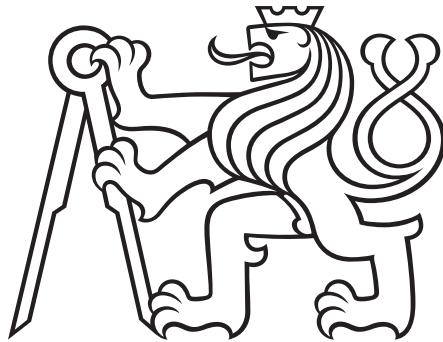


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ
PROGRAM GEODÉZIE A KARTOGRAFIE
OBOR GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A GEOINFORMATIKA



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
ZÁSUVNÝ MODUL QGIS PRO TERÉNNÍ RADIAČNÍ
PRŮZKUM

Vedoucí práce: Ing. Martin Landa, Ph.D.
Katedra geomatiky

červen 2017

Tereza KULOVANÁ



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Kulovaná Jméno: Tereza Osobní číslo: 440796
Zadávající katedra: Katedra geometiky
Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Zásuvný modul QGIS pro terénní radiační průzkum
Název bakalářské práce anglicky: Radiation Reconnaissance Results to MGRS-described Polygon
QGIS Plugin

Pokyny pro vypracování:

Cílem bakalářské práce je navrhnout softwarový nástroj pro terénní radiační průzkum Armády ČR. Vstupními daty budou měřené hodnoty dávkového příkonu záření gama a plošné aktivity. Nástroj vytvoří isolinie na základě interpolovaného povrchu měřených veličin a ty poté převede na zjednodušené plošné prvky. Výstupem nástroje bude textový soubor dle specifikace NATO/ACR se souřadnicemi v systému MGRS.

Jako platforma pro vývoj nástroje bude použit programovací jazyk Python, grafický framework PyQt, open source desktopový nástroj QGIS a jeho API (rozhraní pro programování aplikací). Nástroj bude implementován ve formě tzv. zásuvného modulu pod licencí GNU GPL.

Seznam doporučené literatury:

Kurt Menke, G.: Mastering QGIS, Packt Publishing, 2015, ISBN: 9781784390068
Pilgrim, M.: Dive Into Python, Createspace Independent Pub 2009, ISBN: 9781441413024
Summerfield, M.: Rapid GUI Programming With Python and Qt, Prentice Hall, 2015, ISBN: 9780134393339

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Martin Landa, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2017 Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce si klade za cíl zautomatizovat zpracování dat naměřených při terénním radiačním průzkumu. Z mapy dávkových příkonů, resp. plošné aktivity, softwarový nástroj vygeneruje zjednodušené polygony ohraničující oblasti dle zvolených úrovní a textový report kompatibilní s formátem dle NATO APP-11. Požadavek na tento nástroj vzešel ze strany Armády České republiky, jelikož v době zadání práce celý postup prováděl operátor ručně. Nástroj je s využitím externí knihovny implementován do prostředí open source systému QGIS.

KLÍČOVÁ SLOVA

QGIS, zásuvný modul, Python, GDAL, radiace

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to automate processing of data measured during the radiation reconnaissance. From map of dose rate or surface activity software tool generates simplified polygons bounding areas of preset levels and a text file in NATO APP-11 compatible format. This plugin was created for Army of the Czech Republic because in time of thesis assignment operator had to process data manually. Plugin uses an external library and is implemented into open source project QGIS.

KEYWORDS

QGIS, plugin, Python, GDAL, radiation

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „Zásuvný modul QGIS pro terénní radiační průzkum“ jsem vypracovala samostatně. Použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v seznamu zdrojů.

V Praze dne

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě děkuji vedoucímu bakalářské práce, Ing. Martinu Landovi, PhD., za připomínky a pomoc při zpracování této práce. Dále děkuji Mgr. Janu Helebrandovi (SÚRO) a nadporučíkovi Jiřímu Komárkovi (AČR) za odborné rady. V neposlední řadě děkuji svým blízkým za projevenou podporu.

Obsah

1	Úvod	10
2	Teoretický základ	12
2.1	Ionizující záření	12
2.1.1	Fyzikální veličiny a jednotky	12
2.2	Monitorování radiační situace	13
2.2.1	Sběr dat	14
2.2.2	Armádní radiační monitorovací síť	17
2.3	Textový report	17
2.3.1	Military grid reference system	18
3	Použité technologie	21
3.1	QGIS	21
3.2	Python	22
3.3	GDAL	23
3.4	Qt Project	24
3.4.1	PyQt	24
4	Zásuvný modul	25
4.1	Vstupní data	25
4.1.1	Testovací data	25
4.2	Výstupní data	26
4.3	Tělo zásuvného modulu	28
4.4	Algoritmus	30
4.4.1	Tvorba izolinií	31
4.4.2	Tvorba polygonů	33
5	Závěr	37
	Seznam zkratek	38
	Literatura	40

A User guide	43
A.1 Installation	43
A.2 Plugin description	45
A.2.1 GUI	45
A.2.2 Input data	46
A.2.3 Output data	47
B Obsah CD	49

Seznam obrázků

2.1	Měřící sonda libereckých chemiků	14
2.2	Liberecký chemik měří radiaci v terénu ve speciálním vozidle	15
2.3	Struktura zprávy MTF	18
2.4	Postup tvorby souřadnic MGRS	20
3.1	QGIS logo	21
3.2	Python logo	22
3.3	GDAL logo	23
3.4	Qt Project logo	24
4.1	Interpolovaná mapa	25
4.2	Atributová tabulka bodových dat (Chagan Lake)	26
4.3	Výstupní report	27
4.4	Výstupní polygony	28
4.5	Schematický postup	30
4.6	Ilustrace DP	35
A.1	Open dialog of Plugins.	43
A.2	Add home plugin's repository.	44
A.3	Search and install the plugin.	44
A.4	Radiation Reconnaissance Results Plugin on the QGIS toolbar.	44
A.5	The main tab of plugin.	45
A.6	The settings tab.	46
A.7	Input file.	46
A.8	Output report.	48
A.9	File of simplified polygons.	48

Seznam tabulek

2.1 Fyzikální veličiny	13
----------------------------------	----

1 Úvod

Hrozba jaderného výbuchu či jaderné havárie se v posledních sto letech stala více než reálnou. Proto ve světě vznikla potřeba být na takovéto situace co nejlépe připraven. V první řadě existuje samozřejmě snaha jim předcházet, avšak pokud již některý ze zmíněných stavů nastane, je důležité na něj reagovat rychle a efektivně. Důsledkem jsou snahy o zjednodušení získávání informací, automatizaci jejich zpracování a standardizaci formátu, v němž jsou předávány navazujícím složkám soustavy. Jedním ze způsobů, jak do tohoto velkého a provázaného systému přispět, je i softwarový nástroj, jehož vytvoření v rámci této bakalářské práce zadala Armáda České republiky, přesněji 314. centrum výstrahy proti zbraním hromadného ničení v Hostinci.

314. centrum výstrahy ZHN je podřízeno 31. pluku radiační, chemické a biologické ochrany v Liberci. V Armádě ČR plní funkci související se sledováním a vyhodnocováním informací v oblasti radiační, chemické a biologické ochrany.

V období míru je úkolem 314. centra mimo jiné spravovat armádní radiační monitorovací síť Armády České republiky, provádět letecký radiační průzkum, shromažďovat informace o zbraních hromadného ničení, jaderných energetických zařízeních a navrhovat ochranná opatření proti ZHN či ochranu proti následkům radiačních havárií. "Při vyhlášení stavu ohrožení státu/válečného stavu přebírá centrum od Ministerstva vnitra úkoly ústředního koordinačního orgánu v oblasti monitorování a výstrahy". [9]

V současnosti AČR zpracovává hodnoty naměřené v rámci radiačního průzkumu ručně, za výpočty a zakreslení výsledků do mapy je zodpovědná analytická skupina. Tento proces je poměrně náročný na znalosti a zkušenosti operátora, ani čas strávený vyhodnocením není zanedbatelný. Výhodný by proto byl softwarový nástroj, který by část procesu zautomatizoval. Konkrétně se jedná o vytvoření předdefinovaných izolinií ze vstupního interpolovaného gridu, jejich převod na zjednodušené polygony a vygenerování textového reportu ve formátu dle specifikace NATO/AČR v hlásném systému MGRS. Na operátorovi pak zůstane následné vložení zprávy do softwaru určeného k varování a uvědomování ostatních jednotek.

S ohledem na skutečnost, že AČR zpracovává data v open source geografickém informačním systému QGIS, bylo rozhodnuto, že nástroj bude vyvíjen jako nový zásuvný modul pro toto prostředí. Modul bude psán v programovacím jazyku Python, pro grafické rozhraní bude použit framework Qt, bude využívat QGIS API. Pro své specializované funkce je uvažováno i využití GRASS GIS API a knihovna GDAL.

V teoretické části práce bude čtenář seznámen se způsoby monitorování radiační situace v České republice, dotkne se tématu standardizovaných zpráv předávaných v rámci armády a představí hlásný systém MGRS.

Rešerše: Z českých prací se zadanému tématu z hlediska teorie nejvíce blíží diplomová práce Bc. Romany Loškové *Hodnocení přístrojů používaných v AČR v případě mimořádné radiační události*¹. Zabývá se monitorováním radiační situace a přístroji používanými v rámci AČR. Naopak z hlediska praktické části je nejpodobnější bakalářská práce Ondřeje Peška *Posun letecky měřených bodů po trajektorii v prostředí QGIS*², která byla vedena v roce 2016 na katedře geomatiky FSv ČVUT. Jejím cílem je také vytvoření zásuvného modulu pro QGIS.

¹http://theses.cz/id/o3vh8/Diplomov_prce_Lokov.pdf

²<https://github.com/ctu-osgeorel-proj/bp-pesek-2016/raw/master/text/ondrej-pesek-bp-2016.pdf>

2 Teoretický základ

V této kapitole jsou objasněny způsoby monitorování radiační situace, popsán sběr dat a představen výstupní report.

2.1 Ionizující záření

Ionizující záření je tok buď hmotných částic, nebo fotonů elektromagnetického záření, které mají schopnost ionizovat atomy prostředí či excitovat jejich jádra. Příčinou vzniku může být radioaktivní rozpad, kosmické záření nebo jej lze vytvořit uměle. Je průvodním jevem jaderných procesů, během nichž se jádro či obal atomu dostávají do energeticky nestabilního excitovaného stavu. Pro návrat do stabilního stavu musí vyzářit energii ve formě částic či fotonů elektromagnetického záření. Podle způsobu interakce s prostředím se ionizující záření dělí na dva druhy:

- **Přímo ionizující záření** mohou způsobovat jen nabité částice, které mají dostatečnou kinetickou energii k vyvolání ionizace. Mezi nabité částice patří např. elektrony, částice α , β .
- **Nepřímo ionizující záření** je tvořeno nenabitémi částicemi (neutrony, fotony), které prostředí přímo sami neionizují, ale při vzájemném působení s prostředím předávají svou kinetickou energii sekundárním, nabitém částicím, jež následně přímými účinky na atomy látku ionizují.

2.1.1 Fyzikální veličiny a jednotky

- **Plošná aktivita**

Množství radioaktivní látky je charakterizováno aktivitou. Jedná se o počet radioaktivních přeměn vztažených na jednotku času. Aktivita má za jednotku becquerel [Bq]. U plošných zdrojů záření se používá plošná aktivita neboli podíl aktivity a celkové plochy látky [Bq/m^2].

- **Dávkový příkon**

Působení ionizujícího záření popisuje veličina dávka (či také absorbovaná dávka), která je určena jako poměr střední energie předané ionizujícím zářením látce o dané hmotnosti. Základní jednotkou je gray [Gy], který odpovídá energii 1 joule

absorbované v kilogramu látky. Dávkový příkon je přírůstek dávky v časovém intervalu [Gy/s]. V praxi se používají nižší jednotky [$\mu\text{Gy/h}$] nebo [cGy/h].

- **Příkon dávkového ekvivalentu**

Na rozdíl od předchozích veličin patří dávkový ekvivalent mezi tzv. radiobiologické veličiny, tj. zohledňující účinky působení různých druhů záření na živou hmotu. Dávkový ekvivalent je součin dávky v uvažovaném bodě tkáně a jakostního činitele, jenž vyjadřuje rozdílnou biologickou účinnost různých druhů záření. Příkon fotonového dávkového ekvivalentu (PFDE) je přírůstek dávkového ekvivalentu způsobeného fotony v časovém intervalu [Sv/s]. Prostorový dávkový ekvivalent odpovídá dávkovému ekvivalentu, který by uspořádané a rozšířené pole ionizujícího záření způsobilo v hloubce $d = 10 \text{ mm}$ v ICRU kouli³ na rádius vektoru opačného směru, než je orientované pole. Příkon prostorového dávkového ekvivalentu (PPDE) je přírůstek prostorového dávkového ekvivalentu v časovém intervalu [Sv/s].

Tab. 2.1: Fyzikální veličiny

Veličina	Jednotka	Značka
Aktivita	becquerel	[Bq]
Plošná aktivita	becquerel/m ²	[Bq/m ²]
Dávka	gray	[Gy]
Dávkový příkon	gray/sekunda	[Gy/s]
Dávkový ekvivalent	sievert	[Sv]
Příkon fotonového dávkového ekvivalentu	sievert/sekunda	[Sv/s]
Příkon prostorového dávkového ekvivalentu	sievert/sekunda	[Sv/s]

2.2 Monitorování radiační situace

Pod monitorováním radiační situace je myšleno pravidelné sledování úrovně ionizujícího záření v okolním prostředí, měření obsahu umělých radionuklidů ve složkách životního prostředí a potravních řetězců, ale také sledování radioaktivity v těle člověka. [14]

³Koule z materiálu adekvátně odpovídajícího tkáni lidského těla o průměru 30 cm

Systematické plošné monitorování radiační situace má na území České republiky počátky v dubnu 1986, kdy došlo k havárii v JE Černobyl. Je zajišťováno pomocí celostátní Radiační monitorovací sítě (RMS) spravované Státním ústavem pro jadernou bezpečnost (SÚJB).

RMS běžně operuje v tzv. normálním režimu, v případě mimořádné radiační situace přechází do tzv. havarijního režimu. Během normálního režimu pracují stálé složky RMS, jež v první řadě zajišťují provoz fixních měřících míst a analýzu dat z nich získaných. Mezi stálé složky RMS patří v první řadě SÚJB, Státní ústav radiační ochrany (SÚRO) a Český hydrometeorologický úřad (ČHMÚ). Při přechodu do havarijního režimu dochází rovněž k aktivaci pohotovostních složek. Po zvážení je zahájen radiační průzkum, který sestává z dalšího monitorování na měřících bodech, pojezdového měření a v případě potřeby i měření leteckého. [19] Všechny získané informace jsou potřebné pro rozhodování o opatřeních vedoucích ke snížení nebo odvrácení ozáření.

2.2.1 Sběr dat

Mezi hlavní způsoby monitorování radiační situace patří:

- **napevno umístěné detektory (měřící body)**



Obrázek 2.1: Měřící sonda libereckých chemiků (autor: kapitán Ing. Jakub Šimíček)

Jedním ze způsobů hodnocení radiační situace je zjištění odchylek od dlouhodobého průměru PFDE, resp. PPDE. Dlouhodobě měřené hodnoty PFDE na území České republiky se pohybují mezi 0,1 až 0,2 [$\mu\text{Sv}/\text{h}$]⁴. Tato měření jsou nepřetržitě prováděna na pevně umístěných detektorech.

Základním systémem, umožňujícím průběžné sledování radiační situace na území ČR, je Síť včasného zjištění (SVZ) spravovaná Regionálními centry (RC) SÚJB, SÚRO, ČHMÚ a Armádou ČR. SVZ je v okolí a uvnitř areálu jaderných elektráren Dukovany a Temelín doplněna teledozimetrickými systémy (TDS), jejichž činnost je zajišťována ČEZ, a.s. Detekční jednotky SVZ i TDS obsahují dva detektory s různým rozsahem měření veličiny PFDE. Dalším způsobem zjištění odchylek od průměru jsou integrální měření fotonových, resp. prostorových dávkových ekvivalentů zjišťovaná v měřících místech s integrálními dozimetry, které tvoří teritoriální síť a lokální síť v okolí JE.

- **pozemní monitorování**



Obrázek 2.2: Liberecký chemik měří radiaci v terénu ve speciálním vozidle (autor: kapitán Ing. Jakub Šimíček)

Sběr dat při pojezdovém měření je prováděn z vozidla jedoucího rychlostí 40 km/h po určené trase. Spolu s měřenou hodnotou se zaznamenává čas a poloha měření. Při naměření předem stanoveného dávkového příkonu osádka vozu již dále nepokračuje ve směru rostoucích hodnot do epicentra výbuchu. „Takováto úroveň se pouze vytyčí a souřadnice jejího naměření se zahlásí radiostanicí na sběrné stanoviště

⁴Zdroj: <https://www.sujb.cz/aplikace/monras/>

(veliteli jednotky radiačního průzkumu, popřípadě na analytickou skupinu),“ popisuje nadporučík Jiří Komárek, starší důstojník Skupiny monitorování a leteckého průzkumu 314. centra výstrahy ZHN. Následně se osádka vrací zpět po stejné trase.

Právě závislost pozemního průzkumu na trasách přesunu, tj. cestách, a vystavení osádky vyšším hodnotám ionizujícího záření je jeho největší nevýhodou. Proto se provádí jako doplněk k měření leteckému. Hlavním zdrojem informací se stává ve chvíli, kdy povětrnostní podmínky nedovolí realizovat letecké monitorování.

Pozemní monitorování zajišťují SÚJB, SÚRO, Hasičský záchranný sbor ČR, Generální ředitelství cel, Armáda ČR, Policie ČR a ČEZ, a.s.

• letecké monitorování

Letecké monitorování je prováděno z vrtulníku letícího ve výšce asi 100 m nad terénem po předem určených trasách. Naměřené údaje jsou přepočítány na úroveň radiace ve výšce 1 m nad terénem. Oproti pojezdovému měření si letecký průzkum může dovolit prozkoumat kontaminovaný prostor více do hloubky. Úkolem specialistů na palubě však je sledování měřených dávkových příkonů, aby eventuálně mohli buď upravit parametry průzkumu (rychlosť, výška letu), nebo změnit trasu letu. Cílem je rychlé, orientační zmapování velké oblasti bez ohledu na charakter terénu.

„V případě jaderného výbuchu by mohl být letecký průzkum potenciálně využit ke zmapování radioaktivní stopy, kterou takový výbuch po vypadání částic zanechá. Důležité jsou tady samozřejmě vhodně zvolené podmínky průzkumu,“ doplňuje dále nadporučík Komárek.

Omezujícími podmínkami leteckého průzkumu je povětrnostní situace a doba, po kterou je třeba vyčkat, než vypadají radioaktivní částice na zemský povrch. Během čekání lze předběžně určit orientační dávkové příkony v epicentru vztázené na odhad mohutnosti výbuchu, na jejichž základě se rozhodne o provedení průzkumu ve vhodném časovém horizontu (po „vymření“ krátkodobých radionuklidů, kdy radiace v epicentru poklesne). Následně lze provést průzkum v souladu s principem ALARA, tedy že dávka ionizujícího záření, které je osoba vystavena, má být tak nízká, jaké lze rozumně dosáhnout.

Letecké monitorování v ČR provádí SÚRO a Armáda ČR.

Nově získané hodnoty radiačního monitorování jsou při vkládání do programu MonRaS porovnávány s informačními úrovněmi. Informační úrovně existují dvě: 1. a 2. IU. Při jejich překročení jsou zjišťovány důvody přesáhnutí a případně provedeny kroky nutné k odstranění příčiny.

2.2.2 Armádní radiační monitorovací síť

U Armády České republiky se monitorováním radiační situace zabývají dvě jednotky.

314. centrum výstrahy proti zbraním hromadného ničení (ZHN) v Hostivici je zodpovědné především za letecký radiační průzkum a monitorování radiační situace pomocí Sítě včasného zjištění patřící do Armádní radiační monitorovací sítě (SVZ ARMS). Jedná se o soustavu 16 stacionárních sond (původně jich bylo 17, ale sonda v Rakovníku byla zrušena a dosud nebyla nahrazena). AČR svými daty ze SVZ ARMS přispívá do celostátní RMS, kterou spravuje SÚJB.

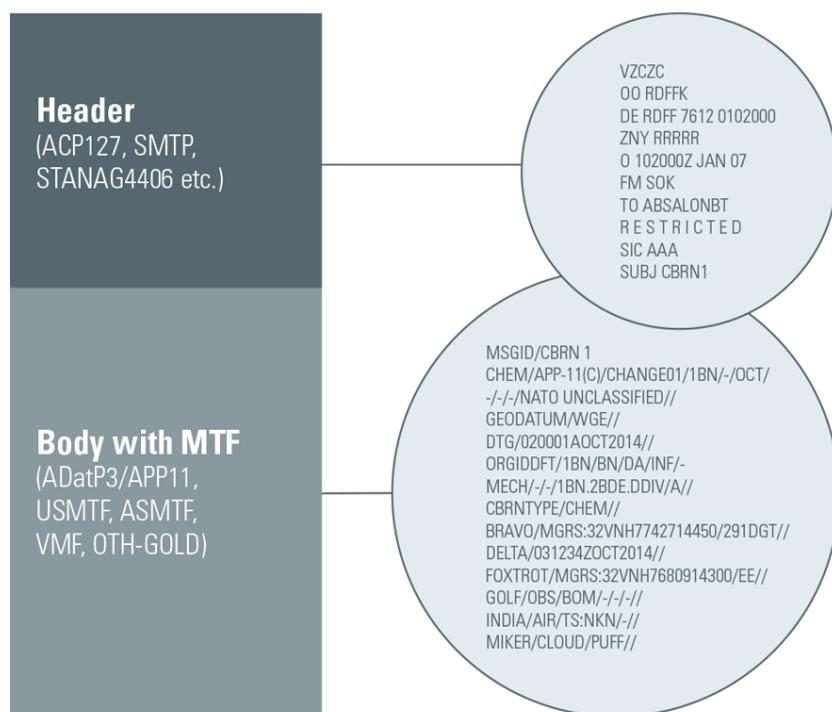
K provedení leteckého radiačního průzkumu AČR využívá vrtulník Mil Mi-17. V současné době AČR disponuje gama spektrometrickým systémem IRIS (Integrated Radiation Information System), přístrojem MobDOSE a palubním detektorem DP-3a. IRIS umí měřit nejen dávkový příkon a dávku, ale především energetické spektrum detekovaného záření gama, tj. lze jej využít ke gama spektrometrii.

Za pozemní průzkum jsou zodpovědné především jednotky 31. pluku radiační, chemické a biologické ochrany v Liberci. Sběr dat při pojezdovém měření je prováděn z vozidla Land Rover LR-110, lehkého obrněného kolového transportéru BRDM-2 nebo džípu UAZ-469 (postupně vyřazován). Přístroje používané k měření dávkového příkonu jsou DP-98, AS-67 nebo DP-3b a jsou pevně spojené s vozidlem.

2.3 Textový report

APP-11 je katalog, který specifikuje formát textových zpráv (MTF) používaných v NATO ke komunikaci se spřátelenými silami. Poslední verze katalogu APP-11 obsahuje více než 400 zpráv pokrývajících každý aspekt operací NATO, při němž se vyskytuje potřeba předávání informací pomocí standardizovaných zpráv. Zprávy jsou sestaveny na základně pravidel uvedených v technické publikaci ADatP-3.

MTF zprávy se skládají ze dvou částí - hlavičky a těla. Hlavička zahrnuje data o původci, příjemci či klasifikaci. Tělo pak obsahuje předávanou informaci ve formátu specifikovaném v APP-11.



Obrázek 2.3: Struktura zprávy MTF (zdroj: SYSTEMATIC)

Hlavní výhody MTF zprávy:

- jasně strukturovaný obsah je pochopitelný a předchází nedorozuměním
- je přenositelná mezi různými národy a systémy
- při přenosu požaduje malou šířku vlnového pásma
- je vhodná pro strojové zpracování

Výstupem ze zásuvného modulu je textový report ve formátu v souladu s katalogem APP-11 (viz kapitola 4.2). Jedná se o seznam souřadnic lomových bodů polygonů v systému MGRS, který bude součástí MTF zprávy.

2.3.1 Military grid reference system

Hlásný systém MGRS je systém udávání polohy používaný Severoatlantickou aliancí (NATO). Využívá Mercatorovo příčné válcové konformní zobrazení (UTM), případně UPS.

Na rozdíl od jiných souřadnicových systémů, které vyjadřují polohu pomocí dvojice hodnot (šířka/délka, x/y), MGRS využívá jen jednu hodnotu a to alfanumerický řetězec znaků. Ten je tvořen třemi údaji:

- **označení zóny**

Jedna zóna je tvořena sférickým čtyřúhelníkem referenčního elipsoidu, jenž je vymezen zeměpisnými poledníky a rovnoběžkami. Sférické čtyřúhelníky vznikají rozdelením povrchu Země do 60 poledníkových zón o šířce 6° , které jsou následně děleny ve směru rovnoběžek na 19 vrstev po 8° a 1 vrstvu o výšce 12° .

Poledníkové pásy jsou číslovány od 1 do 60 od obrazu poledníku 180° z. d. směrem na východ. Vrstvy jsou značeny velkými písmeny latinské abecedy C-X (s vynecháním písmen I a O vzhledem k jejich podobnosti s číslicemi) od obrazu rovnoběžky 80° j. š. na sever.

Jedinečné označení zóny je složeno z čísla poledníkového pásu následovaného písmenem rovnoběžkového pásu (např. 33U).

- **označení čtverce 100 x 100 km**

Jednotlivé zóny jsou rozdeleny na čtverce o hraně 100 km sítí čar rovnoběžných s obrazem příslušného osového poledníku a rovníku. Jelikož se poledníkové pásy směrem k pólu zužují, zóny obsahují určitý počet úplných čtverců a na krajích neúplné čtverce o proměnlivé šířce.

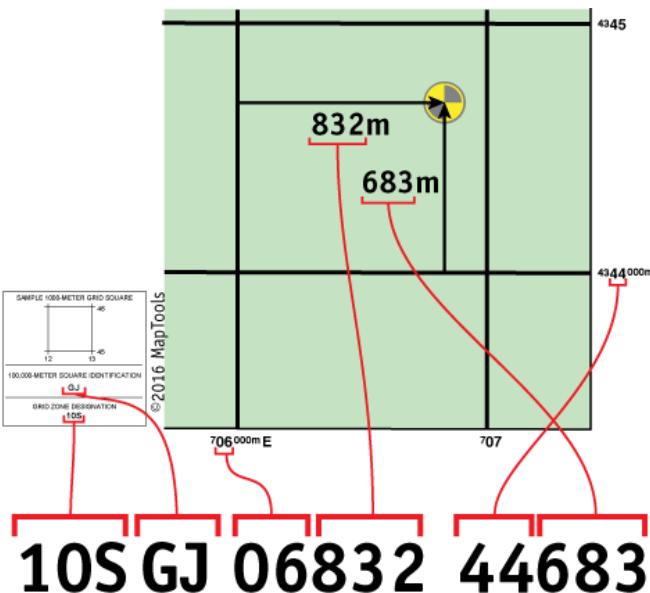
Pro označení sloupců jsou použita písmena A-Z (s vynecháním I a O), značení začíná u obrazu poledníku 180° z. d. a pokračuje směrem na východ, po písmenu Z se celá řada opět opakuje. Vrstvám jsou přidělena písmena A-V (bez I a O). První vrstva lichých poledníkových pásů je značena písmenem A, u sudých pásů začíná písmenem F. Po písmenu V se abeceda opakuje.

Označení čtverce se skládá ze dvou písmen - označení sloupce a vrstvy (např. VR)

- **souřadnice bodu ve 100 km čtverci**

V rámci čtverce je upřesněna poloha bodu za pomoci $n+n$ číslic, kde první sada číslic určuje východní souřadnici od levého kraje čtverce a druhá sada severní souřadnici od okraje spodního. Podle přesnosti vyjádření polohy bodu n nabývá hodnot 1, 2, 3, 4 nebo 5.

- 1+1 číslice pro souřadnici s přesností 10 km (54)
- 2+2 číslice pro souřadnici s přesností 1 km (5748)
- 3+3 číslice pro souřadnici s přesností 100 m (577484)
- 4+4 číslice pro souřadnici s přesností 10 m (57704840)
- 5+5 číslic pro souřadnici s přesností 1 m (5770048400)



Obrázek 2.4: Postup tvorby souřadnic MGRS (zdroj: MapTools)

Poloha Fakulty stavební ČVUT v Praze by tedy pomocí hlásného systému MGRS s přesností na metry vyjádřena řetězcem 33UVR5623950375.

Standardem NATO je rozlišení 10 m [22], Armáda ČR pro výstup zásuvného modulu požaduje přesnost na 1 m.

Východní a severní souřadnice v systému MGRS se vždy vztahují k levému dolnímu rohu čtverce. Při přechodu na nižší přesnost se souřadnice nezaokrouhlují, ale přebytečné číslice se odříznou, aby bylo zajištěno, že bod zůstane ve správném čtverci s nižší přesností.

3 Použité technologie

Třetí kapitola stručně představuje jednotlivé technologie použité při tvorbě zásvětného modulu.

3.1 QGIS



Obrázek 3.1: QGIS logo (zdroj: QGIS)

QGIS (dříve známý pod názvem Quantum GIS) je multiplatformní volně dostupný geografický informační systém (GIS). Umožňuje uživateli prohlížet, vytvářet, analyzovat a editovat jak vektorová, tak rastrová geografická data.

Vývoj započal v roce 2002 Gary Sherman, dnes ho spravuje skupina dobrovolníků a je vyvíjen pod hlavičkou Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Hlavní myšlenkou při vzniku bylo vytvoření GIS softwaru dostupného zdarma každému vlastníkovi osobního počítače, na rozdíl od drahých komerčních softwarů. Ty ho ve všech aspektech sice většinou předčí, avšak pro běžného uživatele je QGIS zcela dostačující.

QGIS je vyvíjen v jazyku C++, jeho grafické rozhraní využívá knihovnu Qt. Je podporován na operačních systémech Microsoft Windows, Mac OS X, Linux a Unix, od roku 2014 existuje experimentální verze pro Android⁵. Základní funkcionality pomáhají rozšířit zásuvné moduly psané v jazyce Python nebo C++. Je propojen s dalšími open source GIS balíčky jako jsou např. GRASS GIS, PostGIS nebo MapServer. QGIS je uvolněn pod licencí GNU (GPL) verze 2 a vyšší. [3]

Komunita kolem QGIS aktivně podporuje své členy k přispívání a zlepšování softwaru - hlášením chyb, překládáním programu do dalších jazyků nebo snadným přístupem k tvorbě zásuvných modulů a jejich implementaci.

⁵<http://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>

3.2 Python



Obrázek 3.2: Python logo (zdroj: Python.org)

Python je vysokoúrovňový, interpretovaný programovací jazyk. Podporuje procedurálně i objektově orientované programování, je výkonný, zároveň má velmi jednoduchou a čistou syntax. V ostatních jazycích je odsazování řádků doporučeno z hlediska přehlednosti, u Pythonu je základním stavebním kamenem a je povinné.

Guido van Rossum, autor první verze Pythonu vydané v roce 1991, se rozhodl vyřešit nedostatečnost jazyků, které byly používány v jeho zaměstnání, a napsat jazyk splňující jeho potřeby. Při vývoji se inspiroval především v jazycích ABC a Modula-3. Jednou ze snah bylo vytvoření jazyka otevřeného dalším rozšířením a propojením s jinými jazyky (např. C++). Dnes je Python vyvíjen jako open source projekt pod záštitou neziskové organizace Python Software Foundation (PSF). Je distribuován pod licencí PSF, která je kompatibilní s GPL. Je možné ho nainstalovat na běžné platformy jako Windows, Unix nebo Mac OS, pro Linux je většinou součástí základní instalace. Při vyvarování se systémově závislých funkcí je přenositelný mezi platformami bez jakýchkoli změn.

Python má široké využití, od jednoduchých programů po rozsáhlé aplikace. Právě pro tyto možnosti, univerzálnost, přehlednost kódu a výkonnost z něj udělaly programovací jazyk, který je mezi začátečníky ve velké oblibě. Během krátké doby v něm funkční skript zvládne napsat každý.

3.3 GDAL



Obrázek 3.3: GDAL logo (zdroj: Wikimedia Commons)

Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) je knihovna určená pro čtení a zápis rastrových a vektorových geodat. Od verze GDAL 2.0 došlo k pevnějšímu propojení dvou původně oddělených knihoven - GDAL, pracující s rastrovými daty, a OGR, zpracovávající data vektorová.

Do verze 1.3.2 byla vyvíjena Frankem Warmerdamem. Další údržba byla převedena na GDAL/OGR Project Management Committee, která je součástí OSGeo Foundation.

GDAL/OGR je napsána v jazyce ANSI C a C++ a lze ji použít na operačních systémech Linux, Solaris, Mac OS X a Microsoft Windows. Knihovna GDAL je vydávána pod licencí X/MIT. Pro práci se souřadnicovými systémy a transformaci mezi nimi využívá knihovnu PROJ.4. V květnu 2017 byla vydána zatím poslední verze GDAL 2.2.0. [13]

Díky rozsáhlému množství funkcionalit je využívána v komerční i nekomerční sféře a v oblasti GIS patří mezi hlavní free software projekty.

3.4 Qt Project



Obrázek 3.4: Qt Project logo (zdroj: qt.io)

Qt je framework⁶ knihoven a nástrojů, jenž je široce využíván pro tvorbu multiplatformních aplikací a grafických uživatelských rozhraní. Svou oblibu si vysloužil právě funkčností na různých softwarových i hardwarových platformách, kdy je třeba do kódu zavést jen pár změn nebo ho neupravovat vůbec. Další výhodou je velmi dobré zpracovaná dokumentace.

Qt je založen na jazyku C++. Na vývoji Qt se v současnosti podílejí dvě společnosti - The Qt Company a Qt Project, z nichž druhá jmenovaná následuje politiku otevřených dat. Qt je tedy dostupný jak pod komerční licencí, tak pod open source licencemi GNU GPL 2.0, GNU GPL 3.0 a LGPL 3.0. Poslední verzí vydanou před květnem 2017 byla verze Qt 5.8. [17]

3.4.1 PyQt

Qt je sice psán v jazyce C++, ale existuje mnoho rozhraní pro programování aplikací (API) umožňujících propojení s dalšími programovacími jazyky. Pro Python patří mezi nejoblíbenější PyQt a PySide.

Správa a vývoj PyQt spadá pod firmu Riverbank Computing Limited. PyQt je dostupný pod podobnou licencí jako Qt, tedy GNU GPL 2.0, GNU GPL 3.0 a komerční licencí. [15]

⁶Multiplatformní aplikační rámec

4 Zásuvný modul

Ve této kapitole jsou objasněny stěžejní kroky tvorby zásuvného modulu *Radiation reconnaissance results*, popsány vstupní a výstupní datové soubory. Při tvorbě modulu byly využívány příručky [5] [10] [3] [7].

4.1 Vstupní data

Na vstupu zásuvného modulu je buď interpolovaná mapa dávkového příkonu, nebo plošné aktivity.

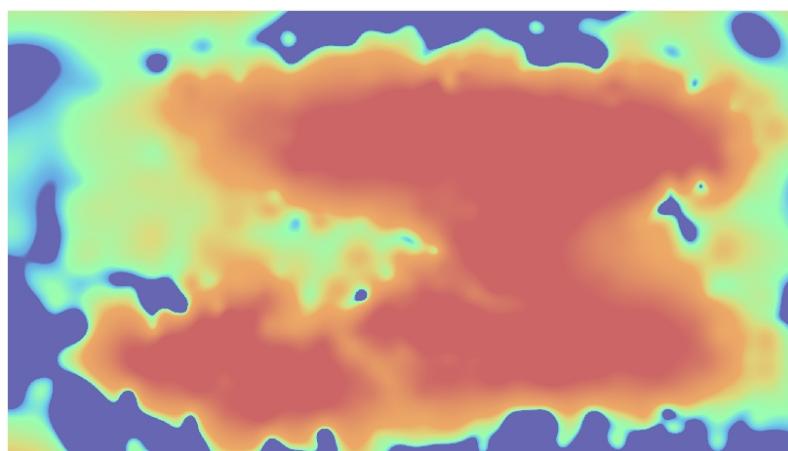
- **Interpolovaná mapa plošné aktivity**

Mapa obsahuje hodnoty plošné aktivity v jednotkách [MBq/m²]. Je v souřadnicovém systému WGS 84 (EPGS:4326) a v gridovém formátu podporovaném knihovnou GDAL.

- **Interpolovaná mapa dávkového příkonu**

Mapa obsahuje hodnoty dávkového příkonu v jednotkách cGy/h. Je v souřadnicovém systému WGS 84 (EPGS:4326) a v gridovém formátu podporovaném knihovnou GDAL⁷.

4.1.1 Testovací data



Obrázek 4.1: Interpolovaná mapa dávkového příkonu (Chagan Lake) (autor: Tereza Kulovaná, data: AČR)

⁷http://www.gdal.org/frmt_various.html

Bodová data pro testování poskytla AČR. Jedná se o hodnoty simulované pro účely cvičení umístěné do oblasti jezera Chagan (přezdívaného "Atomic lake") v Kazachstánu. Toto jezero vzniklo v roce 1965 jako důsledek sovětského podzemního jaderného testu (ekvivalentní 140 kt TNT) [4].

Atributová tabulka bodových dat obsahuje informace o měřených hodnotách dávkového příkonu a plošné aktivity, souřadnicích X a Y. Interpolovaná mapa dávkového příkonu, resp. plošné aktivity, byla vytvořena pomocí metody Multilevel B-Spline Interpolation v open source GIS softwaru SAGA⁸.

	id	cGyph	MBqpm2	XCOORD	YCOORD
1	1	7.809840284700000	37189.715641390001110	78.868761	49.937090
2	10	8.507468532800001	40511.754917973201373	79.033836	49.856656
3	100	8.809785865100000	41951.361262400299893	78.891512	49.952752
4	101	9.003963835300000	42876.018263327503519	78.910206	49.958312
5	102	8.707279395200000	41463.235215278400574	78.944950	49.967047
6	103	9.603746561800000	45732.126484763597546	78.965408	49.969089
7	104	8.906920465400001	42413.906978171602532	79.010909	49.971018
8	105	200.001983887600...	952390.399464754969...	78.987806	49.955929
9	106	800.004488869099...	3809545.18509074021...	78.961880	49.951730
10	107	700.005122398500...	3333357.725707250181...	78.977224	49.955248
11	108	500.007366394500...	2380987.459021499846...	78.944244	49.950596
12	109	900.006854216700...	4285746.92484125029...	78.952181	49.949347

Obrázek 4.2: Atributová tabulka bodových dat (Chagan Lake) (autor: Tereza Kulovaná, data: AČR)

4.2 Výstupní data

1. Report

Povinným výstupem zásuvného modulu je textový report s příponou *.txt*, který obsahuje souřadnice lomových bodů zjednodušených polygonů v hlásném systému MGRS. Výstupní report je součástí MTF zprávy, proto musí splňovat přesně daný formát specifikovaný v katalogu APP-11.

⁸http://www.saga-gis.org/saga_tool_doc/2.1.3/grid_spline_4.html

Jeden řádek reportu obsahuje:

/[VALUE][UNIT]/MGRS:[COORDINATE]//MGRS:[COORDINATE]//

kde

- VALUE = hodnota dávkového příkonu/plošné aktivity
- UNIT = použitá jednotka ve formátu:
 - v případě dávkového příkonu: XYH, kde
 - * X = C (*centi*), M (*mili*), U (*mikro*)
 - * Y = G (*gray*)
 - * H = H (*hodina*)
 - v případě plošné aktivity: BQM2 (*becquerel na čtvereční metr*)
- COORDINATE = souřadnice v systému MGRS

U hodnoty VALUE je oddělovačem desetinných míst desetinná tečka. Veškerý text musí být velkými písmeny. Report musí začínat lomítkem, vše mezi dvěma lomítky je nazýváno polem. Pole č. 1 může obsahovat maximálně 12 znaků. Pole č. 2 může mít až 50 opakování (maximum 50 souřadnic) a každé pole může za identifikátorem MGRS: obsahovat maximálně 15 znaků. Poslední souřadnice je zakončena dvojitým lomítkem (označuje konec řádku). Vše mezi prvním lomítkem a dvojitým ukončovacím lomítkem se nazývá řádek. Jednotlivé řádky musí být odděleny znakem zalomení řádky.

```
/10.0CGH/MGRS:44ULA4911024497/MGRS:44ULA4786024532/MGRS:44ULA4730125641/MGRS:44ULA4673125707//  
/10.0CGH/MGRS:44ULA4911024497/MGRS:44ULA4911024503/MGRS:44ULA4911024514/MGRS:44ULA4910924536//  
/10.0CGH/MGRS:44ULA4673125707/MGRS:44ULA4706537442/MGRS:44ULA4752937462/MGRS:44ULA4827537076//  
/10.0CGH/MGRS:44ULA4673125707/MGRS:44ULA4673425707/MGRS:44ULA4674925702/MGRS:44ULA4675625700//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA5172137920/MGRS:44ULA5172137914/MGRS:44ULA5169637902/MGRS:44ULA5167437893//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA5172137920/MGRS:44ULA6245437634/MGRS:44ULA6210924149/MGRS:44ULA5376124369//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA6057932140/MGRS:44ULA6055732129/MGRS:44ULA6052832122/MGRS:44ULA6049932122//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA5211232190/MGRS:44ULA5210932196/MGRS:44ULA5210632205/MGRS:44ULA5210532207//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA4966330908/MGRS:44ULA4964230924/MGRS:44ULA4962830940/MGRS:44ULA4962130950//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA5517730520/MGRS:44ULA5517630522/MGRS:44ULA5517130533/MGRS:44ULA5516730544//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA5082029609/MGRS:44ULA5079829601/MGRS:44ULA5077629596/MGRS:44ULA5075529595//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA5357428876/MGRS:44ULA5353728862/MGRS:44ULA5350828858/MGRS:44ULA5348028862//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA5279828887/MGRS:44ULA5260229106/MGRS:44ULA5255529999/MGRS:44ULA5216629948//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA5333124380/MGRS:44ULA4741824545/MGRS:44ULA4670924933/MGRS:44ULA4708338050//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA5333124380/MGRS:44ULA5314725059/MGRS:44ULA5295725249/MGRS:44ULA5278225135//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA4670924933/MGRS:44ULA4708338050/MGRS:44ULA4946537983/MGRS:44ULA5020137813//  
/50.0CGH/MGRS:44ULA4670924933/MGRS:44ULA4671224933/MGRS:44ULA4673424924/MGRS:44ULA4675624914//  
/100.0CGH/MGRS:44ULA5103424631/MGRS:44ULA5074224982/MGRS:44ULA5041125768/MGRS:44ULA4999925697//  
/1000.0CGH/MGRS:44ULA55544726633/MGRS:44ULA5542526625/MGRS:44ULA5540326621/MGRS:44ULA5538126620//  
/1000.0CGH/MGRS:44ULA5761226398/MGRS:44ULA5679126639/MGRS:44ULA5623426504/MGRS:44ULA5603226794//  
/1000.0CGH/MGRS:44ULA5170225476/MGRS:44ULA5159025490/MGRS:44ULA5148425560/MGRS:44ULA5121125879//
```

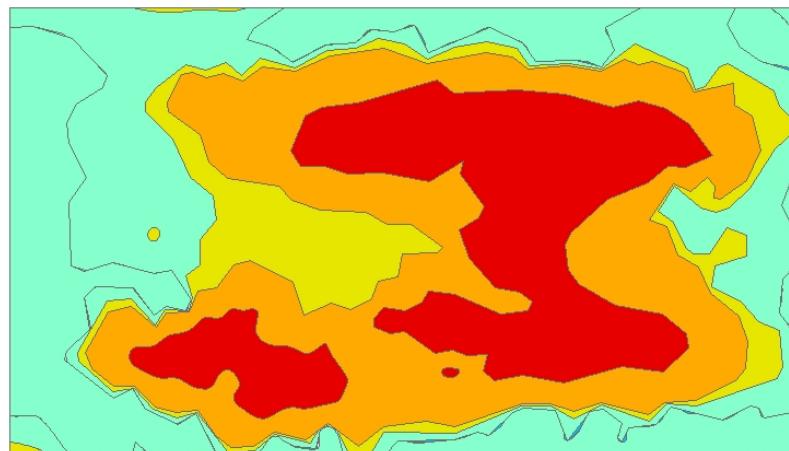
Obrázek 4.3: Ukázka výstupního reportu (autor: Tereza Kulovaná)

QGIS nemá nativní podporu souřadnic v MGRS. Pro převod z WGS 84 do MGRS byla jako nejvhodnější z dostupných variant zvolena část kódu již existujícího zásuvného modulu *Lat Lon Tools Plugin*⁹. Konkrétně se jedná o soubor s názvem `mgrs.py` a v něm obsaženou metodu `toMgrs`. Tento zásuvný modul je distribuován pod licencí GNU GPL, stejnou jako vytvářený modul *Radiation reconnaissance results*, což umožnilo jeho využití.

2. Soubor polygonů

Volitelným výstupem zásuvného modulu je datový soubor s polygonovými prvky. Data jsou lokalizována v souřadnicovém systému WGS 84 (EPSG:4326) ve formátu Esri Shapefile (`.shp`). Datový soubor obsahuje geometrie zjednodušených polygonů různě graficky odlišené podle jednotlivých úrovní radiace. Atributová tabulka obsahuje:

- identifikační číslo polygonu
- úroveň radiace



Obrázek 4.4: Ukázka výstupního souboru polygonů (autor: Tereza Kulovaná)

4.3 Tělo zásuvného modulu

Základní šablona nově vyvíjeného zásuvného modulu byla vytvořena s pomocí volně dostupného zásuvného modulu *Plugin Builder*¹⁰. Autorem tohoto modulu je skupina

⁹<https://github.com/NationalSecurityAgency/qgis-latlontools-plugin>

¹⁰<https://plugins.qgis.org/plugins/pluginbuilder/>

GeoApt LLC specializující se na rozvoj open source softwaru. Po zadání povinných vstupních informací *Plugin Builder* vyprodukuje kostru zásuvného modulu tvořenou mj. prvotním grafickým uživatelským rozhraním, základními funkcemi, vazbami a vychází ikonkou.

Tuto základní kostru bylo třeba upravit a rozšířit o další soubory, aby bylo docíleno očekávané funkčnosti. Mezi nejdůležitější prvky zásuvného modulu patří několik navzájem provázaných souborů:

- **`__init__.py`**

Obsahuje základní inicializaci modulu.

- **`plugin_upload.py`**

Umožňuje nahrání modulu do repozitáře QGIS, odkud je dostupný komukoli.

- **`radiation_reconnaissance_results.py`**

Zajišťuje implementaci zásuvného modulu do prostředí QGIS - načtení ikonky s názvem do nástrojové lišty, aktivaci modulu a v případě zavření jeho destrukci.

- **`radiation_reconnaissance_results_dockwidget.py`**

Obstarává propojení se souborem

`radiation_reconnaissance_results_dockwidget_base.ui`, po jehož zavolání se zobrazí grafické uživatelské rozhraní vytvořené pomocí Qt Designer. Obsahuje třídu `RadiationReconnaissanceResultsDockWidget` s metodami zajišťujícími načtení vstupních dat, předání potřebných hodnot dalším výpočetním souborům a v případě volby uživatele i přidání výsledné vrstvy polygonů do mapového okna. Dále znemožňuje spuštění modulu v situaci, kdy není zadána cesta k výstupnímu reportu.

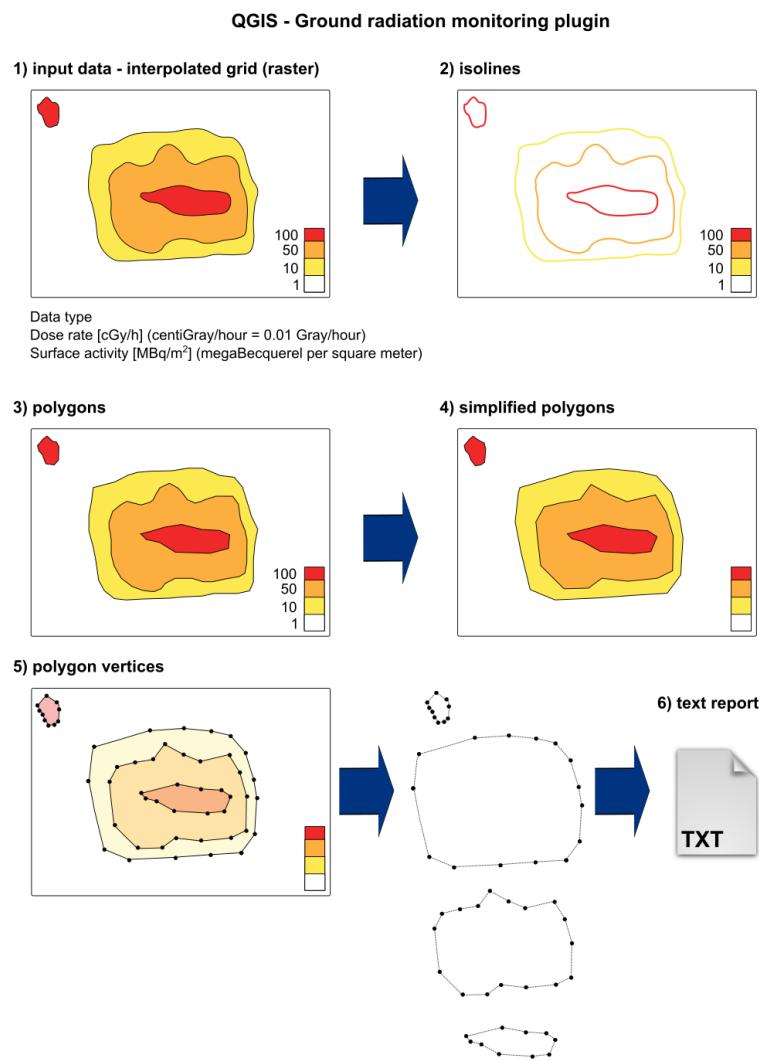
- **`pyradiation`**

Adresář `pyradiation` obsahuje knihovnu několika vzájemně provázaných modulů zajišťujících výpočty a tvorbu výstupů. Tato knihovna čerpá pouze z knihovny GDAL a lze ji využít nezávisle na QGIS modulu.

Ve třídě `RadiationIsolines` jsou ze vstupního gridu vytvořeny izolinie v uživateli zvolených úrovních radiace. Datový soubor s izoliniemi je předán dále

třídě `RadiationPolygonizer`, kde jsou z nich vytvořeny zjednodušené polygony pomocí generalizace obsažené v modulu `generalizer.py` a k němu náležející třídě `RadiationGeneralizer`. Na závěr jsou ve třídě `RadiationReport` souřadnice lomových bodů polygonu převedeny do souřadnic systému MGRS a v zadaném formátu vypsány do výstupního textového reportu.

4.4 Algoritmus



Obrázek 4.5: Schematický postup (autor: SÚRO, v.v.i.)

V dalších kapitolách jsou představeny dílčí kroky postupu tvorby koncových zjednodušených polygonů.

4.4.1 Tvorba izolinií

V první fázi jsou ze vstupního gridu vytvořeny izolinie pomocí metody `ContourGenerate` z knihovny GDAL. Vstupní grid ovšem zahrnuje pouze ohraničené pole bez informací z okolí, což v důsledku znamená, že část izolinií netvoří uzavřené oblasti, ale začíná a končí na hranicích gridu a není uzavřena. Z těchto izolinií by nebylo možné vytvořit polygony, které na vstupu vyžadují uzavřenou oblast. Z tohoto důvodu je třeba tyto linie najít a uzavřít pomocí ohraničujícího obdélníku.

V prvním kroku jsou určeny izolinie, které nejsou uzavřené (pseudokód 1-4), a pro ně jsou vypočítány průsečíky s ohraničujícím obdélníkem (pseudokód 1-5). Tyto průsečíky linií jsou přidány do pole průsečíků (pseudokód 1-9) stejně jako rohové body ohraničujícího obdélníku (pseudokód 1-14). Body v tomto poli jsou seřazeny proti směru hodinových ručiček (pseudokód 1-15). Při tvorbě izolinií metodou `ContourGenerate` mohou vzniknout i linie, které nejsou uzavřené a zároveň nekončí na hranicích obdélníka, ty je třeba z vrstvy izolinií odstranit (pseudokód 1-7).

Pseudokód 1 Získání průsečíků s ohraničujícím obdélníkem (Hranice)

- 1: vrstvaIzolinie = vrstva izolinií vypočítaných pomocí `ContourGenerate`
- 2: izolinie = načti první izolinii z vrstvaIzolinie
- 3: **while** existuje izolinie **do**
- 4: **if** izolinie je neuzavřená **then**
- 5: průsečík = vypočtiPrůsečíkyIzolinieAHranice
- 6: **if** neexistuje průsečík **then**
- 7: odstraň izolinii z vrstvaIzolinie
- 8: **else**
- 9: přidej průsečík do polePrůsečíky
- 10: **end if**
- 11: **end if**
- 12: izolinie = načti další izolinii z vrstvaIzolinie
- 13: **end while**
- 14: přidej rohové body Hranice do polePrůsečíky
- 15: seřaď polePrůsečíky proti směru hodinových ručiček

V druhém kroku již dochází přímo k uzavírání linií. Základní postup je přidat první izolinii do nově uzavírané linie (pseudokód 2-4). Pak jsou procházeny průsečíky na obdélníku, dokud není nalezen další bod se stejnou úrovní radiace (pseudokód 2-9) a linie mezi ním a posledním bodem je přidána do nově uzavírané linie (pseudokód 2-10). Pokud se jedná o počáteční bod první izolinie, je linie uzavřená (pseudokód 2-11). Pokud se jedná o bod z jiné izolinie, je tato izolinie přidána do uzavírané linie (pseudokód 2-24) a znovu se hledá další bod se stejnou úrovní radiace. Tento postup se opakuje, dokud poslední přidaný bod neodpovídá počátečnímu bodu první izolinie.

Pseudokód 2 Uzavření linií

- 1: neuzavřenéIzolinie = vrstva neuzavřených izoliní
- 2: izolinie = načti první izolinii z neuzavřenéIzolinie
- 3: **while** existuje izolinie **do**
- 4: přidej izolinii do uzavíranáIzolinie
- 5: počátečníBod = počáteční bod izolinie
- 6: koncovýBod = koncový bod izolinie
- 7: **for** průsečík z polePrůsečíky **do**
- 8: **if** průsečík po Hranici dál než koncovýBod **then**
- 9: **if** úroveňPrůsečík = úroveňIzolinie **then**
- 10: přidej linii mezi koncovýBod a průsečík do uzavíranáIzolinie
- 11: **if** průsečík = počátečníBod **then**
- 12: uzavíranáLinie je uzavřena -> **konec výpočtu**
- 13: **else**
- 14: koncovýBod = průsečík
- 15: pokračuj na řádku 22
- 16: **end if**
- 17: **else**
- 18: pokračuj s dalším průsečíkem
- 19: **end if**
- 20: **end if**
- 21: **end for**

```
22:   while uzavíranáLinie není uzavřená do
23:     for izolinie z neuzavřenéIzolinie do
24:       if počátečníBodIzolinie = koncovýBod then
25:         přidej izolinii do uzavíranáIzolinie
26:         koncovýBod = koncovýBodIzolinie
27:         pokračuj na řádce 7
28:       end if
29:     end for
30:   end while
31:   izolinie = načti další izolinii z vrstvaIzolinie
32: end while
```

4.4.2 Tvorba polygonů

Z uzavřených izoliní jsou pomocí metody `BuildPolygonFromEdges` z knihovny OGR vytvořeny polygony. Následně jsou zjednodušeny s využitím metody `Simplify` ze stejné knihovny. Nakonec jsou souřadnice zjednodušených polygonů převedeny do systému MGRS a vypsány do textového reportu kompatibilního s formátem dle APP-11¹¹.

¹¹<https://nhqc3s.hq.nato.int/Apps/Architecture/NISP2/std.aspx?vndb=standards&sbbs=y&refid=nato-app-11-d>

Pseudokód 3 Tvorba a zjednodušení polygonů

```

1: uzavřenéIzolinie = vrstva uzavřených izolinií
2: izolinie = načti první izolinii z uzavřenéIzolinie
3: while existuje izolinie do
4:     vytvoř polygon metodou BuildPolygonFromEdges
5:     tolerance = prvotní volba tolerance
6:     while True do
7:         zjednoduš polygon metodou Simplify s danou tolerancí
8:         if počet bodů v polygonu < 50 then
9:             konec
10:            else
11:                tolerance = větší tolerance
12:            end if
13:        end while
14:        izolinie = načti další izolinii z vrstvaIzolinie
15:    end while

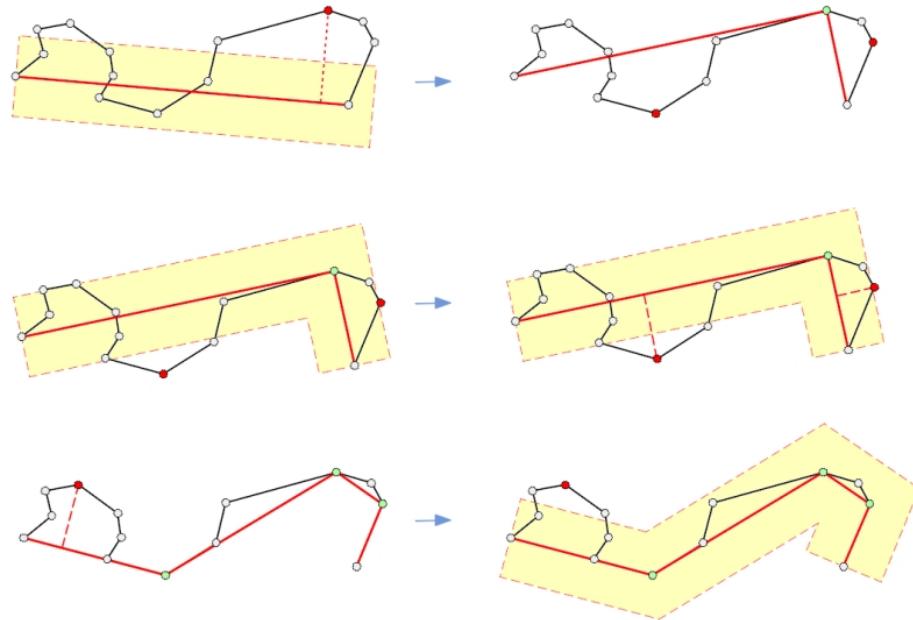
```

Generalizace

Metoda `Simplify` z knihovny GDAL využívá ke zjednodušení linie algoritmus Douglas–Peucker (pseudokód 4). Tento algoritmus patří k nejčastěji používaným generalizačním algoritmům v oblasti GIS. Na rozdíl od většiny generalizačních algoritmů neodstraňuje z původní linie body nesplňující geometrickou podmínu, ale naopak vytváří novou linii tvořenou body, které podmínu splňují.

Jedná se o rekurzivní algoritmus, který při zjednodušení řetězce mezi body A a B vezme hranu AB . Pokud nejvzdálenější bod (C) původní linie je maximálně ve vzdálenosti rovnající toleranci T , pak je approximace hrany dostatečná. V opačném případě rozdělí hranu AB v daném bodě C , čímž vzniknou hrany AC a CB . Ty jsou pak rekurzivně approximovány stejným postupem. [1]

Tento algoritmus nezachovává vzájemnou polohu linií, je tedy nutné ještě dalšími úpravami ošetřit, aby se zjednodušené polygony vzájemně neprotínaly. Tyto úpravy jsou však velmi časově náročné a autorka je před odevzdáním bakalářské práce nestihla implementovat. Pro správnou funkčnost zásuvného modulu jsou však nutné a bude na nich pokračovat po odevzdání.



Obrázek 4.6: Ilustrace Douglas-Peucker algoritmu (zdroj: Ing. Tomáš Bayer, Ph.D., Přírodovědecká fakulta UK)

Pseudokód 4 Douglas-Peuckerův algoritmus

```

1: funkce DouglasPeucker(listBodů[], tolerance)
2: dMax = 0
3: index = 0
4: početBodů = délka(listBodů)
5: for i = řada od 2 do (početBodů - 1) do
6:     d = vzdálenost(listBodů[i], hrana(listBodů[1], listBodů[početBodů]))
7:     if d > dMax then
8:         index = i
9:         dMax = d
10:    end if
11: end for

```

```
12: if dMax > tolerance then
13:     rekurze1 = DouglasPeucker(listBodů[1...index], tolerance)
14:     rekurze2 = DouglasPeucker(listBodů[index...početBodů], tolerance)
15:     výslednýList = rekurze1[1...délka(rekurze1)-1], rekurze2[1...délka(rekurze2)]
16: else
17:     výslednýList = listBodů[1], listBodů[početBodů]
18: end if
19: return výslednýList[]
```

Zjednodušené polygony jsou předány třídě `RadiationReport` a je z nich vytvořen výstupní textový report, jehož popis je uveden v kapitole 4.2.

Návod k instalaci a použití zásuvného modulu je dostupný v přílohách (příloha A).

5 Závěr

Tato bakalářská práce si kladla za cíl tvorbu zásuvného modulu automatizujícího zpracování dat získaných v rámci terénního radiačního průzkumu a jeho implementaci do open source prostředí QGIS. Požadavek na tvorbu tohoto softwarového nástroje vznesla Armáda ČR, jejíž operátoři dosud zpracovávali naměřená data ručně.

V současnosti zásuvný modul umožňuje ze vstupní interpolované mapy dávkového příkonu či plošné aktivity vytvořit izolinie v uživatelem navolených úrovních. Ty jsou následně převedeny na polygony. Poté je provedena generalizace jednotlivých polygonů na max. počet bodů = 50 (hodnota vychází z požadavků na výstup). Ty jsou převedeny do souřadnic systému MGRS a vypsány do textového reportu kompatibilního s formátem dle katalogu APP-11. Uživatel si může sám zvolit, zda chce vytvořit soubor s grafickým znázorněním polygonů ve formátu Esri Shapefile. Nástroj i návod k jeho použití jsou v anglickém jazyce, protože v případě, že se osvědčí, existuje možnost jeho využití i v zahraničních institucích.

Při tvorbě zásuvného modulu nastalo několik situací, kdy bylo nutno změnit zvolený postup či kontaktovat zadavatele pro upřesnění informací. Tím se zpracování prodloužilo, kvůli čemuž u zjednodušených polygonů prozatím není ošetřeno, aby se vzájemně neprotínaly. Tyto úpravy jsou pro správnou funkčnost zásuvného modulu dle zadání nutné, ale zároveň je jejich implementace časově náročná. Autorka na nich bude pracovat po odevzdání práce.

Jako další vylepšení modulu v budoucnosti se nabízí rozšíření vstupních formátů o naměřená bodová data a jejich následnou interpolaci (pravděpodobně s využitím SAGA-GIS nebo GRASS GIS API). Studiu těchto postupů se autorka věnovala v počátcích práce, kdy se ještě uvažovalo o zapracování této funkce do zásuvného modulu v rámci bakalářské práce. S ohledem na časovou náročnost od implementace bylo upuštěno, ale je možnost se k ní vrátit, až bude modul plně funkční.

Zásuvný modul využívá knihoven QGIS a musí být distribuován pod stejnou licencí, tedy GNU GPL. Modul je volně dostupný v repozitáři CTU GeoForAll Lab¹², zde jsou uveřejněna i testovací data. Po jeho dokončení bude začleněn do oficiálního QGIS repozitáře.

¹²<https://github.com/ctu-geoforall-lab-projects/bp-kulovana-2017>

Seznam zkratek

SÚRO	Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.
AČR	Armáda České republiky (Army of the Czech republic)
SÚJB	Státní ústav pro jadernou bezpečnost
ČHMÚ	Český hydrometeorologický úřad
PSF	Python Software Foundation
GIS	Geografický informační systém (Geographic information system)
GUI	Grafické uživatelské rozhraní (Graphical user interface)
WGS 84	Světový geodetický systém 1984 (World Geodetic System 1984)
GPL	Všeobecná veřejná licence (General Public License)
LGPL	Lesser General Public License
GDAL	Geospatial Data Abstraction Library
API	Rozhraní pro programování aplikací (Application program interface)
MGRS	Military grid reference system
NATO	Severoatlantická aliance (North Atlantic Treaty Organization)
UTM	Univerzální transverzální Mercatorův systém souřadnic (Universal Transverse Mercator)
UPS	Universal polar stereographic
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
RMS	Radiační monitorovací síť
PFDE	Příkon fotonového dávkového ekvivalentu
PPDE	Příkon prostorového dávkového ekvivalentu

ZHN Zbraně hromadného ničení

JE Jaderná elektrárna

MonRaS Program pro monitorování radiační situace

SVZ Síť včasného zajištění

SVZ ARMS Síť včasného zjištění Armádní radiační monitorovací sítě

TDS Teledozimetrický systém

MTF the Message Text Format

Literatura

- [1] HERSHBERGER, John Edward a SNOEYINK, Jack. *Speeding up the Douglas-Peucker line-simplification algorithm*. Vancouver, BC, Canada, Canada: University of British Columbia, Department of Computer Science, 1992.
- [2] JAKUB ŠIMIČEK. *Chemici se specialisty Státního ústavu radiační ochrany společně monitorovali radiaci z vrtulníku* [online]. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://www.mocr.army.cz/informacni-servis/zpravodajstvi/chemici-se-specialisty-statniho-ustavu-radiacni-ochrany-spolecne-monitorovali-radiaci-z-vrtulniku-118918/>.
- [3] MENKE, Kurt et al. *Mastering QGIS*. Birmingham: Packt Publishing, 2015. ISBN 978-1-78439-868-2.
- [4] NORDYKE, M.D. The Soviet Program for Peaceful Uses of Nuclear Explosions. Technical report, jul 2000. Dostupné z: <https://doi.org/10.2172/793554>.
- [5] PILGRIM, Mark. *Dive Into Python*. Apex: Apress, 2004. ISBN 978-1-59059-356-1.
- [6] ULLMANN, Vojtěch. *Ionizující záření* [online]. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/JadRadFyzika6.htm>.
- [7] ŠVEC, Jan. Učebnice jazyka Python (aneb Létající cirkus), 2002. Dostupné z: <http://www.root.cz/knihy/ucebnice-jazyka-python/>. Česká verze knihy Python tutorial od Guida van Rossuma a Freda L. Drakea.
- [8] VOSKA, Michal. *Složky Armádní radiační monitorovací sítě nacvičovaly zásah při radiaci* [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <http://www.acr.army.cz/informacni-servis/zpravodajstvi/armadni-radiacni-monitorovaci-site-nacvicoval-zasah-pri-radiaci-131355/>.
- [9] *Centrum výstrahy zbraní hromadného ničení Hostivice - Břve* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.acr.army.cz/scripts/detail.php?id=9473>.

- [10] *PyQGIS Developer Cookbook* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: http://docs.qgis.org/testing/en/docs/pyqgis_developer_cookbook/.
- [11] *Military Grid Reference System* [online]. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: http://www.diverzanti.cz/cl_36a.
- [12] *Ionizující záření* [online]. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org>.
- [13] *GDAL - Geospatial Data Abstraction Library* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.gdal.org/>.
- [14] *Státní ústav pro jadernou bezpečnost: Monitorování radiační situace* [online]. [cit. 2017-05-19]. Dostupné z: https://www.sujb.cz/aplikace/monras/?lng=cs_CZ#z3.
- [15] *About PyQt* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://wiki.python.org/moin/PyQt>.
- [16] *General Python FAQ* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://docs.python.org/3/faq/general.html#general-python-faq>.
- [17] *The Qt Company* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.qt.io/company/>.
- [18] *APP-11 and ADatP-3* [online]. [cit. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://systematic.com/defence/products/a/military-messaging/app-11-and-adatp-3/>.
- [19] *Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.: Informace o funkci a organizaci RMS* [online]. [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: <https://www.suro.cz/cz/rms>.
- [20] *Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí* [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://www.vugtk.cz/slovnik>.
- [21] *Vojenský výzkumný ústav, s. p.: SVZ ARMS* [online]. [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.vvubrno.cz/userstorage/files/pdf/prospekty/svz-arms-sit-vcasneho-zjisteni.pdf>.

- [22] *Military Grid Reference System* [online]. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Military_Grid_Reference_System.

A User guide

The plugin Radiation reconnaissance results uses interpolated radiation map in raster format as input data. In first step it generates isolines in preset levels and afterwards converts them into polygons and simplifies them to fit the limit of total 50 vertices per polygon (in fact it is 49 as first and last vertex has to have the same coordinates to close the polygon) for the text message. The output is text file in NATO APP-11 and ATP-45 compatible format.

A.1 Installation

Among many ways to install the plugin the easiest one is to install it from the QGIS plugin repository.

1. From Plugins drop down menu select Manage and Install Plugins....

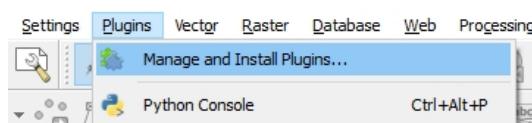


Figure A.1: Open dialog of Plugins.

2. Go to Settings tab and press Add... button. Write <http://geo.fsv.cvut.cz/geoforall/qgis-plugins.xml> to URL and press OK. This way you add a path to plugin's home repository CTU GeoForAll Lab because right now the plugin is not registered in the official QGIS repository. At this time plugin is distributed as experimental so if you want to see it you have to tick the checkbox Show also experimental plugins.

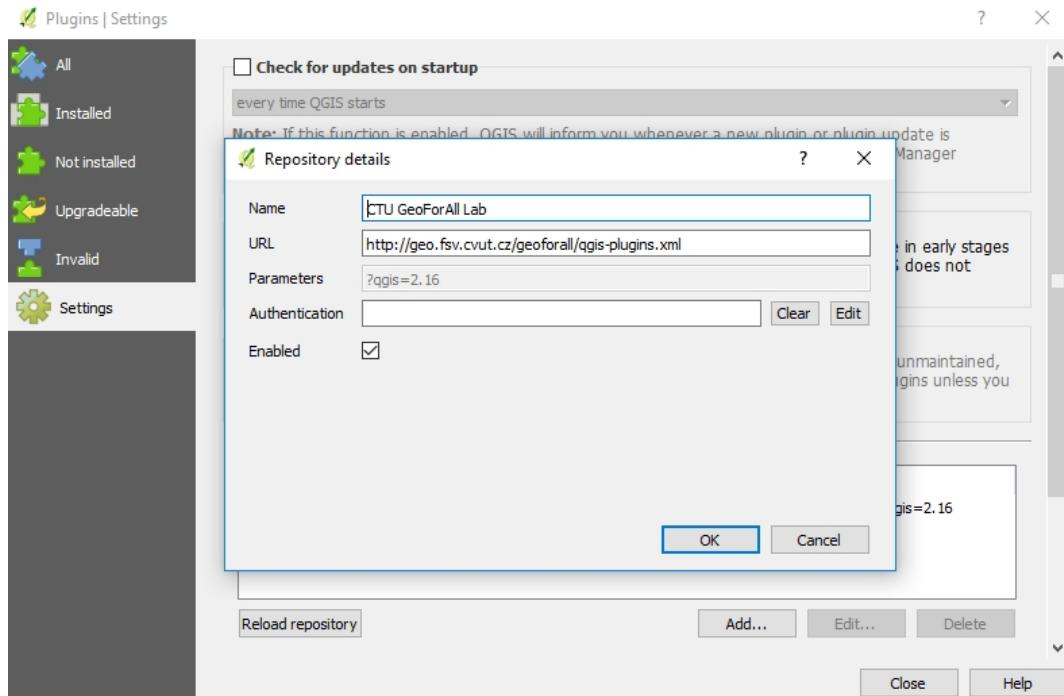


Figure A.2: Add home plugin's repository.

3. Go to All or Not installed tab and search for **Radiation Reconnaissance Results**. Select it and press **Install plugin** button.

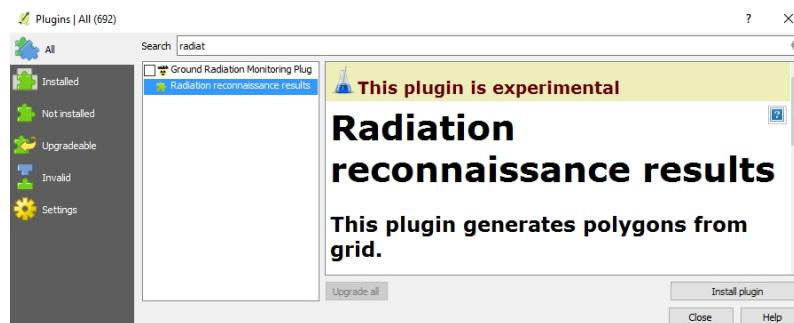


Figure A.3: Search and install the plugin.

4. The Radiation Reconnaissance Results's icon is now shown in the QGIS Plugins Toolbar and plugin is ready to use.



Figure A.4: Radiation Reconnaissance Results Plugin on the QGIS toolbar.

A.2 Plugin description

A.2.1 GUI

The plugin GUI is divided into two tabs. The first of them is **Main** tab:

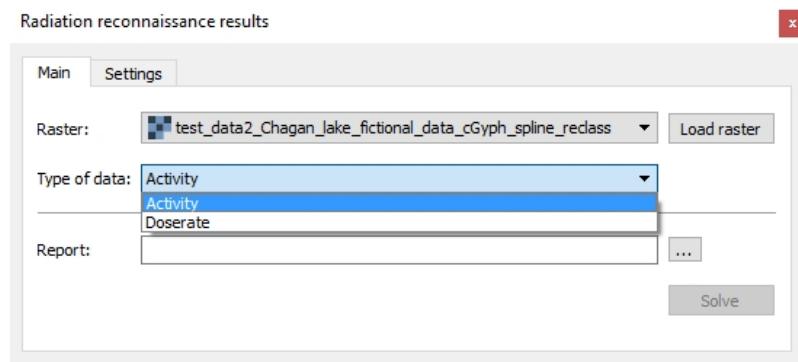


Figure A.5: The main tab of plugin.

- User selects the raster input and chooses appropriate input type (dose rate or surface activity). The raster combo box includes available layers from the Layer panel or it is possible to upload a raster file via button **Load raster**. By hitting this button, a file dialog opens and user can choose desired file (only GDAL supported files are shown). Pressing **OK** will insert this path to the raster selection. Click on **Cancel** will interrupt the choosing dialog and the raster selection will not be changed.
- Click on a tool button **...** opens a file dialog where user defines the path where the report file will be saved. This file is mandatory so **Solve** button is disabled until path is defined.
- After pressing **Solve** button, plugin generates simplified polygons and saves output file(s) to selected destination(s).

The second tab of the plugin is **Settings** tab:

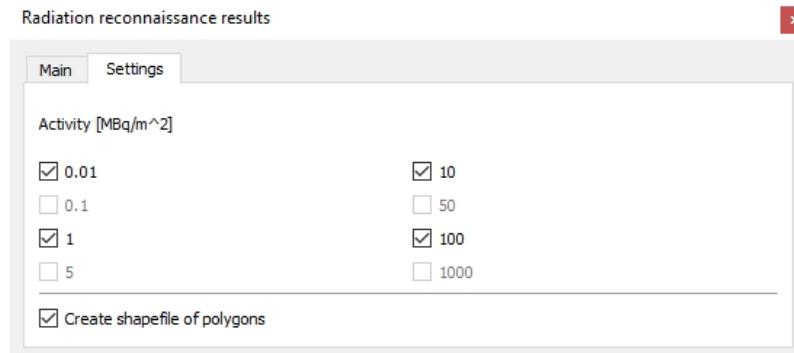


Figure A.6: The settings tab.

- This tab shows levels used for isolines generation. By default all levels available for selected input type are checked but user can uncheck particular ones.
 - For dose rates the preset levels are 0.1, 1, 5, 10, 50, 100 and 1000 cGy/h.
 - For surface activities the preset levels are 0.01, 1, 10, 100 MBq/m².
- The last check box allows user to decide if file of simplified polygons should be created. This output is optional but by default the check box is checked.

A.2.2 Input data

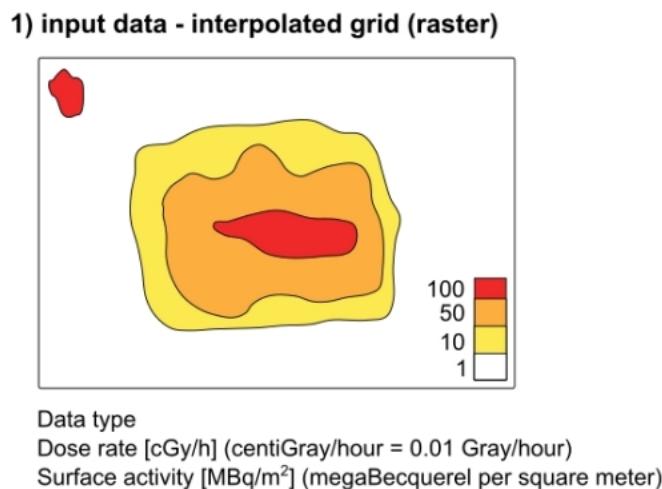


Figure A.7: Input file.

A raster grid of dose rate or surface activity with a format supported by GDAL library. Dose rate grid units has to be in cGy/h (centiGray/hour = 0.01 Gray/hour), surface activities in MBq/m² (megaBecquerel per square meter).

A.2.3 Output data

- **Report (mandatory)**

Structure of the output text report is following:

/[VALUE] [UNIT]/MGRS: [COORDINATE]/MGRS: [COORDINATE]/MGRS: [COORDINATE]//

where:

- **VALUE** = dose rate value or surface activity value; decimal separator is dot
- **UNIT** = used unit in XYH format; where X = C (centi), M (mili), U (micro); Y = G (gray), S (sievert); or BQM2 (becquerel per square meter)
- **COORDINATE** = coordinates in MGRS system, alphanumeric characters

All text must be in capital letters. The report must begin with a slash, everything between two slashes is called a field. Field 1 can contain up to 12 characters. Field 2 can have up to 50 reps (maximum 50 coordinates), and each field can contain up to 15 characters behind the MGRS identifier (eg. accuracy in meters). The last coordinate ends with a double slash (indicates the end of a line). Everything between the first slash and the double slash is called a line. Individual lines must be separated by line break. There must be no space before or behind the slash. There is no space between VALUE and UNIT. There is no space between MGRS: and the coordinate, the colon must be retained.

The output may contain multiple rows, each being related to another level of the measured variable (eg, 3 rows sequentially for 1CGH, 10CGH and 50CGH).

```

/10.0CGH/MGRS:44ULA4911024497/MGRS:44ULA4786024532/MGRS:44ULA4730125641/MGRS:44ULA4673125707//  

/10.0CGH/MGRS:44ULA4911024497/MGRS:44ULA4911024503/MGRS:44ULA4911024514/MGRS:44ULA4910924536//  

/10.0CGH/MGRS:44ULA4673125707/MGRS:44ULA4706537442/MGRS:44ULA4752937462/MGRS:44ULA4827537076//  

/10.0CGH/MGRS:44ULA4673125707/MGRS:44ULA4673425707/MGRS:44ULA4674925702/MGRS:44ULA4675625700//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA5172137920/MGRS:44ULA5172137914/MGRS:44ULA5169637902/MGRS:44ULA5167437893//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA5172137920/MGRS:44ULA6245437634/MGRS:44ULA6210924149/MGRS:44ULA5376124369//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA6057932140/MGRS:44ULA6055732129/MGRS:44ULA6052832122/MGRS:44ULA6049932122//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA5211232190/MGRS:44ULA5210932196/MGRS:44ULA5210632205/MGRS:44ULA5210532207//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA4966330908/MGRS:44ULA4964230924/MGRS:44ULA4962830940/MGRS:44ULA4962130950//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA5517730520/MGRS:44ULA5517630522/MGRS:44ULA5517130533/MGRS:44ULA5516730544//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA5082029609/MGRS:44ULA5079829601/MGRS:44ULA5077629596/MGRS:44ULA5075529595//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA5357428876/MGRS:44ULA535728862/MGRS:44ULA5350828858/MGRS:44ULA5348028862//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA5279828887/MGRS:44ULA5260229106/MGRS:44ULA5255529999/MGRS:44ULA5216629948//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA5333124380/MGRS:44ULA4741824545/MGRS:44ULA4670924933/MGRS:44ULA4708338050//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA533124380/MGRS:44ULA5314725059/MGRS:44ULA5295725249/MGRS:44ULA5278225135//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA4670924933/MGRS:44ULA4708338050/MGRS:44ULA4946537983/MGRS:44ULA5020137813//  

/50.0CGH/MGRS:44ULA4670924933/MGRS:44ULA4671224933/MGRS:44ULA4673424924/MGRS:44ULA4675624914//  

/100.0CGH/MGRS:44ULA5103424631/MGRS:44ULA5074224982/MGRS:44ULA5041125768/MGRS:44ULA4999925697//  

/1000.0CGH/MGRS:44ULA5544726633/MGRS:44ULA5542526625/MGRS:44ULA5540326621/MGRS:44ULA5538126620//  

/1000.0CGH/MGRS:44ULA5761226398/MGRS:44ULA5679126639/MGRS:44ULA5623426504/MGRS:44ULA5603226794//  

/1000.0CGH/MGRS:44ULA5170225476/MGRS:44ULA5159025490/MGRS:44ULA5148425560/MGRS:44ULA5121125879//
```

Figure A.8: Output report.

- **File of simplified polygons (optional)**

File of polygons in format Esri Shapefile (*.shp*) is created if check box is checked. It is saved in the same directory as input raster file.

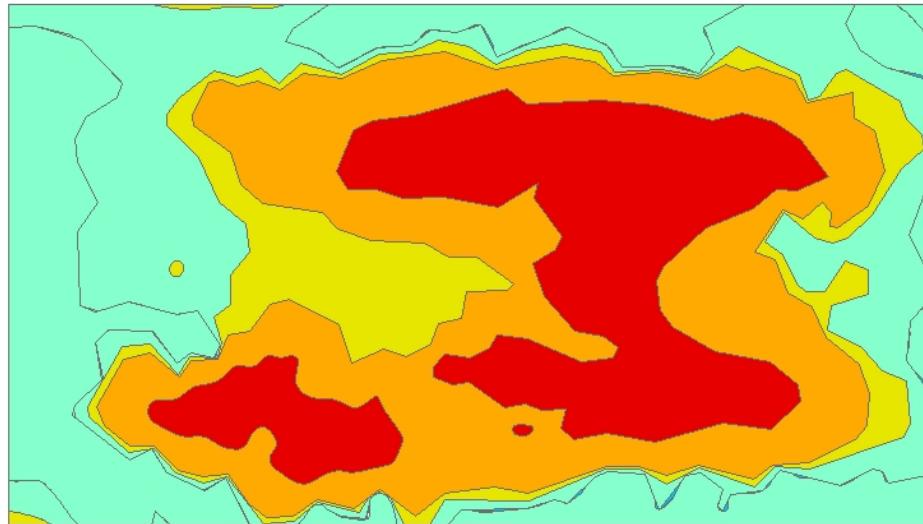


Figure A.9: File of simplified polygons.

B Obsah CD

.

└── src	zdrojový kód
└── sample_data	testovací data
└── text	text práce ve formátu PDF
└── zadani	zadání bakalářské práce