

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



DIPLOMOVÁ PRÁCE  
ROZŠÍŘENÍ ZÁSUVNÉHO MODULU QGIS PRO  
ZPRACOVÁNÍ GTFS O VIZUALIZACI TARIFNÍCH PÁSEM  
PID

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

červen 2021

Bc. Martin KOUBA

## ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6



# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení:	Kouba	Jméno:	Martin	Osobní číslo:	468232
Zadávatel katedra:	Katedra geomatiky				
Studijní program:	Geodézie a kartografie				
Studijní obor:	Geomatika				

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:	Rozšíření zásuvného modulu QGIS pro zpracování dat GTFS o vizualizaci tarifních pásem PID		
Název diplomové práce anglicky:	QGIS GTFS Plugin extension with visualization of PID tariff zones		
Pokyny pro vypracování:	<p>Cílem diplomové práce je rozšířit zásuvný modul (plugin) platformy QGIS pro zpracování dat ve formátu GTFS, na jehož vývoji se autor spolupodílel v rámci semestrálního projektu předmětu Free Software GIS ve 2. semestru magisterského studia. Primárním úkolem je najít a vhodně implementovat způsob vizualizace tarifních pásem Pražské integrované dopravy (PID) generovaných automaticky z podkladových dat.</p>		
Seznam doporučené literatury:	<p>SHERMAN, Gary. The PyQGIS Programmer's Guide: Extending QGIS 3 with Python 3. Ilustrované vydání. Locate Press, 2018. ISBN 9780998547725. MARK, Pilgrim. Dive into Python 3. Apress, 2009. ISBN 978-1430224150.</p>		
Jméno vedoucího diplomové práce:	Ing. Martin Landa, Ph.D.		
Datum zadání diplomové práce:	10.2.2021	Termín odevzdání diplomové práce:	17.5.2021
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku			
Podpis vedoucího práce		Podpis vedoucího katedry	

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<p><i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové 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“.</i></p>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## **ABSTRAKT**

v českém jazyce

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Python, QGIS, zásuvný modul, GTFS, PyQGIS

## **ABSTRACT**

v anglickém jazyce

## **KEYWORDS**

Python, QGIS, plugin, GTFS, PyQGIS

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „Rozšíření zásuvného modulu QGIS pro zpracování GTFS o vizualizaci tarifních pásem PID “ jsem vypracoval samostatně. Použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v seznamu zdrojů.

V Praze dne .....

.....

(podpis autora)

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Martinu Landovi, Ph.D. za pomoc při  
..... Zvláště bych chtěl poděkovat celé své rodině  
.....

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>9</b>
<b>1 Rešerše</b>	<b>10</b>
<b>2 GTFS</b>	<b>13</b>
<b>3 Pražská Integrovaná doprava (PID)</b>	<b>15</b>
<b>4 Postup</b>	<b>16</b>
4.1 Postup 1 - pomocí nástrojů QGIS . . . . .	16
<b>Odkazy</b>	<b>19</b>
<b>Seznam příloh</b>	<b>20</b>

# Seznam obrázků

2.1	Ukázka CSV formátu ze souboru shapes.txt . . . . .	13
2.2	Diagram GTFS datasetu . . . . .	14
4.1	Voroného polygony . . . . .	16
4.2	Voroného polygony pro všechny zastávky . . . . .	18

# Seznam tabulek



# Úvod

Pro cestování po Praze a okolí je často nejlepší volbou použít veřejnou dopravu. Tu zahrnuje metro, tramvaje, železnici, městské a příměstské autobusové linky, lanovou dráhu na Petřín a také některé přívozy. Celý tento systém se nazývá Pražská integrovaná doprava, který je postupně integrován společnými přepravními a tarifními podmínkami a jednotným dopravním řešením včetně koordinace jízdních řádů.

Systém Pražské integrované dopravy je rozdělen do dvanácti tarifních pásem, pro které platí různé jízdní doklady. Rozlohou jsou po celé Praze, na většině Středočeského kraje a dokonce i na částech Plzeňského a Ústeckého kraje, či na Vysočině.

Tarifní pásma Pražské integrované dopravy jsou zatím modelována manuálně a nejsou nikterak zautomatizována. Cílem této diplomové práce bude vytvořit postup pro automatické vyhotovení tarifních pásem a co nejvíce se přiblížit k jejich oficiální podobě. Tento postup bude publikován jako pokračování vývoje zásuvného modulu v softwaru QGIS, u kterého byla započata tvorba v předmětu Free software GIS v 5. semestru magisterského studia.

# 1 Rešerše

Delaunay triangulace

- spojuje přímo jednotlivé body Delaunay triangulace DT a její vlastnosti Ne-  
jčastěji používaná triangulace, v oblasti GIS de-facto standart. Existuje v

$$R^2$$

i v

$$R^3$$

. V1: Uvnitř kružnice k opsané libovolnému trojúhelníku tj

$$\in$$

DT neleží žádný jiný bod množiny P. V2: DT maximalizuje minimální úhel v

$$\forall$$

t, avšak DT neminimalizuje maximální úhel v t. V3: DT je lokálně optimální i  
globálně optimální vůči kritériu minimálního úhlu. V4: DT je jednoznačná, pokud  
žádné čtyři body neleží na kružnici. Výsledné trojúhelníky se při porovnání ze všemi  
známými triangulacemi nejvíce blíží rovnostranným trojúhelníkům. [https://web.natur.cuni.cz/ ba-  
ertom/images/courses/Adk/adk5.pdf](https://web.natur.cuni.cz/ba-<br/>ertom/images/courses/Adk/adk5.pdf)

Voroného diagram - kolem bodů vytvoří polygony Vlastnosti Voronoi diagramu

V1: Voronoi diagram  $V(P)$  je planárním grafem. V2: Vrchol  $q$  Voronoi buňky  $V($

$$p_i$$

) je průnikem 3 hran, právě když je  $V(P)$  nedegenerovaný. V3: Pokud

$$p_i$$

$$\in$$

$H(P)$ , pak je  $V($

$$p_i$$

) otevřený. V4: Pro každý bod

$$p_i$$

$\in$

$P$  je  $V(P)$  konvexní. V5: Bod  $p_i$  je nejbližším bodem bodu  $p$  jestliže  $p$

$\in$

$V($

$p_i$

). V6: Každá strana  $q_i q_j$ ,  $i \neq j$ , je sdílena právě dvěma sousedními buňkami  $V(p)$ .

V7: Bod  $q$  je vrcholem  $V(p)$ , pokud existuje kružnice  $k(q,r)$  procházející třemi nebo více generátory  $p_i$ ,  $p_j$ ,  $p_k$ , a neobsahuje žádný další bod  $P$  (spojitost s  $DT(P)$ ).

V8: Kružnici  $k(q,r)$  označujeme jako největší prázdnou kružnici ze všech prázdných kružnic se středem v bodě  $q$ . V9: Průměrné množství Voronoi hran ve Voronoi

polygonu nepřekročí hodnotu 6. V10: Vztah mezi počtem bodů  $n$ , počtem hran

$n_h$

a počtem trojúhelníků

$n_t$

teselace  $V(P)$ : V11: Voronoi diagram  $V(P)$  představuje ortografickou projekci stěn mnohostěnu tvořeného průsečnicemi všech polorovin  $A_i$  do roviny  $xy$ . V12: Necht bod  $p$

$\in$

$i$  představuje ortografický průmět bodu  $p_i$  na povrch paraboloidu daného rovnicí  
Rovina

$A_i$

je tečnou rovinou k paraboloidu v bodě

$p_i$

. Průsečnicí

$A_i$

,

$A_j$

je přímka  $L * ij$ , jejíž ortografický průmět do roviny  $xy$  tvoří Voronoi hranu

Přímá konstrukce:

- Inkrementální konstrukce.
- Plane Sweep algoritmus.
- Rozděl a panuj.

Nepřímá konstrukce:

- Konstrukce přes DT (P): spojení středů k opsaným t

$\in$

DT (P)

Zdroje: <https://web.natur.cuni.cz/~bayertom/images/courses/Adk/adk6.pdf>

## 2 GTFS

General Transit Feed Specification, zkráceně GTFS, je dokument, který definuje obecný formát pro jízdní řády veřejné dopravy a příbuzné geografické informace. GTFS „feeds“ umožňují veřejným dopravním agenturám zveřejňovat svá přepravní data a vývojářům psát aplikace, které tato data spotřebovávají interoperabilním způsobem. [1]

GTFS dataset<sup>1</sup> obsahuje CSV soubory, jehož úplný seznam je v následující tabulce. Co je to CSV soubor?

CSV, *Comma-separated values*, v překladu *hodnoty oddělené čárkami*, je jednoduchý souborový formát určený pro výměnu tabulkových dat. Data jsou oddělována „oddělovačem“. Ačkoli podle definice by měl být formát oddělen čárkami, oddělovač může být prakticky cokoli. Nejčastějšími oddělovači jsou právě čárky, středníky nebo mezery. CSV soubor se může upravovat v jakémkoliv textovém editoru.

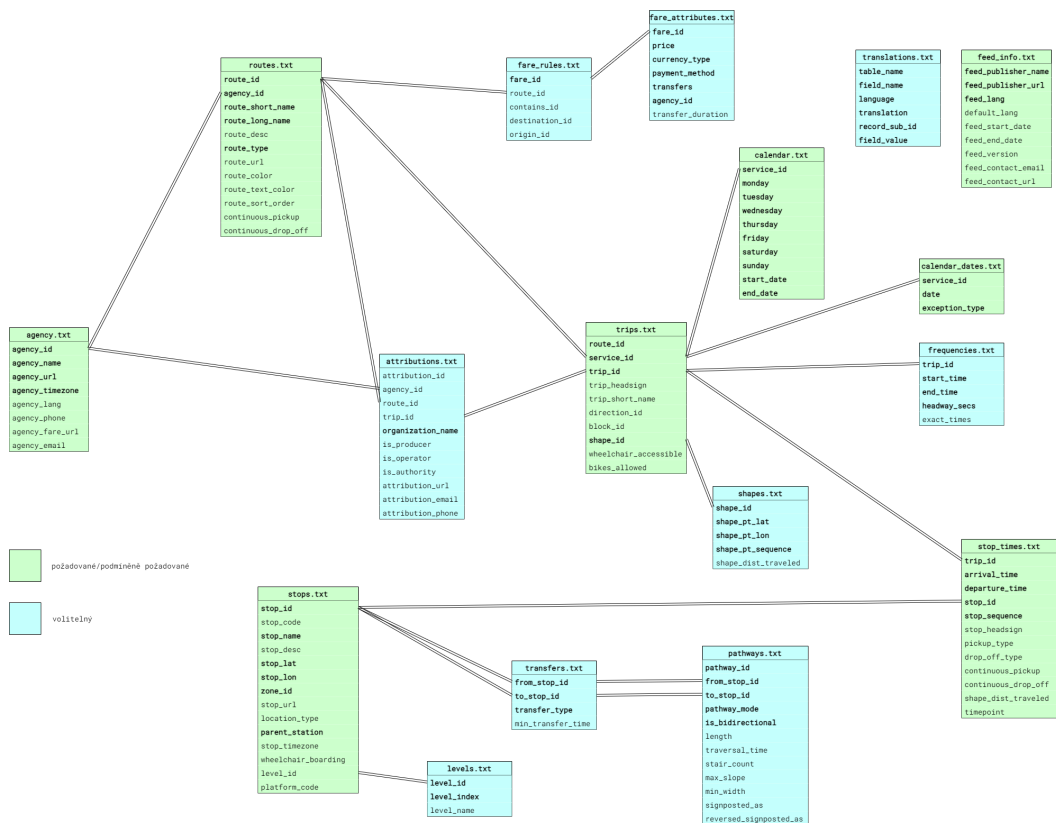
```
shape_id,shape_pt_lat,shape_pt_lon,shape_pt_sequence,shape_dist_traveled
L991V1,50.07553,14.51539,1,0.00000
L991V1,50.07371,14.51461,2,0.20965
L991V1,50.07361,14.51456,3,0.22173
L991V1,50.07351,14.51451,4,0.23382
L991V1,50.07340,14.51447,5,0.24552
L991V1,50.07329,14.51444,6,0.25817
L991V1,50.07319,14.51441,7,0.26988
L991V1,50.07308,14.51437,8,0.28158
L991V1,50.07298,14.51435,9,0.29298
L991V1,50.07288,14.51433,10,0.30438
L991V1,50.07278,14.51431,11,0.31579
L991V1,50.07269,14.51429,12,0.32623
```

Obrázek 2.1: Ukázka CSV formátu ze souboru shapes.txt

V GTFS datasetu je určité množství povinných a nepovinných CSV souborů v textové podobě.

Tučně zvýrazněné pole jsou požadované či podmíněně vyžadované. Ostatní pole jsou volitelné.

<sup>1</sup>kolekce dat, která by měla být publikována na permanentní URL adrese



Obrázek 2.2: Diagram GTFS datasetu

## 3 Pražská Integrovaná doprava (PID)

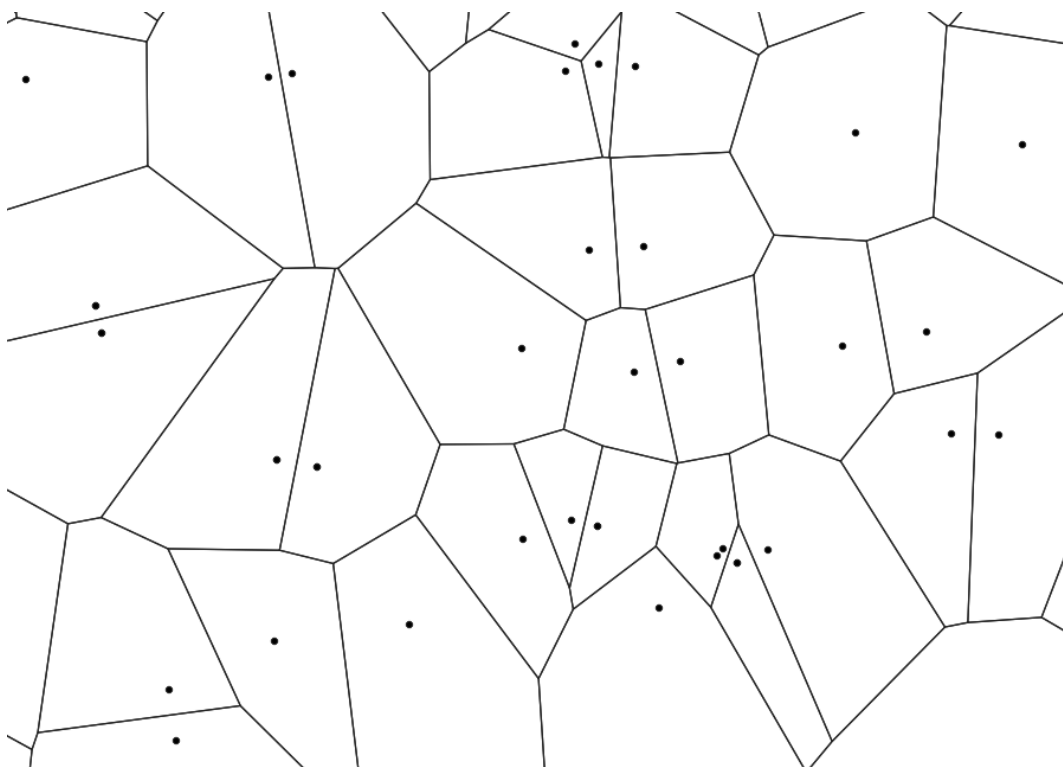
Pražská integrovaná doprava (PID) je dopravní systém, zahrnující metro, tramvaje, železnici, městské a příměstské autobusové linky, lanovou dráhu na Petřín a některé přívozy. Tento systém je postupně integrován společnými přepravními a tarifními podmínkami a jednotným dopravním řešením včetně koordinace jízdních řádů. [2]

## 4 Postup

### 4.1 Postup 1 - pomocí nástrojů QGIS

GTFS obsahuje povinný CSV soubor *stops.txt*. Tento soubor obsahuje mimo jiných polí také pole *zone\_id*, který je při tvorbě tarifních pásem klíčový. Verze GTFS Loaderu 1.0.0 soubor *stops.txt* převádí do vektorové vrstvy ve formě bodů. Z této bodové vrstvy byla vytvořena vektorová vrstva Voroného diagramů nástrojem *Voroného polygony* v programu QGIS. Vstupem do tohoto nástroje je vektorová vrstva stops a výstupem jsou právě Voroného polygony.

Voroného diagramy, někdy pod názvy jako Voroného teselace, Voroného dekompozice, Thiessenovy polygony nebo Dirichletova teselace, podle definice představují rozklad množiny bodů  $P$  na  $n$  uzavřených či otevřených oblastí  $V(p) = \{V(p_1), V(p_2), \dots, V(p_n)\}$  takových, že každý bod  $q$  náležící množině  $V(p_i)$  je blíže k bodu  $p_i$  než k jakémukoliv bodu  $p_j$  náležící množině  $P$ . [3]



Obrázek 4.1: Voroného polygony

#### Vlastnosti Voroného diagramů

- Voronoi diagram  $V(P)$  je planárním grafem.

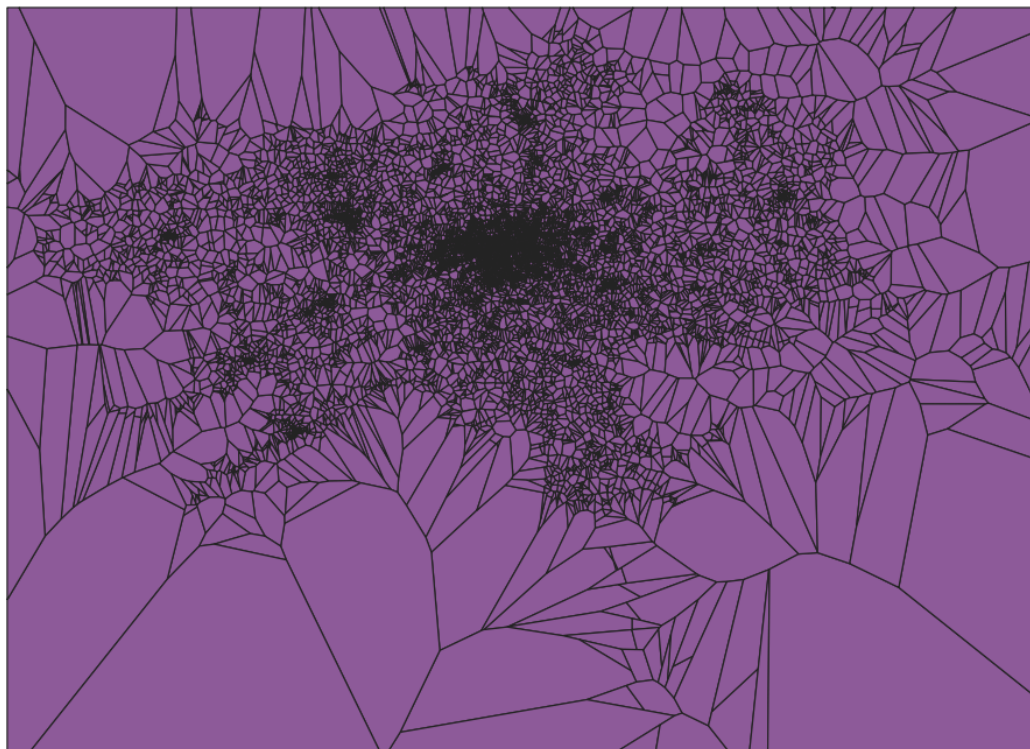


- Vrchol  $q$  Voronoi buňky  $\{V(p_i)\}$  je průnikem 3 hran, právě když je  $V(P)$  nedegenerovaný.
- Pokud  $p_i$  náleží  $H(P)$ , pak je  $\{V(p_i)\}$  otevřený.
- Pro každý bod  $p_i$  náleží  $P$  je  $V(P)$  konvexní.
- Bod  $p_i$  je nejbližším bodem bodu  $p$  jestliže  $p$  náleží  $\{V(p_i)\}$ .
- Každá strana  $q_i q_j$ ,  $i$  se nerovná  $j$ , je sdílena právě dvěma sousedními buňkami  $V(p)$ .
- Bod  $q$  je vrcholem  $V(p)$ , pokud existuje kružnice  $k(q, r)$  procházející třemi nebo více generátory  $p_i, p_j, p_k$ , a neobsahuje žádný další bod  $P$  (spojitost s  $DT(P)$ ).
- Kružnici  $k(q, r)$  označujeme jako největší prázdnou kružnici ze všech prázdných kružnic se středem v bodě  $q$ .
- Průměrné množství Voronoi hran ve Voronoi polygonu nepřekročí hodnotu 6.
- Vztah mezi počtem bodů  $n$ , počtem hran  $n_h$  a počtem trojúhelníků  $n_t$  teselace  $V(P)$ :

$$n_h \leq 3n - 6$$

- Voronoi diagram  $V(P)$  představuje ortografickou projekci stěn mnohostěnu tvořeného průsečnicemi všech polorovin  $A_i$  do roviny  $xy$ .
- Nechť bod  $p_i^*$  představuje ortografický průmět bodu  $p_i$  na povrch paraboloidu daného rovnicí:

$$z = x^2 + y^2$$



Obrázek 4.2: Voroného polygony

# Odkazy

- [1] Google Developers. Gtfs static overview. [online], [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://developers.google.com/transit/gtfs/>.
- [2] Pražská integrovaná doprava. O systému|pražská integrovaná doprava. [online], [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://pid.cz/o-systemu/>.
- [3] Tomáš Bayer. Voronoi diagram. vlastnosti, použití, konstrukce. zobecněné voronoi diagramy. [online], [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/~bayertom/images/courses/Adk/adk6.pdf>.

## Seznam příloh