

Mendelova univerzita v Brně  
Provozně ekonomická fakulta

---

# **Analýza a vizualizace prostorových dat intravilánu**

**Diplomová práce**

Vedoucí práce:  
Ing. David Procházka, Ph.D.

Mikuláš Muroň

Brno 2017

Rád bych zde poděkoval svému vedoucímu Ing. Davidu Procházkovi, Ph.D. za odborné vedení a mnoho skvělých rad. Můj dík také patří rodině a přátelům za podporu a motivaci. Zvláštní díky pak patří Olze za neutuchající trpělivost a podporu. Také bych rád poděkoval Moravské zemské knihovně a kavárně Falk za příjemné a inspirující pracovní prostředí.

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto práci: **Analýza a vizualizace prostorových dat intravilánu**

vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 18. května 2017

.....

**Abstrakt**

Tato práce se zabývá analýzou a vizualizací prostorových dat intravilánu. Toto téma je realizováno na případě ohodnocení lokalit města Brna z různých hledisek (životní prostředí, doprava, atp.) Ze získaných dat popisujících stav města jsou na základě navržené metodiky vyhodnoceny jednotlivé stavební objekty. Tato ohodnocení jsou následně prezentována prostřednictvím webové aplikace dostupné na adrese [www.brno.ml](http://www.brno.ml). Na rozdíl od jiných prací, věnujících se tomuto tématu, nejsou indexy vypočteny fixně, ale jsou počítány dynamicky, a to na základě uživatelských preferencí. Výsledky této práce mohou být využity rezidenty města Brna jako podpora v rozhodování při výběru nového bydliště či různými městskými institucemi k identifikaci problémových lokalit.

**Klíčová slova:** vizualizace prostorových dat, kvalita života, prostorová analýza

**Abstract**

This thesis deals with the analysis and visualisation of the urban spatial data. The subject of the thesis is realized through an evaluation of various localities around the city of Brno from several perspectives (i.e. environmental conditions, transportation, etc.). The acquired data describe the conditions within the city and herein form the basis for the evaluations of individual building objects. These evaluations are subsequently presented through the web application available at [www.brno.ml](http://www.brno.ml). By contrast to other works and publications related to the described subject, indices are not herein calculated in the fixed but in the dynamic manner based on the preferences of users. The application can well be used by city residents to support their decision making when choosing new housing location or by various city institutions to identify problematic localities.

**Keywords:** spatial data visualisation, quality of life, spatial analysis



## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod a cíle diplomové práce</b>	<b>7</b>
1.1	Úvod . . . . .	7
1.2	Cíl diplomové práce . . . . .	7
1.3	Struktura diplomové práce . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Rešerše projektů</b>	<b>9</b>
2.1	Projekty . . . . .	9
2.2	Publikace . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Vybraná témata a algoritmy prostorové analýzy</b>	<b>15</b>
3.1	Toblerův první zákon geografie . . . . .	15
3.2	Moran's I . . . . .	15
3.3	Prostorová interpolace . . . . .	16
3.4	Prostorová analýza v prostředí města . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Datové zdroje</b>	<b>18</b>
4.1	Přehled datových portálů . . . . .	18
4.2	Datové sady . . . . .	21
4.3	Hierarchie dat . . . . .	25
<b>5</b>	<b>Metodika</b>	<b>28</b>
5.1	Úprava a syntéza dat . . . . .	28
5.2	Metody pro výpočet indexů . . . . .	31
5.3	Způsoby dělení intervalů . . . . .	33
5.4	Vzdálenostní kategorie . . . . .	34
5.5	Rozdělení atributů do skupin . . . . .	35
<b>6</b>	<b>Úprava a syntéza atributů</b>	<b>36</b>
6.1	Přehled všech atributů . . . . .	36
6.2	Úprava a syntéza atributů . . . . .	36
<b>7</b>	<b>Implementace</b>	<b>45</b>
7.1	Představení technologií . . . . .	45
7.2	Popis funkcionality analytického rozhraní . . . . .	49
7.3	Architektura aplikace . . . . .	53
7.4	Uložení dat v databázi . . . . .	57
<b>8</b>	<b>Zhodnocení výsledků</b>	<b>59</b>
8.1	Typové lokality subindexů . . . . .	59
8.2	Zhodnocení výsledků rezidenty města . . . . .	59
8.3	Zhodnocení pro definované nastavení vah (případová studie) . . . . .	61

---

<b>9 Závěr</b>	<b>64</b>
9.1 Souhrn . . . . .	64
9.2 Další možný rozvoj projektu . . . . .	64
<b>10 Přílohy diplomové práce – Typové lokality</b>	<b>66</b>
10.1 Životní prostředí . . . . .	66
10.2 Sociální statut . . . . .	68
10.3 Bezpečí . . . . .	70
10.4 Oddech a relaxace . . . . .	71
10.5 Nákupy a služby . . . . .	73
10.6 Doprava . . . . .	75

# 1 Úvod a cíle diplomové práce

## 1.1 Úvod

O stavu města lze v dnešní době nalézt mnoho informací z různorodých zdrojů. Problémem je však velká roztržitost dat, neboť každá instituce či iniciativa spravuje a aktualizuje data pouze ze své oblasti zájmu. Často jsou prezentována pouze data o poloze objektů a jejich stavu, která bez zasazení do širších souvislostí neposkytují potřebnou informační hodnotu. Je pak téměř nemožné takto prezentovaná data využít např. pro podporu rozhodování či pro další komplexnější aplikace.

V posledních letech se tak přistupuje k tvorbě metodik a aplikací umožňujících data abstrahovat a prezentovat je v uživatelsky snadno přístupné formě. Toho je obvykle docíleno vytvořením indexu či skupiny indexů, které jsou dostatečně abstraktní a umožňují tak snadněji prezentovat odpovědi na jinak složité otázky (např. která část města je příjemná k životu a proč). Příklady takové postupu jsou prezentovány např. v článcích *Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques* (Youssef et al., 2011), *Measuring the quality of life in city of Indianapolis by integration of remote sensing and census data* (Li – Weng, 2007) či *Using remote sensing and geographic information systems to study urban quality of life and urban forest amenities* (Jensen et al., 2004).

Tato diplomová práce se zaměřuje na návrh, výpočet a prezentaci indexů popisujících kvalitu života v lokalitě a vhodnost lokality k bydlení. Na rozdíl od jiných prací věnujících se tomuto tématu nejsou indexy vypočteny fixně, ale jsou počítány dynamicky, a to na základě uživatelských preferencí. Použitím tohoto způsobu dynamického ohodnocování je minimalizován problém odlišných potřeb a požadavků rozdílných demografických a sociálních skupin obyvatelstva.

## 1.2 Cíl diplomové práce

Cílem diplomové práce je vytvoření indexů popisujících různé aspekty intravilánu, a to na základě navržené metodiky. Tyto indexy jsou následně prezentovány prostřednictvím uživatelsky přívětivého vizualizačního rozhraní.

K dosažení tohoto cíle bude potřeba provést rešerši projektů, jež se zabývají obdobným tématem. Dále bude nutné vyhledat vhodné datové zdroje a provést jejich syntézu do prostorové databáze. Poté může být navrhnutá a implementována metodika výpočtu indexů, která bude implementována do vizualizačního a analytického rozhraní, jež umožní vypočtené hodnoty indexů analyzovat a prezentovat uživatelům.

## 1.3 Struktura diplomové práce

Jako první je provedena rešerše projektů a publikací zabývajících se analýzou a agregací dat intravilánu. Jsou představeny projekty a publikace kladoucí si podobné

výzkumné otázky. Některé ze zde uvedených poznatků jsou využity dále při návrhu metodiky výpočtu indexů.

Vybraná témata a algoritmy prostorové analýzy jsou představeny v Kapitole 3. Jsou zde představeny teorie a metody, které jsou později využity při úpravě a syntéze dat.

V kapitole 4 je představen přehled dostupných datových portálů a dalších datových sad popisující aspekty vybraného města.

Metodika je shrnuta v Kapitole 5. Jsou zde popsány metody vhodné pro výpočet indexu a algoritmy pro vizualizaci ohodnocení dat.

Atributy, ze kterých budou následně zkomponovány jednotlivé indexy, jsou představeny v Kapitole 6. Zde popsané atributy jsou následně převedeny na vzájemně srovnatelnou společnou entitu.

Kapitola 7 pak popisuje tvorbu a strukturu aplikace, která na základě hodnot atributů a zvolené metodiky provádí samotný výpočet indexů a jejich vizualizaci.

Shrnutí výsledků, vyhodnocení a představení typových lokalit je popsáno v Kapitole 8.

## 2 Rešerše projektů

Tato kapitola prezentuje vybrané projekty a publikace zabývající se agregací dat o intravilánu a jejich analýzou. Jsou zde představeny jak projekty popisující infrastrukturu ukládání a analýzy dat, tak i projekty zaměřené na analýzu a prezentaci těchto dat.

### 2.1 Projekty

V následující sekci jsou prezentovány vybrané projekty (převážně ve formě webových aplikací), jež jsou určeny k podpoře rozhodovacího procesu městského plánování, či jsou určeny k podpoře rozhodování jednotlivců.

#### 2.1.1 Oddělení pro městské plánování města New York

Projekty oddělení pro městské plánování města New York (*New York City Department of City Planning*) patří v oboru veřejné správy mezi nejučenější a nejrozvinutější projekty agregující a analyzující data intravilánu.

Vzhledem k velikosti města New York je plánování založené na datech a vyhodnocování lokalit z různých hledisek téměř nutností. Všechna dostupná data jsou veřejně přístupná jako otevřená data. Stejně tak jako analytické a vizualizační nástroje vyvinuté tímto oddělením, které jsou dostupné pod MIT Licencí. Souhrnný přehled všech projektů je k nahlédnutí na webových stránkách oddělení na adrese: <http://www.nyc.gov/planning>

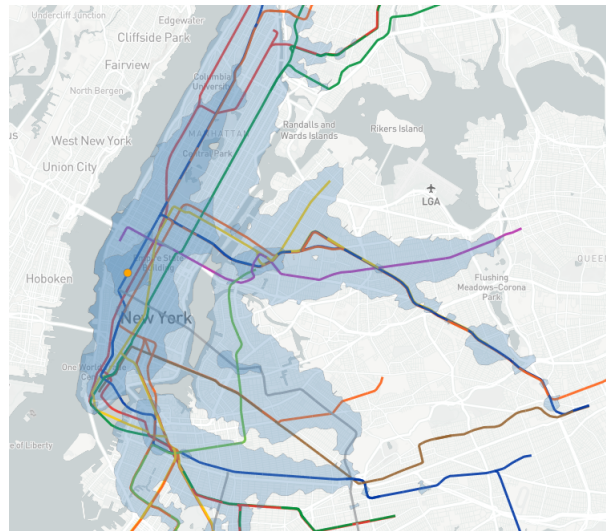
#### NYC Travel Sheds

*NYC Travel Sheds* je mapová aplikace analyzující vzdálenosti dosažitelné pěšky a s použitím městské hromadné dopravy. Pro uživatelem zvolený bod na mapě je vygenerován polygon pokrývající dosažitelnou oblast města. (Obrázek 1) Podobný, avšak podrobnější, způsob analýzy dosažitelné vzdálenosti je diskutován v článku *Access to Destinations: Refining Methods for Calculating Non-Auto Travel Times* (Krizek et al., 2007). NYC Travel Sheds využívá data projektu *OpenTripPlanner* (projekt se zabývá multimodálním plánováním tras, analýzou a agregací dat). Aplikace je dostupná na <https://nycplanning.github.io/travelsheds/>

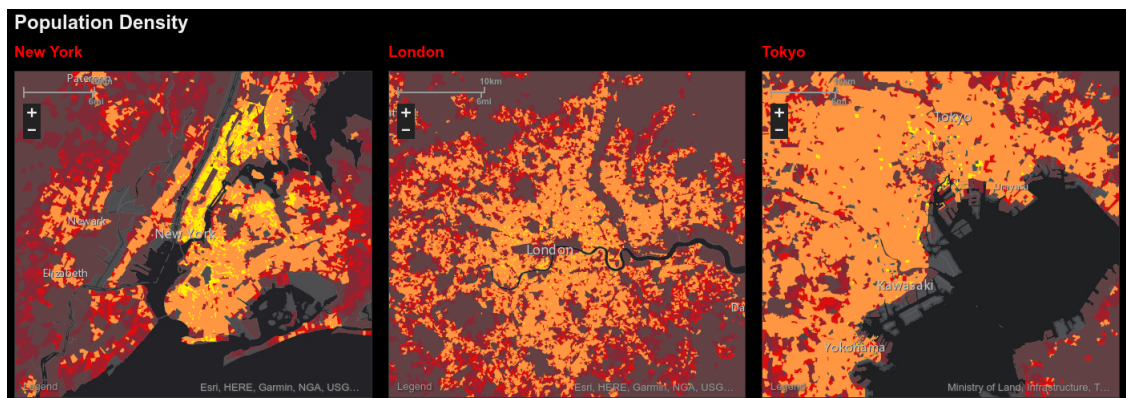
#### 2.1.2 Urban Observatory

*Urban Observatory* je interaktivní vizualizace umožňující vzájemně porovnávat vybrané atributy různých měst. Snaží se o přehlednou a uživatelsky přívětivou prezentaci dat, jež umožňuje srovnání rozličných atributů města (hustota populace, rychlost dopravy atp.) Navzdory ne příliš obsáhlým datovým sadám je tento projekt zajímavý svým inovativním návrhem UI. (viz Obrázek 2.) Jedná se o projekt podpořený firmou Esri®, který zároveň využívá jejích technologií.

Dostupné na: <http://www.urbanobservatory.org>



Obrázek 1: Polygon dojezdové vzdálenosti (New York City Department of City Planning, 2016)

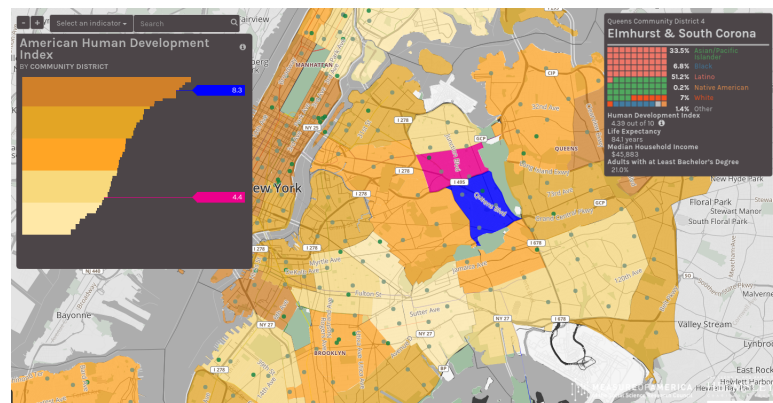


Obrázek 2: *Urban Observatory* - Porovnání atributu mezi městy (RadicalMedia, 2014)

### 2.1.3 Data2Go

*Data2Go* je GIS nástroj vytvořený neziskovou organizací *Measure of America*. Agreguje a prezentuje data o městě New York. Na základě těchto dat pak vytváří indexy, jež hodnotí jednotlivé městské části (např. index lidského rozvoje, index bydlení atp.) (Measure of America, 2016).

Projekt je dostupný na adrese: <http://data2go.nyc>

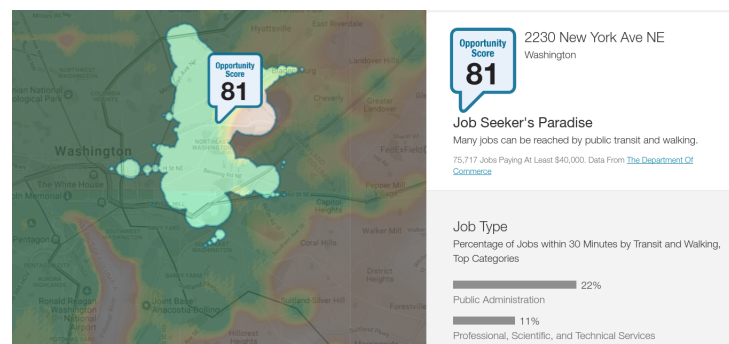


Obrázek 3: DATA2GO.NYC (Measure of America, 2016)

### 2.1.4 Opportunity Score

*Opportunity Score* mapuje množství pracovních příležitostí v okolí zadaného místa na území USA. Okolí je vymezeno časově, tj. dobou jízdy autem či prostředky MHD. Zároveň aplikace poskytuje orientační cenu nemovitostí. Takto aplikace pomáhá uživatelům při rozhodování, do které lokality se přestěhovat za práci (Redfin Real Estate, 2017).

Projekt je dostupný na adrese: <https://labs.redfin.com/opportunity-score>



Obrázek 4: Opportunity Score (Redfin Real Estate, 2017)

### 2.1.5 City Form Lab MIT

*City Form Lab* je výzkumná skupina složená z výzkumníků Harvardovy univerzity a MIT zaměřující se na urban design, městské plánování a vývoj softwarových nástrojů prostorové analýzy. Jedná se o multidisciplinární tým vytvářející nástroje a metody s důrazem na prostorový kontext a vliv sociálních, ekologických a ekonomických atributů na kvalitu života.

Oficiální prezentace projektu je dostupná na <http://cityform.mit.edu>

### Metropolitan Form Analysis

V rámci několika svých článků *City Form Lab* zavádí nové metriky popisující charakteristiky intravilánu (např. *compactness*, *discontinuity*, *expandability*, *polycentricity*), a to včetně nástrojů pro jejich výpočet. Podrobnější informace o metodách a výpočtech je možno nalézt v článku *Measuring Growth and Change In Metropolitan Form* (Amindarbari – Sevtsuk, 2012).

### Urban Network Analysis

*Urban Network Analysis toolbox* (UNA) je sada nástrojů umožňující výpočet různých typů centrality (např. *reach*, *gravity index*, *betweenness*, *closeness*, *straightness*). Sada nástrojů je primárně určena pro analýzu sítí ulic, budov, inženýrských sítí a dalších prostorových sítí a je dostupná pod open-source licenci.

Na rozdíl od ostatních způsobů prostorové analýzy, které obvykle pracují se dvěma prvky sítě (uzly, hrany), přidává tento nástroj třetí prvek, a to budovy. Ty jsou pak ohodnoceny na základě zvolené metriky (Sevtsuk – Mekonnen, 2012). Více informací o použitých metrikách a nástrojích je možno nalézt v článku *Urban network analysis: a new toolbox for measuring city form in ArcGIS* (Sevtsuk – Mekonnen, 2012).

### Measuring Urban Expansion

Tento projekt si klade za cíl mapovat a analyzovat rozšiřování měst a změny v zástavbě metropolitních oblastí. Projekt pro tyto účely představuje metriky převážně zaměřené na analýzu struktury měst (*coverage*, *polycentricity*, *compactness*, *expandibility* atp.) Tyto charakteristiky v kombinaci s dalšími atributy umožňují hlubší vhled do charakteru dané metropolitní oblasti. (SUTD City Form Lab, 2012)

## 2.2 Publikace

Tato sekce shrnuje články zabývající se metodami prostorové analýzy, mapováním kvality života a dalšími příbuznými tématy. Vybrané metody ze zde popsanych článků jsou využity při návrhu indexů a jejich výpočtu.

### 2.2.1 První implementace indexu mapující kvalitu života používající GIS

Článek *Some urban measurements from Landsat data* (Forster, 1983) je jedna z prvních publikací mapující kvalitu života ve městě, která využívá prostředky GIS. Forster (1983) navrhl metodiku pro výpočet indexu rezidenční kvality (*Residential Quality Index*) pro město Sydney. Poprvé zde byla pro tento účel použita klasifikovaná rastrová data, která byla získána z (v té době nového) Landsat satelitu. Tato práce, dnes již zastaralá, ukázala potenciál propojení GIS a sociodemografických analýz v jeden fungující celek.



### 2.2.2 Publikace zabývající se tvorbou metodiky pro ohodnocení kvality života ve městech

V této části jsou představeny články prezentující nové metodiky pro ohodnocení kvality života ve městech a články, jež toho ohodnocení implementují dle zvolených algoritmů.

#### **Kombinace různorodých atributů pro výpočet kvality života**

Článek *Urban Quality of Life Assessment Using Satellite Image and Socioeconomic Data in GIS* se zabývá hodnocením města Atlany (USA) z hlediska kvality života. Samotný index kvality je složen z rastrových dat extrahovaných ze satelitních snímků, která jsou doplněna socioekonomickými daty. Navzdory malému počtu zdrojových atributů, které jsou navíc z velice odlišných oblastí zájmu (teplota ploch, procento vysokoškolsky vzdělaných osob v populaci atp.) je výsledný index dle autorů relevantní a správně identifikuje problémové lokality. Hodnota indexu je z atributů zkomponovaná metodou PCA (Jun, 2006).

Tvrzení autorů, že kombinace i velice rozdílných a na první pohled nesouvisejících atributů, může vytvářet relevantní ohodnocení je aplikováno při návrhu indexů v Kapitole 5.2.

#### **Nastavení vah atributů na základě expertního rozhodnutí**

Článek *Development of a GIS tool for qualitative assessment of the Egyptian's quality of life* prezentuje GIS nástroj pro vizualizaci kvality života v Egyptě. Jednotlivé atributy z oblasti sociální, demografické a agronomické jsou sloučeny do indexu. Autoři vypočetli index kvality života pro tři různé sociální skupiny obyvatel, a to s ohledem na jejich demografii a sociálně-ekonomický status. Hodnota indexu pro daný územní celek je vypočítána prostým váženým součtem jednotlivých atributů. Váhy jsou při tom nastaveny v souladu s expertním rozhodnutím, aby co nejvíce odpovídaly potřebám jednotlivých sociálních skupin (Elmahdi – Afify, 2007).

V tomto článku je aplikován přístup ohodnocení vah na základě expertního rozhodnutí, tohoto postupu může být využito i v kontextu této diplomové práce (viz Kapitola 5.2).

#### **Subjektivní ohodnocení kvality života**

Článek *Assessment of Quality of Life Using Geographical Information System Approach for Poverty Alleviation Decision-Making* zapojuje do ohodnocení kvality života také data z dotazníků, ve kterých respondenti na základě vlastního úsudku subjektivně ohodnocovali lokality. Tato data jsou pak zkombinována s tvrdými daty ze tří domén (sociální, ekonomické a fyzické) a za pomoci metod *Multi-Criteria Decision Analysis* jsou lokality ohodnoceny. Výsledky jsou ověřeny křížovou validací (*leave-one-out*) (Olajuyigbe et al., 2013).

Použití křížové validace pro ověření robustnosti modelu se nabízí jako jedna z možných metod i pro zhodnocení výsledků této diplomové práce.

### 2.2.3 Prostorová statistika

#### Aplikace metod prostorové statistiky

Článek *Spatial statistics for urban analysis: A review of techniques with examples* představuje metody prostorové statistiky, které mají potenciální využití v urbanistické analýze. Ukazuje na vybraných metodách prostorové statistiky (*spatial association, spatial heterogeneity*, atp.) jejich použití při řešení urbanistických otázek, jakými jsou například způsob využití půdy či analýza dopravní situace. (Páez – Scott, 2004)

#### Návrh nových metrik pro popis vlastností intravilánu

V článku *The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study* je představena nová charakteristika pro hodnocení vlastností intravilánu – *walkability*. Tato charakteristika hodnotí jednotlivé městské parcely na základě hustoty křižovatek, hustoty zalidnění a způsobů využití ploch. Tato charakteristika je pak kombinována s dalšími atributy (např. průměrný příjem domácnosti). Na tomto základě jsou pak vytipovány problémové lokality (Frank et al., 2010).

Tento článek popisuje postup k vytvoření nových metrik pro popis stavu intravilánu, čehož může být využito při zpracování zdrojových dat.

### 2.2.4 Demografická analýza

Mimo klasických metod prostorové analýzy je vhodné se seznámit s i metodami používanými v příbuzných oborech, v tomto případě se jedná o demografickou analýzu a geografii obyvatelstva.

Publikace *Sociodemografická analýza územních částí města Brna* analyzuje sociodemografická data ze SLDB z roku 2011. Tato analýza byla vypracována pro Kancelář strategie města Brna, která je jedním z oddělení Magistrátu města Brna. Analýza je provedena na úrovni urbanistických jednotek. V terminologii RÚIANu se tyto jednotky označují jako ZSJ. Kromě základních statistik (např. podíl nezaměstnaných, podíl důchodců, počet bytů atp.) zahrnuje tento dokument také shlukovou analýzu. Ta se snaží rozpoznat typologii rezidenčních lokalit, a to na základě třinácti vstupních parametrů. Výsledkem jsou pak všechny ZSJ ohodnocené jedním z osmi typů (např. vyloučené lokality, lokality se znaky nižšího statusu, sídlištní výstavba, vysoký sociální status atp.) (Burjanek, 2013).

## 3 Vybraná témata a algoritmy prostorové analýzy

Tato kapitola představuje přehled algoritmů a metod, které jsou svým kontextem blízké tématu této diplomové práce. Vybrané algoritmy a metody jsou následně využity při syntéze dat a při návrhu indexů.

### 3.1 Toblerův první zákon geografie

Toblerův první zákon geografie je jeden ze základních a klíčových principů prostorové analýzy. Byl poprvé představen W. R. Toblerem v článku *A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region*. Zjednodušený výklad tohoto zákona zní:

**Všechno souvisí se vším, ale blízké věci spolu souvisejí více, než věci vzdálené.** (Tobler, 1970)

Paul Ramsey, jeden z hlavních vývojářů databáze *PostGIS*, tento zákon parafrázuje v kontextu prostorových databází takto:

**Lokace je univerzální klíč.** (Ramsey, 2015)

Při interpretaci tohoto zákona je však třeba mít na paměti, že blízké věci spolu sice více souvisí, ale tento fakt neimplikuje to, že jsou si podobné. Pokud chceme porovnat podobnosti, je třeba využít jednu z metod prostorové autokorelace, ta pak určí míru podobnosti objektů nacházejících se u sebe (Robinson, 2015).

### 3.2 Moran's I

Moran's I je metrika měřící míru prostorové autokorelace vyvinutá a popsaná P. A. P. Moranem v článku *Notes on Continuous Stochastic Phenomena* (Moran, 1950). Jedná se o korelační koeficient měřící celkovou prostorovou autokorelaci. Oproti klasickým autokorelačním metodám je Moran's I mnohem komplexnější, jelikož v prostorové autokorelaci je nutno pracovat s multidimenzionálními daty. Metrika nabývá hodnot na škále od  $-1$  do  $+1$ , kde hodnota  $-1$  představuje dokonalý rozptyl (*perfect dispersion*) a hodnota  $+1$  pak dokonalé shlukování (*perfect clustering*). Tato hodnota je pak reprezentací toho, jak je objekt podobný ostatním objektům, které jej obklopují.

Tuto metriku lze využít i pro testování nezávislosti dat. Přítomnost autokorelace znamená, že data nejsou nezávislá (*independent variable*), což může znemožnit použití různých statistických testů, které nezávislost dat vyžadují (Gold, 2016).

Moran's I je velice rozšířenou metrikou používanou v GIS. Jako příklad lze uvést studii *Geospatial examination of lithium in drinking water and suicide mortality* zkoumající vliv koncentrací lithia ve vodovodním systému na duševní zdraví obyvatelstva (Marco Helbich, 2012).

### 3.3 Prostorová interpolace

Metody prostorové interpolace jsou součástí skupiny metod vícerozměrných interpolací. Tyto metody predikují hodnotu veličiny v lokaci, ve které je tato hodnota neznáma, a to na základě hodnoty v lokalitách, kde hodnotu známe. Typickými příklady použití je interpolace vlastností půdy, klimatických jevů či hustoty obyvatelstva (Longley et al., 2010). Při aplikaci konkrétní metody prostorové interpolace je třeba důkladně ověřit, zda je zvolená metoda vhodná pro řešení daného problému. Slovy P. A. Burrougha je tato problematika popsána takto:

**Je nemoudré použít první interpolační techniku, na kterou narazíme, bez bedlivého zvážení toho, jak budou takto získané výsledky ovlivněny předpoklady, které jsou inherentně vlastní dané metodě.**

(Burrough, 1986)

V současné době existuje široké spektrum interpolačních metod. Některé z těchto metod jsou blíže popsány v této kapitole.

#### 3.3.1 Inverse Distance Weighting

Tato metoda patří do skupiny metod *Local neighbourhood*. Metody této skupiny se zakládají na předpokladu, že každý bod ovlivňuje výsledný povrch jen do určité konečné vzdálenosti (Longley et al., 2010).

*Inverse Distance Weighting* je jedna z nejpoužívanějších a nejsnáze implementovatelných metod této kategorie. Z tohoto důvodu je obsažena v téměř každém GIS nástroji. Metoda je založena na předpokladu, že neznámá hodnota může být aproximována jako vážený průměr známých hodnot v určité vzdálenosti (Watson – Merriam, 1992).

#### 3.3.2 Natural neighbour interpolation

Tato metoda také náleží do skupiny *Local neighbourhood*. Neznámá hodnota je podobně jako v metodě *Inverse Distance Weighting* aproximována jako vážený průměr známých hodnot. Jako váhy jsou ovšem použity plochy či objemy, namísto vzdáleností. Výsledná vypočítaná plocha má pak pro tuto metodu typický *rubber-sheet* charakter (Longley et al., 2010).

#### 3.3.3 Variační interpolační metody

Variační interpolační metody se zakládají na předpokladu, že interpolační funkce by měla procházet skrze body se známou hodnotou a zároveň by měla být co nejhladší. Takto vytvořená funkce pak popisuje trend, jehož hodnota je následně aplikována v bodech s neznámou hodnotou atributu (Longley et al., 2010).

### 3.4 Prostorová analýza v prostředí města

Prostorová analýza v prostředí města (*Urban Spatial Analysis*) je disciplína zabývající se prostorovou analýzou měst, jedná se tedy o podobor prostorové analýzy. V velké části jsou využívány modifikované metody z klasické prostorové analýzy (Perera – Manawadu, 2011).

#### Prostorová syntax

Metody prostorové syntaxe (*space syntax*) analyzují městský prostor a jeho strukturu. Obvykle se zanedbávají velikosti objektů a analyzují se vazby a vztahy mezi nimi. Pro analýzu jsou obvykle využívány metody známé z teorie grafů (Bafna, 2003).

Mezi možné využití patří například analýza dopravní sítě (viz Obrázek 5) (Hillier, 2015).



Obrázek 5: Space syntax – Analýza dopravní sítě (Hillier, 2015)

## 4 Datové zdroje

Tato kapitola přináší přehled dostupných datových zdrojů popisující různorodé aspekty vybraného města. Na základě konzultace se školitelem bylo jako experimentální město zvoleno Brno. V přehledu lze kromě oficiálních dat státních institucí nalézt i data komunitní či data získaná od dalších občanských iniciativ či společností.

### 4.1 Přehled datových portálů

Tato kapitola poskytuje přehled datových portálů, jejichž data byla zahrnuta do výpočtu některého z indexů. Do výběru jsou zařazeny portály obsahující datové sady popisující atributy nacházející se na katastrálním území města Brna.

#### 4.1.1 Datahub.io

*Datahub.io* je služba pro sdílení dat využívající platformu *CKAN*. Libovolná instituce, vládní agentura či jednotlivec mají možnost zde zveřejnit svá data pod zvolenou licencí a snadno je tak zpřístupnit veřejnosti.

Pro Brno je zde k dispozici široké spektrum dat z různých institucí. Nejvíce datových sad je pak zveřejněno Magistrátem města Brna a s ním souvisejících organizací. Většina dat je zveřejněna v proprietárním formátu *FileGDB* (*Esri File Geodatabase*), ostatní pak v otevřeném formátu *JSON* či *geoJSON*.

Kromě dat popisující několik úrovní správního členění města jsou zde k dispozici i další pro tuto diplomovou práci užitečná data jako záplavová území, stanoviště kontejnerů a brownfields lokality. Kompletní seznam datových sad pro Brno je pak možné nalézt na adrese <https://datahub.io/organization/statutarni-mesto-brno>.

#### 4.1.2 RÚIAN

RÚIAN (Registr územní identifikace, adres a nemovitostí) je registr Českého úřadu zeměměřického a katastrálního sloužící k evidenci a identifikaci území, územních celků, adres, nemovitostí i jednotlivých parcel. Registr má hierarchickou strukturu územní prvků. Úrovní hierarchie existuje několik paralelním uspořádání. Jedna z úrovní hierarchie popisuje data v kontextu základních sídelních jednotek či v kontextu katastrálním, další pak z hlediska městského či správního dělení. (Český úřad zeměměřický a katastrální, 2013)

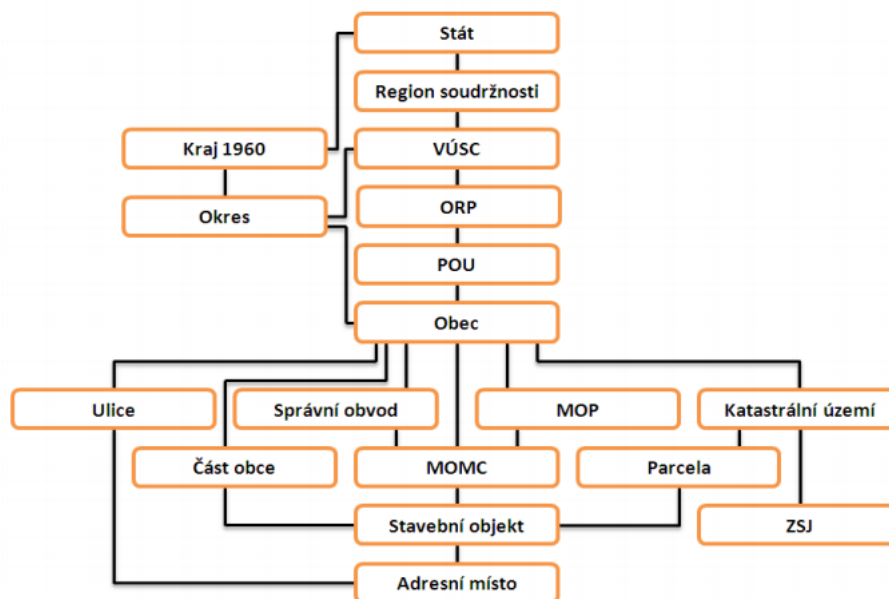
Pro účely této diplomové práce jsou použity pouze informace ze struktur nacházejících se ve spodní části stromu (viz Datový model 6). Konkrétně jde o tyto posloupnosti:

- Obec – Městská část – Stavební objekt – Adresní místo
- Obec – Katastrální území – Parcela – Stavební objekt – Adresní místo

- Obec – Ulice – Adresní místo

Entita *Stavební objekt* obsahuje data o způsobu využití budovy, připojení k inženýrským sítím, způsobu vytápění atp.

*Adresní místo* pak zařadí *Stavební objekt* do konkrétní ulice či nadřazeného celku. Struktura a evidované údaje jsou přesně popsány v oficiální dokumentaci (Český úřad zeměměřický a katastrální, 2013).



Obrázek 6: RÚIAN – Datový model (Český úřad zeměměřický a katastrální, 2013)

### 4.1.3 Geoportál města Brna

Geoportál města Brna (<http://gis.brno.cz>) je oficiální mapový portál města Brna. Magistrát města zde zveřejňuje mapy určené široké veřejnosti, kromě obecných geografických map lze na portálu nalézt i mapy z oblasti sociální (spádovost základních škol, mapa volebních okrsků), z oblasti dopravní (uzavírky komunikací, výkopové práce, mapa cyklostezek atp.) či z oblasti ekologické (městská zeleň, ochrana přírody). Pro účely této diplomové práce je vhodnější se zaměřit na zdrojová data, která jsou dostupná prostřednictvím *ArcGIS Server REST API* na adrese <http://gis.brno.cz/arcgis/rest/services/PUBLIC/>.

### 4.1.4 OpenStreetMap

Projekt *OpenStreetMap* se snaží o tvorbu svobodně přístupných geografických dat. Mapová data jsou tvořena uživateli, ti je upravují a dále do nich přispívají a rozšiřují je. Jedná se tedy o koncept podobný *Wikipedii*.

Data jsou uložena v *XML formátu*. Pro použití v dalších GIS nástrojích je tedy nutné data konvertovat či využít dotazovacího API. Součástí *OpenStreetMap* je *Overpass API* umožňující dotazování nad zvolenými daty. Pomocí nástroje *Overpass Turbo* pak můžeme data skrze *Overpass API* exportovat do univerzálnějšího formátu *JSON*. Dalším nástrojem pro přístup k *OSM* datům je *QGIS OSM Plugin* který je součástí nástroje *QGIS*.

*OSM* databáze dělí data do tří základních kategorií – *nodes*, *ways* a *relations*. *Node* je základním elementem datového modelu, je definován prostřednictvím unikátního *node\_id* a bodu v souřadnicovém systému *WGS-84*. Více uspořádaných *nodů* pak utváří *way*. *Way* pak může být cesta či polygon. *Relations* je skupina *nodů* či *way* provázaná mezi sebou prostřednictvím tagu. Takto lze definovat například multipolygon, ale například i konkrétní autobusovou linku – prostřednictvím tagu *route=bus*. Popis všech dostupných tagů je k dispozici v sekci *Map Features*, ostatní informace lze pak nalézt v oficiální dokumentaci (OpenStreetMap Foundation, 2017).

#### 4.1.5 Mapový portál Jihomoravského kraje

Mapový portál Krajského úřadu Jihomoravského kraje poskytuje podobě jako *Geoportál města Brna* geodata z oblastí náležících do správy kraje. Jsou zde dostupné jak mapové prezentace, tak surová data určená pro další zpracování. K datům je možno přistoupit skrze *ArcGIS REST API* či prostřednictvím služeb *WMS*. Kromě dat o životní prostředí a dopravních komunikacích jsou zde k dispozici také data o kriminalitě. Seznam všech dostupných datových je k dispozici na adrese <http://gis.kr-jihomoravsky.cz/>

#### 4.1.6 Národní katalog otevřených dat

Národní katalog otevřených dat je součástí Portálu veřejné správy. Umožňuje vyhledávat v datových sadách zveřejněných jednotlivými orgány veřejné správy. Různorodost zde zveřejněných dat je obrovská, na portálu jsou k nalezení například data z registru RÚIAN, jízdní řády MHD jednotlivých měst ale i zveřejněné smlouvy státních institucí. V důsledku této různorodosti pak nejsou všechna zveřejněná data ve strukturované – strojově čitelné podobě.

#### 4.1.7 Otevřená Data – Fórum pro otevřená data

Projekt Otevřená data spravovaný Fondem Otakara Motejla agreguje otevřená data ČR. Snaží se prosadit širší využití otevřených dat v České republice a intenzivně se věnuje problematice otevírání dat.

Na stránkách iniciativy (<http://www.otevrenadata.cz>) jsou k nalezení odkazy na zdroje otevřených dat jednotlivých institucí nejen z oblasti státní správy.



### 4.1.8 Český statistický úřad

Český statistický úřad poskytuje cenná data o složení obyvatelstva a další sociodemografická data. Pro použití v GIS aplikacích se jako nejvhodnější jeví data ze *Sčítání lidu, domů a bytů*, a to z důvodu velice vysoké granularity dat. Data z SLDB jsou dostupná až do úrovně základních územních jednotek (viz Kapitola 4.1.2).

Data dostupná pro ZSJ jsou např. demografie, počet obyvatel, počet bytů nebo nezaměstnanost. V důsledku zachování anonymity a ochrany údajů obyvatel nejsou data dostupná pro ZSJ s méně než 200 obyvateli.

Název datového zdroje	Odkaz	Zdroj dat
Datahub	<a href="http://www.datahub.io">www.datahub.io</a>	Komunitní
RÚIAN	<a href="http://www.ruian.cz">www.ruian.cz</a>	Statní instituce
Geoportál města Brna	<a href="http://www.gis.brno.cz">www.gis.brno.cz</a>	Statní instituce
OpenStreetMap	<a href="http://www.openstreetmap.org">www.openstreetmap.org</a>	Komunitní
Mapový portál JMK	<a href="http://www.gis.kr-jihomoravsky.cz">www.gis.kr-jihomoravsky.cz</a>	Statní instituce
Národní katalog otevřených dat	<a href="http://www.portal.gov.cz">www.portal.gov.cz</a>	Statní instituce
Fórum pro otevřená data	<a href="http://www.otevrenadata.cz">www.otevrenadata.cz</a>	Statní instituce
Český statistický úřad	<a href="http://www.czso.cz">www.czso.cz</a>	Statní instituce

Tabulka 1: Přehled datových zdrojů

## 4.2 Datové sady

Tato kapitola poskytuje přehled datových sad využitých při výpočtu jednotlivých indexů. Každý atribut a jemu odpovídající datová sada je stručně představena spolu s uvedením odkazu na originální zdroj dat. Všechny datové zdroje a jejich atributy jsou ohraničeny katastrálním územím města Brna.

### 4.2.1 Brownfields

Dle *Národní strategie regenerace brownfieldu* je brownfields nemovitost či areál, který je nedostatečně využívaný a který obvykle vzniká jako pozůstatek průmyslové či jiné aktivity (Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2008). Brownfield nelze vhodně a efektivně využívat, aniž by proběhl proces jeho regenerace.

Areály a nemovitosti patřící do kategorie brownfields jsou dostupné na Geoportálu města Brna (viz Kapitola 4.1.3). Mapová aplikace prezentující brownfields lokality je dostupná na [http://gis5.brno.cz/flex/flexviewer/index.php?project=gismb\\_brownfields\\_public](http://gis5.brno.cz/flex/flexviewer/index.php?project=gismb_brownfields_public)

### 4.2.2 Ceny nájmu, nemovitostí a pozemků

#### Cenová mapa pozemků

*Cenová mapa stavebních pozemků statutárního města* je oficiální cenová mapa vydávaná v pravidelných intervalech zastupitelstvem města Brna. Aktuální je k dispozici cenová mapa číslo 9, a to skrze *ArcGIS Rest API* na adrese [http://gis.brno.cz/arcgis/rest/services/PUBLIC/cenova\\_mapa\\_9/MapServer](http://gis.brno.cz/arcgis/rest/services/PUBLIC/cenova_mapa_9/MapServer). Cenová mapa je pak koncipovaná jako mapa parcel s přiřazeným oceněním.

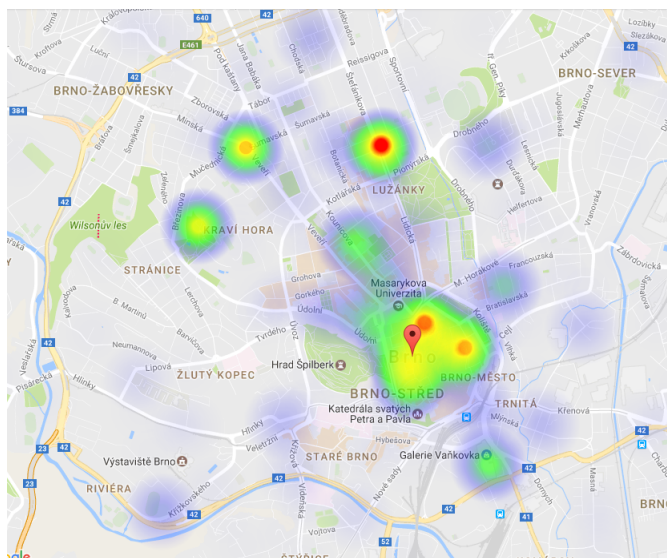
#### Ceny nájmu a nemovitostí

Asociace realitních kanceláří ČR poskytuje na jednom ze svých portálů ([www.cenovamapa.eu](http://www.cenovamapa.eu)) cenovou mapu nájmu a nemovitostí. Nemovitosti jsou rozděleny do dvou kategorií – ceny bytů a ceny domů. Cenová mapa je koncipovaná jako cena za  $m^2$  v určité lokalitě.

### 4.2.3 Události na Facebooku

*Facebook* prostřednictvím svého API umožňuje získat podrobná data o událostech. Pro každou událost je pak k dispozici informace o místě konání, datu a času konání a o počtu účastníků (Facebook, 2017).

K získání a prezentaci těchto dat byla již dříve v rámci předmětu *IPI* vytvořena aplikace dostupná na <http://events-analyser.ml/>. Tato aplikace v pravidelných intervalech dotazuje *Facebook API* a odpovědi zaznamenává do databáze.



Obrázek 7: Data z aplikace *Events Analyzer* (Muroň, 2017)

#### 4.2.4 Úroveň hluku

Strategické hlukové mapy jsou pořizovány v pravidelných intervalech Ministerstvem zdravotnictví v rámci Strategického hlukového mapování ČR. SHM se pořizují pro hluk v okolí pozemních komunikací, železnic, aglomerací a letišť. Aktuální hlukové mapy jsou vypracovávány Koordinačním střediskem pro resortní zdravotnické informační systémy a jsou dostupné prostřednictvím webové aplikace na adrese <https://eregpublicsecure.ksrzis.cz/Registr/shm/>. Surová data jsou pak dostupná skrze *ArcGIS Rest API* na adrese [https://eregpublicsecure.ksrzis.cz/arcgis/rest/services/SHM\\_2012](https://eregpublicsecure.ksrzis.cz/arcgis/rest/services/SHM_2012)

Pro dané místo tak lze získat absolutní hodnotu hluku v *dB*, či zjistit, zda je překročen zákonem stanovený limit. Měření jsou prováděna v různých denních dobách, takže je možno například určit úroveň hluku pouze v noci či pro vybranou část dne.

#### 4.2.5 Rychlost internetu

*NetMetr* je monitorovací nástroj společnosti *CZ.NIC* umožňující měření kvality služeb přístupu k Internetu. Zaznamenaná měření obsahují informace o poloze a typu internetového připojení. Data jsou dostupná od roku 2007 a jsou poskytována jako otevřená data.

Data jsou přístupná na adrese: <https://www.netmetr.cz/cs/open-data.html>

#### 4.2.6 Kontaminovaná místa

Kontaminovaná místa jsou udržována v *Systému evidence kontaminovaných míst* ([www.info.sekm.cz](http://www.info.sekm.cz)). Systém eviduje informace a polohu kontaminovaných a potenciálně kontaminovaných míst i míst, na kterých došlo k ekologické újmě.

#### 4.2.7 Kriminalita

Data o počtu a typu trestných činů a deliktů jsou spravována krajským úřadem Jihomoravského kraje. K dispozici je jak webová mapová aplikace (<http://gis.kr-jihomoravsky.cz/kriminalita/>), tak i zdrojová data dostupná prostřednictvím *ArcGIS Rest API* na adrese <http://gis.kr-jihomoravsky.cz/arcgis/rest/services/Jmk/kriminalita/MapServer>. Data obsahují síť ulic, kdy je pro každou ulici evidován počet deliktů, obvyklý typ deliktů a obvyklá doba, kdy k deliktům a přečinům dochází.

#### 4.2.8 Maloobchod

Jedním z nejucelenějších datových souborů mapujících maloobchod je *Průzkum maloobchodní sítě města Brna*, který byl vypracován v roce 2013 Geografickým ústavem Masarykovy univerzity (Osman, 2013). Tento průzkum je prováděn pravidelně od roku 1997 ve tříletých intervalech. Součástí tohoto průzkumu je i veřejně dostupná

datová sada obsahující seznam všech obchodů s atributy jako typ obchodu a prodejní plocha. Data jsou k dispozici na <http://datahub.io>

#### 4.2.9 Teplotní mapa

Teplotní data byla vytvořena hyperspektrálním snímkováním území Brna, které bylo provedeno v rámci řešení projektu *UrbanAdapt*. Data byla pořízena v roce 2015 (Jan, 2015).

Teplotní mapa je k dispozici na: <http://gis.brno.cz/mapa/teplotni-mapa>

#### 4.2.10 Pocitová mapa města Brna

V rámci projektu *Strategie pro Brno* byla vypracována pocitová mapa města. Respondenti dle daných kritérií (např. tady se mi líbí, tady bych chtěl(a) bydlet atp.) hodnotili lokality. Do vytváření pocitové mapy přispělo více než dva tisíce obyvatel (Statutární město Brno, 2016). Projekt je dostupný na adrese [www.pocitovemapy.cz/brno-2016/](http://www.pocitovemapy.cz/brno-2016/)

#### 4.2.11 Kontejnery na komunální a recyklovatelný odpad

Kontejnery na komunální a recyklovatelný odpad jsou evidovány magistrátem města Brna. Data o pozici a typu kontejnerů jsou zveřejněny na portálu *datahub.io*, a to v následujících datových sadách:

- Kontejnery a stanoviště kontejnerů města Brna
- Odpady v Brně
- Sběrná střediska odpadů města Brna

Další datová sada je pak k dispozici skrze *ArcGIS REST API* na [www.gis.brno.cz/arcgis/rest/services/PUBLIC/kontejnerova\\_stani/](http://www.gis.brno.cz/arcgis/rest/services/PUBLIC/kontejnerova_stani/). Pro každé stanoviště jsou evidovány následující údaje: typ odpadů, objem a datum svozu. Uživatelsky přívětivá webová prezentace těchto dat je k dispozici na stránce [www.gis5.brno.cz/ags/Odpady/index.php](http://www.gis5.brno.cz/ags/Odpady/index.php)

#### 4.2.12 Záplavové území

Informace o záplavových územích jsou spravovány Jihomoravským krajem v rámci digitálního povodňového plánu [www.gis.kr-jihomoravsky.cz/dpp](http://www.gis.kr-jihomoravsky.cz/dpp). Lokace jsou rozděleny dle rizika zasažení povodní:

- Q5 – Území zaplavované při pětileté vodě
- Q20 – Území zaplavované při dvacetileté vodě
- AZZU – Aktivní záplavová území
- PZZU – Potencionální záplavová území

Data jsou k dispozici skrze *ArcGIS Server REST API* na adrese [http://gis.brno.cz/arcgis/rest/services/PUBLIC/zaplavova\\_uzemi/MapServer](http://gis.brno.cz/arcgis/rest/services/PUBLIC/zaplavova_uzemi/MapServer)

#### 4.2.13 Zeleň

Data o městské zeleni, plochách zeleně a ochraně přírody a krajiny jsou k dispozici na *Geoportálu města Brna* (Kapitola 4.1.3). Tato data jsou také prezentována ve webové mapě, kterou lze nalézt na [http://gis.brno.cz/jsviewer/mestska\\_zelen](http://gis.brno.cz/jsviewer/mestska_zelen). Datová sada městská zeleň zahrnuje městské parky a lesoparky. Datová sada plocha zeleně pak zahrnuje i malé oblasti zeleně, které jsou udržovány městem (např. zeleň podél cest a chodníků). Na portálu *Datahub* je pak k dispozici datová sada mapující stromořadí a městské parky. Dalším zdrojem dat je projekt *Open Street Map*, který eviduje typ využití území (pod klíči *landcover*, *surface* a *leisure*). Specifikací těchto klíčů pak získáme i data popisující zeleň v soukromém vlastnictví (zahrady), či zeleň, která není přímo ve správě města.

#### 4.2.14 Městská hromadná doprava

Detailní informace o MHD v Brně jsou dostupné na stránce *Integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje* (<https://www.idsjmk.cz>). Nalezneme zde informace o poloze zastávek, o linkách a také jízdní řády pro jednotlivé zastávky. Poloha zastávek a dalších objektů infrastruktury MHD je dostupná na mapě <http://idsjmk.jrbrno.cz>

#### 4.2.15 Kvalita ovzduší

Část portálu Českého hydrometeorologického ústavu se zabývá mapováním kvality ovzduší. Na katastrálním území města Brna se nachází 10 automatizovaných měřících stanic. Tyto stanice mimo jiné měří imisní zátěž ovzduší ( $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $O_3$ ,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ). Na základě těchto dat stanovuje ČHMU index kvality ovzduší. Pro účely této diplomové práce je využita datová sada *Předběžný přehled překročení imisních limitů* obsahující jak aktuální, tak historická data.

### 4.3 Hierarchie dat

Datové sady se vztahují k různým úrovním hierarchie. Tato kapitola představuje tyto jednotlivé úrovně hierarchie v sestupném pořadí. Informace o rozdělení lze nalézt v Územně identifikačním registru ([www.uir.cz](http://www.uir.cz)).

#### 4.3.1 Městské části – MČ

Městské části jsou samosprávné jednotky v rámci statutárního města. Mají vlastní správní orgány, zastupitelstvo a radu (dle zákona č. 367/1990 Sb.) Městské části v sobě mohou zahrnovat více katastrálních území. Statutární město Brno je rozděleno na 29 takových částí.

#### 4.3.2 Katastrální území – KU

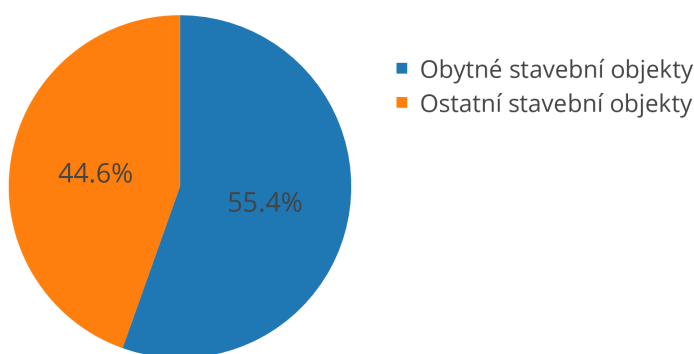
Katastrální území je dle zákona č. 256/2013 Sb. definováno jako technická jednotka, kterou tvoří místopisně uzavřený a v katastru nemovitostí společně evidovaný soubor nemovitostí. Město Brno je tvořeno z 48 katastrálních území.

#### 4.3.3 Základní sídelní jednotka – ZSJ

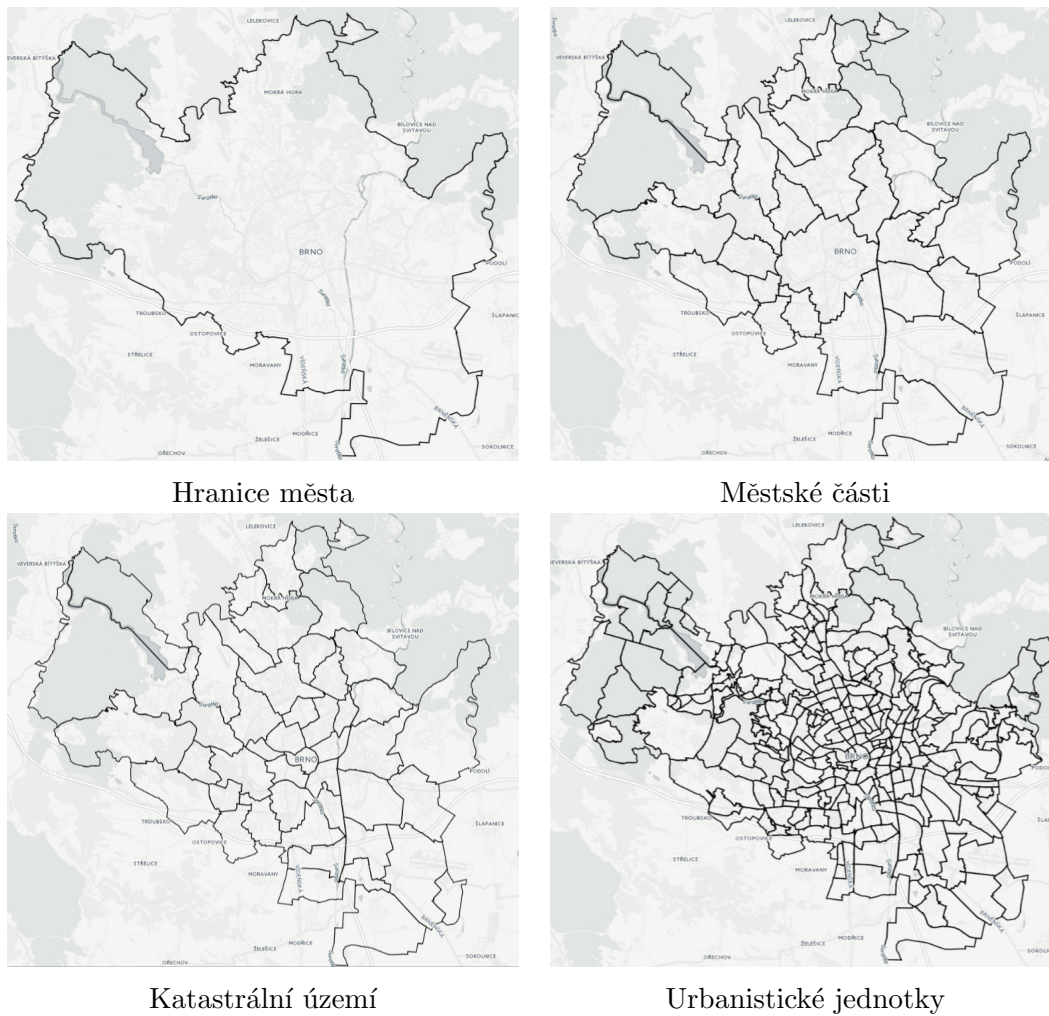
Hranice základních sídelních jednotek jsou vymezeny vyhláškou č. 120/1979 Sb. ZSJ bývají také označovány jako urbanistické obvody. Stavební objekty v ZSJ mají obvykle podobný charakter a způsob využití. Jedná se o nejmenší jednotky používané např. Českým statistickým úřadem. Město Brno je rozčleněno na 283 takových částí.

#### 4.3.4 Stavební objekty

Stavební objekty jsou nejmenším prvkem rozlišovaným v kontextu této diplomové práce. V Brně se nachází celkem 69 251 stavebních objektů. Jejich rozdělení dle způsobu užití je zobrazeno na Obrázku 8.



Obrázek 8: Podíl budov dle využití



Obrázek 9: Brno – hierarchie správního členění

## 5 Metodika

Tato kapitola prezentuje metody a algoritmy, které budou využity při úpravě datových sad a při samotném návrhu indexů. Také představuje algoritmy pro optimální způsob vizualizace získaných dat. V konečné fázi jsou atributy seskupeny do logických tematických celků – tyto celky pak tvoří jednotlivé subindexy.

### 5.1 Úprava a syntéza dat

Data získaná z datových zdrojů uvedených v Kapitole 4 je nutno před importem do prostorové databáze (v tomto případě PostGIS – viz Kapitola 7.1.1) upravit. Následující podkapitoly popisují kroky, které je třeba provést.

#### 5.1.1 Převedení dat do jednoho souřadnicového systému

Rozšíření databáze *PostGIS* umožňuje nastavit souřadnicový systém pro sloupec, z tohoto důvodu je tedy nutné geodata v jiných souřadnicových systémech převést na jeden zvolený systém. Jako tento společný systém byl zvolen *WGS84 (EPSG:4326)*, a to vzhledem k faktu, že mapové prezentační rozhraní *Windshaft* očekává vstupní data v tomto souřadnicovém systému. Do dlaždic jsou data vykreslena v souřadnicovém systému *WGS84 Web Mercator (EPSG:3857)*, který je používán ve většině webových mapových platforem (např. *OpenStreetMap*, *Google Maps*). Více informací o nástrojích použitých k převodu souřadnicových systémů je k dispozici v Kapitole 7.

Převážná většina dat zveřejňovaná státní správou je ve formátu *S-JTSK / Krovak East North (EPSG:5514)*. Je tedy nutno je převést do systému *WGS84*. Pro tento účel bylo využito GIS nástroje *QGIS*, který umožňuje snadnou konverzi souřadnicových systémů pro data v různých formátech (*ShapeFile*, *geoJSON*, atp.)

#### 5.1.2 Omezení rozsahu dat

Některé datové sady svým rozsahem překračují území města Brna. Z těchto datových sad byla uvažována jen taková data, která se nacházejí na katastrální území města Brna – tj. ohraničená polygonem dle dat z RÚIANu.

#### 5.1.3 Konverze atributů datových sad na společnou entitu

Aby bylo možné vzájemně porovnat jednotlivé atributy, je nutno převést atributy tak, aby byly ve vztahu ke stejné entitě (typu objektu). Například informace o poloze obchodů je převedena na informaci o vzdálenosti obchodu od budovy. Informace o ploše obchodní plochy je agregována jako celková obchodní plocha pro danou základní sídelní jednotku. Dalším příkladem může být polygon záplavového území. Tato informace je pak převedena na atribut, který ukazuje, zda daný objekt leží v záplavové oblasti, či jak je od ní daleko. Takto vytvořené atributy pak umožní



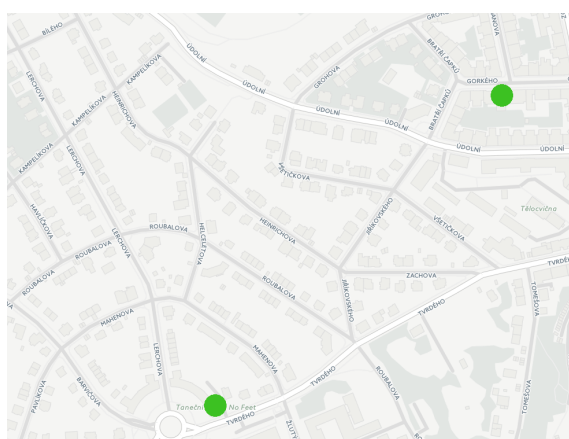
vzájemné srovnání zájmových entit. Přístup sjednocení atributů je často využíván projekty výzkumné skupiny *City Form Lab*, např. v článku *Urban network analysis: measuring city form* (Sevtsuk – Mekonnen, 2012).

Pro účely této diplomové práce připadají jako entity v úvahu budovy, ulice, městské části či ZSJ. Vzhledem k použití dat z velice odlišných oblastí se ale jeví jako nejvýhodnější využít entity s co nejmenší granularitou, aby nedošlo ke zkreslení dat. Například převedení polygonu záplavové oblasti na atribut popisující městskou část by vedl k hrubému zkreslení. Pro srovnání je proto v této diplomové práci zvolena a používána jako společná entita budova (stavební objekt).

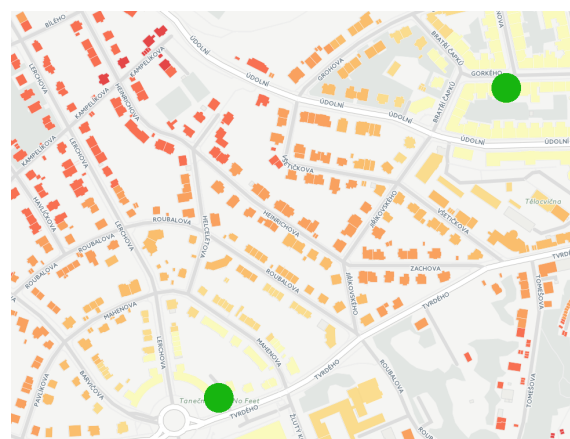
#### 5.1.4 Metriky ohodnocení atributů

Pro převod zdrojových dat na ohodnocení stavebních objektů je nezbytné stanovit metody přepočtu a to tak, aby metoda korespondovala s charakterem dat. V následujícím seznamu je představen přehled použitých metrik společně s příkladem dat:

- binární hodnota – ano / ne (v obytné zóně, atp.)
- vzdálenost od bodu zájmu (potravinový, zastávka MHD, atp.)
- součet ploch v okolí (plocha zeleně, obchodní plocha, atp.)
- počet výskytů zájmových bodů v okolí (restaurace, atp.)
- hustota jevu v okolí (kriminalita, atp.)
- ohodnocení na základě fuzzy funkce (záplavové území, atp.)



Poloha obchodů s potravinami



Ohodnocené stavební objekty

Obrázek 10: Příklad metriky ohodnocení atributů – vzdálenost od bodu zájmu

### 5.1.5 Fuzzy ohodnocení

Metody fuzzy logiky mají v GIS široké uplatnění např. při vymezení hranic, definici blízkosti či kdekoliv, kde je potřeba připustit a počítat s jistou mírou neurčitosti (Raines et al., 2010).

Některé z atributů (např. záplavová území, blízkost frekventované silnice) je vhodné ohodnotit na základě metod fuzzy logiky. Tento přístup dovoluje více vypovídající a plynulejší ohodnocení atributů, než jaké by bylo ohodnocení použitím klasické binární logiky či přiřazením hodnoty do předdefinovaných kategorií. Samotný průběh fuzzy funkce pak bývá obvykle specifikován na základě expertního odhadu.

### 5.1.6 Normalizace hodnot

Atributy nabývají hodnot na velice rozdílných škálách. Z tohoto důvodu jsou všechny hodnoty atributů min-max normalizovány do škály 0 – 1 dle následující formule:

$$y_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

### 5.1.7 Převrácení hodnotící škály

Do výpočtu indexů budou zařazeny jen ty atributy, u kterých lze triviálně určit, zda mají pozitivní či negativní dopad na kvalitu života. Například lze předpokládat, že větší poměr obytných budov v okolí bude mít pozitivní dopad. Větší výskyt kriminality je pak negativním faktorem. Aby bylo možné s atributy dále pracovat, je nutné je převést tak, aby směr jejich hodnotících škál byl stejný. Všechny atributy tedy jsou převedeny tak, že čím vyšší je jejich hodnota, tím větší je jejich pozitivní faktor.

Součástí diplomové práce jsou i atributy, u kterých není takové určení možné (např. počet podlaží, hustota obyvatelstva atp.) Tyto atributy nejsou zahrnuty do výpočtu indexů, je však možné je v aplikaci vizualizovat.

### 5.1.8 Outliners

Odlehlé hodnoty *Outliners* jsou hodnoty ležící v abnormální vzdálenosti od ostatních hodnot (Natrella, 2010). Při přepočtu dat na společnou entitu mohou v některých případech vzniknout data s abnormálními hodnotami, pro snížení variability jsou tedy z dat popisujících jednotlivé atributy odstraněny odlehlé hodnoty (*outliners*).

Obvyklá hranice, od které jsou data považována za outlinery, je vzdálenost větší než 1.5 násobek IRQ (*interquartile range*) (Dohnal, 1999). V případě ohodnocení atributů pak hodnoty, které překračují tuto hranici, zůstávají součástí datové sady, ale jejich hodnota je snížena na hodnotu  $1.5 \times IRQ$ .

## 5.2 Metody pro výpočet indexů

Pro sestavení indexů je nutné vybrat vhodnou metodu. V této sekci jsou prezentovány přístupy a metody vhodné pro jejich sestavení, přičemž cílem je najít metodu, která na základě již dříve získaných atributů a uživatelem zadaných vah vhodně ohodnotí stavební objekty. Dále jsou představeny metody, které lze využít při nastavení vah indexů. Převážně jsou prezentovány metody užívané při redukci multidimenzionálních dat, jež jsou vhodné i pro účel sestavení indexů.

### 5.2.1 Multiple-criteria decision analysis

Metody vícekritériální rozhodovací analýzy (*MCDA*) provádějí evaluaci na základě většího počtu kritérií (často navzájem si odporujících). Problém ohodnocení stavebních objektů pak v rámci této analýzy spadá do množiny problémů zvaných *Multiple-criteria design problems*.

#### Weighted Sum Model (WSM)

Model vážených sum je jednou z nejjednodušších metod *MCDA*. Výsledné ohodnocení  $S$  je definováno jako součet hodnoty jednotlivých atributů  $a$  (např. cena nemovitosti, záplavové území). Hodnoty atributů jsou vynásobeny vahou  $w$ , která je nastavena uživatelem (Evangelos, 2000). Váhy v tomto konkrétním případě nabývají hodnot  $0 - 1$ .

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j a_i$$

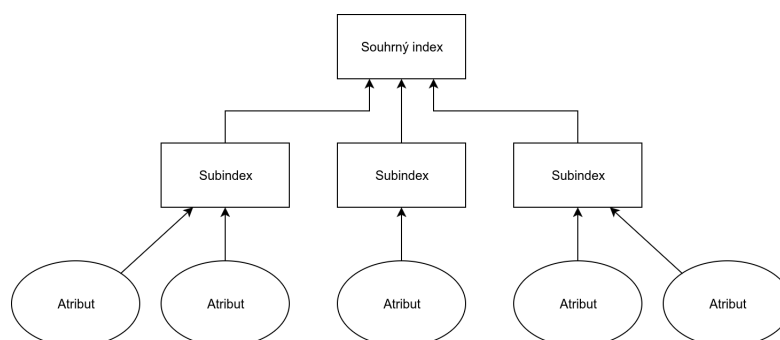
#### Analytic hierarchy process (AHP)

Analytický hierarchický proces využívá pro ohodnocení atributů jejich vzájemné porovnávání. V tomto případě provádí porovnání samotný uživatel. Na základě těchto vzájemných porovnávaní jsou pak zvoleny váhy jednotlivých atributů. Výhodou této metody také je, že umožňuje jistou míru nekonzistence při porovnávání atributů.

Vzájemné porovnání je prováděno na pětistupňové škále s ohodnocením  $(\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1, 2, 4)$ . Hodnota tohoto porovnání je vložena na příslušnou pozici do AHP matice. Na základě této matice je pak vypočítán *AHP Priority Vector*, který definuje výsledné ohodnocení atributu (Saaty, 2008). Po ohodnocení jednotlivých atributů jsou stejným způsobem navzájem porovnány subindexy. Přehled navržené AHP hierarchie je uveden na Obrázku 11.

### 5.2.2 Exploratory Factor Analysis

Jedná se o statistickou metodu, která objasňuje skryté vztahy mezi měřenými veličinami (zde se jedná o hodnoty jednotlivých atributů). Aby byla tato metoda uplatnitelná, musí platit předpoklad, že model vysvětlující hodnoty veličin existuje – na rozdíl od metody *PCA*, která redukuje dimenzi veličin bez jakýchkoliv předpokladů (Joliffe – Morgan, 1992).



Obrázek 11: AHP hierarchie

Joliffe – Morgan (1992) ve své práci doporučují užít metod faktorové analýzy, pokud teoreticky mohla existovat teorie, která by vysvětlila hodnoty jednotlivých měřených veličin. Dále doporučuje užít PCA v případě, že cílem je zkoumat v datech strukturu či vzor.

### 5.2.3 Principal Components Analysis (PCA)

*PCA* je statistická technika pro redukci dat a hledání vzorů v mnohodimenzionálních datech. Metoda redukuje data na zadaný počet dimenzí při zachování co nejmenší možné ztráty informace – tj. zachovává největší možnou hodnotu rozptylu. Data, která jsou navzájem korelovaná, jsou převedena na nekorelované principiální komponenty (*principal components*) (Lindsay, 2012).

Metoda *PCA* je často využívána při řešení obdobných problémů, např. (Jun, 2006).

### Weighted Principal Component Analysis (WPCA)

Standardní *PCA* neumožňuje nastavit váhy jednotlivých vstupních dat. Tento problém řeší Delchambre (2015) v článku *Weighted principal component analysis: a weighted covariance eigendecomposition approach* a to použitím modifikované metody pro výpočet *PCA*, u které je možno nastavit váhové ohodnocení jednotlivých atributů.

Vzorová implementace algoritmu *WPCA* v jazyce Python je k dispozici na <https://github.com/jakevdp/wPCA> (Jake, 2016).

### 5.2.4 Volba vhodných metod

#### Volba metod pro výpočet indexů

Metoda *Weighted Sum Model* přichází v úvahu pro svou snadnou interpretovatelnost. Pro uživatele je snadné pochopit, jak byl výsledný index vypočítán a jaké hodnoty a váhy atributů jej přímo ovlivňují.

*Principal Component Analysis* je obvyklou metodou pro výpočet indexů v obdobných případech – viz Kapitola 5.2.3 a článek *Urban Quality of Life Assessment Using Satellite Image and Socioeconomic Data in GIS* (Jun, 2006). Pokud je zapotřebí vzít v úvahu preference uživatele, je nutné využít váženou variantu této metody – *Weighted PCA*.

Ve výsledné aplikaci jsou implementovány metody *Weighted Sum Model* a *Weighted Principal Component Analysis*, přičemž uživatel má možnost zvolit si preferovanou metodu.

### **Volba metod pro nastavení vah**

Hodnoty vah budou v nejjednodušší variantě specifikovány přímo uživatelem. Pro detailnější nastavení vah jednotlivých atributů bude implementována metoda *Analytic hierarchy process*.

## **5.3 Způsoby dělení intervalů**

Ke zvýšení přehlednosti vizualizace dat je vhodné rozdělit barevnou škálu legendy netriviálním způsobem. Data jsou rozdělena do skupin na základě jejich distribuce. Tato kapitola popisuje algoritmy a metody, které je možné k tomuto účelu využít.

### **5.3.1 Představení vhodných metod**

Ohodnocení stavebních objektů má ve většině případů normální či exponenciální rozdělení. Pro lepší čitelnost výsledků je proto vhodné využít některý z níže uvedených algoritmů. Tyto algoritmy zajistí optimální rozdělení dat do skupin, jež pak mohou být převedeny na barevnou škálu legendy. Vzájemné porovnání algoritmů na ohodnocených datech ze středu města je ukázáno na Obrázku 12.

#### **Jenksova optimalizační metoda (Jenks optimization method)**

Jenksova optimalizační metoda hledá nejlepší možné rozdělení dat do jednotlivých skupin, a to pomocí hledání přirozených mezer vyskytujících se v datech (*natural breaks*). To znamená, že budou data rozložena do skupin tak, aby si hodnoty v rámci skupiny byly co nejvíce podobné a vzdálenosti mezi jednotlivými skupinami byly co největší. Tato metoda byla publikována kartografem Jenksem v článku *The Data Model Concept in Statistical Mapping* (Jenks, 1967).

#### **Head/Tail breaks**

Tato metoda je určena pro rozdělení dat, která mají exponenciální či logaritmické rozložení či pro případy, kdy většina dat nabývá velice podobných hodnot (Jiang, 2013). Metoda *Head/tail breaks* je často využívána v GIS aplikacích, např. *Head/tail Breaks for Visualization of City Structure and Dynamics* (Jiang, 2016).



Obrázek 12: Ukázka algoritmů na rozdělení hodnotící škály

### Septil (Kvantil)

Výsledná data jsou rozdělena na základě jejich počtu na sedm stejně velkých částí. Mezní hodnoty jednotlivých částí pak definují přechod na další barvu v barevné škále.

### Rovnoměrné intervaly

Jedná se o nejjednodušší způsob rozložení. Obor hodnot je nezávisle na povaze dat rozdělen do velikostně stejných intervalů. Toto rozložení je tedy vhodné použít pouze v případě rovnoměrného rozložení dat.

#### 5.3.2 Použité metody

Všechny výše popsané metody jsou v aplikaci implementovány. Na základě kvality rozdělení vypočtených indexů je následně vybrána metoda, jež bude podávat nejlepší výsledky. Ta pak bude v aplikaci nastavena jako výchozí.

## 5.4 Vzdálenostní kategorie

Při úpravě atributů a jejich přepočtu do kontextu stavebních objektů je nutno exaktně stanovit vzdálenostní kategorie (blízké okolí, širší okolí, atp.) Hranice těchto vzdálenostních kategorií jsou pak využity při přepočtu atributů na kontext stavebních objektů. Kategorie a jejich hranice jsou specifikovány takto:

- Blízké okolí přímo ovlivňující ohodnocení stavební objektu – do 100 m
- Širší okolí – do 250 m
- Vzdálené okolí – do 500 m

Vzdálenostní kategorie nemusí být nutně stanoveny jen na základě fyzické vzdálenosti v metrech, ale mohou být specifikovány také dle vnímání vzdálenosti člověkem. Subjektivní prožívání vzdálenosti může být například ovlivněno prostředím či množstvím fyzické námahy, kterou je třeba na překonání dané vzdálenosti vynaložit. Podrobněji je tento fenomén popsán v článku *Walking*

*with and without walking: perception of distance in large-scale urban areas in reality and in virtual reality* (Popp et al., 2004).

## 5.5 Rozdělení atributů do skupin

Atributy jsou na základě své příbuznosti rozděleny do tematických celků. Tyto celky pak odpovídají jednotlivým subindexům. Subindexy se agregují do jednoho souhrnného indexu, a to dle určené hierarchie (viz Obrázek 11).

Ne všechny atributy jsou zařazeny do skupin, jelikož u některých atributů nelze určit, jaký mají vliv na kvalitu života (např. výška budov, hustota zalidnění atp.) Tyto atributy je možné v aplikaci pouze zobrazit.

- **Životní prostředí – ekologie**
  - Úroveň hluku
  - Znečištění ovzduší
  - Plocha zeleně
  - Blízkost frekventované silnice
  - Vzdálenost ke kontejnerům
- **Sociální statut**
  - Plocha brownfields v okolí
  - Cena nemovitostí
  - Poměr obytných budov
  - V obytné zóně, v rezidenční ulici
  - Pocitová mapa
- **Bezpečí**
  - Kriminalita
- **Nákupy a služby**
  - Vzdálenost na poštu
  - Vzdálenost pro potraviny
  - Obchodní plocha
- **Oddech a relaxace**
  - Návštěvnost událostí
  - Hospody, bary a restaurace
- **Doprava**
  - Vzdálenost na zastávku MHD
  - Doba jízdy MHD na Českou, Mendlovo náměstí, Skácelovu

## 6 Úprava a syntéza atributů

Tato kapitola popisuje postup úprav datových sad při jejich konverzi na společnou entitu. Upravené i původní zdrojové datové sady jsou dostupné na <http://cartodb.ml/user/blue4world/datasets>

### 6.1 Přehled všech atributů

V této sekci je pro přehlednost představen abecedně seřazený seznam atributů. V seznamu jsou zahrnuty i ty atributy, jež nejsou zařazeny do žádného indexu (viz Sekce 5.5). Celkový počet atributů je 27.

- Blížkost frekventované silnice
- Blížkost kontaminovaného místa
- Cena nemovitostí
- Doba cesty pomocí MHD
- Hustota zalidnění
- Návštěvnost událostí
- Obchodní plocha v okolí
- Okolní počet podlaží
- Plocha brownfields
- Plocha zeleně v okolí
- Pocit z místa
- Podíl postproduktivních obyvatel
- Poměr obytných budov
- Rezidenční silnice
- Rychlost internetu
- V obytné zóně
- V pěší zóně
- Vzdálenost do hospody či baru,
- Vzdálenost do restaurace
- Vzdálenost k obchodu s potravinami
- Vzdálenost ke kontejnerům
- Vzdálenost na poštu
- Vzdálenost na zastávku MHD
- Znečištění ovzduší
- Záplavové území – aktivní
- Záplavové území – potenciální
- Úroveň hluku
- Úroveň kriminality

### 6.2 Úprava a syntéza atributů

V této sekci jsou popsány kroky, jež je nutné provést k syntéze atributů ze zdrojových dat. Sekce popisují postup syntézy jednotlivých atributů, v závěru kapitoly jsou představeny grafy distribuce ohodnocení (viz Graf 15 a Graf 16).

#### 6.2.1 Úroveň hluku

Vektorová data byla stažena pomocí *ArcGIS Rest API* z portálu Strategického hlu-  
kového mapování ČR (viz Kapitola 4.2.4). Stavební objekty jsou pak ohodnoceny  
jako průměr naměřených hluků nacházejících se 50 m od objektu.



### 6.2.2 Znečištění ovzduší

Český hydrometeorologický ústav eviduje na svém portálu data z osmi měřících stanic v Brně (Dětská nemocnice, Arboretum, Lány, Svatoplukova, Výstaviště, Zvonařka, Úvoz, Tuřany). Pro rok 2015 a 2016 jsou pak z tabelárních ročenek extrahovány informace o počtu dní, kdy došlo k překročení imisních limitů. Na takto získaná data je aplikována metoda prostorové interpolace *Inverse Distance Weighting*. Tímto je vytvořena rastrová vrstva. Na základě dat z této vrstvy jsou pak ohodnoceny jednotlivé stavební objekty.

### 6.2.3 Blížkost kontaminovaného místa

Data o kontaminovaných místech byla získána pomocí Python skriptu ze Systému evidence kontaminovaných míst (viz Kapitola 4.2.6). Tento skript je součástí příloh této diplomové práce.

Kontaminace je rozdělena na škále dle závažnosti. Tato diplomová práce pak bere v úvahu pouze následující kategorie: (Ministerstvo životního prostředí, 2009)

- **A3** – potvrzeno aktuální neakceptovatelné riziko pro lidské zdraví
- **A2** – potvrzena kontaminace překračující legislativou stanovené limitů koncentrace
- **P1** – kontaminace, která by v případě změny funkčního využívání lokality mohla vést k neakceptovatelnému zdravotnímu riziku

Stavební objekty jsou pak ohodnoceny binární hodnotou na základě informace, zda se v jejich okolí (do 70 m) vyskytuje kontaminované místo.

### 6.2.4 Blížkost frekventované silnice

Geodata frekventovaných silnic jsou získána z projektu *Open Street Map* prostřednictvím *Overpass API* použitím následujícího dotazu:

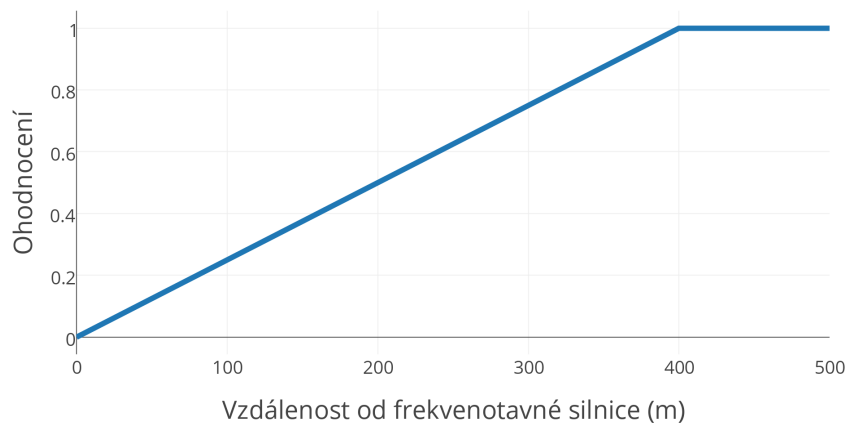
```
(highway=motorway or highway=trunk or highway=primary) and type:way
```

Získaná data jsou převedena na ohodnocení stavebního objektu na základě vzdálenosti stavebního objektu od frekventované silnice. Samotné ohodnocení má fuzzy povahu viz Graf 13.

### 6.2.5 Plocha zeleně

Data o zeleni jsou agregována z několika zdrojů (viz Kapitola 4.2.13). *OSM* data jsou získána z *Overpass API* specifikací klíčů `landuse` a `surface`. Další část datových sad byla stažena z *Geoportálu města Brna* prostřednictvím *ArcGIS Feature service*.

Data z těchto zdrojů byla agregována do jedné datové sady, přičemž byly odstraněny duplicity a současně eliminovány do sebe vnořené polygony. Data jsou



Obrázek 13: Ohodnocení – blízkost frekventované silnice

převědena na ohodnocení stavebních objektů jako součet plochy zeleně ( $m^2$ ) v okolí do 250 m od stavebního objektu.

### 6.2.6 Hustota zalidnění

Hustota zalidnění je vypočítána pro základní územní jednotky (ZSJ), a to na základě počtu obyvatel zveřejněném v SLDB (viz Kapitola 4.1.8) a rozlohy (*PostGIS* funkce *ST\_Area*). Vypočítaná hodnota pro ZSJ je pak aplikována na všechny stavební objekty v ní se nacházející. Jednotky vypočtené hustoty jsou počet obyvatel na  $km^2$ . Ze všech 283 ZSJ nacházející se na katastrálním území města je hustota vypočtena pro 179 z nich, v ostatních je počet obyvatel menší než 200, či se jedná o brownfieldy.

### 6.2.7 Podíl postproduktivních obyvatel

Počet postproduktivních obyvatel pro jednotlivé ZJS je k dispozici v SLDB (viz Kapitola 4.1.8). Na základě počtu obyvatel je pak pro 179 ZSJ vypočítán poměr počtu postproduktivních obyvatel a celkového počtu obyvatel.

### 6.2.8 Návštěvnost událostí

Data o návštěvnosti lokalit jsou získána z databáze projektu `www.events-analyser.ml` (Muroň, 2017) (popsáno v Kapitole 4.2.3). Do úvahy jsou vzata data z období od června 2016 do února 2017, které zachycují 2 488 unikátních lokalit, celkový počet unikátních návštěv pak činí 985 668. Data jsou převedena do kontextu stavebních objektů jako celkový počet návštěv v okolí 200 m od daného místa.

### 6.2.9 Kriminalita

Data o kriminalitě jsou evidována pro ulice (viz Kapitola 4.2.7). Pro přepočítání na kontext stavebních objektů je nejdříve vypočtena hustota kriminálních činů a přestupků na jeden metr ulice. Následně jsou stavební objekty ohodnoceny hustotou dle příslušnosti k dané ulici.

### 6.2.10 Cena nemovitostí

Data o výši nájmu a cenách domů (za  $m^2$ ) jsou získána z portálu *Asociace realitních kanceláří ČR* (viz Kapitola 4.2.2). Pro tento účel byl vytvořen skript v jazyce Python, který pro zadané ohraničení (*bounding box*) získá dlaždice s ohodnocením ceny. Tento skript je možno nalézt v přílohách této diplomové práce. Ohodnocení je pak aplikováno na stavební objekty.

### 6.2.11 Obytná zóna a pěší zóna

Obytná zóna je definována v zákoně o silničním provozu § 39. č. 361/2000 Sb. V těchto zónách jsou v platnosti určitá omezení pro motorová vozidla. Data o zónách jsou získána z *Open Street Map* prostřednictvím dotazu:

```
(highway=living_street or highway=pedestrian) and type:way
```

Stavební objekty jsou ohodnoceny binární hodnotou na základě informace, zda se nacházejí v této zóně.

### 6.2.12 Rezidenční silnice

Rezidenční silnice je dle dokumentace *Open Street Map* cesta určená pouze pro přístup k rezidenčním objektům. Data jsou získána pomocí *Overpass Turbo* dotazem: `(highway=residential) and type:way`

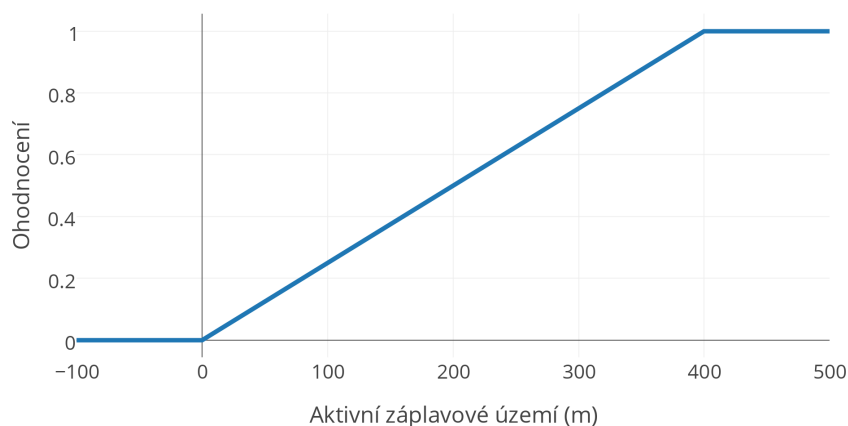
Stavební objekty jsou ohodnoceny binární hodnotou. Pokud stavební objekt sousedí s rezidenční silnicí, je ohodnocen jako objekt příslušící k rezidenční zóně.

### 6.2.13 Záplavové území aktivní a potenciální

Pro potenciální záplavové území je do stavebního objektu zanesena informace, zda se nachází vně či uvnitř území. Pro aktivní záplavové území je pak k ohodnocení využito fuzzy přístupu. Vše v záplavovém území je ohodnoceno hodnotou nula. Od hranice záplavového území je hodnota přiřazena jako funkce vzdálenosti dle Grafu 14.

### 6.2.14 Poměr obytných budov

Způsob využití budov je evidován v RÚIANu. Na základě tohoto údaje je pak pro každý stavební objekt spočítán poměr počtu obytných budov k počtu budov s jiným účelem v okolí 400 m. V celkovém ohodnocení pak nulová hodnota představuje stav,



Obrázek 14: Fuzzy ohodnocení – záplavové území

kdy jsou v okolí pouze obytné stavby. Hodnota jedna znamená, že v okolí se nacházejí pouze stavební objekty, které nejsou určeny k bydlení.

#### 6.2.15 Vzdálenost na zastávku MHD

Dle polohy zastávek MHD získané v Kapitole 4.2.14 je od každého stavebního objektu vypočítána vzdálenost v metrech k nejbližší zastávce MHD.

#### 6.2.16 Okolní počet podlaží

Informace o počtu podlaží je dostupná v databázi RÚIAN (viz Kapitola 4.1.2) v tabulce `CtiStavebniObjekt` v atributu s názvem `PocetPodlazi`. Tento údaj je převeden na ohodnocení stavebního objektu jako průměr počtu podlaží budov ve vzdálenosti 200 m.

#### 6.2.17 Obchodní plocha v okolí

Velikost obchodní plochy pro jednotlivé obchody je dostupná v dokumentu *Průzkum maloobchodu* (viz Kapitola 4.2.8). Z hlediska polohy je pro obchody dostupná pouze informace o jejich adrese, proto je nutné provést geocoding adresy na souřadnice. Toho je docíleno pomocí nástroje *QGIS*, konkrétně využitím pluginu *MMQGIS*. Tento plugin se dotazuje služby *Nominatim* (součást projektu *OpenStreetMap*), která provádí samotný překlad.

#### 6.2.18 Doba cesty do místa pomoci MHD

Doba jízdy je počítána jako čas od stavebního objektu do tří cílových zastávek (Česká, Skácelova, Mendlovo náměstí). Tato doba je složena z času chůze na

zastávku MHD a z doby jízdy dopravního prostředku. Pro výpočet této hodnoty je použito služby *Distance Matrix API* (součást *Google Maps APIs*). Příklad dotazu služby *Distance Matrix API*

```
https://maps.googleapis.com/maps/api/distancematrix/json?&origins=
<ZDROJOVE_SOURADNICE>&destinations=<CILOVE_SOURADNICE>&mode=transit&
key=<API_KLIC>
```

Za účelem hromadného dotazování je vytvořen Python skript, který je možno nalézt v přílohách diplomové práce.

### 6.2.19 Pocitová mapa

Data byla získána z projektu Pocitová mapa (viz Kapitola 4.2.10), kde jsou dostupná v JSON formátu. Uživatelé zařazovali místa do pocitových kategorií. Tyto kategorie jsou pro výpočet ohodnocení rozděleny následujícím způsobem na pozitivní a negativní:

- Pozitivní pocitové kategorie:
  - Tady bych chtěl/a bydlet.
  - Tady jsem na město hrdý/á.
  - Tady rád/a trávím volný čas.
  - Tady se mi líbí.
- Negativní pocitové kategorie:
  - Tady by to chtělo změnu.
  - Tady se mi nelíbí.

V datové sadě se nachází 16 086 ohodnocení popisující lokality s pozitivní pocitovou kategorií a 7 978 ohodnocení popisující lokality s negativní pocitovou kategorií. Vzhledem k velikosti datového souboru je možno použít metod prostorové interpolace k ohodnocení jednotlivých staveních objektů. Toho je docíleno v nástroji *QGIS* pomocí algoritmu *Inverse Distance Weighting*.

### 6.2.20 Vzdálenost ke kontejnerům

Data o typu a poloze kontejnerů jsou získána z několika zdrojů (viz Kapitola 4.2.11). Při ohodnocení se zanedbává informace o typu kontejneru. Stavební objekty jsou ohodnoceny pouze na základě vzdálenosti k nejbližšímu kontejneru.

### 6.2.21 Vzdálenost na poštu

Data popisující polohu pošt jsou získána z projektu *OpenStreetMap* dotazem:  
`amenity=post_office`

Stavební objekty jsou pak ohodnoceny na základě vzdálenosti na nejbližší poštu.

### 6.2.22 Vzdálenost k obchodu s potravinami

Data o poloze obchodů s potravinami jsou získána z dokumentu *Průzkum maloobchodu* (viz Kapitola 4.2.8). Uvažovány jsou maloobchodní prodejny s tímto sortimentem:

- Hypermarket potraviny
- Potraviny
- Smíšené zboží

Stavební objekty jsou pak ohodnoceny na základě vzdálenosti k nejbližší maloobchodní prodejně s daným sortimentem.

### 6.2.23 Rychlost internetu

Data o rychlosti internetu jsou získána z projektu *NetMetr* (viz Kapitola 4.2.5). K ohodnocení jsou použity datové sady za rok 2017 a 2016. Z těchto datových sad jsou extrahována pouze měření na sítích typu *WLAN* a *LAN*. Celkem je takto získáno 4 536 měření s unikátní polohou. Tato měření jsou následně interpolována. Na základě interpolace jsou ohodnoceny stavební objekty. Skript upravující tato data do formátu vhodného pro import do prostorové databáze je součástí příloh diplomové práce.

### 6.2.24 Plocha brownfields

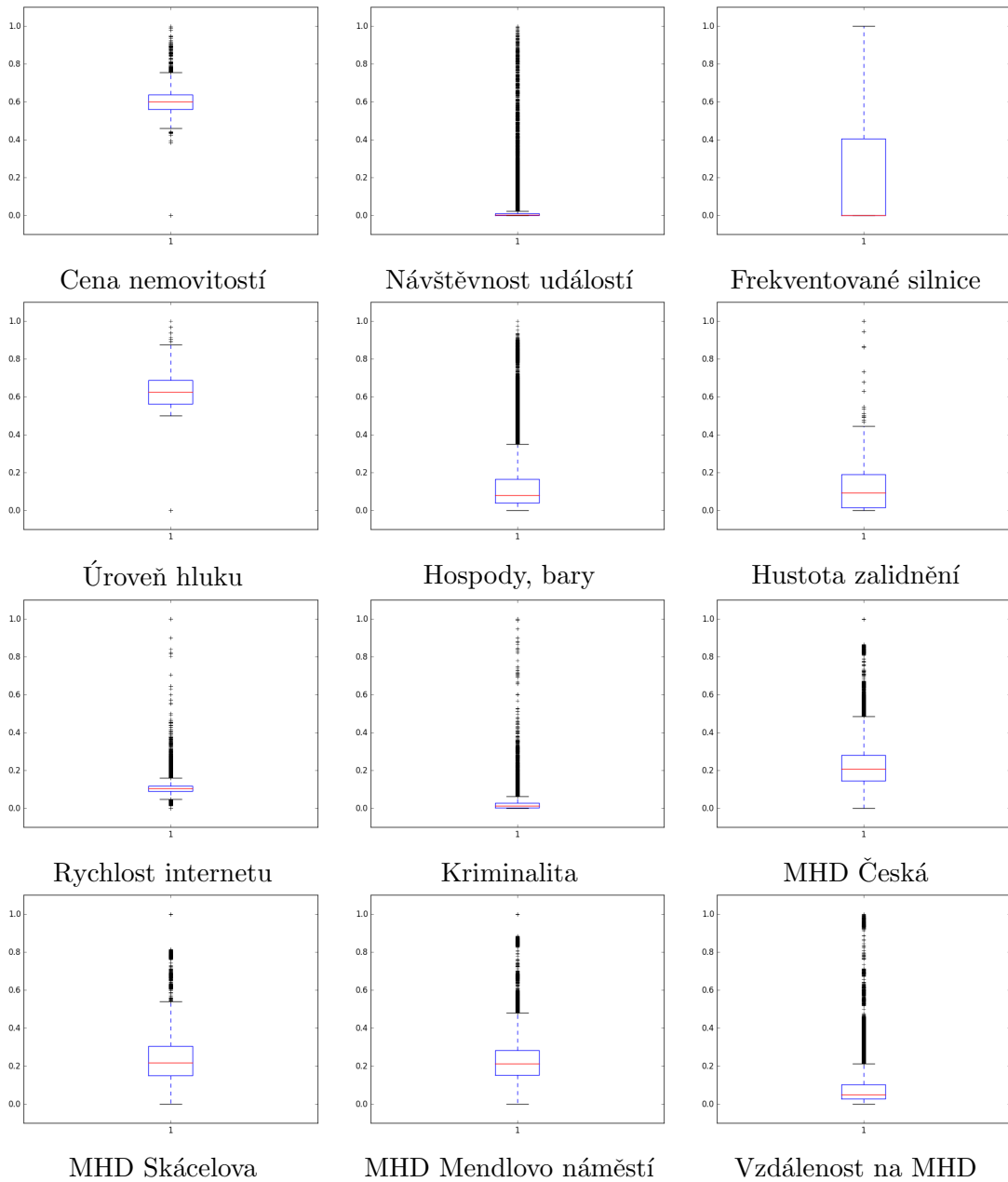
Data o poloze brownfields jsou získána z *databáze brownfieldů* (viz Kapitola 4.2.1). Stavební objekty jsou pak ohodnoceny na základě součtu plochy brownfields nacházející se v okolí 400 m od stavebního objektu.

### 6.2.25 Hospody, bary a restaurace

Informace o poloze hospod, barů a restaurací je získána skrze Overpass Turbo dotazem:

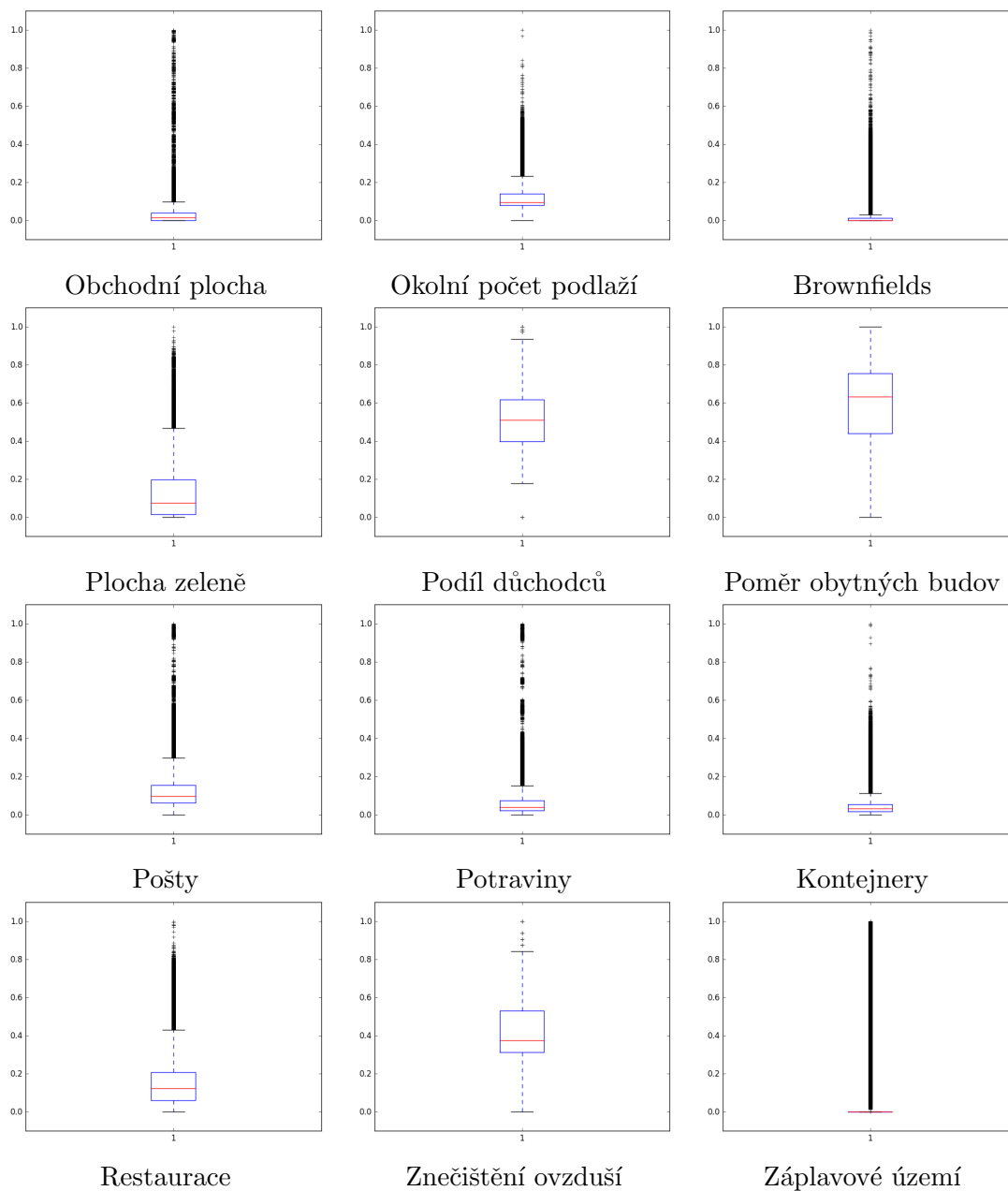
```
amenity=pub OR amenity=bar OR amenity=restaurant
```

Stavební objekty jsou ohodnoceny na základě vzdálenosti k nejbližšímu objektu.



Obrázek 15: Ohodnocení stavebních objektů.

Prezentováno ve formě boxplotu. Červená linka označuje medián. Spodní a horní hranice boxu pak hodnotu prvního a třetího kvartilu. Vertikály okolo kvantilů zobrazují variabilitu dat pod nimi. Odlehlé hodnoty jsou zobrazeny jako body.



Obrázek 16: Ohodnocení stavebních objektů.  
Detailní popis je k dispozici pod Obrázkem 15.



## 7 Implementace

Tato kapitola přibližuje tvorbu analytického a vizualizačního rozhraní, jež má umožnit uživatelům přehledně a jednoduše prezentovat hodnoty vypočtených indexů a umožnit jejich analýzu.

Součástí tohoto nástroje je i rozhraní pro nastavení vah a rozhraní pro prezentaci zdrojových dat.

### 7.1 Představení technologií

Zde je uveden přehled a stručný popis technologií, nástrojů a rozhraní, jež jsou využity při tvorbě rozhraní.

#### 7.1.1 Prostorová databáze

Mezi v současné době nejpoužívanější prostorové databáze patří *Oracle Spatial and Graph*, *Microsoft SQL Server*, *SQLite* s rozšířením *Spatialite* a *PostgreSQL* s rozšířením *PostGIS*. Pouze *Spatialite* a *PostGIS* jsou však dostupné jako open-source. Podrobné srovnání databázových systémů z hlediska výkonnosti a z hlediska dostupných prostorových funkcí je k dispozici v článku *Compare Spatial Features* (Hsu – Obe, 2010). Pro účely této diplomové práce je vhodné zvolit databázi dostatečně robustní a s vhodnými licenčními podmínkami. V úvahu tak připadají pouze dvě prostorové databáze, *Spatialite* a *PostGIS*. *Spatialite* je rozšíření databáze *SQLite*. Jedná se o jednosouborovou databázi, která není příliš vhodná pro práci s větším množstvím dat. Také množství prostorových funkcí je menší, než u databáze *PostGIS*. Z těchto důvodů je jako hlavní prostorová databáze použita *PostGIS*.

#### PostGIS

*PostGIS* je rozšíření databáze *PostgreSQL*, které implementuje funkce umožňující práci s geodaty dle specifikace *Simple Feature Access* vydané organizací *Open Geospatial Consortium*. Databáze podporuje práci s daty uloženými v následujících typech geometrie (Open Source Geospatial Foundation, 2016):

- Body
- Polygony
- Multipolygony
- Kolečce

Základní principy a příklady použití *Spatial SQL* dotazů jsou k dispozici v oficiální dokumentaci (Open Source Geospatial Foundation, 2016).

### 7.1.2 Mapnik

Mapnik je nástroj pro vykreslování map dostupný jako open-source. Podporuje řadu různých formátů geodat (*GeoTIFF*, *Shapefile*, *Raster images*, *OSM XML*). Mimo jiné umožňuje prostřednictvím pluginu přímé vykreslení z databáze *PostGIS*. Na výsledné rendery lze pak snadno aplikovat styly (Pavlenko, 2017).

Zdrojový kód: <https://github.com/mapnik/mapnik>

### 7.1.3 Carto

Carto je open-source platforma pro analýzu a prezentaci geodat. Klíčovou funkcionalitou je však tvorba map. Platforma umožňuje nahrát geodata v různých formátech (*Shapefile*, *GeoJSON*, *CSV*) a na základě SQL dotazu pak velice jednoduše vytvořit a publikovat mapu. Mimo webové rozhraní je k dispozici i široké spektrum knihoven pro tvorbu mapových webových aplikací (*CARTO.js*) či pro přístup k datům (*SQL API*) (CartoDB, 2015).

Platforma CartoDB je složena z následujících komponent:

- PostgreSQL s rozšířením PostGIS a CartoDB
- Redis
- Windshaft obsluhující Maps API
- CartoDB SQL API
- Import API
- CartoDB Editor

#### CartoDB PostgreSQL

*CartoDB PostgreSQL* je rozšířením *PostgreSQL* databáze implementující PL/SQL metody pro práci s daty. Součástí tohoto rozšíření je např. sada statistických funkcí umožňující rozdělení dat do jednotlivých segmentů (*CDB\_JenksBins*, *CDB\_HeadsTailsBins*, *CDB\_QuantileBins*) či metody pro úpravu či transformaci geodat (*CDB\_RectangleGrid*, *CDB\_Hexagon*, *CDB\_TransformToWebmercator*) (CartoDB, 2015).

Zdrojový kód: <https://github.com/CartoDB/cartodb-postgresql>

#### Redis

*Redis* je in-memory databáze ukládající data na principu key-value. CartoDB platforma ji využívá jako cache a pro uložení konfigurace jednotlivých komponent. Jsou zde tedy uloženy konfigurace vytvořených map a jejich styly (*Database 0*), OAuth tokeny pro autorizaci (*Database 3*) a metadata a další uživatelská data např. API klíče (*Database 5*) (CartoDB, 2015).

Zdrojový kód: <https://github.com/antirez/redis>

## Windshaft

*Windshaft* je platforma pro generování a prezentaci mapových dlaždic (*map tiles*). Tato platforma je tvořena modifikovanými částmi nástroje Mapnik. *Windshaft* má obvykle přístup k *PostgreSQL* databázi, tudíž mohou být mapové dlaždice vykresleny na základě libovolného SQL dotazu. Také styl zobrazení jednotlivých primitiv lze snadno měnit pomocí kaskádových stylů - *CartoCSS* (CartoDB, 2017).

Zdrojový kód: <https://github.com/CartoDB/Windshaft-cartodb>

## CartoDB SQL API

Toto *REST API* umožňuje přistupovat k datům uloženým v *PostGIS* a vykonávat nad nimi SQL dotazy. Výsledky jsou pak vráceny v *JSON* formátu. Implementuje také autentizační mechanismus pomocí *OAuth* či za použití API klíče. API také nabízí rozhraní *SQL Batch API*, které je určeno po dlouho trvajícím či výpočetně náročným dotazům (CartoDB, 2017).

Zdrojový kód: <https://github.com/CartoDB/CartoDB-SQL-API>

## Import API

*Import API* poskytuje rozhraní pro nahrávání a import dat do *Carto* Platformy. Prostřednictvím *HTTP* požadavků je možné iniciovat import či zjistit stav zpracování právě probíhajících úloh. Rozhraní umožňuje import z *CSV*, *Shapefile*, *GeoJSON* a dalších formátů. Importovaná data jsou vložena do nové tabulky v *PostgreSQL* databázi a jsou tak zpřístupněna ostatním částem platformy (CartoDB, 2017).

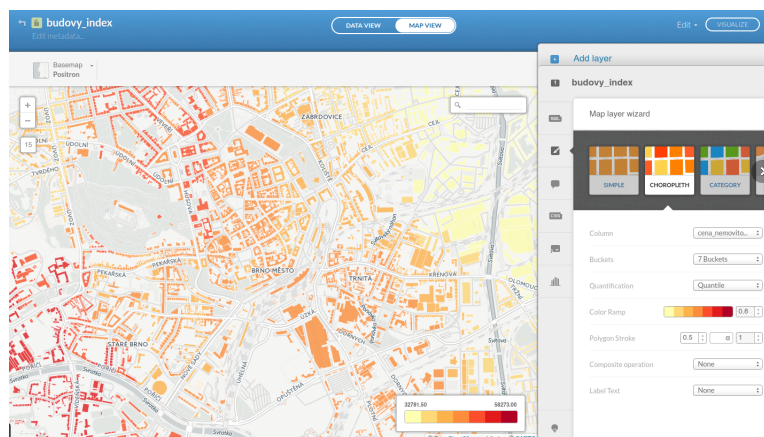
## CartoDB Editor

*CartoDB Editor* je webové rozhraní platformy přístupné běžným uživatelům, které tvoří jádro celé platformy. Rozhraní umožňuje vytvářet a upravovat mapy, upravovat a importovat data či spravovat uživatele (CartoDB, 2015).

Zdrojový kód: <https://github.com/CartoDB/cartodb>

cartoDb_id - number	the_geom - geometry	blizkost_kontaminace - number	cena_nemovlosti - number	facebook_navstevnost - number	frekventovana_ulice_cartodb_id - number	frekventovana_ulice_score - number	frekventovana_ulice_vzalen - number
1	Polygon	0	31717	6216	590	0.167177120155	333.19151938
2	Polygon	0	31717	6228	590	0.2273761964125	309.049521435
3	Polygon	0	31717	6228	590	0.218946501585	312.421399366
4	Polygon	0	37519	11606	78	0.6446928659875	222.12463605
5	Polygon	0	36727	20604	705	0.10652248027	357.390607932
6	Polygon	0	38143	10396	78	0	408.62323978
7	Polygon	0	38143	8383	78	0	408.615349637
8	Polygon	0	38143	8328	78	0	431.091812601
9	Polygon	0	38143	8722	78	0	431.14301542
10	Polygon	0	31717	6228	590	0.246384333925	301.446266563
11	Polygon	0	32261	3715	443	0	665.96158764
12	Polygon	0	38143	8810	78	0	431.135799093
13	Polygon	0	38143	10174	78	0	431.146640558
14	Polygon	0	38143	22355	705	0	432.098040507
15	Polygon	0	37354	22915	705	0	422.862564534

Obrázek 17: *CartoDB Editor* – Data View CartoDB (2015)



Obrázek 18: *CartoDB Editor* – Map View *CartoDB* (2015)

### Leaflet

*Leaflet* je jednou z nejpoužívanějších open-source knihoven pro tvorbu interaktivních map. Tato knihovna je mimo prostředí klasických desktopových prohlížečů podporována také na mobilních zařízeních (Vladimir, 2015).

Zdrojový kód: <https://github.com/Leaflet/Leaflet>

### Carto.js

*CARTO.js* je rozšíření knihovny *Leaflet*, které zprostředkovává interakci se službami *Carto* platformy. Umožňuje zobrazení map a vizualizací uložených v platformě *Windshaft*. Také umožňuje prostřednictvím svých funkcí snadné provádění dotazů nad *CartoDB SQL API* (CartoDB, 2015).

Zdrojový kód: <https://github.com/CartoDB/cartodb.js>

#### 7.1.4 ArcGIS Server REST API

*ArcGIS Server REST API* je rozhraní umožňující přístup k datům uloženým v platformě *ArcGIS Server*. *ArcGIS Server* je back-end služba platformy *ArcGIS*, která zajišťuje správu map a jejich vrstev. Jsou podporována jak rastrová, tak vektorová data – v *ArcGIS* terminologii *Raster Layer* a *Feature Layer*.

#### Způsoby přístupu k REST API

Rozhraní a jeho specifika jsou popsána v dokumentaci – viz (Esri®, 2017). Pro přístup k datům prostřednictvím tohoto rozhraní je nejjednodušší využít nástroje společnosti Esri®, jako jsou například *ArcGIS Desktop* či *ArcGIS Online*. V těchto nástrojích je přístup k datům prostřednictvím tohoto API úzce integrován přímo do aplikace. Mimo oficiální nástroje však existují i alternativní nástroje, například open-source python knihovna *ArcGIS REST Query*, či plugin *ArcGIS REST API*

*Connector* GIS nástroje *QGIS*. Dále lze využít přímého dotazování do API skrze *HTTP GET* volání podle zadaných podmínek (Esri<sup>®</sup>, 2017). Formát dotazu:

```
http://<ARC_GIS_SERVER_URL>/MapServer/<ID_VRSTVY>/query?where=  
<WHEREPODMINKA>&outfields=<SLOUPCE>&f=<FORMATVYSTUPNICHDAT>
```

Pokud by například bylo zapotřebí získat všechna data zvolené vrstvy ve formátu *JSON*, vypadal by požadavek takto:

```
http://<ARC_GIS_SERVER_URL>/MapServer/<ID_VRSTVY>/query?WHERE=  
objectid+%3D+objectid&outfields=*&f=json
```

## 7.2 Popis funkcionality analytického rozhraní

Aplikace prezentuje vypočítané indexy ve formě *choropleth* mapy. Umožňuje také filtraci výsledků či zobrazení zdrojových dat. Screenshot hlavní obrazovky analytického rozhraní je možno nalézt na Obrázku 19.

### 7.2.1 Hlavní obrazovka

Hlavní obrazovka je tvořena mapou s výsledky – na základní podkladovou mapu jsou vykresleny ohodnocené stavební objekty. Uživatelé mohou prohlížet jejich ohodnocení, či využít možnosti vyhledávače pro nalezení konkrétní lokality.

#### Legenda

Stavební objekty jsou vyznačeny barvou z barevné škály dle vypočítaného ohodnocení indexu a dle použitého algoritmu (viz Kapitola 5.3). Barevná škála je vyobrazena na Obrázku 20.



Obrázek 20: Barevná škála – legenda

#### Detaily stavebního objektu

Pro každý stavební objekt je možné si nechat zobrazit jeho detaily. Uživateli je pak prezentováno ohodnocení jednotlivých subindexů, či ještě podrobněji ohodnocení jednotlivých atributů. Okno *Detaily* se nachází v pravé části aplikace (viz Obrázek 19).

#### Panel nástrojů – Filtrace

Tento nástroj umožňuje snadné filtrování výsledků. Je možno filtrovat budovy na základě ohodnocení ve třech krocích ( $\frac{1}{3}$  či  $\frac{2}{3}$  budov s nejlepším ohodnocením či všechny budovy). Dále je možno skrýt budovy jenž nejsou obytné. Toho je docíleno



Obrázek 19: Screenshot – analytické a vizualizační rozhraní. vlevo nahoře – hodnotící škála, vlevo dole – nástroj pro filtraci výsledků, vpravo – detail zvoleného stavebního objektu



na základě záznamu o způsobu využití stavebních objektů (viz Kapitola 4.1.2). Panel nástrojů *Filtrace* se nachází v levé části aplikace (viz Obrázek 19).

### 7.2.2 Nastavení vah

V této sekci aplikace mají uživatelé možnost nastavit váhy dle svých preferencí. Aplikace umožňuje zadání vah dvěma způsoby – přímým nastavením vah u jednotlivých atributů a subindexů či podrobněji za využití metody *AHP*.

#### Základní nastavení vah

Rozhraní pro základní nastavení vah je zobrazeno na Obrázku 21. Uživatelé nastavují váhy dle svých preferencí přidělením bodů jednotlivým subindexům na škále 0 – 5. Celkový počet dostupných bodů je omezen na 10, což motivuje uživatele optimalizovat své rozhodnutí. Uživatel tak například nemůže nastavit všechny parametry na maximum, ale je nucen najít pro sebe optimální rozložení vah.

#### AHP nastavení vah

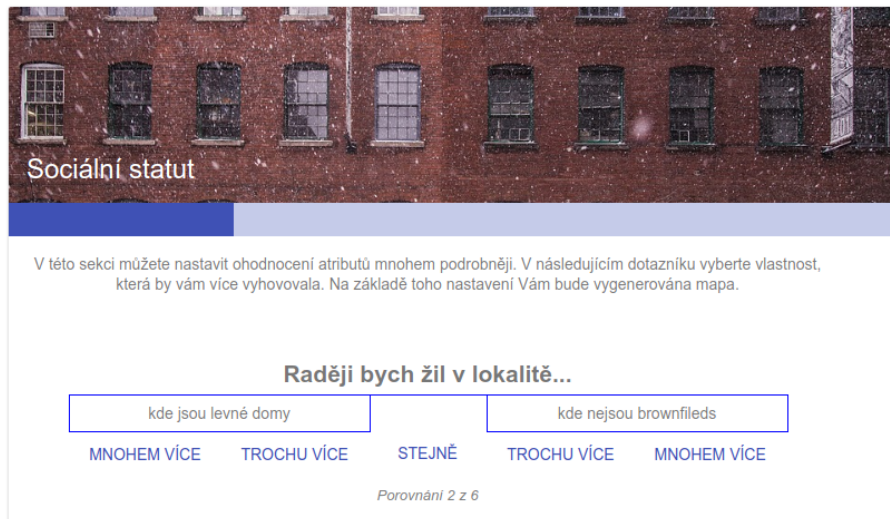
Další možností nastavení vah je využití metody *AHP* (viz Kapitola 5.2.1). V tomto rozhraní jsou uživateli postupně představena srovnání jednotlivých atributů. Pro porovnání atributů slouží pětistupňová škála (viz Obrázek 22).

### 7.2.3 Expertní nastavení

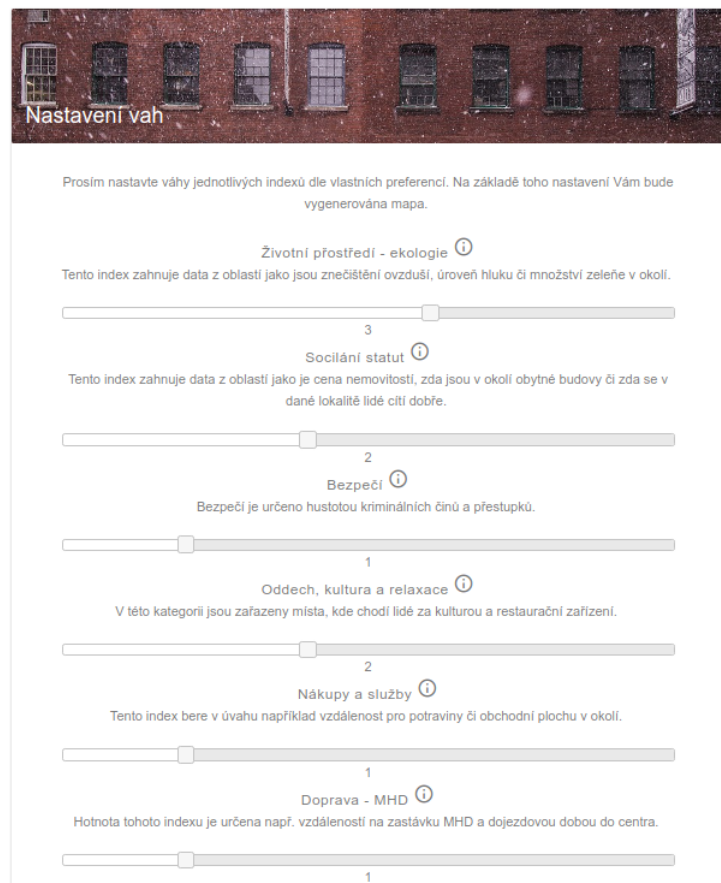
V této části aplikace mohou uživatelé přímo měnit váhy atributů či si nechat zobrazit aktuální hodnoty vah (viz Obrázek 23). Dále se zde nachází volby pro změnu hodnotícího algoritmu, změnu algoritmu rozvržení hodnotící škály, změnu podkladové mapy a další obdobné volby.

### 7.2.4 Ostatní funkce

Kromě vizualizace hlavního indexu a subindexů umožňuje aplikace také zobrazení zdrojových dat (viz Obrázek 24). Nejedná se však o originální zdrojová data, ale o data, jež byla již převedena na úroveň stavebních objektů (viz Kapitola 5.1).



Obrázek 21: Screenshot – Nastavení vah AHP



Obrázek 22: Screenshot – Základní nastavení vah

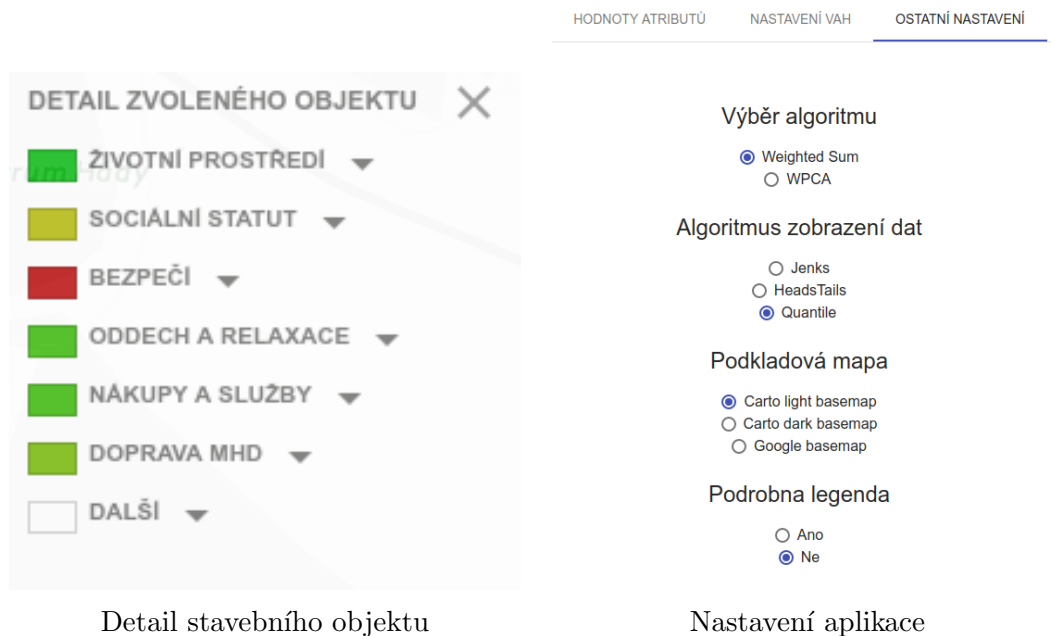




Graf nastavených vah

Expertní nastavení vah

Obrázek 23: Screenshots – Nastavení aplikace



Detail stavebního objektu

Nastavení aplikace

Obrázek 24: Screenshots – Ostatní

## 7.3 Architektura aplikace

Aplikace je složena ze dvou částí. První část tvoří webová klientská aplikace a druhou částí je pak serverové rozhraní, které poskytuje mapové služby a provádí výpočet hodnot indexu.

### 7.3.1 Klientská část

Klientská část je implementována jako webová aplikace dostupná na adrese [www.brno.ml](http://www.brno.ml)

### Použité technologie

Grafické rozhraní a ovládací prvky jsou vytvořeny pomocí technologie *Material Design Lite*. Jedná se o sadu *HTML* prvků a sadu stylů, která svým designem vychází z prostředí mobilních aplikací pro Android. Sada komponent *Material Design Lite* je nezávislá na javascriptové knihovně a je optimalizovaná pro desktopové i mobilní zařízení (Google, 2017a).

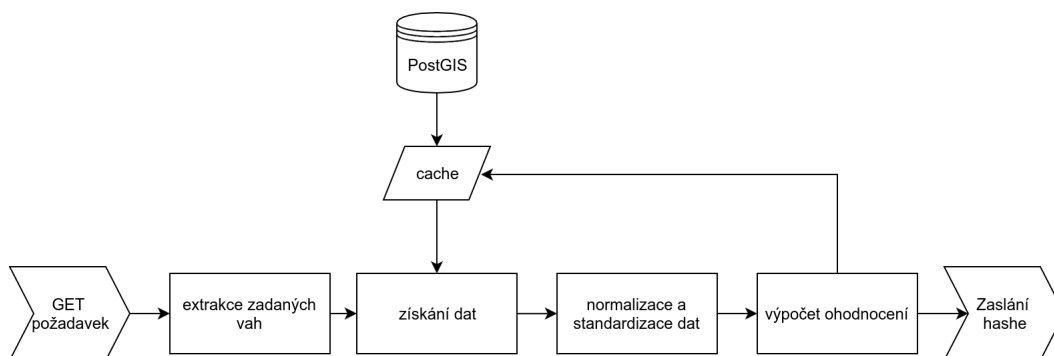
Logika aplikace je implementována v javascriptové knihovně *jQuery*. Tato knihovna také zajišťuje komunikaci s API pomocí technologie *AJAX*.

Další použitou knihovnou je *Carto.js*. Tato knihovna zajišťuje vykreslení mapových dlaždic ze služby *Windshaft* a přidává podporu pro interakci s mapou.

### 7.3.2 Serverová část

Serverová část je složena z několika částí. Hlavní komponentou je API rozhraní zajišťující komunikaci s klientem a provádějící samotný výpočet ohodnocení stavebních objektů.

Po přijetí požadavku (specifikace rozhraní je popsána v Kapitole 7.3.3) jsou získány uživatelem specifikované váhy a další doplňující informace. Dalším krokem je získání zdrojových dat z vyrovnávací paměti. Pokud nejsou data dostupná v ní, jsou získána z databáze. Následně jsou data normalizována a u vybraných atributů se převrátí hodnotící škála a odstraní se outlinery (viz kapitola 5.1.7 a 5.1.8). Pomocí Python knihovny *scikit-learn* je pak vypočítáno ohodnocení algoritmem *PCA* (`sklearn.decomposition.PCA`). Ohodnocení algoritmem *WPCA* je vypočítáno knihovnou `wPCA.WPCA` (viz (Jake, 2016)). *WSM* ohodnocení je provedeno knihovnou *NumPy*. Všechny zde zmíněné metody jsou podrobně popsány v Kapitole 5.2. Schéma tohoto procesu je možno nalézt na Obrázku 27.

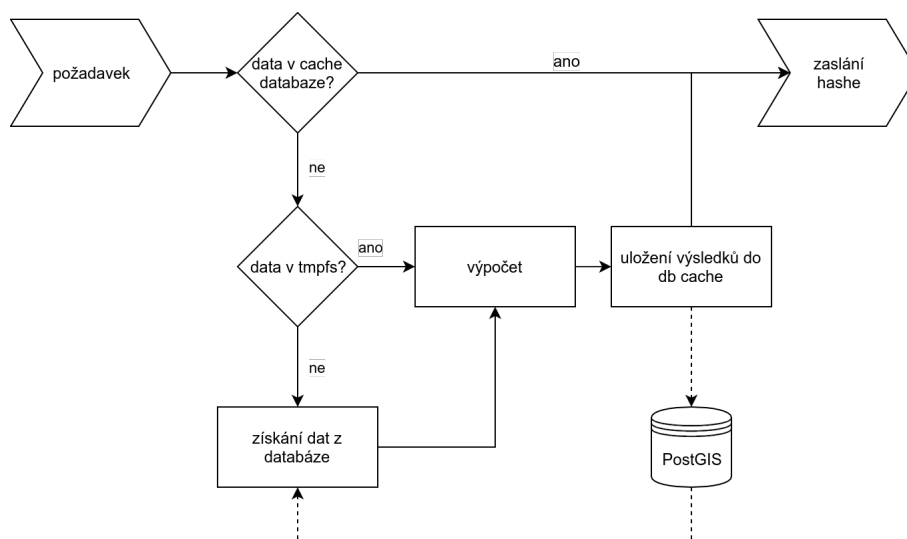


Obrázek 25: Serverová část – diagram

### System cache

Výpočet výsledného ohodnocení je netriviální výpočetní operace. Z tohoto důvodu byl za účelem zvýšení uživatelského komfortu při používání aplikace přidán systém

vyrovnávací paměti, který minimalizuje čas potřebný k ohodnocení. Systém je koncipován jako dvojvrstvá cache. První vrstvu tvoří výsledky minulých ohodnocení, jež jsou uloženy v dočasné databázové tabulce. Další vrstvu cache tvoří data uložena v *tmpfs*. Jedná se o předupravená zdrojová data, která tak mohou být zpracována rychleji. Schéma systému cache je ukázáno na Obrázku 26.



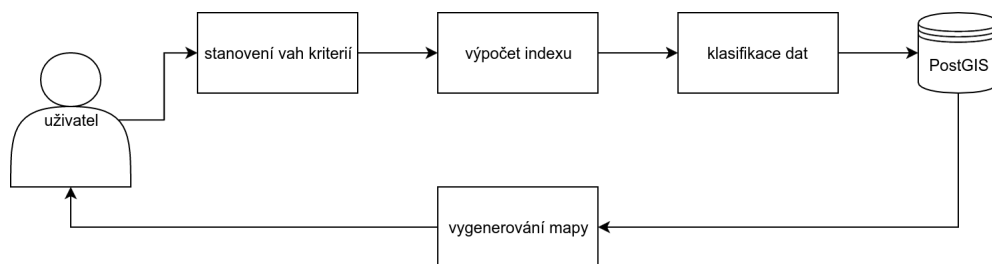
Obrázek 26: Serverová část – schéma cache

cache	průměrný čas (s)
bez cache	30
tmpfs cache	12
databázová cache	0,02

Tabulka 2: Cache – časy získání dat

### Použité technologie

Rozhraní API je implementováno pomocí *Python* frameworku *Flask*. *Flask* je minimalistický framework pro vývoj webových aplikací a RESTful API rozhraní. Pro komunikaci s *PostgreSQL* databází je použita knihovna *Psycopg*. Výpočet hodnot indexů je implementován s pomocí sady nástrojů *Scipython* (*Scientific Computing Tools for Python*). Z této sady je využita knihovna *NumPy*, která poskytuje funkce pro statistické výpočty a usnadňuje práci s maticemi. Dále je využito knihovny *scikit-learn*. Z této knihovny jsou použity nástroje pro datovou analýzu. Komunikaci s rozhraním *Carto Engine* zajišťuje knihovna *cartodb-python*.



Obrázek 27: Analytické rozhraní – diagram

### 7.3.3 Specifikace API

Rozhraní je dostupné na adrese `api.brno.ml`. Obsahuje dvě základní URL volání. Volání umožňující provedení výpočtu hodnot indexů a volání poskytující informace o stavebním objektu. Parametry jsou přijímány prostřednictvím *HTTP GET* požadavků a na výstup jsou odesílána data ve formátu *JSON* – viz specifikace formátu (Ecma, 1999).

#### Výpočet a generování mapy

Rozhraní pro výpočet ohodnocení stavebních objektů je přístupné z adresy `api.brno.ml/generate_map`. Parametry *GET* požadavku tvoří jména atributů, jež jsou ohodnocena číslem s plovoucí desetinou čárkou v rozsahu 0 – 1 vyjadřujícím nastavenou váhu. Jména atributů, která nejsou specifikována či jsou ohodnocena nulou, nejsou do výpočtu zahrnuta. Server na základě tohoto dotazu provede výpočet a předá uživateli hash vypočtených dat a další doplňující informace.

Příklad odpovědi serveru je možno nalézt v Ukázce 1. Data ve slovníku *factors.loading* obsahují váhy faktorů vypočítané metodou PCA/WPCA. K těmto metodám se také váže hodnota atributu *variance\_explained*, která vyjadřuje, kolik procent variability dat bylo vyjádřeno první komponentou *PCA*.

Pro klienta je nejzásadnější hodnota atributu *hash*, jež identifikuje vypočtená data v databázi.

#### Zobrazení detailů stavebního objektu

Toto rozhraní umožňuje získat ohodnocené atributy pro konkrétní stavební objekt a je přístupné z adresy `api.brno.ml/info`. Rozhraní očekává v *HTTP GET* požadavku jeden vstupní parametr: *kod*.

Hodnota tohoto parametru je číselný identifikátor stavebního objektu převzatý z databáze RÚIAN. Odpověď serveru (viz Ukázka 2) zahrnuje hodnotu jednotlivých atributů (slovník *data*) a vypočítané meze intervalů dle nastaveného algoritmu (slovník *bins*).

```
{
  "factors_loading": {
    "cena_nemovitosti": 0.0725,
    "obchody_plocha": -0.2505,
    ...
  },
  "from_cache": "no",
  "hash": "142264",
  "status": "ok",
  "time": 11.764,
  "variance_explained": "0.35"
}
```

Listing 1: JSON /generate\_map

## 7.4 Uložení dat v databázi

Pro snížení doby přístupu k datům jsou geodata stavebních objektů spolu s atributy uložena ve společné tabulce v *PostGIS* databázi. Toto schéma uložení dat sice nesplňuje kritéria pro normalizovanou databázi, ale umožňuje rychlejší získání dat – není třeba provádět spojování více tabulek (*JOIN*).

Data jsou uložena v tabulce *budovy* (viz Schéma 28). Jednotlivé budovy jsou identifikovány sloupcem *kod*, tato hodnota je převzata s databáze RÚIAN. Převzetím tohoto klíče je umožněno snadné zařazení stavebního objektu v hierarchii správního členění (tj. vyhledání ulice, ZSJ či městské části, ve které se daný stavební objekt nachází). Dále jsou v této tabulce uložena geodata popisující polygon stavebního objektu. Tato data jsou uložena ve dvou souřadnicových systémech. Výpočty jsou prováděny nad sloupcem *the\_geom*, jenž obsahuje data v souřadnicovém systému *WGS 84*. Pro zobrazení ve webové prezentaci jsou pak data převedena do souřadnicového systému *WGS84 Web Mercator* a uložena do sloupce *the\_geom\_webmercator*.

```

{
  "bins": {
    "cena_nemovitosti": [
      ...
      0.4621,
      0.5428,
      ...
    ]
    ...
  },
  "data": {
    "cena_nemovitosti": 0.42413,
    "obchody_plocha": 0.04254,
    ...
  },
  "status": "ok",
  "time": 2.460
}

```

Listing 2: JSON /info

budovy	
<b>PK</b>	<u>cartodb_id</u> <int>
<b>PK</b>	<u>kod</u> <int>
	the_geom <Geometry,4326> the_geom_webmercator <Geometry,3857> mo <int> zpusob_vyuziti <bool> atribut_1 <float> atribut_2 <float> atribut_3 <float>

Obrázek 28: Databáze – tabulka budovy

## 8 Zhodnocení výsledků

Zhodnocení výsledků je provedeno na několika úrovních. Nejdříve jsou představeny typové lokality (tj. takové, které mají nejhorší či nejlepší ohodnocení v rámci subindexu). Tyto typové lokality jsou následně prezentovány spolu s vzhledem do daného místa prostřednictvím *Google Street View*.

Dalším způsobem zhodnocení relevantnosti výsledků je porovnání výsledků na testovací skupině osob. Následně je představeno zhodnocení na případové studii, kdy jsou prezentovány výsledky pro vybrané demografické skupiny.

### 8.1 Typové lokality subindexů

V přílohách diplomové práce v Kapitole 10 jsou představeny typové lokality jednotlivých subindexů. Pro každý subindex jsou zde prezentovány dvě lokality s nejlepším ohodnocením a dvě lokality s nejhorším ohodnocením. Lokality jsou u vybraných subindexů doplněny fotografií z *Google Street View*. Fotografie z místa poskytuje vzhled do lokality a umožňuje tak srovnání vypočteného ohodnocení s reálným stavem.

#### 8.1.1 Zhodnocení výsledků pro typové lokality

Zhodnocení relevantnosti vypočítané hodnoty indexu v typové lokalitě na základě porovnání s fotografií z této lokality je subjektivní. Přesto je toto zhodnocení svým způsobem relevantní – například fotografie z lokalit s vyšší kvalitou životního prostředí jsou pro pozorovatele snadno rozlišitelné od lokalit se špatnou kvalitou životního prostředí (viz Obrázek 30), stejně tak to platí i pro index sociálního statusu (viz Obrázek 32).

Typové lokality a fotografie z *Google Street View* jsou k dispozici v přílohách práce (viz Kapitola 10).

### 8.2 Zhodnocení výsledků rezidenty města

Relevance vypočtených výsledků je ověřena na testovací skupině osob – rezidentů města Brna. Cílem testování je porovnat vypočtené indexy se subjektivním dojmem jednotlivců o kvalitě života v testovaných lokalitách.

#### 8.2.1 Metodika

Testované osoby budou seznámeny s charakterem subindexů a s jejich hodnotící škálou. Poté ohodnotí své současné bydliště z pohledu jednotlivých subindexů na škále 1 – 7 (škála je totožná se škálou vypočtených hodnot indexů).

Testované osoby takto ohodnotí své bydliště a tři typové lokality, výsledky pak budou porovnány s vypočítanou hodnotou indexu. Relevantnost výsledků je podmíněna obeznámostí osob s testovanými lokalitami.

Určení typových lokalit (definice dle hraničních ulic):

- **Lokalita 1:** Stránice (Barvičova – Wilsonův les – Údolní – Kampelíkova)
- **Lokalita 2:** Zábrdovice (Koliště – Merhautova – Cejl)
- **Lokalita 3:** Starý Lískovec (Osová – Labská – Kosmonautů)

### 8.2.2 Popis vzorku

Do testování bylo zapojeno 15 osob trvale žijících na katastrálním území Brna. 10 osob ve věkové skupině 18–26 let (studenti) a 5 osob starší 26 let (pracující).

Subindexy	Průměr	Bydliště	Lok. 1	Lok. 2	Lok. 3
Životní prostředí	1,34	1,34	1,55	1,24	1,25
Sociální statut	1,93	2,03	1,92	1,2	2,58
Nákupy a služby	2,88	2,98	2,18	3,12	3,17
Bezpečí	1,79	2,12	1,78	0,82	2,45
Oddech a relaxace	2,70	2,77	2,14	2,94	3,02
Doprava	1,89	1,98	2,17	1,45	1,98
<b>Průměr</b>	<b>2,08</b>	2,20	1,95	1,80	2,40

Tabulka 3: Výsledky průzkumu – Chyba ohodnocení

### 8.2.3 Výsledky průzkumu

Výsledky průzkumu jsou prezentovány v Tabulce 3. Pro každý subindex je udán průměrný rozdíl v ohodnocení, a to pro současné bydliště rezidenta a pro tři typové lokality. Hodnoty v tabulce představují průměrný rozdíl mezi ohodnocením lokality vypočteným aplikací a ohodnocením přiřazeným rezidenty.

Průměrná odchylka pro všechny lokality činí 2,08. Rezidenti tedy v průměru zařadili lokality o 2,08 jednotek škály (ze škály 1–7) jinak, než je vypočtená hodnota indexu. Největší odchylka průměrná odchylka je pro *Lokalitu 3*, a to 2,40 (velikost této odchylky může být způsobena relativní neobeznámeností rezidentů s touto lokalitou). Z pohledu subindexů má největší odchylku subindex *Nákupy a služby* a *Oddech a relaxace*.

S ohledem na tyto výsledky lze tvrdit, že automatické hodnocení prostřednictvím indexů má vysokou vypovídající hodnotu. Je nutné brát v potaz, že všechny uvedené kategorie jsou do značné míry zatíženy subjektivním vnímáním. Zejména v případě subindexu *Oddech a relaxace* a subindexu *Nákupy a služby*. Kvalita služeb, případně kvalita odpočinkových aktivit je vždy velmi subjektivní. To je prokazatelné mj. z často velmi různorodých hodnocení například u služeb jako jsou *Google Maps*, *Trip Advisor*, *Booking* a řada dalších. Prakticky tedy není možné očekávat absolutní shodu hodnotitelů.



## 8.3 Zhodnocení pro definované nastavení vah (případová studie)

V tomto zhodnocení jsou prezentovány výsledky s předefinovanými váhami subindexů, které jsou nastaveny dle potřeb různých demografických skupin obyvatelstva.

Pro každé nastavení vah jsou prezentovány lokality s výčtem pozitivních a negativních atributů. Pro každou lokalitu je také uvedeno skóre na škále 1–7, kdy 1 představuje nejhorsí ohodnocení a 7 nejlepší.

### 8.3.1 Demografická skupina – Pracující s rodinou

Váhy jednotlivých subindexů byly nastaveny dle potřeb této demografické skupiny a to na základě doporučení vedoucího práce. Po tento příklad byly váhy nastaveny následujícím způsobem (suma vah je 10).

- Životní prostředí – 3
- Sociální statut – 3
- Bezpečí – 2
- Nákupy a služby – 1
- Doprava – MHD – 1

#### Zábrdovice a Husovice (skóre 1)

Vymezení ulic: Cejl, Milady Horákové a Nováčkova, Vranovská

Negativní atributy: brownfield lokality v okolí, málo zeleně, vyšší kriminalita

Pozitivní atributy: dostupnost služeb, nízká cena nemovitostí

#### Jižní centrum (skóre 1–2)

Vymezení ulic: Nádražní, Koliště, Husova

Negativní atributy: vysoká úroveň hluku, frekventované silnice, znečištěné ovzduší, vysoká cena nemovitostí, nízký poměr obytných budov

Pozitivní atributy: velká obchodní plocha

#### Královo Pole (skóre 4–6)

Vymezení ulic: Skácelova, Palackého třída

Negativní atributy: vysoká úroveň hluku, frekventované silnice, vyšší kriminalita

Pozitivní atributy: obytné zóny, velká obchodní plocha, dostupnost MHD

#### Stará Líšeň (skóre 5–7)

Vymezení ulic: Střelnice, Novolíšeňská, Mifkova

Negativní atributy: dlouhá dojezdová vzdálenost MHD, nižší počet hospod a restaurací

Pozitivní atributy: vysoký poměr obytných budov, nízká úroveň hluku a znečištění ovzduší

**Stránice (skóre 6–7)**

Vymezení ulic: Barvičova, Údolní

Negativní atributy: vysoká cena nemovitostí

Pozitivní atributy: vysoký poměr obytných budov, velká plocha zeleně, nízká úroveň hluku a znečištění ovzduší

**8.3.2 Demografická skupina – Studenti**

Váhy jednotlivých subindexů byly nastaveny dle potřeb této demografické skupiny a to na základě doporučení vedoucího diplomové práce. Pro tento případ byly váhy nastaveny takto:

- Životní prostředí – 1
- Sociální statut – 2
- Oddech a relaxace – 3
- Nákupy a služby – 2
- Doprava – MHD – 2

**Veveří (skóre 7)**

Vymezení ulic: Grohova, Úvoz, Veveří

Negativní atributy: vysoká cena nemovitostí

Pozitivní atributy: dobrá dostupnost MHD a dojezdová doba, vysoká návštěvnost lokality, vysoká hustota hospod a restaurací

**Židenice (skóre 3–4)**

Vymezení ulic: Gajdošova, Bubeníčková

Negativní atributy: vzdálenost na MHD, nižší návštěvnost lokality, brownfields

Pozitivní atributy: nízká cena nemovitostí, dobrá dostupnost služeb

**Zábrdovice a Husovice (skóre 1)**

Vymezení ulic: Cejl, Milady Horákové a Nováčkova, Vranovská

Negativní atributy: nižší obchodní plocha, nižší hustota hospod a restaurací

Pozitivní atributy: dobrá dostupnost služeb, nízká cena nemovitostí

### 8.3.3 Zhodnocení

V tomto případě byly stanoveny dvě základní demografické skupiny, které představují modelového občana. Těmto skupinám byly jasně stanoveny jejich osobní priority. Jak je patrné z výsledků hodnocení jednotlivých lokací, skóre lokace je jasně v korelaci s nastavenými prioritami uživatele. I pokud provedeme do značné míry subjektivní vyhodnocení navržených lokací z pohledu občanů spadajících do těchto kategorií, lze prohlásit, že prioritizované lokace by měly být pro danou skupinu vhodné. Naopak lokace s nízkým skóre indexu nelze považovat pro dané skupinu za doporučeníhodné.

## 9 Závěr

V této práci je téma analýzy a vizualizace dat v intravilánu aplikováno na konkrétní případ analýzy a vizualizace kvality života v lokalitách města Brna. Na základě prostudování problematiky (viz Kapitola 2), ze získaných datových sad (viz Kapitola 4) a navržené metodiky výpočtu (viz Kapitola 5) byla vytvořena mapa kvality života města Brna. Ta je koncipována jako webová aplikace umožňující vizualizaci a analýzu výsledků a také prezentaci zdrojových dat. Tato aplikace je dostupná na adrese [www.brno.ml](http://www.brno.ml). V porovnání s ostatními podobnými projekty jsou při výpočtu ohodnocení subindexů vzaty do úvahy také preference uživatele.

Tato aplikace může být využita rezidenty města Brna pro podporu rozhodování při výběru nového bydliště či městskou samosprávou pro identifikaci problémových lokalit. Nabízí se také využití touto prací syntetizovaných atributů (viz Kapitola 5.1), jež mohou být využity jako výchozí zdrojová data v jiných projektech.

### 9.1 Souhrn

Z dostupných datových zdrojů byly získány atributy popisující stav rozličných aspektů města. Tyto datové zdroje byly následně převedeny do kontextu stavebních objektů (viz Kapitola 5.1). Takto vzniklé atributy jsou následně rozděleny podle příbuznosti do tematických kategorií, jež pak představují jednotlivé indexy. Z těchto subindexů je pak sestaven hlavní index. Jednotlivé indexy jsou sestaveny pomocí metod *Weighted Sum Model* a *Weighted Principal Component Analysis*, přičemž váhy jednotlivých atributů jsou specifikovány uživatelem (viz Kapitola 5). Takto vypočítané indexy jsou následně prezentovány ve webové aplikaci, jež umožňuje jejich vizualizaci a analýzu.

### 9.2 Další možný rozvoj projektu

Pro lepší uživatelskou přívětivost by bylo vhodné zkrátit čas výpočtu indexů. Aktuální průměrný čas výpočtu činí 12 sekund, což je mnohem déle, než jsou uživatelé ochotni čekat – viz studie *A study on tolerable waiting time: How long are Web users willing to wait?* (Nah, 2004). Snížení tohoto času by tak výrazně zvýšilo komfort při interakci s aplikací.

Využití fuzzy ohodnocení pro větší množství atributů by přispělo k relevantnějšímu ohodnocení. Průběh fuzzy funkce by měl být v ideálním případě specifikován na základě expertní znalosti. V tomto případě by bylo vhodné oslovit urbanisty či odborníky v oblasti urbanistického plánování.

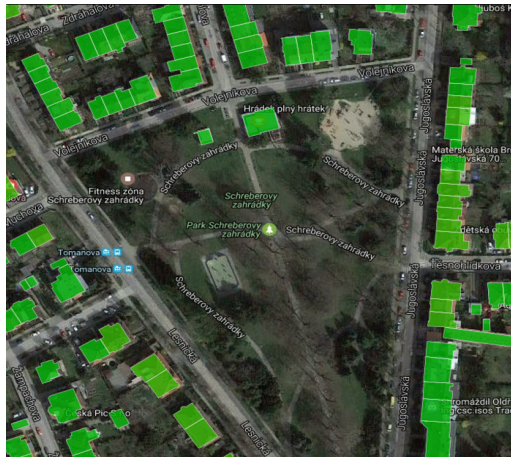
Využití subjektivní vzdálenosti při syntéze dat (namísto vzdálenostních kategorií, viz 5.4) by vedlo k dalšímu zpřesnění ohodnocení. Subjektivní prožívání vzdálenosti je diskutováno např. v člancích (Popp et al., 2004) a (Frank et al., 2010).

Další možné rozšíření aplikace by mohlo brát v úvahu současné bydliště uživatele a následně pak upravit ohodnocení tak, aby byly prezentovány lokality, které jsou lepší či horší, než je lokalita současná.

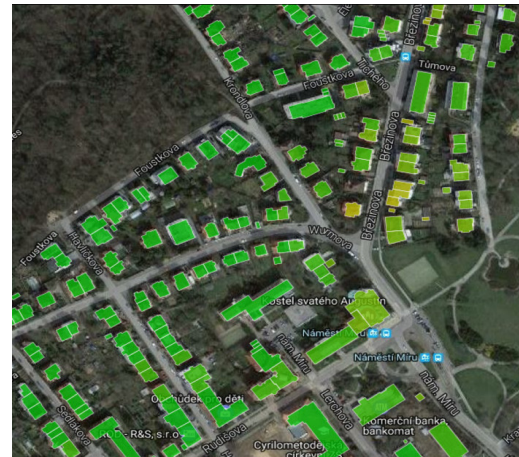
Zakomponování dalších dat o uživateli například fitness dat ze služeb jako jsou *Google Fit* či *Apple Health* či dat z *Facebooku* by umožnilo přesněji nastavit váhy atributů bez nutnosti uživatelského vstupu.

## 10 Přílohy diplomové práce – Typové lokality

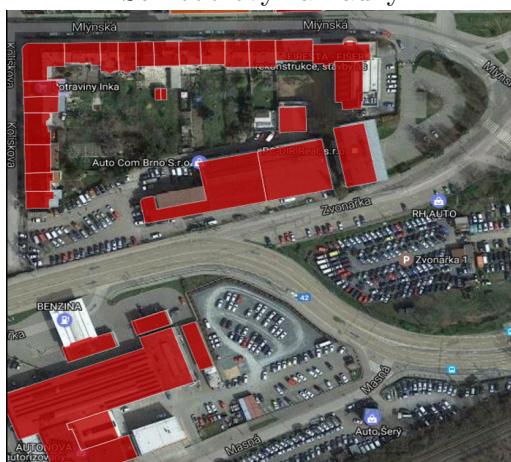
### 10.1 Životní prostředí



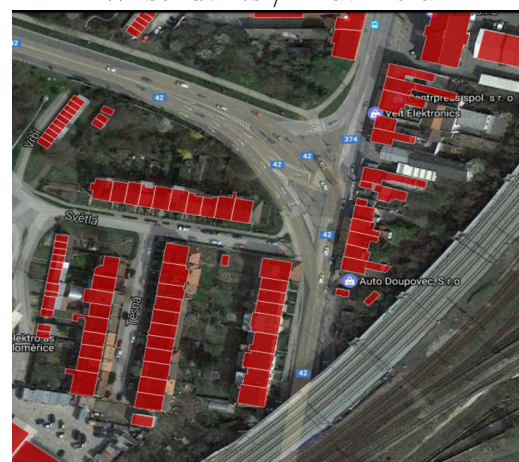
Schreberovy zahrádky



Wilsonův les / Kraví hora



Zvonařka



Provazníková / Světlá

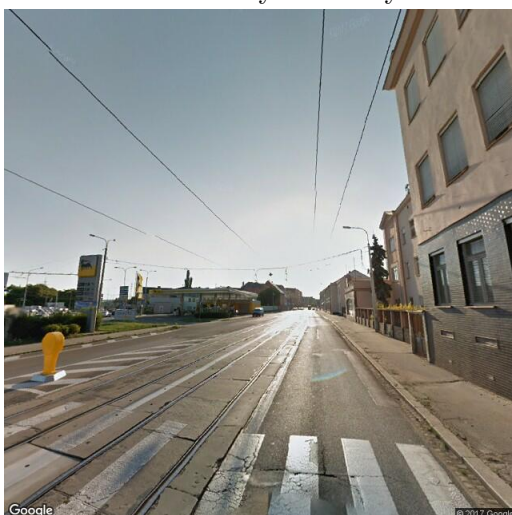
Obrázek 29: Lokality s nejlepším a nejhorším ohodnocením životního prostředí



Schreberovy zahrádky



Wilsonův les / Kraví hora



Zvonařka

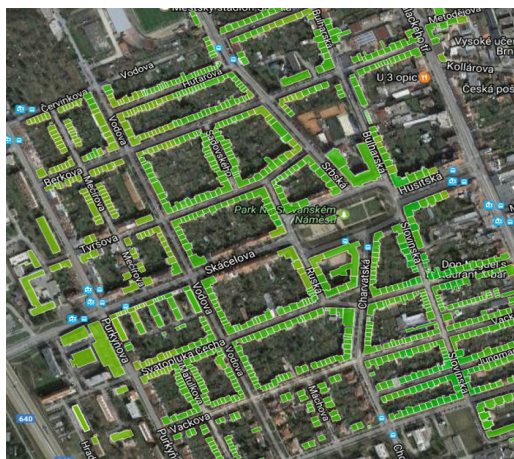


Provazníkova / Světlá

Obrázek 30: Vhled do lokalit s nejlepším a nejhorším ohodnocením životního prostředí (Google, 2017b)



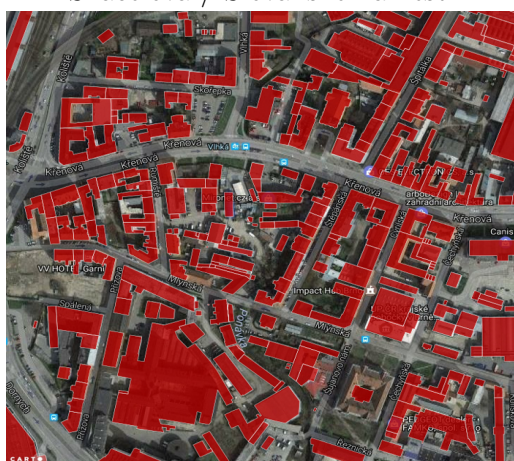
## 10.2 Sociální statut



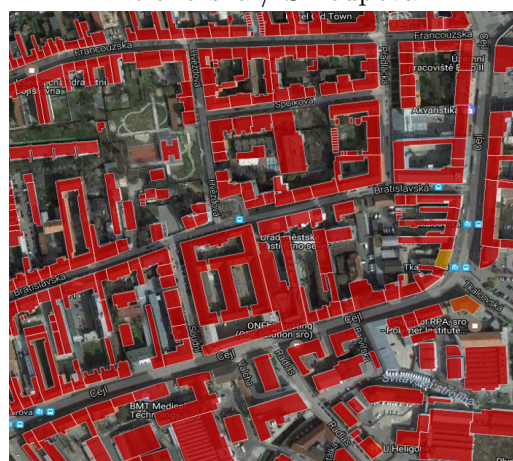
Skácelova / Slovanské náměstí



Bělohorská / Škroupova



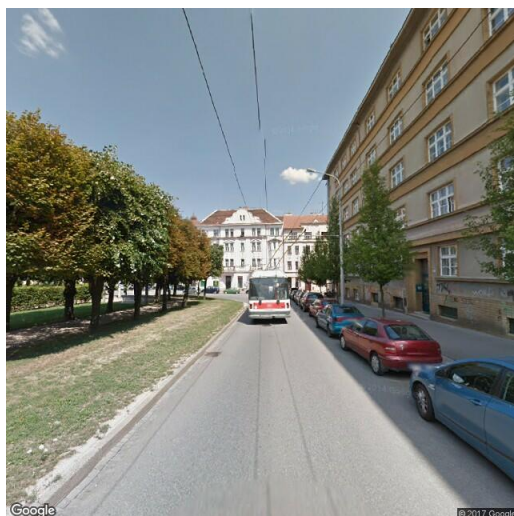
Křenová / Mlýnská / Vlhká



Cejl / Bratislavská

Obrázek 31: Lokality s nejlepším a nejhorším sociálním statutem





Skácelova / Slovanské náměstí



Bělohorská / Škroupova



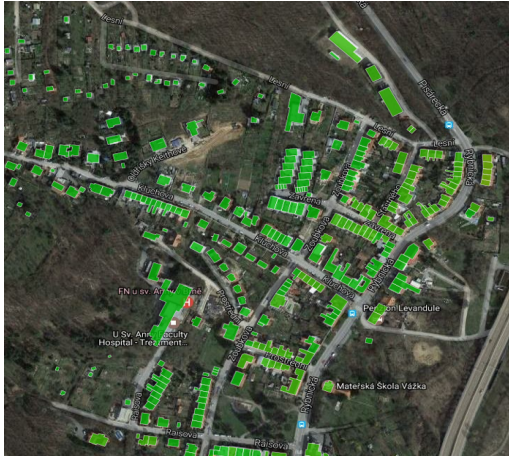
Křenová / Mlýnská / Vlhká



Cejl / Bratislavská

Obrázek 32: Vhled do lokalit s nejlepším a nejhorším sociálním statutem (Google, 2017b)

## 10.3 Bezpečí



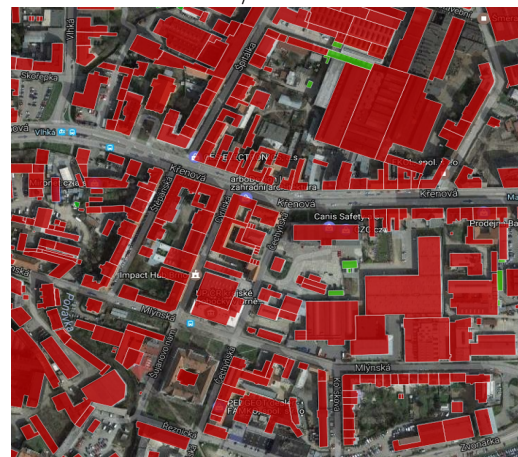
Rybnická / Kluchova



Preslova / B. Martinů



Hlavní nádraží / Dornych



Křenová / Mlýnská

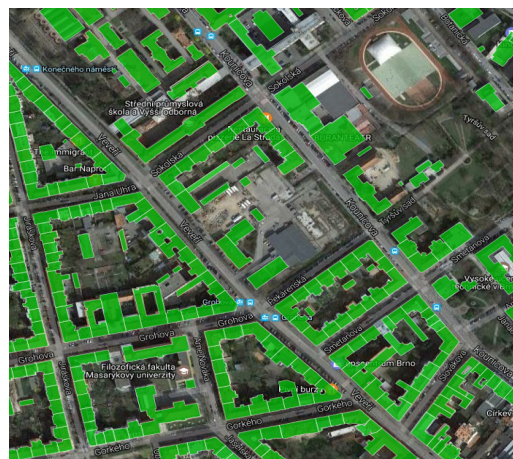
Obrázek 33: Lokality s největším a nejmenším výskytem kriminality



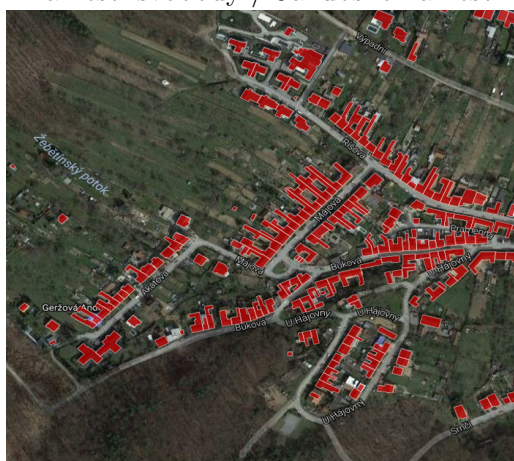
## 10.4 Oddech a relaxace



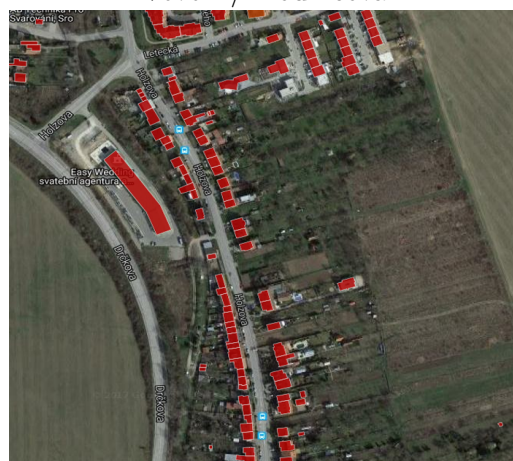
Náměstí svobody / Jakubské náměstí



Veverí / Kounicova

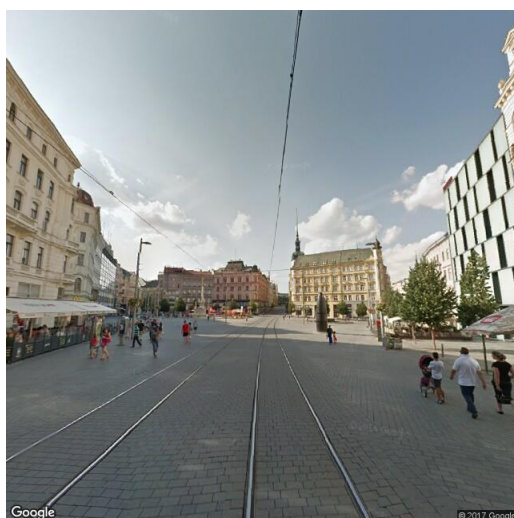


Holzova

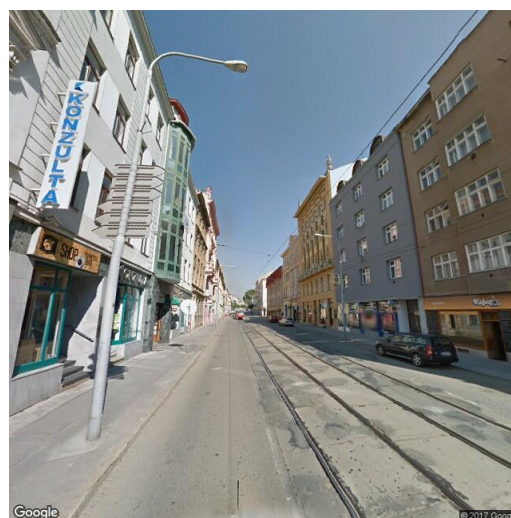


Májová / Ríšova

Obrázek 34: Lokality s největší a nejmenší příležitostí pro oddech a relaxaci



Náměstí svobody / Jakubské náměstí



Veverí / Kounicova



Holzova



Májová / Ríšova

Obrázek 35: Vhled do lokalit s největší a nejmenší příležitostí pro oddech a relaxaci



## 10.5 Nákupy a služby



Náměstí svobody / Zelný trh



Kotlářská / Štefánikova



Popelova / V aleji

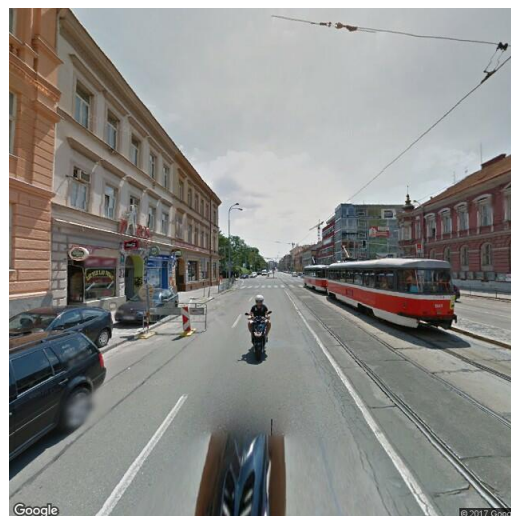


Podzimní

Obrázek 36: Lokality s největším a nejmenším ohodnocením v kategorii nákup a služby



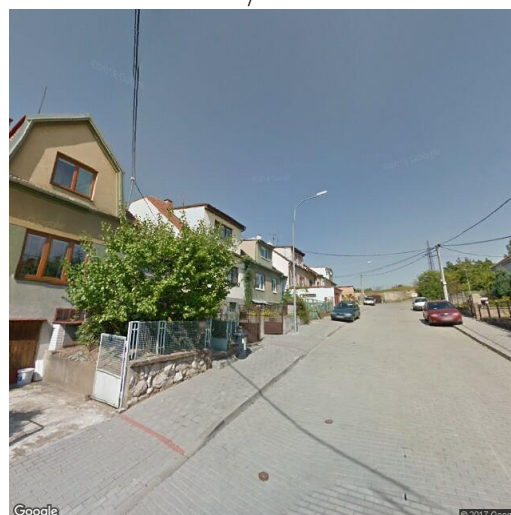
Náměstí svobody / Zelný trh



Kotlářská / Štefánikova



Popelova / V aleji



Podzimní

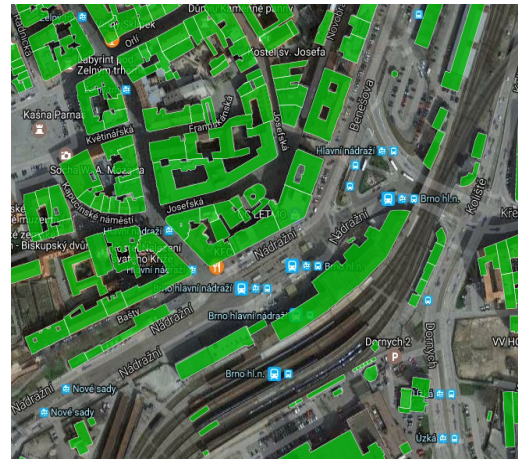
Obrázek 37: Vhled do lokalit s největším a nejmenším ohodnocením v kategorii nákup a služby



## 10.6 Doprava



Joštova / Moravské náměstí



Nádražní



Adamovská / Boří (Brno-Útěchov)



Klimešova / Tihůvka (Brno-Ořešín)

Obrázek 38: Lokality s největším a nejmenším ohodnocením v kategorii doprava MHD

## Reference

- AMINDARBARI, R. – SEVTSUK, A. Measuring Growth and Change In Metropolitan Form. *Urban Affairs Association annual conference*. 2012, , Urdi. Dostupné z: [http://media.voog.com/0000/0036/2451/files/Measuring\\_Growth\\_and\\_Change\\_in\\_Metropolitan\\_Form.pdf](http://media.voog.com/0000/0036/2451/files/Measuring_Growth_and_Change_in_Metropolitan_Form.pdf).
- BAFNA, S. Space syntax: A brief introduction to its logic and analytical techniques. *Environment and Behavior*. 2003, 35, 1, s. 17–29.
- BURJANEK, A. *Sociodemografická analýza územních částí města Brna* [online]. 2013. Dostupné z: [https://www.brno.cz/fileadmin/user\\_upload/sprava\\_mesta/Strategie\\_pro\\_Brno/doplnujici\\_studie/Sociodemograf\\_SLDB\\_2011\\_final.pdf](https://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/Strategie_pro_Brno/doplnujici_studie/Sociodemograf_SLDB_2011_final.pdf).
- BURROUGH. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. 1986. doi: 10.1002/jqs.3390030115. ISBN 0198545924.
- CARTODB. *CartoDB Platform documentation* [online]. 2015. Dostupné z: <http://cartodb.readthedocs.io/en/latest/>.
- CARTODB. *Carto Documentation* [online]. 2017. Dostupné z: <https://carto.com/docs>.
- DELCHAMBRE, L. Weighted principal component analysis: a weighted covariance eigendecomposition approach. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2015, 446, 4, s. 3545–3555.
- DOHNAL, L. Chybějící a odlehlé hodnoty, robustní statistiky, neparametrické postupy. *Fons*. 1999, s. 42–49.
- ECMA, E. 262: Ecma script language specification. *ECMA (European Association for Standardizing Information and Communication Systems), pub-ECMA: adr.*, 1999.
- ELMAHDI, A. – AFIFY, A. Development of a GIS tool for qualitative assessment of the Egyptian's quality of life. 2007, s. 183–194. doi: 10.1007/s10669-007-9028-5.
- ESRI®. *ArcGIS Server REST API documentation* [online]. 2017. Dostupné z: <http://resources.arcgis.com/en/help/rest/apiref/>.
- EVANGELOS, T. Multi-criteria decision making methods: a comparative study. *Netherlands: Kluwer Academic Publication*. 2000.
- FACEBOOK. *Facebook Developer Documentation* [online]. 2017. Dostupné z: <https://developers.facebook.com/docs/>.
- FORSTER, B. Some urban measurements from Landsat data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 1983, 49, 5, s. 1693–1707.



- FRANK, L. D. et al. The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study. *British journal of sports medicine*. 2010, 44, 13, s. 924–933. ISSN 0306-3674. doi: 10.1136/bjsm.2009.058701. Dostupné z: <http://bjsm.bmj.com.ezproxy.library.ubc.ca/content/44/13/924>.
- GOLD, C. *Spatial Context*. CRC Press, 2016. ISBN 978-1-138-02963-7.
- GOOGLE. *Material Design Lite* [online]. 2017a. Dostupné z: <https://getmdl.io/>.
- GOOGLE. *Google Maps* [online]. 2017b. Dostupné z: <https://maps.google.com>.
- HILLIER, B. *Space syntax as a theory as well as a method* [online]. Space Syntax Laboratory, 2015. Dostupné z: <http://isuf2014.fe.up.pt/Hillier.pdf>.
- HSU, L. – OBE, R. *Compare SQL Server 2008 R2, Oracle 11G R2, PostgreSQL/PostGIS 1.5 Spatial Features* [online]. 2010. Dostupné z: [http://www.bostongis.com/PrinterFriendly.aspx?content\\_name=sqlserver2008r2\\_oracle11gr2\\_postgis15\\_compare](http://www.bostongis.com/PrinterFriendly.aspx?content_name=sqlserver2008r2_oracle11gr2_postgis15_compare).
- JAKE, V. *Weighted Principal Component Analysis in Python* [online]. 2016. Dostupné z: <https://github.com/jakevdp/wpca>.
- JAN, N. *Termální snímkování města Brna* [online]. 2015. Dostupné z: [http://gis.brno.cz/public/teplotni\\_mapa/teplotni\\_mapa\\_popis.pdf](http://gis.brno.cz/public/teplotni_mapa/teplotni_mapa_popis.pdf).
- JENKS, G. F. The data model concept in statistical mapping. *International yearbook of cartography*. 1967, 7, 1, s. 186–190.
- JENSEN, R. et al. Using remote sensing and geographic information systems to study urban quality of life and urban forest amenities. *Ecology and Society*. 2004, 9, 5, s. 5.
- JIANG, B. Head/tail breaks: A new classification scheme for data with a heavy-tailed distribution. *The Professional Geographer*. 2013, 65, 3, s. 482–494.
- JIANG, B. Head/tail breaks for visualization of city structure and dynamics. *European Handbook of Crowdsourced Geographic Information*. 2016, s. 169.
- JOLIFFE, I. – MORGAN, B. Principal component analysis and exploratory factor analysis. *Statistical methods in medical research*. 1992, 1, 1, s. 69–95.
- JUN, B.-w. Urban Quality of Life Assessment Using Satellite Image and Socioeconomic Data in GIS. 2006, 22, 5, s. 325–335.
- KRIZEK, K. J. – EL-GENEIDY, A. – IACONO, M. Access to Destinations : Refining Methods for Calculating Non-Auto Travel Times. *Transit*. 2007.
- LI, G. – WENG, Q. Measuring the quality of life in city of Indianapolis by integration of remote sensing and census data. *International Journal of Remote Sensing*. 2007, 28, 2, s. 249–267.

- LINDSAY, S. *A tutorial on Principal Components Analysis* [online]. 2012. Dostupné z: [http://www.cs.otago.ac.nz/cosc453/student\\_tutorials/principal\\_components.pdf](http://www.cs.otago.ac.nz/cosc453/student_tutorials/principal_components.pdf).
- LONGLEY, P. A. et al. *Geographic Information Systems and Science*. Wiley Publishing, 3rd edition, 2010. ISBN 0470721448, 9780470721445.
- MARCO HELBICH, M. L. Geospatial examination of lithium in drinking water and suicide mortality. *International Journal of Health Geographics*. 2012, 11. doi: 10.1186/1476-072X-11-19.
- MEASURE OF AMERICA. *Data2Go* [online]. Social Science Research Council, 2016. Dostupné z: <http://www.data2go.nyc>.
- MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Národní strategie regenerace brownfieldu* [online]. 2008. Dostupné z: <http://www.czechinvest.org/data/files/strategie-regenerace-vlada-1079.pdf>.
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí k plnění databáze Systém evidence kontaminovaných míst včetně hodnocení priorit* [online]. 2009. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/system\\_evidence\\_mist/\\$FILE/OES-MP\\_SEKM-20110321.zip](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/system_evidence_mist/$FILE/OES-MP_SEKM-20110321.zip).
- MORAN, P. A. P. Notes on Continuous Stochastic Phenomena. *Biometrika*. 1950, 37, s. 17–23. doi: 10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x.
- MUROŇ, M. *Events Analyser* [online]. 2017. Dostupné z: <http://events-analyser.ml/>.
- NAH, F. F.-H. A study on tolerable waiting time: how long are web users willing to wait? *Behaviour & Information Technology*. 2004, 23, 3, s. 153–163.
- NATRELLA, M. *NIST/SEMATECH e-Handbook of Methods*. NIST/SEMATECH, July 2010. Dostupné z: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>.
- NEW YORK CITY DEPARTMENT OF CITY PLANNING. *NYC Travel Sheds* [online]. 2016. Dostupné z: <https://nycplanning.github.io/travelsheds/>.
- OLAJUYIGBE, A. – OSAKPOLOR, S. – ADEGBOYEGA, S. Assessment of Quality of Life Using Geographical Information System Approach for Poverty Alleviation Decision-Making. *International Journal of Sustainable Land Use and Urban Planning (IJSLUP)*. 2013, 1, 1.
- OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION. *PostGIS 2.3 Manual* [online]. 2016. Dostupné z: <http://resources.arcgis.com/en/help/rest/apiref/>.
- OPENSTREETMAP FOUNDATION. *OpenStreetMap documentation* [online]. 2017. Dostupné z: <http://wiki.openstreetmap.org/>.

- OSMAN, M. *Průzkum maloobchodní sítě na území města Brna 2013* [online]. 2013. Dostupné z: [http://www.brno.cz/fileadmin/user\\_upload/sprava\\_mesta/magistrat\\_mesta\\_brna/OUPR/Maloobchodni\\_sit/Maloobchod\\_2013/maloobchod2013\\_zprava.pdf](http://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/OUPR/Maloobchodni_sit/Maloobchod_2013/maloobchod2013_zprava.pdf).
- PÁEZ, A. – SCOTT, D. M. Spatial Statistics for Urban Analysis: A Review of Techniques with Examples. *GeoJournal*. 2004, 61, s. 53–67. ISSN 03432521. doi: 10.1007/sGEJO-004-0877-x.
- PAVLENKO, A. *Mapnik Documentation* [online]. Mapnik, 2017. Dostupné z: <http://mapnik.org/docs/>.
- PERERA, K. – MANAWADU, L. *Urban Spatial Structure Analysis: An Alternative Approach using Remote Sensing and GIS: A Case Study in Battaramulla, Sri Lanka*. LAP LAMBERT Academic Publishing, 10 2011. Dostupné z: <http://amazon.com/o/ASIN/3846511366/>. ISBN 9783846511367.
- POPP, M. M. et al. Walking with and without walking: perception of distance in large-scale urban areas in reality and in virtual reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 2004, 13, 1, s. 61–76.
- RADICALMEDIA, R. S. W. *Urban Observatory* [online]. 2014. Dostupné z: <http://www.urbanobservatory.org>.
- RAINES, G. L. – SAWATZKY, D. L. – BONHAM-CARTER, G. F. Incorporating expert knowledge: New fuzzy logic tools in ArcGIS 10. *ArcUser*. 2010, 49, s. 8–13.
- RAMSEY, P. *PostGIS* [online]. 2015. Dostupné z: <http://s3.cleverelephant.ca/2015-postgis-frenzy.pdf>.
- REDFIN REAL ESTATE. *Opportunity Score* [online]. 2017. Dostupné z: <https://labs.redfin.com/>.
- ROBINSON, A. C. *Maps and the Geospatial Revolution* [online]. 2015. Dostupné z: <http://coursera.org/learn/geospatial/>.
- SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*. 2008, 1, 1, s. 83–98.
- SEVTSUK, A. – MEKONNEN, M. Urban network analysis: a new toolbox for measuring city form in ArcGIS. *Proceedings of the 2012 Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design*. 2012, s. 18:1–18:10. ISSN 07359276. Dostupné z: [http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2339453.2339471%5Cnhttp://dl.acm.org/ft\\_gateway.cfm?id=2339471&type=pdf](http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2339453.2339471%5Cnhttp://dl.acm.org/ft_gateway.cfm?id=2339471&type=pdf).
- STATUTÁRNÍ MĚSTO BRNO. *Pocitová mapa Brno* [online]. 2016. Dostupné z: <http://www.brno.cz/strategie/pocitova-mapa/>.

- SUTD CITY FORM LAB. *Measuring growth and change in metropolitan form*. [online]. 2012. Dostupné z: [http://media.voog.com/0000/0036/2451/files/Measuring\\_Growth\\_and\\_Change\\_in\\_Metropolitan\\_Form.pdf](http://media.voog.com/0000/0036/2451/files/Measuring_Growth_and_Change_in_Metropolitan_Form.pdf).
- TOBLER, W. R. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*. 1970, 46, s. 234–240. doi: 10.2307/143141.
- VLADIMIR, A. *Leaflet API Reference* [online]. 2015. Dostupné z: <http://leafletjs.com/reference-1.0.3.html>.
- WATSON, D. – MERRIAM, D. *Contouring: A Guide to the Analysis and Display of Spatial Data*. 10. Pergamon Press, 1992.
- YOUSSEF, A. M. – PRADHAN, B. – TARABEES, E. Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques: contribution from the analytic hierarchy process. *Arabian Journal of Geosciences*. 2011, 4, 3-4, s. 463–473.
- ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. *Struktura a popis výměnného formátu RÚIAN* [online]. 2013. Dostupné z: [http://www.cuzk.cz/Uvod/Produkty-a-sluzby/RUIAN/2-Poskytovani-udaju-RUIAN-ISUI-VDP/Vymenny-format-RUIAN/Archiv-dokumentu-struktura-a-popis-vymenneho-forma/1-1-struktura-popis-vymenneho-formatu-ruian-vf-\(1\).aspx](http://www.cuzk.cz/Uvod/Produkty-a-sluzby/RUIAN/2-Poskytovani-udaju-RUIAN-ISUI-VDP/Vymenny-format-RUIAN/Archiv-dokumentu-struktura-a-popis-vymenneho-forma/1-1-struktura-popis-vymenneho-formatu-ruian-vf-(1).aspx).