lokalizačnými údajmi sú Tovek Tools a Foreceptpoint SureView Analytics. Paterva Maltego pravdepodobne zobrazovanie na mapový podklad nepodporuje. Bližšie informácie o GIS funkcionálnosti týchto produktov sa mi zistiť nepodarilo.

2.3 Funkčné požiadavky

Počas analýzy a po diskusiách s vedúcim práce sme izolovali tieto funkčné požiadavky.

⁴**Keyhole Markup Language** je formát, pomocou ktorého je možné zobrazovať geografické dáta napr. v Google Earth[35].

⁵**Shapefile** je vektorový formát pre geografické dáta vyvinutý a regulovaný spoločnosťou Esri[36].

Tabuľka 2.1: Funkčné požiadavky

Kód	Názov funkčnej požiadavky
FR1	Zobrazovanie entít na mape podľa ich geografických súradníc
FR2	Definovanie mapových podkladov
FR3	Počítanie vzdialeností
FR4	Zobrazenie obrysov vzdialenosti od entity
FR5	Kreslenie obrazcov do mapy
FR6	Konverzia GPS formátov
FR7	Ukladanie mapy
FR8	Export mapy

2.3.1 FR1 – Zobrazovanie entít na mape podľa ich geografických súradníc

- Fundamentálnou funkčnou požiadavkou je pridať do aplikácie možnosť vkladať entity na mapu na základe jej súradníc.
- Pre zobrazovanie vzťahov medzi entitami je nutné, aby bolo možné vkladať do mapy aj entity bez geografickej polohy.
- Entitám bude možné upravovať label, prípadne ich z mapy odstrániť.
- Ak bude entita v grafe upravená, úpravy sa prejavia aj na mape.
- Entity – uzly vybrané v grafe budú súčasne označené aj na mape a bude to fungovať aj obrátene.
- Filtrovanie zo súčasnej aplikácie bude fungovať rovnako aj na mape.

2.3.2 FR2 – Definovanie mapových podkladov

- Bude možné pridať vlastný zdroj máp používajúci protokol WMS alebo WMTS.
- Bude možné vybrať, ktoré mapové vrstvy budú použité.

2.3.3 FR3 – Počítanie vzdialeností

Bude možné zmerať vzdialenosť dvoch a viacerých bodov.

2.3.4 FR4 – Zobrazenie obrysov vzdialenosti od entity

- Bude možné nakresliť kruh s nastaviteľným polomerom okolo zvoleného uzlu.

- Možnosť dohľadávať entity spadajúce do nakresleného kruhu.

2.3.5 FR5 – Kreslenie obrazcov do mapy

- Bude možné kresliť:
 - obdĺžnik,
 - elipsu,
 - kruh,
 - nadväzujúce úsečky (angl. polyline).
- Možnosť dohľadávať entity spadajúce do vzdialenosti od nadväzujúcich úsečiek alebo nachádzajúce sa v útvere. Táto tolerancia sa bude dať nastaviť.

2.3.6 FR6 – Konverzia GPS formátov

Všade v aplikácii, kde je možné zadávať súradnice, bude umožnené použiť pre ich zadanie okrem zadania desatinnými číslami aj iný formát, napr. DMS (stupne, minúty a sekundy).

2.3.7 FR7 – Ukladanie mapy

V projektovom súbore budú perzistentné:

- zobrazené entity na mape,
- zobrazené vzťahy medzi entitami na mape,
- pridané zdroje máp,
- zobrazené mapové podklady,
- poloha na mape pri ukladaní,
- nastavené parametre (farby hrán a uzlov a pod.).

2.3.8 FR8 – Export mapy

Zobrazenú časť mapy aj s entitami by malo byť možné exportovať vo forme obrázku (napr. PNG).

2.4 Nefunkčné požiadavky

Nový modul GIS musí spĺňať aj vybrané nefunkčné požiadavky.

Tabuľka 2.2: Nefunkčné požiadavky

Kód	Názov funkčnej požiadavky
NR1	Výkon
NR2	Prenositelnosť
NR3	Modifikovateľnosť a rozšíriteľnosť
NR4	Prehľadnosť GUI

2.4.1 NR1 – Výkon

- Modul musí podporovať vloženie rádovo niekoľko tisíc uzlov do mapy.
- Modul nesmie spôsobovať zamrzenie aplikácie na krátke okamžiky (netýka sa neovplyvniteľných udalostí ako rýchlosť odozvy mapového serveru).

2.4.2 NR2 – Prenositelnosť

Pridaním modulu sa nesmie zmeniť súčasná prenositeľnosť aplikácie medzi operačnými systémami, teda ClueMaker musí aj naďalej podporovať Windows, MacOS aj Linux.

2.4.3 NR3 – Modifikovateľnosť a rozšíriteľnosť

- Nový modul GIS musí byť implementovaný tak, aby ho bolo možné jednoducho upravovať a rozširovať jeho funkcionality.
- Modul musí byť dôkladne zdokumentovaný.

2.4.4 NR4 – Prehľadnosť GUI

- Uživatelské rozhranie nového modulu musí byť navrhnuté v rovnakom duchu ako zvyšok aplikácie, nesmie sa od neho značne odlišovať.
- Pri návrhu musia byť splnené základné princípy návrhu užívateľského rozhrania a rozhranie aplikácie musí spĺňať kritéria určené tzv. Nielsenovým desatorom[37].

2.5 Knižnice implementujúce webové mapové služby

V tejto sekcii práce porovnam niekoľko v súčasnosti dostupných knižníc, pomocou ktorých by bolo možné do ClueMakeru pridať funkcionality zobrazovať

dáta na mapových podkladoch.

2.5.1 GeoTools

Táto sekcia čerpá z [38, 39, 40]

GeoTools je open source knižnica pre Javu, ktorá poskytuje funkcionality zodpovedajúcu štandardom manipulácie s geospaciálnymi dátami. Knižnica okrem iného podporuje protokoly WMS aj WMTS. Pri ňom dokonca poskytuje rozhranie, ktoré dovoľuje určiť súradnicami územia, pre ktoré by sme chceli získať mapový podklad.

Pri použití tejto knižnice by bolo nutné vyriešiť preklad súradníc na súradnice v grafe a podľa toho umiestňovať uzly. Ďalšia výzva by bola implementácia približovania a oddalovania, ktoré by muselo byť realizované výmenou všetkých čiastkových kúskov mapy spojenou so zisťovaním, že akú časť mapy má byť momentálne vidieť.

Knižnica GeoTools používa licenciu LGPL, čo účelu použitia pre komerčné využitie neprekáža, kým bude pridaná ako knižnica a nie ako samostatné triedy medzi ostatné triedy ClueMakeru. Ďalej je na jej buildovanie použitý Maven, čo by zjednodušilo jej integráciu do aplikácie.

2.5.2 NASA WorldWind

Táto sekcia čerpá z [41, 42, 43]

WorldWind je zdarma poskytované open-source API, ktoré poskytuje nástroje pre zobrazovanie virtuálneho 3D glóbusu. Hlavnou výhodou tejto knižnice sú dostupné Java grafické komponenty, vďaka ktorým už nie je nutné implementovať zoom mapy, jej posúvanie ani prevod geografických súradníc na súradnice v aplikácii, čím by sa realizácia GIS modulu zjednodušila.

Knižnica už má vstavaných niekoľko mapových vrstiev a navyše umožňuje jednoduché pridanie ďalších WMS serverov ako zdrojov máp. Taktiež ponúka možnosť kresliť útvary na mapu či merať vzdialenosti, čím sa hodí pre účely aplikácie. Ponúka tiež ďalšie možnosti ako zobrazenie mierky alebo súradnicovej mriežky, ktoré je možné jednoducho do aplikácie integrovať. Množstvo príkladov použitia knižnice od NASA a taktiež rozsiahla dokumentácia značne uľahčujú jej použitie. Pre renderovanie máp je použité OpenGL, vo verzii pre Javu konkrétne knižnica JOGL.

Knižnica zároveň uchováva v keši súbory s mapovými vrstvami rozdelenými na dlaždice, čo je výhodné pre celkové zrýchlenie knižnice minimalizovaním

sietovej komunikácie a zároveň jej to umožňuje fungovať bez pripojenia na internet (ak už sú dané časti mapy v keši).

V súčasnosti okrem verzie pre Javu poskytuje NASA aj knižnicu pre Android aj knižnicu pre vývoj webových aplikácií. V súčasnosti je WorldWind Java vo verzii 2.1, ktorá vyšla v decembri 2016. Vďaka tomu, že okrem verzie pre Android a web poskytuje aj verziu v Jave, ktorá je multiplatformná (dostupná pre Windows, Linux aj MacOS), je WorldWind dostupný pre takmer každé zariadenie.

NASA knižnicu WorldWind vydala pod licenciou NOSA (NASA Open Software Agreement)[44], ktorá umožňuje bezplatné komerčné využitie tejto knižnice. NOSA však zakazuje distribuovať úpravy jadra WorldWind v komerčných proprietárnych aplikáciách.

2.5.3 Geotoolkit[45]

Knižnica Geotoolkit (skrátene Geotk) je open source Java knižnica pre vývoj geospaciálnych aplikácií. Ako základ jej poslužil Apache SIS (Spatial Information System) a jej tvorcovia majú v pláne sa doňho postupne integrovať.

Geotk by mal podporovať protokoly WMS aj WMTS, ale nepodarilo sa mi nájsť dokumentáciu k týmto funkciám. Knižnica je licencovaná pod licenciou GNU GPL. Ako nástroj na buildovanie používa Maven.

2.5.4 Vyhodnotenie a výber knižnice pre realizáciu modulu GIS

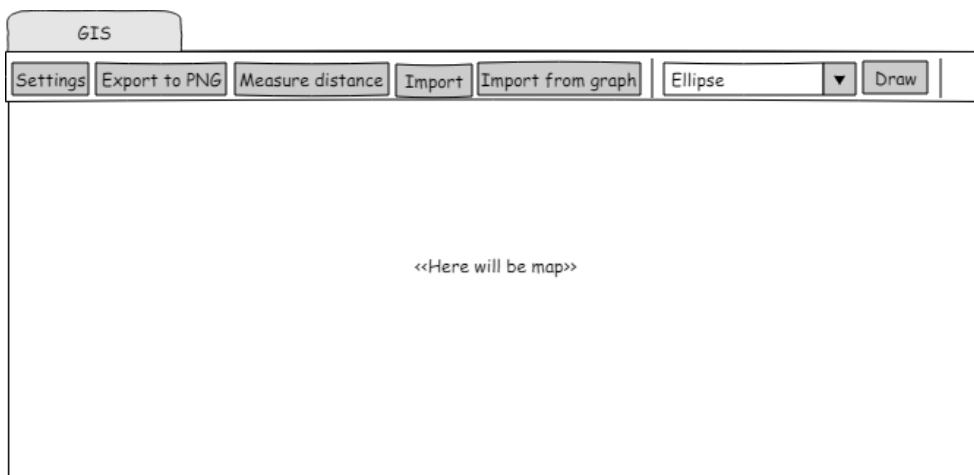
Po preskúmaní všetkých troch knižníc som dospel k záveru, že na implementáciu modulu GIS použijem knižnicu WorldWind, ktorej WMTS funkcionality doimplementujem pomocou knižnice GeoTools.

Knižnicu Geotk som si nevybral hlavne kvôli tomu, že dokumentácia knižníc WorldWind a GeoTools je oveľa obsiahlejšia a navyše obidve obsahujú aj príklady, ktoré ukazujú, akým spôsobom sa majú používať.

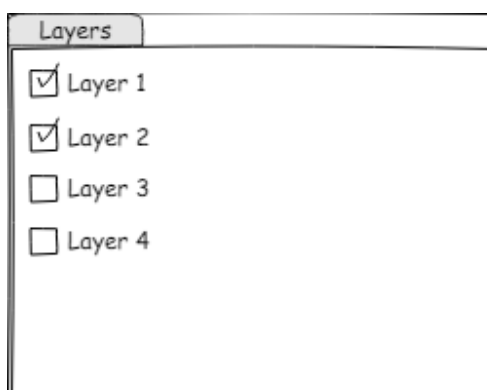
2.6 Návrh užívateľského rozhrania

Súčasťou tejto diplomovej práce je aj návrh obrazoviek a panelov nástrojov modulu, a to konkrétne štyroch hlavných grafických prvkov:

- **Hlavné okno** (obr. 2.1)
 - V hornej časti okna sa nachádza panel nástrojov, z ktorého bude spúšťaná väčšina akcií spojených s týmto modulom, ako napr. import entít z dátového zdroja podľa ich lokality.
 - Ústrednú časť hlavného okna potom bude vyplňať panel s mapou.
- **Panel vrstiev** (obr. 2.2)
 - Tento grafický prvok bude vždy zobrazený spolu s hlavným oknom, pri prvom spustení aplikácie na jej pravej strane.
 - Obsahuje zaškrávacie políčka s vrstvami, ktoré sa podľa nich zobrazujú alebo nezobrazujú na mape.
- **Panel všeobecných nastavení** (obr. 2.3a)
 - Navrhnutý panel bude slúžiť na nastavovanie súradníc, okolo ktorých sa náhodne rozmiestňujú entity bez zadanej lokality.
 - Bude tu ďalej možné pomocou farebných tlačidiel nastavovať farbu uzlov a hrán na mape. Po stlačení tlačidla sa vyvolá jednoduchý dialóg, v ktorom sa zadá nová farba.
- **Panel nastavení vrstiev** (obr. 2.3b)
 - Pomocou dvoch tu navrhnutých tlačidiel sa budú pridávať a odberať servery slúžiace ako zdroje mapových vrstiev.
 - Zaškrávacie políčka na jednotlivých kartách serverov budú umiestňovať vrstvy na panel vrstiev.

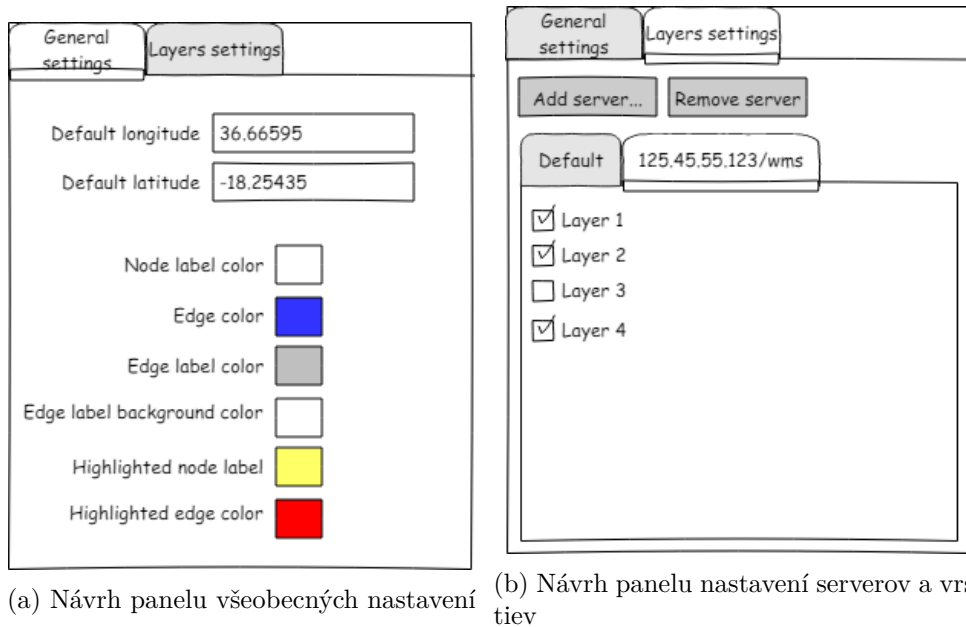


Obr. 2.1: Návrh GUI hlavného okna modulu



Obr. 2.2: Návrh GUI panelu vrstiev

2. ANALÝZA A NÁVRH



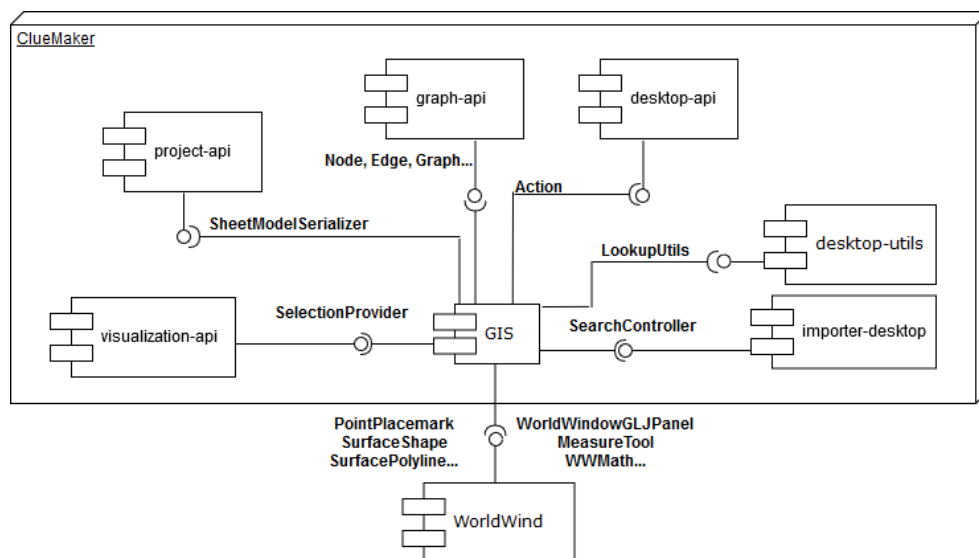
Obr. 2.3: Návrh panelu nastavení modulu

Realizácia

V tejto kapitole zosumarizujem implemetačné detaily jednotlivých funkčných požiadaviek pri implementácii nového GIS modulu do aplikácie ClueMaker, ale aj zmeny, ktoré bolo pre funkčnosť modulu nutné urobiť v súčasnej aplikácii.

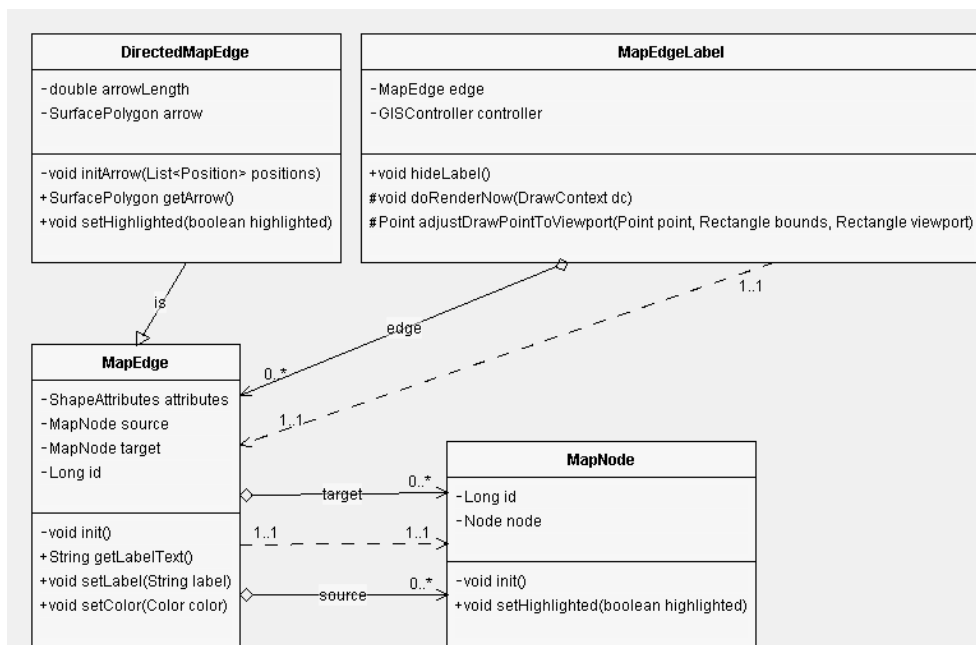
3.1 Modul GIS

Modul GIS je hlavným cieľom tejto diplomovej práce. Bude mať na starosti zobrazovanie mapových podkladov a entít a tiež kreslenie útvarov na mape a aj meranie vzdialeností.



Obr. 3.1: Zjednodušený diagram komponent

3. REALIZÁCIA



Obr. 3.2: Diagram tried modelu (bez getterov a setterov)

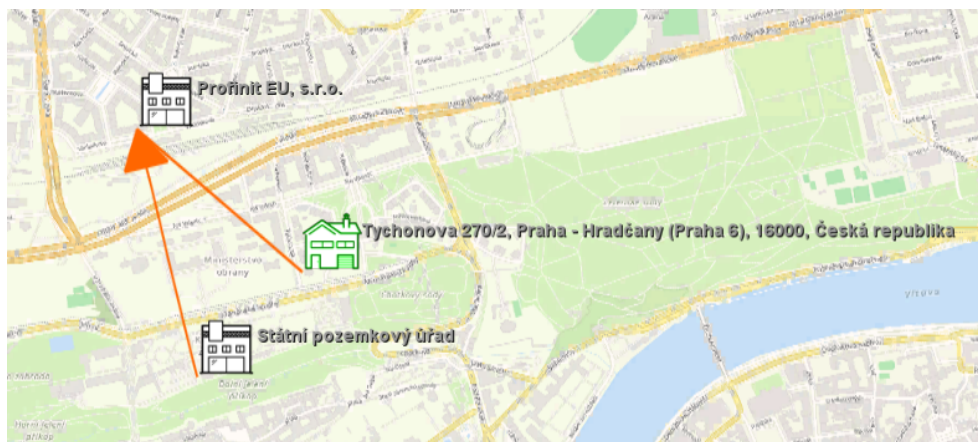
3.1.1 Model

V tejto časti nasleduje popis štruktúr a tried použitých na reprezentáciu grafu na mape a taktiež controlleru, ktorý je hlavnou časťou modulu a slúži na komunikáciu medzi jeho jednotlivými súčasťami a taktiež s ostatnými modulmi.

3.1.1.1 Uzly a hrany

Na mape sú uzly reprezentované triedou `MapNode`, ktorá je priamym potomkom triedy `PointPlacemark` z `WorldWind`. Triedu `PointPlacemark` som vybral, pretože okrem možnosti priradiť jej geografické súradnice umožňuje užívateľsky určiť, aká ikona ju bude reprezentovať, čo je výhodné pre `ClueMaker`, kde má každá entita na grafe určenú svoju ikonu, ktorá sa vďaka tejto funkcii môže propagovať aj do mapy. Na mapu je možné vkladať aj uzly, ktoré nemajú zadanú geografickú polohu. Takéto uzly budú vložené na miesto náhodne vygenerované okolo polohy nastavenej v nastaveniach modulu dostupných z panela nástrojov. Vkladanie uzlov prebieha volaním metódy `addNode()` triedy `GISController`.

Pri hranách je potrebné rozlišovať, či ide o hranu neorientovanú alebo orientovanú, pri ktorej musí byť nakreslený aj smer, ktorým je orientovaná. Hrany sú na mape zobrazené pomocou triedy `MapEdge`, ktorá je priamym potomkom triedy `SurfacePolyline` z knižnice `WorldWind`. Ako jej názov napovedá, slúži na zobrazovanie nadväzujúcich úsečiek (angl. *polyline*) na povrchu



Obr. 3.3: Zobrazenie uzlov a hrán v module GIS. Mapový podklad z [46]

Zeme. Tento spôsob zobrazenia je vhodný pre neorientované hrany, pre orientované hrany som ešte prefažil triedu `MapEdge` a vytvoril `DirectedMapEdge`, ktorá má v konštruktoore vloží na mapu šípku hrany reprezentovanú pomocou triedy `SurfacePolygon` z knižnice `WorldWind` tak, aby vykresila jej orientáciu. Hrany sú do mapy pridávané metódou `addEdge()` triedy `GISController`.

Pomocou triedy `SurfacePolygon` je možné vložiť na povrch mnohoúhelník (angl. `polygon`) podľa zadaných geografických pozícií. Pozície pre vykreslenie rovnostranného trojuholníka, ktorý slúži ako šípka pri orientovaných hranách sa získavajú v metóde `initArrow()` triedy `DirectedMapEdge`.

1. V prvom kroku sa pomocou statickej metódy `rhumbAzimuth()` triedy `LatLon` z knižnice `WorldWind` spočíta azimut hrany.
2. Ďalej sa získajú azimuty strán trojuholníka smerujúcich od špičky šípky. Toto sa vykoná pričítaním, resp. odčítaním 30 stupňov od spočítaného azimutu.
3. V ďalšom kroku sa získa oblúčková vzdialenosť na použitej zemeguli vyznačením chcenej dĺžky strany šípka polomerom zemegule. Na oblúčkovú vzdialenosť sa prevedie pomocou statickej metódy `fromRadians()` triedy `Angle` z knižnice `WorldWind`.
4. Nakoniec sa koncové zemepisné pozície získajú pomocou statickej metódy `rhumbEndPosition()` triedy `LatLon` z knižnice `WorldWind`, ktorá má ako parametre polohu špičky šípky (t.j. koniec hrany), azimut strany a jej oblúčkovú dĺžku.

3. REALIZÁCIA

Označenia hrán sa zobrazujú pomocou triedy `MapEdgeLabel`, ktorá vznikla dedením z triedy `ScreenAnnotation` z knižnice `WorldWind`. Na mapu sa umiestňuje preťažením metódy `doRenderNow()`, v ktorej sa pred volaním rodičovskej metódy spočíta kde na obrazovke sa má label zobrazit pomocou metódy `adjustDrawPointToViewport()`.

3.1.1.2 GISController

Trieda `GISController` slúži ako controller, ktorý riadi väčšinu činností modulu GIS. Pre tento účel poskytuje SPI, vďaka čomu je dosiahnuteľná odkiaľkoľvek v kóde, kde to medzimodulové závislosti dovoľia.

`GISController` sa používa pri vkladaní a mazaní uzlov a hrán z mapy. Tiež má v sebe uložené mapovanie uzlov a hrán z grafu na uzly a hrany na mape. Uchováva aj stupne jednotlivých uzlov medzi sebou, čo je využité pri zobrazovaní hrán, ktoré sú medzi rovnakými uzlami.

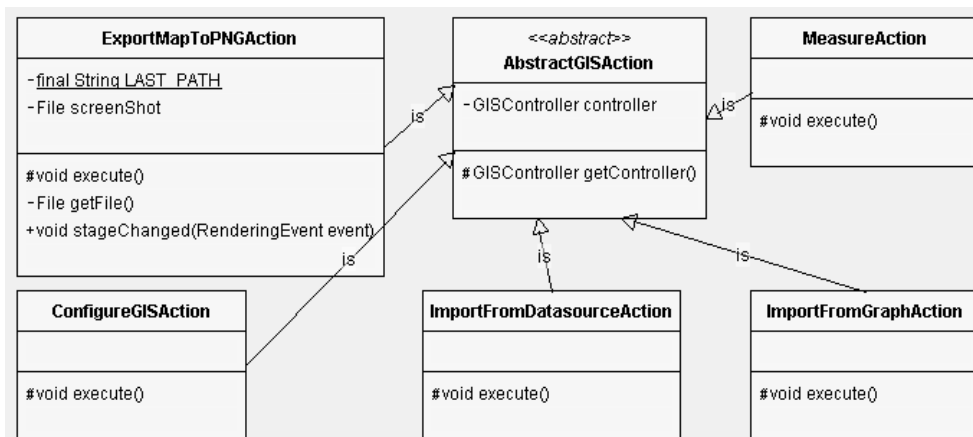
Ďalej má `GISController` uložené pridané mapové servery a panely, ktoré sa používajú pri výbere vrstiev zobrazených v paneli vrstiev. Obsahuje tiež metódy, pomocou, ktorých sa zobrazujú a skrývajú vrstvy z panelu vrstiev aj z mapy. Okrem toho má v sebe uložené aj nakreslené útvary a zabezpečuje aj meranie vzdialeností.

Takmer všetky údaje uložené v triede `GISController` sa následne pri ukladaní projektu uložia do projektového súboru.

3.1.2 Vizualizácia na mape

Okná v NetBeans Platform sa vrámci aplikácie vytvárajú pomocou dedenia z triedy `TopComponent`. Prvou z dvoch `TopComponent` v module GIS je `GISTopComponent`. Je to hlavné okno tohto modulu a slúži na zobrazenie mapy a panelu s nástrojmi na interakciu s ňou.

Knižnica `WorldWind` ponúka grafické komponenty na zobrazovanie máp, AWT canvas `WorldWindowGLCanvas` a Swing panel `WorldWindowGLJPanel`. Počas implementácie som pracoval s oboma týmito komponentami, pretože AWT canvas je lepšie optimalizovaný a dosahuje lepší framerate ako Swing panel. Avšak keďže je zvyšok aplikácie napísaný pomocou Swing komponent padla nakoniec voľba na `WorldWindowGLJPanel`. AWT canvas síce ponúkal lepší výkon, ale za cenu divného správania sa so zvyškom aplikácie (prekrývanie kontextových menu a iných lightweight swing grafických prvkov).



Obr. 3.4: Triedny diagram akcií, ktoré sa podieľajú na paneli nástrojov

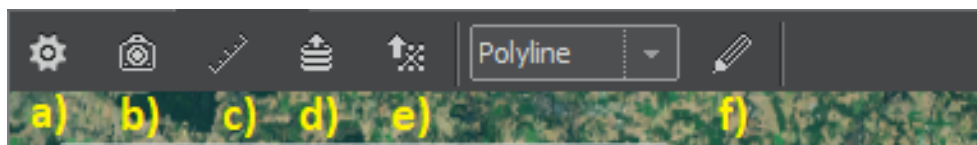
3.1.2.1 Panel s nástrojmi

V hornej časti okna GIS je umiestený panel nástrojov. Na ňom sa nachádzajú:

- nastavenia modulu a pridávanie vlastných zdrojov máp,
- nástroj na export mapy do formátu PNG,
- nástroj na meranie vzdialenosti,
- nástroj na import z grafu,
- nástroj na import z databázy,
- nástroj na výber útvaru a jeho nakreslenie.

Panel nástrojov je reprezentovaný triedou `GISToolbar`, ktorá vznikla dedením z triedy `ToolBar`, ktorá je súčasťou NetBeans platformy. Nástroje sa na panel nástrojov pridávajú tak, že všetky z nich sú akcie, ktoré sú potomkom akcie `AbstractGISAction`. Pri konštrukcii panelu sa potom vyhľadajú všetky inštancie potomkov akcie `AbstractGISAction` a umiestnia sa podľa poradia, ktoré je im dané anotáciou `@Action`, ktorá je súčasťou modulov ClueMakeru. Táto anotácia tiež umožňuje pridať akcii ikony. Na panel nástrojov sa potom umiestni ako tlačidlo pomocou funkcií už dostupných v ClueMakeri.

Výnimkou z tohto pravidla je nástroj na výber útvaru a jeho nakreslenie, ktorý je tvorený triedami `JComboBox` (výber útvaru) a `JToggleButton` (kreslenie). Funkcie sú im priradené pomocou poslúcháčov akcií, ktoré sú im pridané inline v kóde. Pri výbere útvaru ide o konverziu z reťazca s názvom útvaru na konštantu triedy `MeasureTool`, reprezentujúcu daný útvar v knižnici `WorldWind`.



Obr. 3.5: Panel s nástrojmi modulu GIS: a) nastavenia modulu, b) export mapy do PNG, c) meranie vzdialenosti, d) import entít z databázy, e) import uzlov z grafu, f) kreslenie útvarov na mapu. Mapový podklad z [47].

3.1.2.2 Zobrazenie multihrán

Multihrany (viacero hrán medzi rovnakými uzlami) sa na mape zobrazujú podobne ako v grafe. Na zisťovanie potreby zobrazenia multihrany a jej polohy je v triede `GISController` založená mapa `degreeMap`, v ktorej sú uložené stupne medzi jednotlivými uzlami. Umiestnenie a tvorba multihrany je riešená už pri jej vkladaní metódou `addEdge()` triedy `GISController`.

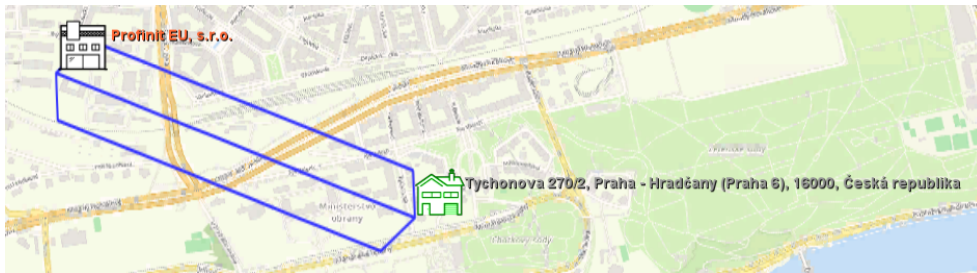
Pri vkladaní hrany sa testuje, aký stupeň už uzly medzi sebou majú, a ak je väčší ako 1, pokračuje sa vkladaním multihrany.

1. V prvom kroku sa pomocou statickej metódy `interpolate()` triedy `LatLon` z knižnice `WorldWind` spočítajú pozície vo vzdialenosti 5 % od oboch uzlov ležiace na prvej hrane, ktorá leží na priamke medzi týmito uzlami.
2. Ďalej sa zoznam s pozíciami hrany naplní začiatočným a konečným bodom.
3. V ďalšom kroku sa naplnia dopredu vytvorené premenné `rightPositions` a `leftPositions` typu `List<Position>` pozíciami rovnobežnými so súčasnou hranou v zadanej vzdialenosti od nej pomocou statickej metódy `generateParallelLines()` triedy `WWMath` z knižnice `WorldWind`.
4. Nakoniec sa vyberú podľa párnosti stupňa buď pozície z premennej `rightPositions` (nepárny) alebo `leftPositions` (párny).

3.1.2.3 Presúvanie uzlov pomocou ťahania myšou

Keďže sa na mapu dajú vkladať aj uzly bez geografickej polohy, je možné takéto uzly presúvať po mape pomocou myši. Aby počas sa počas presúvania uzlov s uzlami presúvali aj hrany, bolo nutné vytvoriť si vlastnú triedu, ktorá bude tento problém riešiť.

Toto je úlohou triedy `NodeWithEdgesDragger`, ktorá je priamy potomok triedy `BasicDragger` z knižnice `WorldWind`. Problém s presúvaním hrán je



Obr. 3.6: Multihrany v module GIS. Mapový podklad z [46]

riešený tým, že sa vkladajú hrany nové podľa novej polohy uzlu a staré sa mažú.

3.1.2.4 Označenie a zvýrazňovanie uzlov a hrán

Za výber a zvýraznenie uzlov a hrán pri prechode myšou je zodpovedná trieda `HighlightListener`, potomok triedy `SelectListener` z knižnice `WorldWind`. Okrem týchto činností je trieda `HighlightListener` zodpovedná za zobrazovanie popiskov hrán.

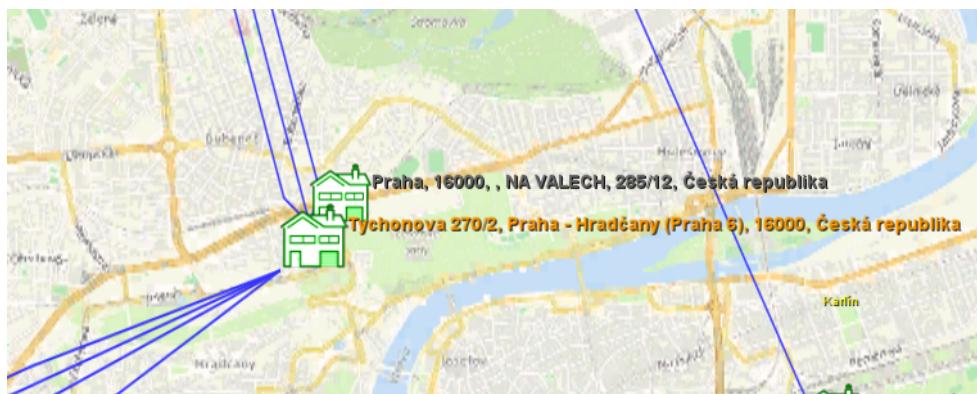
Vzhľad uzlov určuje trieda `PointPlacemarkAttributes`, ktorá sa nastavuje triede `MapNode`, a to buď ako bežné atribúty (vzhľad) alebo ako atribúty (vzhľad) pri zvýraznení. Obdobne to funguje pri hranách, kde sa triede `MapEdge` nastavuje trieda `BasicShapeAttributes`.

Zvýraznenie pri prechode myšou prebieha tak, že trieda si pamätá posledne zvýraznený uzol alebo hranu. Pri zmene alebo odchode myši vráti pôvodný uzol alebo hranu do pôvodnej podoby a ďalší uzol alebo hranu zvýrazní. Toto sa deje volaním metódy `setHighlighted()` a podľa toho, či je argument `true` alebo `false` sa dotknutý uzol alebo hrana zvýrazní, resp. vráti do normálnej podoby.

Označovanie uzlov prebieha podobne, akurát kliknutím ľavým tlačidlom myši. Označovať viac uzlov je možné súčasným držaním klávesy `Ctrl` a kliknutím ľavým tlačidlom myši. Rovnako sa dajú aj odznačiť. Uzly označené na mape sa označia aj v grafe a funguje to tak aj naopak, teda uzly označené v grafe sa označia aj na mape.

Propagáciu selekcie z grafu do mapy rieši `GISController`, ktorý slúži ako handler udalosti `SelectionChangedEvent`, ktorá je vysielaná pri zmene vybraných uzlov a hrán v grafe. Vďaka tomuto sa v grafe prejaví aj filtrovanie v grafe. Propagáciu zmeny výberu v mape do grafu riadi `HighlightListener`, ktorý volá pomocou SPI metódu `setSelectedObjects` triedy `SelectionProvider` z `ClueMakeru`.

3. REALIZÁCIA



Obr. 3.7: Normálny režim zobrazenia. Mapový podklad z [46].

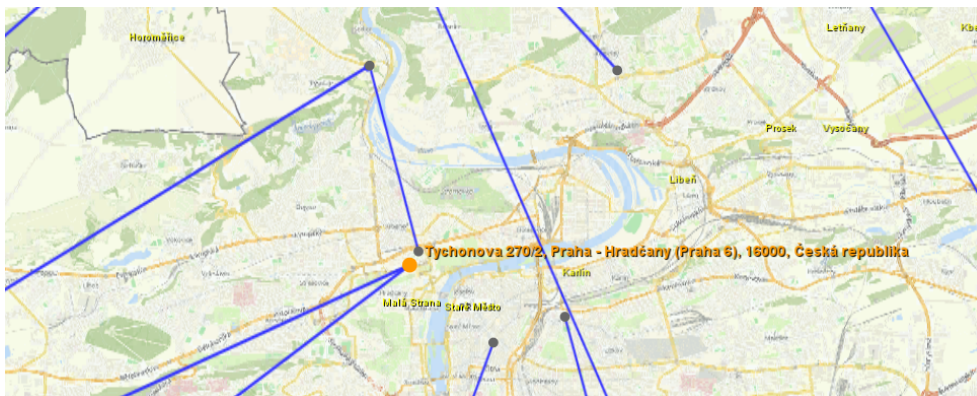
3.1.2.5 Zjednodušený režim zobrazenia

Pre zlepšenie výkonu a lepšiu prehľadnosť mapy pri veľkom množstve uzlov na malom území, resp. prípadnej vysokej hustote hrán kvôli vysokému počtu multihrán som pridal zjednodušený režim zobrazenia. Od normálneho režimu sa odlišuje v tom, že:

- uzly nemajú ikonu, ale zobrazujú sa ako farebný bod,
- popisok uzlu sa zobrazuje len pri jeho označení alebo prechode myši,
- nezobrazujú sa všetky uzly, tie blízko pri sebe splývajú,
- nezobrazujú sa multihrany,
- nezobrazujú sa popisky hrán.

Zjednodušený režim sa spúšťa, ak výška pohľadu je väčšia ako 20 kilometrov. Prepínanie režimov má na starosti `SimpleViewListener`, ktorý je potomkom triedy `MouseWheelListener`. Tento listener je pridaný na použitý `WorldWindowGLJPanel`.

Na prepínanie medzi režimami sa používa konkrétne metóda listeneru `mouseWheelMoved()`. Tá zistí výšku pohľadu na mapu zavolaním metódy `getCurrentEyePosition()` z `View` použitého vo `WorldWindow` v použítom `WorldWindowGLJPanel`. Zo získanej inštancie triedy `Position` sa výška získa volaním metódy `getElevation()`. Výška sa následne testuje oproti hraničnej výške uloženej v `GISController`.



Obr. 3.8: Jednoduchý režim zobrazenia. Mapový podklad z [46].

3.1.2.6 Kontextové menu uzlov a hrán

Uzly aj hrany v mape majú kontextové menu, ktoré umožňuje vykonávať na nich úpravy, prípadne spúšťa ďalšiu funkcionality. Jeho tvorbu a zobrazovanie má na starosti `MapContextMenuListener`, potomok triedy `SelectListener` z knižnice `WorldWind`. Pri tvorbe a zobrazení kontextového menu sa odchyľava kliknutie pravým tlačidlom myši. Ďalej sa rozlišuje, či bolo kliknuté na uzol alebo hranu.

Kontextové menu uzlov obsahuje položky:

- úprava popisku – trieda `EditNodeLabelAction`,
- zmazanie uzla z mapy – trieda `DeleteNodeFromMapAction`,
- zvýraznenie vzdialenosti od uzla (ak má zadané súradnice, viď 3.1.5.1) – trieda `HighlightDistanceAreaAction`,
- pripnutie alebo odopnutie uzla (podľa toho, či nemá alebo má zadané súradnice) – triedy `PinNodeAction` a `UnpinNodeAction`.

Funkcia na pripnutie uzlu slúži na uloženie súčasných súradníc uzlu na mape do uzlu v grafe a tým jeho znehybnenie na mape. Pri odopnutí ide o akciu presne opačnú, a to zmazanie súčasných súradníc z uzlu v grafe a tým možnosť pohybovať ním v mape. Tieto funkcie slúžia napríklad na opravu polohy uzlu, ak v zdroji dát mali nesprávnu polohu.

Pri hranách je kontextové menu stručnejšie a obsahuje len položku na zmenu popisku hrany (`EditEdgeLabelAction`). Samotné menu je konštruované pomocou Swing komponentu `JPopupMenu` a položky menu sú tvorené pomocou `JMenuItem`.

3.1.3 Zdroje máp a vrstvy

Dôležitou funkcionalitou nového GIS modulu aplikácie ClueMaker má byť pridávanie vlastných zdrojov máp. Toto umožní využiť užívateľom vlastné zdroje máp, prípadne použiť zdroje dostupné voľne na internete. Vďaka tomu si budú môcť nakombinovať vrstvy podľa svojej potreby.

Knižnica WorldWind už obsahuje vlastné vstavané zdroje mapových vrstiev, ktoré sú zobrazené na paneli vrstiev pri štarte aplikácie, resp. okna GIS. Ich zobrazenie na tejto lište je modifikovateľné v nastaveniach popísaných nižšie.

3.1.3.1 Pridanie zdroja máp

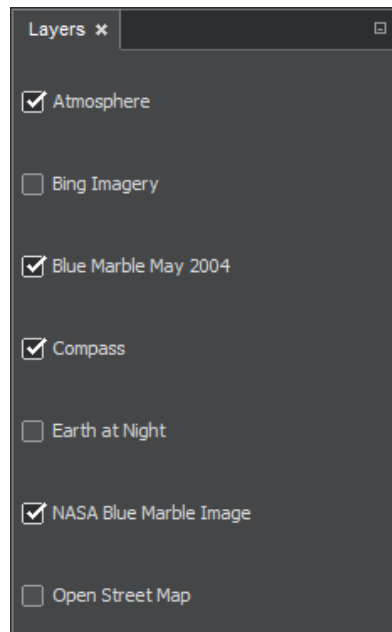
Pridávanie (a odoberanie) zdrojov máp sa uskutočňuje v nastaveniach dostupných z panela v hornej časti okna GIS v sekcii nastavenia vrstiev. Pri novom projekte sa v nastaveniach vrstiev zobrazuje len panel so vstavanými vrstvami. Nový zdroj máp sa pridá pomocou tlačidla na pridanie serveru, po stlačení ktorého bude otvorený dialóg, v ktorom bude užívateľ vyzvaný na zadanie URL mapového serveru, ktorý si želá pridať.

Po pridaní nového WMS zdroja mapových vrstiev je jeho URL predaná triede `WMSLayerGenerator`, ktorá z nej vytvorí URI, ktorá je následne predaná statickej metóde `retrieve()` triedy `WMSCapabilities` z knižnice WorldWind, ktorá realizuje WMS request `GetCapabilities` na zadaný WMS mapový server. Na takto získaných `WMSCapabilities` je potrebné zavolať ešte metódu `parse()`, ktorá naplní štruktúry triedy z response získanej z WMS serveru, vrátane jednotlivých vrstiev a štýlov, ktoré daný server poskytuje. Na koniec sa ešte v konštruktoze získajú všetky vrstvy serveru volaním metódy `getNamedLayers()` triedy `WMSCapabilities`.

Pre pridaný server sa potom vytvorí panel, ktorý bude zobrazený v nastaveniach vrstiev. V tomto paneli budú zobrazené všetky vrstvy vo všetkých štýloch, ktoré daný server poskytuje. Počas tvorby tohto panelu sú vytvorené všetky tieto vrstvy na základe údajov, ktoré boli získané pomocou `GetCapabilities` requestu v predošlom kroku. Všetky tieto panely sú ďalej uchovávané v triede `GISController`.

3.1.3.2 Vytváranie vrstiev

Jednotlivé vrstvy so štýlmi sú vytvárané pomocou metódy `generateLayer()` triedy `WMSLayerGenerator`. Na vstupe má táto metóda predtým získané vlastnosti vrstvy `WMSLayerCapabilities` (knižnica WorldWind) a štýl, ktorý má byť použitý, `WMSLayerStyle` (knižnica WorldWind).



Obr. 3.9: Panel vrstiev

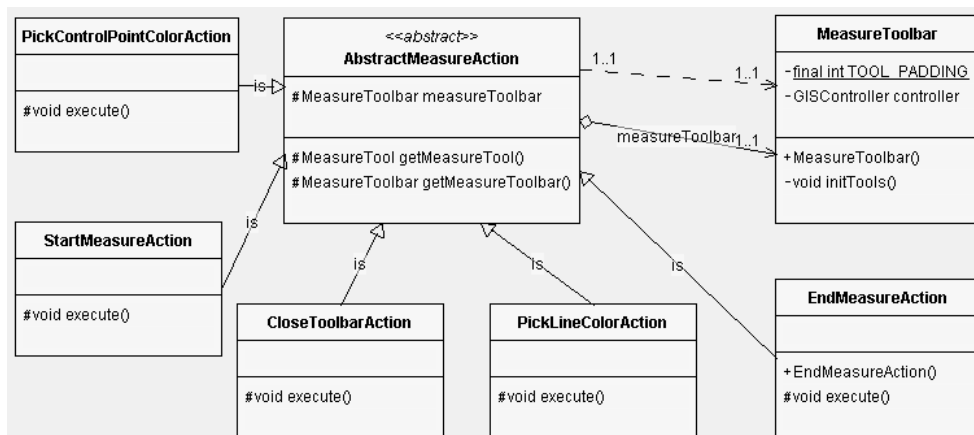
Pri získavaní factory, ktorá vrstvu vytvorí, je použitý prístup typický pre WorldWind, a to použitie párov atribút-hodnota v triede `AVList`, pomocou ktorej sa tieto atribúty dostanú do factory. Medzi tieto atribúty patria názov vrstvy a použitého štýlu a rôzne timeouty na načítanie vrstvy.

Pri vytváraní factory je tiež potrebné zistiť, či ide o mapovú vrstvu alebo výškový model (angl. elevation model), čo sa robí zisťovaním formátu vracianých obrázkov. Podľa tejto skutočnosti je potom nastavený atribút, rozhodujúci typ vytvorenej factory. Tá je vytvorená volaním statickej metódy `createConfigurationComponent()` triedy `WorldWind`, ktorej je predaný atribút určujúci typ factory. Samotná vrstva je potom vytvorená volaním metódy `createFromConfigSource()` z vytvorenej factory, ktorá má na vstupe získané `WMSLayerCapabilities` a vytvorený `AVList`.

3.1.3.3 Pridanie vrstiev do panelu serveru

Na panel serveru sú vrstvy pridávané v podobe triedy `LayerCheckBox`, ktorá vznikla ako potomok triedy `JPanel`. Tento panel obsahuje, ako jeho názov napovedá, checkbox, ktorého zaškrtnutie vyvolá akciu `ShowLayerOnPanelAction`, ktorá sa stará o zobrazenie danej vrstvy na paneli vrstiev a prípadne pridanie do modelu `WorldWindow`, t. j. o možnosť jej zobrazenia na mape.

3. REALIZÁCIA



Obr. 3.10: Triedny diagram akcií, ktoré sa podieľajú na paneli nástrojov merania vzdialenosti

3.1.3.4 Panel vrstiev

Druhou `TopComponent`, ktorá sa v module nachádza je `LayersTopComponent`. Tvorí panel vrstiev, ktorý slúži na výber vrstiev, ktoré sa budú zobrazovať v mape. Tento panel sa zobrazuje vždy v pravej časti aplikácie a automaticky sa spúšťa a zatvára spolu s `GISTopComponent`. Každá vrstva je zobrazená pomocou triedy `LayerEntry`, ktorá funguje na podobnom princípe ako `LayerCheckBox`.

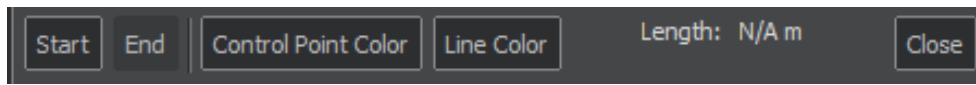
Vrstva sa zobrazí ako checkbox s menovkou s názvom vrstvy. Pri označení tohto checkboxu sa vyvolá `ShowLayerOnMapAction`, ktorá podľa toho, či je checkbox označený, aktivuje alebo deaktivuje danú vrstvu. Následne prekreslí `WorldWindow` pomocou odkazu naň získaného z SPI triedy `GISController`.

3.1.4 Meranie vzdialenosti

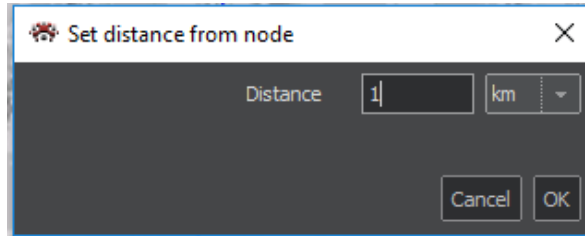
Nástroj na meranie, ktorý je realizovaný pomocou triedy `MeasureTool` z knižnice `WorldWind`, sa spúšťa z panelu nástrojov v okne GIS. Inštancia triedy sa vytvorí už pri spustení okna a nastaví sa pritom ako tvar merania nadväzujúce úsečky.

Spustenie nástroja pomocou tlačidla na paneli v hornej časti okna spôsobí zobrazenie lišty riadiacej meranie, upravujúcej farebné nastavenia nástroja a zobrazujúcej výsledky jeho merania. Pomocou tejto lišty je možné začať a ukončiť kreslenie nadväzujúcich úsečiek, ktorých dĺžka sa meria. Ďalej je možné zmeniť farbu koncových bodov úsečiek aj úsečiek samotných. Táto lišta sa nachádza v triede `MeasureToolBar`.

Zmena nameranej hodnoty je viditeľná okamžite, a to vďaka vstavanej fun-



Obr. 3.11: Panel nástrojov merania vzdialenosti



Obr. 3.12: Dialóg zvýraznenie obrysu vzdialenosti uzlu

kcionalite triedy `MeasureTool`, ktorá pri každej zmene dĺžky vysiela udalosť `PropertyChangeEvent`, ktorá je v triede `MeasureToolbar` zachytávaná listenerom. Ten otestuje, či zmenená vlastnosť (angl. `property`) je rovná konštante `EVENT_METRIC_CHANGED` triedy `MeasureTool`. Ak áno, tak sa nameraná vzdialenosť následne podľa jej veľkosti zobrazuje na paneli buď v metroch (ak je menšia ako 1000 metrov), alebo v kilometroch.

Po deaktivovaní nástroja na meranie zmiznú z mapy merané nadväzujúce úsečky a vynuluje sa aj nameraná vzdialenosť, takže pri ďalšom spustení sú uchované len nastavené farby úsečiek a koncových bodov úsečiek.

3.1.5 Kreslenie a import

Ďalšou kľúčovou funkcionalitou modulu GIS je zadávanie tzv. GIS dopytov na databázu, teda dopytov ohraničených nejakými geografickými súradnicami. V module GIS je to realizované pomocou zvýrazňovania obrysu vzdialenosti od uzlu, resp. voľným kreslením útavrov na mapu. Ďalej je možné vyhľadávať aj uzly spadajúce do užívateľom zadanej vzdialenosti od danej zemepisnej polohy.

3.1.5.1 Zvýrazňovanie obrysu vzdialenosti od uzlu

Obrysom vzdialenosti je tu myslená kružnica so zadaným polomerom (vzdialenosťou) okolo vybraného uzlu. Na toto zvýrazňovanie vzdialenosti slúži trieda `SurfaceDrawerTool`, ktorá je priamym potomkom triedy `MeasureTool` z knižnice `WorldWind`.

Dialóg, ktorý nakreslí tento obrys (`HighlightDistanceAreaPresenter` a jeho grafická komponenta `HighlightDistanceAreaPanel`), sa vyvolá pomocou pravého kliknutia na uzol v kontextovom menu. V dialógu je potrebné

3. REALIZÁCIA

zadat vzdialenosť, ktorá má byť zvýraznená. V dialógu sú dostupné viaceré jednotky vzdialenosti, a to okrem tradičných metrických (meter a kilometer) aj niekoľko imperiálnych jednotiek (konkrétne stopa, yard a míľa).

Zvýraznený obrys vzdialenosti je možné zmazať pomocou voľby v kontextovom menu (`DeleteSurfaceDrawingAction`) vyvolanom pomocou pravého kliknutia myšou na zvýraznený obrys. Kontextové menu sa na inštanciu triedy `SurfaceDrawerTool` pridáva pomocou `SurfaceDrawerToolController`, ktorý je priamym potomkom `MeasureToolController` (knížnica `Worldwind`). Ten implementuje listener zodpovedný za reakcie na udalosti myši, `SelectListener` (knížnica `WorldWind`) pre `MeasureTool`. Aby bolo možné vyvolať kontextové menu, musela byť zapnutá možnosť vyberať na vrstve, kde sa nachádza zvýraznená vzdialenosť (príp. nakreslený útvar, viď nižšie), ktorá je implicitne vypnutá.

3.1.5.2 Kreslenie útvarov

Na kreslenie týchto útvarov slúži tiež trieda `SurfaceDrawerTool`. Modul GIS umožňuje kresliť nasledujúce útvary:

- obdĺžnik,
- elipsu,
- kruh,
- nadväzujúce úsečky (angl. *polyline*).

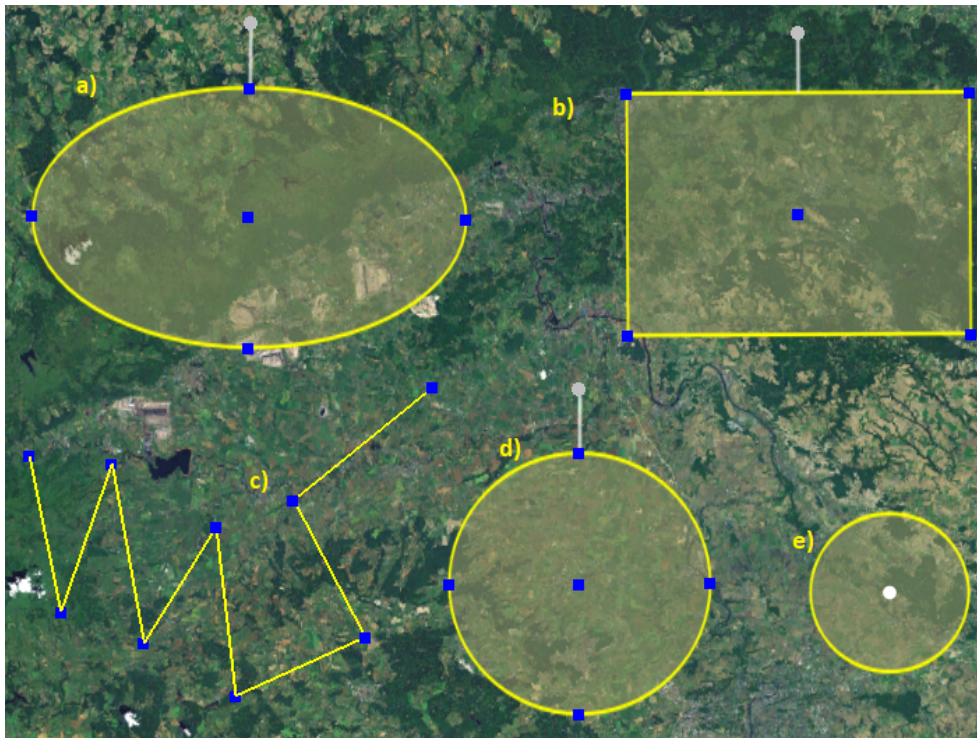
Kreslenie útvarov sa dá vyvolať pomocou tlačidla na paneli nástrojov v hornej časti okna GIS. Pomocou comboboxu je možné vybrať, aký útvar chce užívateľ nakresliť a pomocou toggle buttonu sa dá spustiť kreslenie, ktoré je následne nutné pomocou neho aj vypnúť.

Nakreslené útvary je možné po nakreslení presúvať a upravovať ich veľkosť pomocou na nich zobrazených kontrolných bodov. Je ich možné tiež zmazať rovnakým spôsobom ako zvýraznené obrisy vzdialenosti.

3.1.5.3 Import entít z dátového zdroja vo vzťahu k útvarom

Import entít spadajúcich do územia pokrytého nakresleným útvarom alebo zvýrazneným obrysom vzdialenosti sa spúšťa z kontextového menu vyvolaného pravým kliknutím myši na nakreslený útvar alebo zvýraznený obrys vzdialenosti a zvolením príslušnej možnosti.

Týmto sa vyvolá akcia `DrawingImportFromDatasourceAction`, ktorá potom podľa tvaru útvaru, na ktorom bola vyvolaná, zavolá príslušnú metódu



Obr. 3.13: Príklady nakreslených útvarov: a) elipsa, b) obdĺžnik, c) nadväzujúce úsečky, d) kruh a e) zvýraznený obrys vzdialenosti. Mapový podklad z [47]

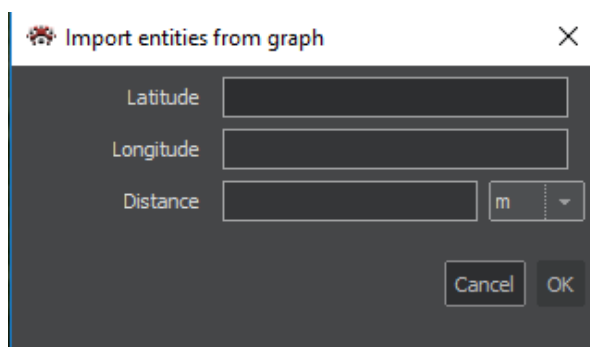
`startNearby()` triedy `SearchController` aplikácie `ClueMaker`, ktorá bude popísaná nižšie v sekcii o zmenách v ostatných moduloch.

3.1.6 Vyhľadávanie v grafe podľa súradníc uzlov

Import uzlov z grafu prebieha priamo v akcii, ktorou sa spúšťa z panelu nástrojov (`ImportFromGraphAction`), alebo sa dá priamo spustiť z kontextového menu nakreslených útvarov alebo zvýraznenej vzdialenosti od uzlu (`DrawingImportFromGraphAction`).

Ak je ešte potrebné získať ďalšie informácie, kde hľadať (spustenie z panela nástrojov, resp. import z okolia nadväzujúcich úsečiek), je pomocou triedy `GraphImportPresenter` zobrazený dialóg `GraphImportDialog`. Ten získa od užívateľa podľa potreby buď len vzdialenosť (od nadväzujúcich úsečiek) alebo aj samotné súradnice, od ktorých vzdialenosť sa má brať do úvahy.

V ďalšom kroku sa získa zoznam súradníc obrysu útvaru, z ktorého chceme importovať, alebo sa spočítajú na základe zadaných parametrov (rovnakým spôsobom ako pri importe z databázy, viď 3.2.3). Následne sa preiterujú všetky



Obr. 3.14: Dialóg importu uzlov z grafu

uzly, a tie, ktoré ležia vnútri daného útvaru sú vložené do mapy. To, či sa tam nachádzajú sa testuje pomocou statickej metódy `isLocationInside()` triedy `WWMath` z knižnice `WorldWind`.

3.1.7 Nastavenia modulu GIS

Dialóg nastavení sa vyvoláva tlačidlom (trieda `ConfigureGISAction`) umiestneným na paneli nástrojov. V dialógu (trieda `ConfigureGISPanel`) sa okrem nastavení mapových serverov a vrstiev (viď 3.1.3) nachádzajú aj všeobecné nastavenia modulu GIS.

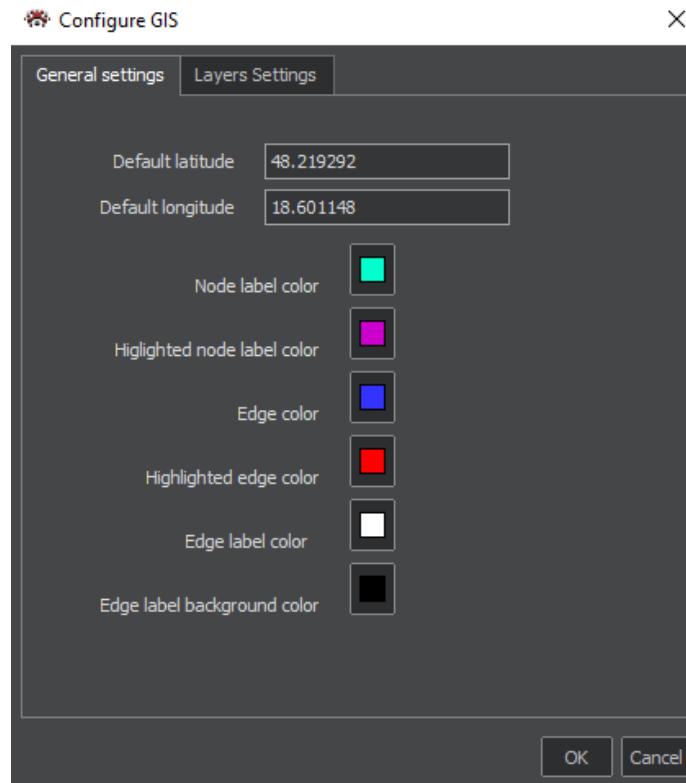
Parametre, ktoré sa dajú nastaviť, sú:

- súradnice miesta, okolo, ktorého sa vkladajú z grafu uzly bez súradníc,
- farba popisku uzlu (farba uzlu v jednoduchom režime),
- farba popisku zvýrazneného uzlu (farba zvýrazneného uzlu v jednoduchom režime),
- farba hrany,
- farba popisku hrany a farba jeho pozadia,
- farba zvýraznenej hrany.

Nastavené hodnoty sú následne uchovávané v triede `GISController` a pri uložení projektu sú tiež uložené.

3.1.8 Ukladanie prvkov mapy do súboru projektu

Ukladanie sa v rámci celého projektu realizuje serializáciou objektov aplikácie do JSON a načítanie ich následnou deserializáciou. S vedúcim práce sme sa dohodli, že sa do projektového súboru budú ukladať:



Obr. 3.15: Panel všeobecných nastavení

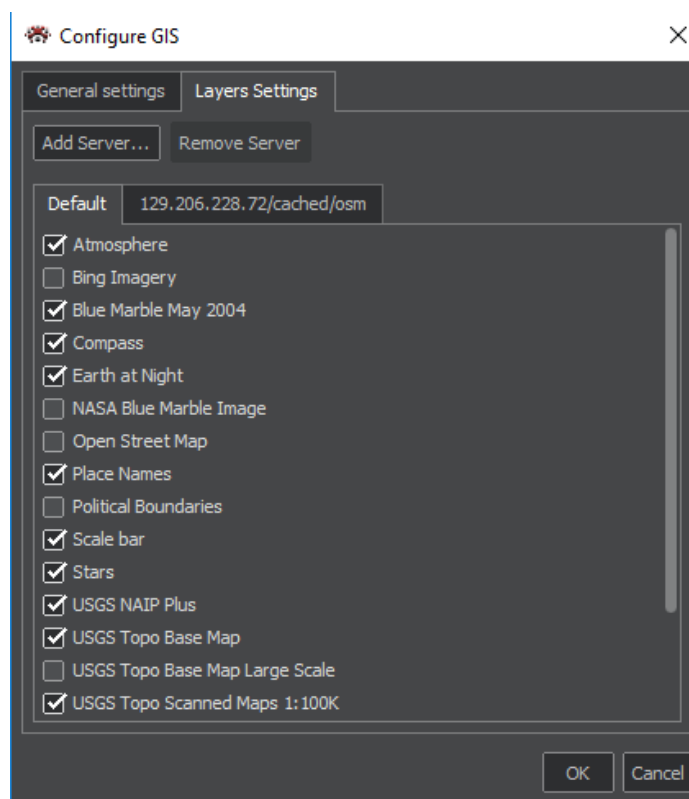
- zobrazené entity na mape,
- zobrazené vzťahy medzi entitami na mape,
- pridané zdroje máp,
- zobrazené mapové podklady,
- nastavené parametre (farby hrán, ...).

Celý proces serializácie a deserializácie pri ukladaní a načítaní prebieha pomocou triedy `GISSheetModelSerializer`, ktorá implementuje interface z pôvodnej aplikácie ClueMaker `SheetModelSerializer`, ktorý je za serializáciu a deserializáciu pri ukladaní a načítaní súboru projektu zodpovedný. Pri ukladaní a načítaní sú potom volané všetky implementácie `SheetModelSerializer` v poradí, ktoré im dáva anotácia `@Service` a vytvoria spolu súbor projektu.

3.1.8.1 Ukladanie entít (uzlov)

Na reprezentáciu uzlov pri ukladaní slúži trieda `MapNodeModel`. V tejto triede sa o uzle ukladajú tieto údaje:

3. REALIZÁCIA



Obr. 3.16: Panel nastavení serverov a vrstiev

- id uzla z grafu, ktorý uzol na mape reprezentuje,
- zemepisná dĺžka a šírka,
- menovka uzla.

Deserializácia a následné umiestnenie na mapu prebieha tak, že sa zavolá metóda `addNode()` triedy `GISController` a ako jej parameter bude uzol, ktorého id je v deserializovanej inštancii triedy `MapNodeModel`.

Pretože uzly, ktoré nemajú v grafe zadané súradnice je možné na mape presúvať, je nutné pamätať si aj zemepisné súradnice jednotlivých uzlov na mape a nastavovať ich po vložení uzla na mapu.

Uzlom je tiež možné na mape meniť ich menovku a táto zmena sa nepropaguje do grafu, preto sa ukladá aj menovka uzla na mape a pri načítaní sa po deserializácii a vložení uzla do mapy nastaví vloženému uzlu menovka z deserializovanej inštancie triedy `MapNodeModel`.

3.1.8.2 Ukladanie vzťahov medzi entitami (hrán)

Hrany z mapy sú pri ukladaní reprezentované triedou `MapEdgeModel`. V triede sa uchovávajú:

- id hrany z grafu, ktorú hrana na mape reprezentuje,
- menovka hrany.

Vytvorenie hrany na mape po deserializácii sa uskutočňuje podobne ako pri uzloch, a to tak, že sa volá metóda `addEdge()` triedy `GISController` a ako parameter má hranu v grafe, ktorej id je v deserializovanej triede `MapEdgeModel`.

Rovnako ako pri uzloch aj pri hranách sú menovky modifikovateľné, ale tieto zmeny sa neprejavujú v grafe, preto sa tieto nové menovky hrán tiež ukladajú na mape a sú im dodatočne nastavené po ich vložení na mapu.

3.1.8.3 Ukladanie nastavení a vrstiev

Na serializáciu serverov, vrstiev a nastavení sa používa trieda `GISStateModel`. V tejto triede sa serializujú konkrétne:

- pridané servery,
- vrstvy zobrazené na lište vrstiev,
- vrstvy zobrazené na mape,
- východzia poloha na vkladanie uzlov bez zadaných súradníc,
- súčasná poloha na mape.

Servery sú serializované vo forme zoznamu reťazcov URL, ktoré boli užívateľom zadané, aby ich bolo možné po deserializovaní znova inicializovať pomocou triedy `WMSLayerGenerator` rovnakým spôsobom ako pri ich pôvodnom zadaní.

Serializácia vrstiev z kolekcií inštancií triedy `Layer` z knižnice `WorldWind` na kolekcie reťazcov prebieha volaním súkromnej metódy `addLayers()` triedy `GISStateModel`. Táto pre zadaný server vyberie všetky jeho vrstvy zobrazené v paneli vrstiev a zobrazené na mape a vytvorí zoznamy ich mien, ktoré následne vloží do máp, v ktorých ako kľúč vystupuje URL servera.

Po deserializácii sú vrstvy na základe svojho mena spárované menami vrstiev v `GISStateModel` a vložené do pôvodných štruktúr v triede `GISController` a do modelu mapy.

3. REALIZÁCIA

V triede `GISStateModel` sa tiež serializuje a deserializuje východzia poloha, okolo ktorej sa do mapy vkladajú uzly, ktoré nemajú zadanú svoju geografickú polohu. Taktiež sa tam uchováva posledná pozícia, na ktorej bol užívateľ pri uložení projektu. Táto informácia sa dá získať z `View` použitého `WorldWindow` pomocou metódy `getEyePosition()` a po deserializácii sa nastaví metódou `setEyePosition()`. Táto pozícia pozostáva zo zemepisnej dĺžky, zemepisnej šírky a nadmorskej výšky.

3.1.9 Export mapy do PNG

Knížnica `WorldWind` umožňuje tvorbu screenshotov viditeľnej časti mapy, čo bolo využité pri implementácii exportu mapy do obrázku PNG. Tento export prebieha aj so všetkými entitami aj hranami viditeľnými v danom momente. Možnosť exportu viditeľnej časti mapy do obrázku PNG sa nachádza na paneli nástrojov v okne GIS.

Po zvolení možnosti exportu je vyvolaná akcia `ExportMapToPNGAction`, ktorá okrem toho, že je potomkom `AbstractGISAction`, implementuje aj interface `RenderingListener` z knihnice `WorldWind`. Práve tento interface umožňuje tvorbu screenshotov.

Pri vykonaní tejto akcie sa najprv pomocou metódy `getFile()` a triedy `JFileChooser` získa súbor, do ktorého sa má mapa exportovať. Akcia si pamätá posledné použité úložisko vďaka triede `NbPreferences` z `NetBeans Platform`, ktorá umožňuje ukladať vo formáte kľúč-hodnota vybrané položky. Akcia tiež overuje, či už zadaný súbor existuje a užívateľa vyzve, či chce súbor prepísať.

Následne sa pomocou SPI triedy `GISController` zmaže a vloží ako listener na použité `WorldWindow` (aby sa zabránilo duplikácii). Pri renderovaní `WorldWindow` bude vyvolaný `RenderingEvent` a tým spustená metóda listeneru `stageChanged()`. Potom je možné zo zdroja tejto udalosti (`WorldWindow`) uložiť obrázok. Po uložení je nutné nastaviť súbor na `null` a odobrať akciu ako listener `WorldWindow`, aby bolo možné akciu použiť znova. Užívateľ je notifikovaný o úspešnom uložení pop-upom v pravej dolnej časti aplikácie.

3.2 Integrácia modulu GIS do aplikácie

Dve hlavné funkcionality, ktoré si vyžiadali väčšie zmeny v súčasnej aplikácii boli import entít z databázy a konverzia formátov súradníc v príslušných formulároch aplikácie, ale aj vkladanie uzlov z grafu do mapy a propagácia zmien z grafu do mapy.

3.2.1 Vkládanie uzlov z grafu

Uzlom v grafe boli do kontextového menu pridané 2 voľby, pridanie označených uzlov (trieda `SendToMapAction`) a pridanie všetkých uzlov so zadanými súradnicami (trieda `SendAllGeoNodesToMapAction`). V oboch prípadoch sa získa SPI controlleru `GISController` a pomocou jeho metód `addNode()` a `addEdge()` sa vložia do mapy príslušné uzly a k nim incidenetné hrany. Taktiež sa po použití týchto metód otvorí okno modulu GIS, ak nebolo otvorené, a aplikácia sa naň prepne.

3.2.2 Propagácia úprav z grafu do mapy

Úpravy v grafe, ktoré sa propagujú do mapy sú:

- zmeny popisku a polohy uzlu v dialógu nastavení (trieda `EditNodeDialogPresenter`),
- zmeny popiskov a viacerých uzlov v dialógu nastavení (trieda `EditMultipleNodesPresenter`),
- zmeny popisku hrany v dialógu nastavení (trieda `EditEdgeDialogPresenter`),
- zmeny popiskov a viacerých hrán v dialógu nastavení (trieda `EditMultipleEdgesPresenter`),
- zmena popisku dvojklikom na popisok v grafe (trieda `LabelTextFieldEditor`).

V každej z týchto tried bola propagácia vyriešená obdobne. Trieda `GISController` obsahuje mapy slúžiace na preklad uzlov z grafu na uzly na mape. Pomocou týchto máp sa pri každej editácii testuje, či daný uzol či hrana už neexistujú na mape, a ak áno, tak sa upraví údaje aj na mape.

3.2.3 Import

V aplikácii je import z databázy realizovaný pomocou triedy `SearchController`, v ktorej boli podľa pôvodnej statickej metódy `start()` vytvorené statické metódy `startNearby()` a `startLocationBased()`, ktoré slúžia na import entít spadajúcich do nakresleného útvaru alebo zvýrazneného obrysu vzdialenosti, resp. do zadanej vzdialenosti od daného zemepisného bodu na mape.

Oproti pôvodnej metóde `start()` používajú tieto nové metódy nový grafický panel `SurfaceNearbyPanel`, ktorý je priamym potomkom pôvodného panelu `SearchPanel` z aplikácie `ClueMaker`. Podľa parametrov v konštruktoze sa na ňom zobrazujú podľa potreby polia pre zadanie súradnic a pre

3. REALIZÁCIA

zadanie vzdialenosti. Tento panel tiež pri výbere typu entity na vyhľadávanie dohliada na to, aby boli na výber dostupné len typy entít, ktoré majú v databáze lokalitu.

Vyhľadávanie prebieha spustením metódy `executeNearbySearch()` z triedy `SearchController`, ktorá sa spustí pri potvrdení hľadania. Má 2 etapy:

1. V prvej etape sa pomocou metódy `getMinMaxLatLon()` zistia minimálne a maximálne zemepisné šírky a dĺžky zadaného útvaru (tento sa pri nadväzujúcich úsečkách získava zložitejšie, viď nižšie) a za pomoci preťaženej metódy `getCriteriaFor()` sa nastaví dopytu, ktorý následne z databázy vráti všetky entity spadajúce do obdĺžnika ohraničeného zistenými zemepisnými šírkami a dĺžkami.
2. V druhej fáze sa entity nájdené v prvej fáze vytriedia presne, a to pomocou statickej metódy `isLocationInside()` triedy `WWMath` z knižnice `WorldWind`, ktorá sa použije pri filtrovaní výsledkov buď v triede `ResultsTableModel` (ak sa pri importe má zobrazíť tabuľka nájdených entít), alebo až v triede `AppendingMerger`, ktorá vkladá nájdené entity do grafu. V oboch týchto triedach je súkromná metóda `isInside()`, ktorá slúži na filtráciu.

Pre prvú etapu bolo potrebné urobiť zmenu v Configuratore, aby bolo pri parametroch určujúcich zemepisnú šírku a zemepisnú dĺžku pri validácii zaistené, nech sú to desatinné čísla, aby pri dopytoch do databázy bolo možné použiť štandardné operátory pre porovnávanie číselných hodnôt.

Zvýraznené obrysy vzdialenosti aj všetky nakreslené útvary okrem nadväzujúcich úsečiek sú útvary rovinné, ktoré majú aj nejakú plochu. Úsečky plochu nemajú, preto sa útvar, z ktorého sa pri nich vyhľadáva, tvorí inak. Keď sa vyvolá vyhľadávanie entít v okolí nadväzujúcich úsečiek, užívateľ musí zadať aj vzdialenosť od vybraných nadväzujúcich úsečiek, ktorá má byť prehľadaná. Útvar, s ktorým sa následne bude pracovať, bude skonštruovaný pomocou statickej metódy `computePolylineLocations()` v triede `SearchController`. Konštrukcia sa uskutočňuje takto:

1. Všetky hraničné body úsečiek sa stanú stredmi kružníc s polomerom ako zadaná vzdialenosť.
2. Z úsečiek sa vytvoria obdĺžniky, ktorých jedna strana bude mať dĺžku úsečky a druhá dĺžku dvojnásobku vzdialenosti.
3. Za pomoci metódy `union()` triedy `ShapeCombiner` z knižnice `WorldWind` sa vytvoria inštancie triedy `ContourList`, z ktorých jedna bude obsahovať kontúry zlúčených kružníc a druhá kontúry zlúčených obdĺžnikov.

Obr. 3.17: Dialóg importu entít

4. Z týchto inštancií sa vytvoria dve inštancie triedy `SurfaceMultiPolygon`, ktoré sa následne rovnakým spôsobom ako v predošlom bode zlúčia.
5. Z výslednej inštancie `ContourList` sa vytvorí `SurfaceMultiPolygon`, ktorý reprezentuje požadované okolie nadväzujúcich úsečiek.

Ďalším spôsobom, akým sa dá importovať entity do mapy, je spustenie importu z panelu nástrojov v hornej časti okna GIS. Po spustení sa volá metóda `startLocationBased()` triedy `SearchController`. Táto metóda otvorí dialóg s panelom `SearchNearbyPanel`, ktorý bude mať okrem polí na zadanie vzdialenosti aj polia na zadanie zemepisných súradníc. Ďalej sa postupuje tak, že sa vytvorí kružnica so stredom v zadanej zemepisnej polohe a so zadaným polomerom a potom sa postupuje rovnako ako pri kružnici nakreslenej na mapu (viď vyššie).

3.2.4 Konverzia formátov súradníc

Vo funkčných požiadavkách je aj požiadavka na umožnenie konverzie súradnicových formátov. V module GIS je implementovaná konverzia z formátu DMS (stupne, minúty a sekundy) na stupne vyjadrené desatinným číslom. Táto kon-

verzia prebieha na všetkých miestach v aplikácii, kde sa geografickými údajmi pracuje a to:

- pri úprave uzla,
- pri úprave hrany,
- pri nastavení súradníc, okolo ktorých sa budú vkladať uzly bez lokality,
- pri importe entity (z grafu aj z dátového zdroja) na základe presnej geografickej lokality.

Na konverziu sa používa statická metóda `fromDMS()` triedy `Angle` z knižnice `WorldWind`, ktorá vytvorí inštanciu triedy na základe zadaného reťazca vo formáte DMS. Následne sa stupne v podobe desatinného čísla z triedy dostanú pomocou verejne dostupnej členskej premennej `degrees`.

Uzly aj hrany majú pre editáciu svojej lokality (a časovej platnosti) spoločný panel `GeoTimePanel`, kde bola táto konverzia implementovaná. Pri importe entity je konverzia prítomná v rámci panela `SearchNearbyPanel`.

3.3 Vyhodnotenie splnenia funkčných a nefunkčných požiadaviek

Na záver tejto kapitoly pristupujem k vyhodnoteniu úspešnosti splnenia funkčných a nefunkčných požiadaviek, ktoré som izoloval v predošlej kapitole (2.3 a 2.4).

3.3.1 Vyhodnotenie splnenia funkčných požiadaviek

V tabuľke 3.1 sú uvedené kapitoly tejto diplomovej práce, ktoré sa zaoberajú splnením jednotlivých funkčných požiadaviek. Všetky funkčné požiadavky boli splnené, jeden len čiastočne, a to FR2 – Definovanie mapových podkladov.

Do modulu nebola zahrnutá podpora WMTS serverov, a to z viacerých dôvodov. Hlavným dôvodom bola absencia podpory tohoto protokolu v použitej knižnici pre implementáciu modulu, `WorldWind`. Ďalším dôvodom bola tiež neočakávane nedostatočná podpora tohto formátu od druhej vybranej knižnice, `GeoTools`. Tá knižnica protokol WMTS podporuje, ale pri implementácii pomocou tejto knižnice som zistil, že má dosť obmedzenú funkcionálnosť v tejto oblasti a kvôli tomu na nej nefungovali žiadne české WMTS servery[48], ktoré som skúšal a zahraničné tiež fungovali len čiastočne. Mohol za to hlavne problém, ktorý má `GeoTools` s menej známymi súradnicovými

3.3. Vyhodnotenie splnenia funkčných a nefunkčných požiadaviek

systemami, s ktorými nedokáže pracovať. Preto nakoniec knižnica GeoTools nebola pri implementácii použitá.

V rámci použitej knižnice WorldWind by bolo možné implementovať túto funkcionality, ale padlo rozhodnutie, že z časových dôvodov sa radšej zame-riam na celkovú funkčnosť a odladenosť modulu miesto implementovania ďalšej funkcionality.

Tabuľka 3.1: Splnenie funkčných požiadaviek

Kód	Názov funkčnej požiadavky	Komentár
FR1	Zobrazovanie entít na mape podľa ich geografických súradníc	3.1.1.1, 3.1.2, 3.2.1, 3.2.2
FR2	Definovanie mapových podkladov	3.1.3
FR3	Počítanie vzdialeností	3.1.4
FR4	Zobrazenie obrysov vzdialenosti od entity	3.1.5.1, 3.2.3, 3.1.6
FR5	Kreslenie obrazcov do mapy	3.2.3, 3.1.6
FR6	Konverzia GPS formátov	3.2.4
FR7	Ukladanie mapy	3.1.8
FR8	Export mapy	3.1.9

3.3.2 Vyhodnotenie splnenia nefunkčných požiadaviek

Nefunkčné požiadavky boli všetky splnené. Podmienky na výkon (NR1) aplikácia splňuje, viac detailov v 4.3. Požiadavka na zachovanie prenositeľnosti (NR2) bola tiež zachovaná, jediná nová knižnica použitá pri vývoji, NASA WorldWind, na svojich stránkach deklaruje, že podporuje Windows, MacOS aj Linux. Modifikovateľnosť a rozširiteľnosť (NR3) zostali zachované, pri vývoji modulu boli použité rovnaké postupy ako pri vývoji zvyšku aplikácie.

Posledná nefunkčná požiadavka (NR4), na prehľadnosť GUI, je otestovaná v 4.2, kde sú aj vyhodnotený výsledky. GIS rozšírenie sa odlišuje v správaní myši, ktoré je značne odlišné na mape ako na grafe. Nedopodarilo sa mi to napraviť, nie je to ale fatálna prekážka v používaní nového modulu, len to v ňom znepríjemňuje prácu.

Testovanie

4.1 Unit testy

Úlohou unit testov je overiť, či jednotlivé časti zdrojového kódu fungujú správne. Unit testy nového modulu overujú správnosť fungovania troch kľúčových oblastí:

- operácie s grafom na mape (trieda `GISGraphTest`),
- operácie s vrstvami (trieda `LayersTest`),
- operácie s WMS servermi (trieda `WMSServerTest`).

V testoch operácií nad grafom na mape sa overuje správnosť pridávania a odoberania uzlov na mapu a pridávania hrán na mapu. Pri vrstvách sa testuje, či správne prebieha ich pridávanie a odoberanie z panelu vrstiev a ich správne zobrazovanie a skrývanie. V poslednej kľúčovej oblasti, pri operáciách s WMS servermi, sa testuje korektné fungovanie pridania a odobratia WMS serveru.

4.2 Testovanie užívateľského rozhrania

V rámci testovania užívateľského rozhrania som urobil heuristickú analýzu podľa tzv. Nielsenovho desatora[37]. Ide o desatoro pravidiel, ktorých splnenie by malo zaručiť, že užívateľské rozhranie sa bude užívateľovi používať intuitívne a bez komplikácií.

1. Viditeľnosť stavu systému

- aplikácia obsahuje informačný pruh v dolnej časti obrazovky, kde sa zobrazujú napríklad informácie o úspešnom exporte mapy do PNG,
- v aplikácii už bol zabudovaný mechanizmus na import z dátového zdroja, ktorý dost podrobne informuje o prebiehajúcom importe.

2. Zhoda medzi systémom a realitou

- rozšírenie používa ikony, ktoré sú v iných aplikáciách bežné, napr. fotoaparát pre screenshot, ozubený kľúč ako nastavenia alebo ceruzku ako nástroj na kreslenie do mapy.

3. Minimálna zodpovednosť a stres

- tento bod znamená, že by aplikácia mala mať možnosť vrátiť stav späť, čo rozšírenie bohužiaľ zatiaľ nepodporuje.

4. Zhoda s použitou platformou a štandardmi

- aj keď je aplikácia multiplatformná (podporuje Windows, MacOS aj Linux), vďaka tomu, že je napísaná v Jave, jej ovládacie prvky sa systému prispôbujú,
- aplikácia má aj svoj look-and-feel, ktorý jej dáva jej charakteristický vzhľad v každom systéme.

5. Prevencia chýb

- všetky dialógy majú svoje polia validované a nie je možné zadať chybnú hodnotu.

6. Pozriem a vidím

- užívateľovi by sa nemali zobrazovať voľby, ktoré nemôže použiť, čo je splnené, napríklad mení sa obsah kontextového menu uzlov podľa toho, či uzol má zadané súradnice, čo mení akcie, ktoré je s ním možné robiť.

7. Flexibilita a efektivita

- rozšírenie by podľa tohto bodu malo mať verziu pre bežného a pokročilého užívateľa, čo je pri zatiaľ menšom počte funkcií redundantné.
- v rámci efektivity, by sa mohli pridať klávesové skratky k jednotlivým akciám.

8. Minimalita

- keď je pohľad na mapu z väčšej výšky, zobrazuje sa menší počet detailov – jednoduchý režim zobrazenia (nezobrazujú sa ikony a popisy uzlov, multihrany atď.).

9. Zmysluplné chybové hlášky

- ak rozšírenie spôsobí nejakú chybu, hláška s ňou spojená je ošetrená tak, aby sa zobrazila zmysluplná chybová hláška, nie nejaká programátorská (napr. `NullPointerException`).

10. Help a dokumentácia

- v súčasnosti zatiaľ na webe ClueMakeru s dokumentáciou a návodmi nie sú informácie o novom rozšírení, určite ale budú doplnené, kým bude rozšírenie nasadené vrámci novej verzie ClueMakeru.

4.3 Performance testy

Pre overenie splnenia nefunkčnej požiadavky o výkone (NR1) bolo nutné vykonať performance testy. Postupne som testoval rôzne počty uzlov a hrán na mape, a skúmal som pri tom framerate aplikácie a celkovo jej odozvu na dané počty uzlov a hrán. Pri testoch bol použitý počítač s nasledujúcimi parametrami:

- **Processor:** Intel Core i7-6820HQ, 4 jadrá s frekvenciou 2,7GHz.
- **Pamäť RAM:** 8GB.
- **SSD:** 256 GB.

Počet framov za sekundu (framerate) okna mapy sa zisťuje pomocou metódy `getFramesPerSecond()` triedy `SceneController`, ktorá sa získa z použitého `WorldWindow`. Hodnoty framerate, ktoré budú v tabuľkách budú predstavovať približné hodnoty, ktoré sa pri zoomovaní, presúvaní po mape a prechádzaní myšou po uzloch podarili namerať.

DVD disk, priložený k tejto práci obsahuje tiež verziu aplikácie ClueMaker, ktorá je prispôbená na performance testing tým, že sa údaje o framerate a výške pohľadu zobrazujú miesto názvu okna modulu GIS.

4.3.1 Testy počtu uzlov

Výsledky testov počtu uzlov sú v tabuľke 4.1. Pri testovaní boli použité len uzly bez hrán a aj bez zadanej geografickej lokality. Vďaka tomu sú uzly koncentrované na ploche asi 2000 km². Hustota uzlov sa teda postupne s ich rastúcim počtom zvyšuje, čo má vplyv na framerate mapy.

Z výsledkov vykreslených v grafe na obr. 4.1 vidieť, že ako sa znižuje výška pohľadu, rastie framerate, čo je spôsobené zmenšovaním počtu uzlov, ktoré sú viditeľné na mape. Na grafe ďalej vidieť pokles v hodnote framerate, ktorý je spôsobený prechodom z jednoduchého na normálny režim zobrazenia. Tento pokles tiež ukazuje, prečo bolo nutné jednoduchý režim zobrazenia implementovať. Aj keď v priebehu testovania framerate pri projektoch s vyšším počtom uzlov poklesol pod 10 FPS, aplikácia bola naďalej použiteľná, len s nižšou mierou komfortnosti.

Projekty, na ktorých testovanie prebehlo, sú priložené na DVD v priečinku `test\nodes` a sú pomenované podľa počtu uzlov, ktoré sú na mapu umiestnené.

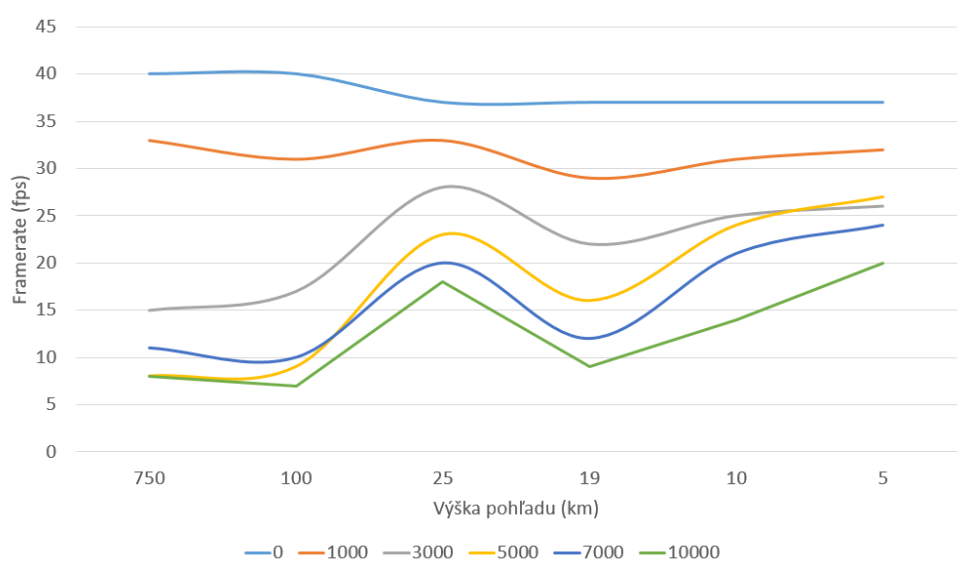
Tabuľka 4.1: Výsledky performance testu so samotnými uzlami

Výška/Počet uzlov	0	1000	3000	5000	7000	10000
750 km	40	33	15	8	11 - 12	8
100 km	40	30 - 32	15 - 19	8 - 10	10	6 - 7
25 km	35 - 38	31 - 34	26 - 29	22 - 24	19 - 20	17 - 18
19 km	35 - 38	27 - 30	22	16	11 - 13	8 - 10
10 km	35 - 38	30 - 32	23 - 26	24	20 - 21	13 - 15
5 km	35 - 38	31 - 32	25 - 27	26 - 27	23 - 24	20

4.3.2 Testy počtu hrán

Výsledky testov počtu uzlov spolu s hranami sú v tabuľke 4.2. Uzly, ktoré boli pridávané na mapu počas testovania majú najviac 1 hranu (pri vyberaní uzlov som mohol nedopatrením neoznačiť uzol na druhom konci hrany), čiže počet hrán na mape je rovný približne polovici počtu uzlov. Uzly, rovnako ako v minulom teste, nemajú zadanú lokalitu, preto som pre tento test som zmenil spôsob vkladania tak, že sa uzly vkladajú kamkoľvek na mapu, pretože inak bol takmer celý 2000 km² veľký úsek mapy pokrytý hranami, čo čiastočne znemožňovalo testovanie.

Pri testovaní s hranami oveľa častejšie klesal framerate pod 10 FPS, dokonca od približne 2000 hrán aj pod 5 FPS, čo je už veľmi nízka hodnota, pri ktorej veľmi klesá komfortnosť použitia aplikácie.



Obr. 4.1: Výsledky performance testu so samotnými uzlami – graf

Súbory projektov, na ktorých sa testovalo, sú na priloženom DVD v priečinku `test\edges` a sú pomenované podľa počtu uzlov, ktoré sú na mapu spolu so svojimi hranami umiestnené.

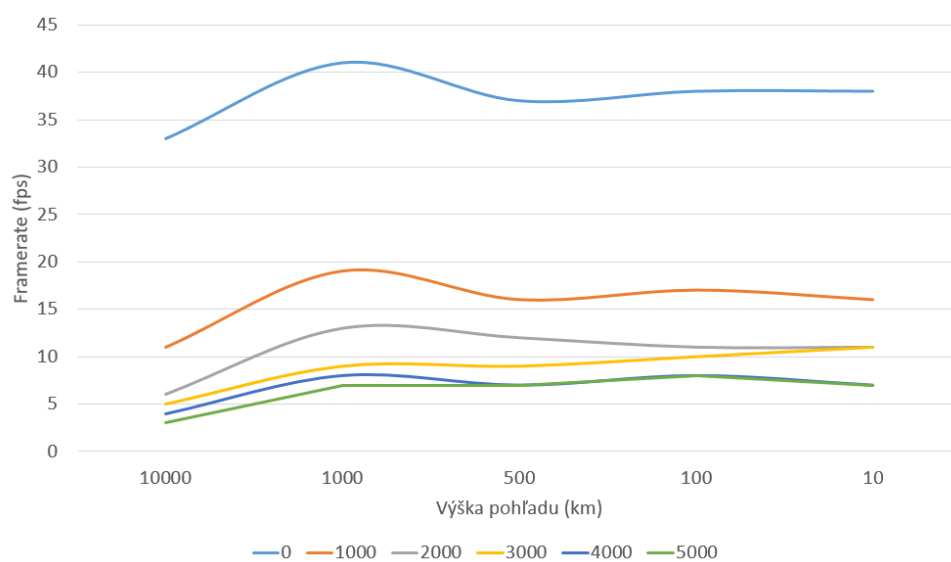
Tabuľka 4.2: Výsledky performance testu s uzlami a hranami

Výška/Počet uzlov	0	1000	2000	3000	4000	5000
10000 km	33 - 34	9 - 12	5 - 6	4 - 6	3 - 4	2 - 3
1000 km	41 - 42	15 - 22	10 - 15	8 - 10	6 - 10	6 - 8
500 km	35 - 39	16	10 - 13	7 - 10	6 - 8	6 - 7
100 km	38 - 39	15 - 18	10 - 12	8 - 12	7 - 8	6 - 9
10 km	36 - 39	15 - 17	10 - 12	9 - 13	6 - 7	6 - 8

4.3.3 Vyhodnotenie nefunkčnej požiadavky

Modul nemá problém s vkladaním veľkého množstva uzlov na mapu, aj pri vkladaní 10000 uzlov šlo o zanedbateľný čas. Najväčší priestor na zlepšenie vidím v optimalizácii zobrazovania väčšieho počtu hrán, ktoré v testoch vykazovalo najväčší pokles frameratu. Počas testovania však nedochádzalo k zamrznutiu aplikácie, tak považujem túto nefunkčnú podmienku za splnenú, aj keď s menšími horeuvedenými výhradami.

4. TESTOVANIE



Obr. 4.2: Výsledky performance testu s uzlami a hranami – graf

Záver

V tejto práci som postupne priblížil aplikáciu ClueMaker a jej funkcionality, popísal technológie GIS a protokoly používané na prenos mapových podkladov po webe. Ďalej som popísal analýzu, návrh, implementáciu a testovanie nového modulu GIS aplikácie ClueMaker.

Výsledkom práce je nový modul aplikácie GIS, ktorého hlavnou funkcionalitou je možnosť umiestňovať uzly z grafu na mapu. Modul okrem mapových podkladov, ktoré obsahuje knižnica WorldWind použitá pri implementácii, ponúka možnosť pridať vlastné WMS zdroje máp. Tiež je možné okrem iného na mapu kresliť geometrické útvary a importovať entity z dátových zdrojov do grafu a následne do mapy.

V práci sa mi podarilo splniť všetky funkčné požiadavky s jednou výhradou a taktiež aj nefunkčné požiadavky tiež s jednou výhradou. Spomínaná výhrada pri funkčných požiadavkách je neimplementovaná možnosť použitia WMTS mapového zdroju v aplikácii. Implementáciou pluginu získal ClueMaker funkcionality, ktorá ho približuje k jeho konkurentom. Pri nefunkčných požiadavkách ide o rozdielne správanie myši na mape a v grafe, ktoré bude potrebné v budúcnosti prioritne zjednotiť.

Ďalší vývoj GIS rozšírenia sa ponúka vo viacerých smeroch, napríklad upraviť správanie myši, aby sa správala ako na grafe, rozšíriť funkcionality aj o časovú osu tak, ako funguje v súčasnosti pri grafe. Určite bude do rozšírenia možné pridať podporu WMTS mapových zdrojov, ktoré som z mojej práce vypustil z časových dôvodov. Do rozšírenia by tiež mohla byť doplnená podpora transakcií pri zmenách na mape, čím by sa umožnilo vrátiť späť nechcené úpravy, ako je to v súčasnosti v grafe.

Literatúra

- [1] Burns, M.: Leaked Palantir Doc Reveals Uses, Specific Functions And Key Clients. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://techcrunch.com/2015/01/11/leaked-palantir-doc-reveals-uses-specific-functions-and-key-clients/>
- [2] Profinit EU s.r.o.: Logo ClueMaker. [online], [cit. 08-05-2018]. Obrázok vo formáte PNG. Dostupné z: http://cluemaker.com/wp-content/themes/svat/images/ClueMaker_logo_1x.png
- [3] Profinit EU s.r.o.: Timeline v ClueMaker. [online], [cit. 08-05-2018]. Obrázok vo formáte PNG. Dostupné z: http://docs.cluemaker.com/latest/assets/img/70_timeline_1_en.png
- [4] GitHub 2.0: GitHub Language Stats. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://madnight.github.io/github/#/pushes/2018/1>
- [5] Oracle Corporation: The Netbeans Platform. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://netbeans.org/features/platform/>
- [6] Oracle Corporation: Netbeans Platform Features. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://netbeans.org/features/platform/features.html>
- [7] International Business Machines Corp.: IBM i2 Analysts's Notebook. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/cz-en/marketplace/analysts-notebook>
- [8] International Business Machines Corp.: IBM i2 Analysts's Notebook – Details. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.ibm.com/cz-en/marketplace/analysts-notebook/details>

- [9] International Business Machines Corp.: IBM i2 Analyst's Notebook Release Notes. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg27036288>
- [10] Palantir Technologies: Palantir Gotham. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.palantir.com/palantir-gotham/>
- [11] Palantir Technologies: Palantir Gotham Applications. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.palantir.com/palantir-gotham/technologies/>
- [12] Palantir Technologies: Palantir Gotham Platform. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.palantir.com/palantir-gotham/platform/>
- [13] Palantir Technologies: Palantir Gotham Technologies. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.palantir.com/palantir-gotham/technologies/>
- [14] Cambridge Intelligence: KeyLines Architecture. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://cambridge-intelligence.com/keylines/architecture/>
- [15] Cambridge Intelligence: Visualizing Relational Databases. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://cambridge-intelligence.com/keylines/visualizing-relational-databases/>
- [16] Cambridge Intelligence: KeyLines Geospatial. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://cambridge-intelligence.com/keylines/geospatial/>
- [17] TOVEK s. r. o.: Tovek Tools. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.tovek.cz/tovek-tools.html/>
- [18] TOVEK s. r. o.: Popis Tovek Tools. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.tovek.cz/tovek-tools-popis.html>
- [19] Forcepoint: SureView Analytics. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.forcepoint.com/product/cross-domain-security/sureview-analytics>
- [20] Paterva: Maltego Clients. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.paterva.com/web7/buy/maltego-clients.php>
- [21] Paterva: Transform Hub. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.paterva.com/web7/about/hub.php>
- [22] Paterva: Comms Server. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.paterva.com/web7/buy/maltego-servers/comms.php>

-
- [23] AO Kaspersky Lab: Kaspersky Transforms for Maltego. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://help.kaspersky.com/TransformsForMaltego/1.0/en-EN/136167.htm>
- [24] Břeštan, R.: Peníze na „analýzy a mediální zastoupení“ Okamurovy SPD šly k lidem spojeným s TV Barrandov a Parlamentními listy. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://hlidacipes.org/penize-analyzy-medialni-zastoupeni-okamurovy-spd-sly-k-lidem-spojenym-tv-barrandov-parlamentnimi-listy/>
- [25] Wikipedia: Geographic information system. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_information_system
- [26] Open Geospatial Consortium: *OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification (version 1.0.0)*. 2000, [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=7196
- [27] Open Geospatial Consortium: *OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification (version 1.3.0)*. 2006, [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416
- [28] Wikipedia: Spatial reference system. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Spatial_reference_system
- [29] OpenStreetMapWiki: Slippy map tilenames. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Slippy_map_tilenames
- [30] OpenStreetMapWiki: About OpenStreetMap. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: https://wiki.openstreetmap.org/wiki/About_OpenStreetMap
- [31] Open Geospatial Consortium: *OpenGIS® Web Map Tile Service Implementation Standard (version 1.0.0)*. 2010, [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=35326
- [32] Mapbox: Mapbox Vector Tile Specification. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://www.mapbox.com/vector-tiles/specification/>
- [33] GeoJSON. [online], [cit. 09-05-2018]. Dostupné z: <http://geojson.org/>
- [34] Geospatial Analysis - Analyst's Notebook Esri Edition In: Youtube. Kanál uživatele i2accelerate. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=SUJQ_x7B8Qc
- [35] Google LLC: Keyhole Markup Language. [online], [cit. 09-05-2018]. Dostupné z: <https://developers.google.com/kml/>

- [36] Wikipedia: Shapefile. [online], [cit. 09-05-2018]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Shapefile>
- [37] Nielsen, J.: *Usability Engineering*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993, ISBN 0125184050, 340 s.
- [38] GeoTools: About GeoTools. [online], [cit. 09-05-2018]. Dostupné z: <http://www.geotools.org/about.html>
- [39] GeoTools: WebMapServer. [online], [cit. 09-05-2018]. Dostupné z: <http://docs.geotools.org/latest/userguide/extension/wms/wms.html>
- [40] GeoTools: WebMapTileServer. [online], [cit. 09-05-2018]. Dostupné z: <http://docs.geotools.org/stable/userguide/extension/wmts/wmts.html>
- [41] National Aeronautics and Space Administration: WorldWind. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://worldwind.arc.nasa.gov/>
- [42] National Aeronautics and Space Administration: WorldWind Java. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://worldwind.arc.nasa.gov/java/>
- [43] National Aeronautics and Space Administration: Features – WorldWind Java. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://worldwind.arc.nasa.gov/java/features/>
- [44] National Aeronautics and Space Administration: NASA Open Source Agreement Version 1.3. [online], [cit. 08-05-2018]. Dostupné z: <https://ti.arc.nasa.gov/opensource/nosa/>
- [45] Geotoolkit: Geotoolkit – Home. [online], [cit. 09-05-2018]. Dostupné z: <http://www.geotoolkit.org/>
- [46] WhereGroup: OSM WMS. [online], [cit. 08-05-2018]. WMS služba. Dostupné z: <http://osm-demo.wherogroup.com/service>
- [47] NASA: Blue Marble May 2004. [online], [cit. 08-05-2018]. WMS Služba. Dostupné z: <http://worldwind25.arc.nasa.gov/wms>
- [48] Gepro s.r.o.: WMTS služby v ČR. [online], [cit. 09-05-2018]. Dostupné z: <http://www.gepro.cz/support/wmts-sluzby-v-cr-2015/>

Zoznam použitých skratiek

CRS Coordinates Reference System

FPS Frames per second (počet framov za sekundu)

GIS Geographic information system

IED Improvised explosive device (improvizované výbušné zariadenie)

JOGL Java OpenGL

KML Keyhole Markup Language

NASA National Aeronautics and Space Administration

NOSA NASA Open Source Agreement

SNA Social Network Analysis (analýza sociálnych sietí)

SVAT Smart Visual Analytics Tool

TMS Tile Map Service

WMS Web Map Service

WMTS Web Map Tile Service

Obsah priloženého DVD

	readme.txt	stručné pokyny a popis obsahu CD
	cluemaker.zip	ZIP so spustiteľnou formou implementácie
	src	zdrojové kódy implementovaného modulu
	thesis	
	src	priečnik so zdrojovou formou práce vo formáte $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$
	thesis.pdf	text práce vo formáte PDF
	test	
	edges	priečnik s testovacími projektami na počet hrán
	nodes	priečnik s testovacími projektami na počet uzlov
	cluemaker-test.zip ..	ZIP so spustiteľnou formou implementácie pre testovanie