

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

**POROVNÁNÍ URBÁNNÍHO PROSTORU
POMOCÍ KRUHOVÝCH VÝSEČÍ**

Diplomová práce

Matěj JANOUŠEK

Vedoucí práce doc. Ing. Zdena DOBEŠOVÁ, Ph.D.

Olomouc 2019

Geoinformatika

ANOTACE

Cílem práce bylo aplikovat na soubor vybraných měst z databáze Urban Atlas výpočet plošných indexů pomocí kruhových výsečí pomocí nástroje Area Index From Circular Sectors, který byl vytvořen v rámci bakalářské práce, na kterou tato práce navazuje. Následně bylo cílem pomocí těchto plošných indexů vypočtených pro vybrané třídy města porovnat vzhledem k možnostem nástroje.

V první části byly vytvořeny šablony sektorů pro každé město a vybrány třídy určené k porovnání. Plošné indexy byly vypočteny pro pět vybraných tříd pro každé ze 100 vybraných měst. Vypočtené plošné indexy byly využity jako vstup pro korelační a shlukovou analýzu provedenou za účelem zjištění podobných skupin měst. Výsledky korelační analýzy byly využity jako ukazatel podobnosti měst. Výsledky hierarchického shlukování umožnily města v rámci každé třídy zařadit do základních skupin podle podobnosti. Plošné indexy vypočtené v rámci kruhových sektorů byly vizualizovány za účelem interpretace jejich vzájemných podobností a charakterizování výsledných skupin. Interpretace výsledných podobností probíhaly na základě výsledků korelačních koeficientů, náležitosti měst do specifických shluků a vizuálního porovnání plošných indexů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Urban Atlas, struktura, index, shluky, plocha

Počet stran práce: 75

Počet příloh: 3

ANOTATION

The goal of this thesis was to calculate area indexes for cities selected from Urban Atlas database using the tool Area Index From Circular Sectors created in previous bachelor thesis, on which this thesis follows up. Following goal was to compare the selected cities based on the calculated area indexes for each of the selected classes in regards to the options provided by the tool.

First stage of this thesis was to create sectors templates for each of the selected cities and select classes that would be used to compare them. In next stage area indexes were calculated for five selected classes for each of the 100 cities that were selected. These area indexes were used as an input data for correlation and cluster analysis for the purpose of finding out similarities or similar groups between these cities. Results of correlation analysis were used as an indicator of similarity between cities. Results of hierarchical cluster analysis were used to identify groups of similar cities in each class. Area indexes calculated inside circular sectors were visualized for the purpose of interpreting their similarities and characterizing them. Interpretation of resulting similarities were based on results of correlation analysis, which group the cities belong to and visual comparison of the calculated area indexes.

KEYWORDS

Urban Atlas, structure, index, cluster, area

Number of pages: 75

Number of appendixes: 3

PROHLAŠUJI, ŽE

- diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu

- jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb.

- autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- беру на вѣдомі, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, aby jeden výtisk diplomové práce byl uložen v Knihovně UP k prezenčnímu nahlédnutí,

- souhlasím, že údaje o mé diplomové práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé diplomové práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé diplomové práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Olomouci dne

Matěj Janoušek

Děkuji vedoucí práce doc. Ing Zdeně DOBEŠOVÉ, Ph.D. za podněty, připomínky, cenné rady a odborné vedení při vypracování této diplomové práce.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Matěj JANOUSEK**

Osobní číslo: **R170117**

Studijní program: **N1301 Geografie**

Studijní obor: **Geoinformatika**

Název tématu: **Porovnání urbánního prostoru pomocí kruhových výsečí**

Zadávací katedra: **Katedra geoinformatiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je aplikovat na soubor měst z databáze Urban Atlas výpočet indexů pomocí kruhových výsečí. Student vybere vhodná témata z oblasti socioekonomické a fyzicko-geografické a zvolí vhodný systém porovnání vzhledem k různým možnostem nástroje pro výpočet indexů v kruhových výsečích. Pro zpracování budou použity skripty z toolboxu Area Index From Circular Sectors vzniklý ve studentově bakalářské práci.

Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně vytvoří zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI. Povinnou přílohou práce bude poster formátu A2.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: max. 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

Burian, J., Pászto, V., Tuček, P. a kol: Geoinformatika při analýzách rurálního a urbánního prostoru. Univerzita Palackého v Olomouci, 2013, 120s.

Copernicus: Urban Atlas, Dostupné z:

<http://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>

Janoušek, M.: Programu pro výpočet plošného indexu v kruhových výsečích, bakalářská práce, Olomouc, 2017

Sarkar S. Urban Data Science: An Introduction, In Shekhar, S., Xiong, H., Zhou, X. (Eds.): Encyclopedia of GIS, 2. vydání, Springer 2017

Voženílek, V. Diplomové práce z geoinformatiky. Univerzita Palackého, Olomouc, 2002, 31 s.

bakalářské a diplomové práce na KGI zaměřené na hodnocení urbánního prostoru

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Zdena Dobešová, Ph.D.
Katedra geoinformatiky

Datum zadání diplomové práce: 16. června 2017
Termín odevzdání diplomové práce: 5. května 2019

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA GEOINFORMATIKY
17. listopadu 50, 771 46 Olomouc

L.S.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan

prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 2. února 2018

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	8
ÚVOD	9
1 CÍLE PRÁCE.....	12
2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....	12
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	18
4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ	26
4.1 Výběr dat.....	26
4.1.1 Parametry pro výběr	27
4.1.2 Získaná data	27
4.1.3 Výběr tříd pro zpracování	28
4.2 Stanovení parametrů sektorů	30
4.2.1 Počáteční bod.....	30
4.2.2 Charakter sektorů.....	31
4.3 Zpracování dat.....	32
4.3.1 Umístění počátečního bodu	32
4.3.2 Tvorba sektorů.....	33
4.3.3 Výpočet indexů	35
4.4 Statistické zpracování dat	36
4.4.1 Úprava dat do tabulkové podoby.....	36
4.4.2 Podobnost.....	38
4.5 Shluková analýza.....	39
4.5.1 R Studio	39
4.5.2 Orange.....	39
4.5.3 SimUrb	41
4.6 Vizualizace	43
4.6.1 ArcGIS.....	43
4.6.2 Parametry vizualizace.....	44
5 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ PODOBNOSTÍ.....	45
5.1 Continuous urban fabric.....	45
5.1.1 Cluster 1.....	46
5.1.2 Cluster 2.....	48
5.1.3 Cluster 3.....	49
5.1.4 Cluster 4 – 6	51
5.1.5 Cluster 7.....	52
5.1.6 Cluster 8.....	53
5.1.7 Cluster 9.....	54
5.1.8 Cluster 10.....	55
5.2 Discontinuous urban fabric	58
5.2.1 Cluster 2.....	59
5.3 Green urban areas & Sports and leisure facilities	61
5.4 Industrial commercial, public, military, private units	63

5.4.1	Cluster 7.....	64
5.4.2	Cluster 10.....	65
5.5	Road and rail network and associated land	66
5.6	Kombinace tříd	70
6	VÝSLEDKY	72
6.1	Porovnání urbánního prostoru	72
6.1.1	Plošné indexy	72
6.1.2	Korelační a shluková analýza	73
6.1.3	Vizualizace a porovnání	73
6.2	Ohodnocení metodiky	74
7	DISKUZE	75
8	ZÁVĚR	76
	POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
	PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
CBD	Central Bussines District
EPSG	Geometric Parameter Set (European Petroleum Survey Group)
ETRS	European Terrestrial Reference System
FUA	Functional Urban Areas

ÚVOD

Tato práce s názvem *Porovnání urbánního prostoru pomocí kruhových výsečí* navazuje na předchozí bakalářskou práci *Program pro výpočet plošných indexů v kruhových výsečích* (Janoušek, 2017). Cílem práce bylo využít soubor nástrojů vzniklých ve výše zmíněné bakalářské práci a aplikovat je na plošná data týkající se urbánního prostoru vybraných měst. K tomuto účelu posloužila data pro města vybraná z volně dostupné datové sady Urban Atlas spravovaná pod projektem Copernicus v rámci Evropské unie. Práce popisuje problematiku současných způsobů a metod porovnání měst.

V současné době neexistuje jednotný standardizovaný způsob porovnání urbánní struktury města. Existují nástroje a postupy, které umožňují získat tyto informace z různých perspektiv, avšak ve většině případů se jedná o specifické úlohy, jejichž cílem není města mezi sebou porovnávat. V této práci bylo snahou porovnat města na relativní úrovni podle předem vybraných atributů.

K dosažení požadovaných výsledků bylo kromě nástroje na vypočtení plošných indexů v kruhových výsečích využito také statistických metod jako jsou korelační a shluková analýza. Účelem těchto metod potvrzení nebo vyvrácení výsledků založených na vypočtených plošných indexech, a sloužily k jistému ověření dosažených výsledků.

Hlavní výsledky této práce jsou v textu prezentovány formou interpretace na příkladech vybraných měst. Dílčími výsledky jsou také doporučení pro budoucí využití nástroje pro výpočet plošných indexů v kruhových výsečích k podobným analýzám.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je aplikovat na soubor měst z databáze Urban Atlas výpočet plošných indexů pomocí kruhových výsečí. Výpočet bude aplikován na vhodně vybraná témata ze socioekonomické a fyzicko-geografické oblasti a bude zvolen vhodný systém porovnání vzhledem k různým možnostem nástroje pro výpočet plošných indexů v rámci kruhových výsečí. Pro zpracování budou použity skripty z balíčku nástrojů *AreaIndexFromCircularSectors*, vzniklý v rámci bakalářské práce, na kterou tato diplomová práce navazuje.

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Návaznost této diplomové práce na předchozí bakalářskou práci s názvem Program pro výpočet plošných indexů v kruhových výsečích (Janoušek, 2017) spočívá především ve využití jejího hlavního výstupu, jímž je balíček nástrojů pro software ArcMap. Hlavním předmětem diplomové práce je tedy uplatnit tyto nástroje k analýze a porovnání urbánního prostoru vybraných dat Urban Atlasu.

Metody a postupy využity v této práci byly zvoleny za účelem co nejefektivnějšího zpracování poměrně velkého objemu dat. Některé z uvedených metod a postupů byly automatizovány pomocí skriptů v softwaru R Studio, workflow modelů v softwaru Orange, nebo hromadného processingu v softwaru ArcMap. Naopak v určitých fázích zpracování dat nebylo možné se vyhnout manuálním postupům, ať už z důvodů softwarových limitací nebo charakteru zpracovávaných dat, které budou zmíněny v následujících kapitolách.

Použité metody

Vzhledem k podrobnosti dat bylo přistoupeno k metodě agregace některých tříd v rámci datové sady Urban Atlas podle jejich vnitřních souvislostí.

Významná část této práce spočívá ve využití skriptů obsažených v nástrojovém balíčku *AreaIndexesFromCircularSectors* vytvořeném v rámci výše zmíněné bakalářské práce. Z tohoto balíčku bylo využito skriptu *Create sectors (manual distances)*, který zajišťuje tvorbu polygonové vrstvy kruhových sektorů a *Calculate area indexes*, umožňující výpočet plošného indexu v rámci jednotlivých sektorů.

Plošný index zde slouží jako číselný ukazatel celkového zastoupení sledovaného typu povrchu v rámci celkové plochy každého sektoru. Jedná se tedy o relativní hodnotu, díky které je možné vzájemně porovnávat různé sektory.

K umístění počátečního bodu, který je požadovaným vstupem nástroje pro tvorbu kruhových sektorů, bylo využito několika následujících metod v závislosti na charakteru konkrétního města.

V případě měst s jasně identifikovatelným centrem daným především historickým vývojem (náměstí nacházející se v historické části města, morový nebo mariánský sloup atd.) byl bod umisťován právě do těžiště takovýchto míst. Právě tato metoda byla využita u převážné většiny měst. V případě, že z leteckých/satelitních snímků nebo topografických map nebylo patrné jednoznačné centrum, byl bod umisťován do míst s největší patrnou koncentrací služeb a pokud možno v blízkosti geometrického středu města.

V případě, že ani jedna z předchozích možností nebyla optimální, bylo využito metody nejmenší opsané kružnice a bod umístěn v blízkosti jejího počátku.

Výstupem výše zmíněného nástroje *Calculate area indexes* je polygonová vrstva sektorů obsahující vypočtené plošné indexy zvolené třídy pro každý sektor. Tato data bylo nutné dále zpracovat a porovnat mezi sebou za účelem zjištění podobností či případných shluků. K tomuto účelu byla zvolena metoda korelace, která nám umožňuje zjistit podobnosti mezi vstupními datovými sadami. V tomto případě do korelační matice vstupovala řada 64 čísel za každé město zastupujících vypočtené hodnoty plošných indexů zkoumaných tříd v rámci každého sektoru.

Další metodou využitou v této práci je metoda shlukování, která umožňuje z výsledků korelací vyhledat města formující specifické shluky na základě jejich podobností. K shlukové analýze byla využita metoda hierarchického shlukování za pomoci dendrogramu. Bylo využito metod kosinových vzdáleností pro určení podobnosti jednotlivých měst a následně byla aplikována Wardova metoda pro samotné shlukování.

Použitá data

Byla použita volně dostupná data v rámci Copernicus data and information policy Regulation (EU) No 1159/2013 z 12. července 2013. Primárním zdrojem jsou vektorová data dostupná v rámci projektu Copernicus Urban Atlas 2012 (*Copernicus Land Monitoring Copernicus Land Monitoring Service* [online]). Jedná se o plošná landcover a landuse data pro urbanizované zóny v rámci Evropy s více než 100 000 obyvateli (Functional Urban Areas – FUA). Každá oblast je pojmenována podle centrálního, často největšího města oblasti. Data jsou volně dostupná ke stažení ve formátu .shp spolu s vrstvou .lyr, která obsahuje soubor plošných znaků. Celá datová sada Urban Atlas je dostupná v souřadnicovém systému EPSG:3035 (ETRS89, LAEA).

Přístup k datům je podmíněn přihlášením do portálu Copernicus (<https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>). Po přihlášení je možné vybrat, které konkrétní oblasti si uživatel přeje získat, poté mu portál automaticky zašle na email odkaz k hromadnému stažení všech oblastí. Doba zpracování požadavku se může lišit v závislosti na počtu vybraných oblastí.

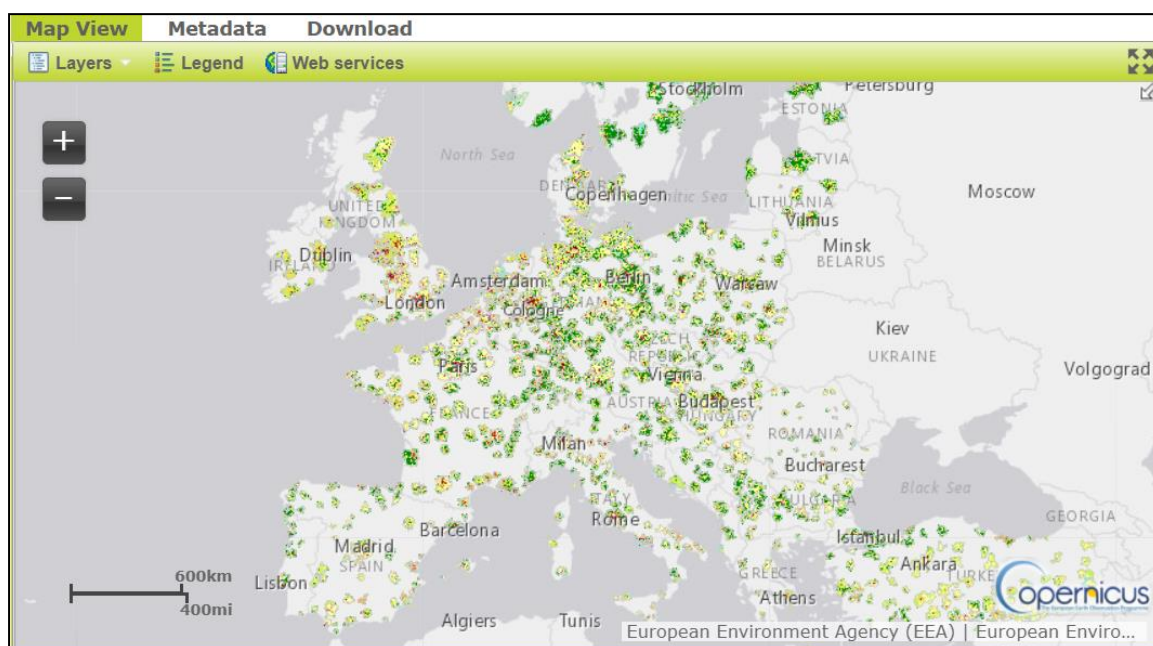
Show	20	entries	Search:	
☐ Name	☐ Country	☐ Type	☐ Size	
☐ Aachen	Germany	Vector	34.3 MB	
☐ Aalborg	Denmark	Vector	176.9 MB	
☐ Aberdeen	United Kingdom	Vector	152.5 MB	
☐ Acireale	Italy	Vector	2.2 MB	
☐ Adana-Mersin	Turkey	Vector	158.1 MB	
☐ Adiyaman	Turkey	Vector	55.7 MB	
☐ Afyonkarahisar	Turkey	Vector	42.5 MB	
☐ Ağrı	Turkey	Vector	24.0 MB	
☐ Ajaccio	France	Vector	55.8 MB	
☐ Akçakale	Turkey	Vector	17.6 MB	
☐ Aksaray	Turkey	Vector	70.6 MB	
☐ Akşehir	Turkey	Vector	25.7 MB	
☐ Alaşehir	Turkey	Vector	39.3 MB	
☐ Alba Iulia	Romania	Vector	20.5 MB	
☐ Albacete	Spain	Vector	50.3 MB	
☐ Albi	France	Vector	68.9 MB	
☐ Alcoy	Spain	Vector	21.5 MB	
☐ Alessandria	Italy	Vector	35.9 MB	
☐ Algeciras	Spain	Vector	22.8 MB	
☐ Alicante/Alacant	Spain	Vector	35.8 MB	
Previous 1 2 3 4 5 ... 40 Next				

Obr. 2.1 Rozhraní portálu Urban Atlas ke stažení dat (zdroj: Urban Atlas [online], 2019)

Z Urban Atlasu byl vybrán vzorek 100 oblastí s městy, které mají počet obyvatel v rozmezí 50-200 tisíc podle dat statistického úřadu Evropské unie (dále Eurostat) k roku 2012. Každá datová jednotka Urban Atlasu se skládá z centrálního města a přilehlých oblastí obsahujících přilehlé obce a sídla.

Výběr byl realizován pomocí hledání průniku obou datových sad, jelikož Urban Atlas neobsahuje většinu evropských měst jako Eurostat. Města byla vybrána podle dat z roku 2012 proto, aby se shodovala s datovou sadou Urban Atlas, která je podle metadat oficiálně aktuální především pro roky 2011-2013. Některá města však obsahují aktualizovaná data z let 2013-2016.

Hraniční hodnoty výběru měst byly stanoveny na základě předpokladu, že takto velká města dosahují dostatečného potenciálu variability urbánní struktury pro jejich porovnání mezi sebou, a na druhou stranu nebudou tak nadměrně rozdílná, že jejich porovnávání by postrádalo smysl. Výběr měst byl proveden ručně a to tak, aby vybrané oblasti, co nejrovnoměrněji pokrývaly rozpětí datové sady v rámci Evropy.



Obr. 2.2 Pokrytí datové sady Urban Atlas (zdroj: Mapové rozhraní portálu Urban Atlas, Urban Atlas [online], 2019)

Pro umístování počátečních středových bodů nutných k vytvoření vrstvy kruhových sektorů bylo využito podkladových mapových vrstev dostupných prostřednictvím ArcGIS Basemaps. Využity byly především mapa topografická a satelitní poskytující dostatečné informace ke spolehlivé identifikaci vhodné pozice pro umístění počátečního bodu. Jako podpůrný datový zdroj k ověření a pro větší přesnost byla využita služba Google Maps dostupná online ve webovém rozhraní.

Použité programy

K výběru zájmových oblastí bylo využito softwaru Microsoft Excel za účelem přehledného zobrazení statistických dat o počtu obyvatel jednotlivých měst. Ke zpracování prostorových dat jednotlivých měst byl primárně využit software ArcMap ve verzi 10.4, pro kterou byl vytvořen balíček nástrojů *Area Index From Circular Sectors* v rámci bakalářské práce *Program pro výpočet plošných indexů v rámci kruhových výsečí* (Janoušek, 2017).

Ke zpracování číselných výstupů nástroje *Calculate Area Indexes* z prostředí ArcMap byly využity statistické softwary R Studio a Orange obsahující nástroje potřebné ke zjištění souvislostí mezi výsledky k identifikaci shluků podobných měst a k vyvození závěrů. Pro porovnání výsledků shlukování byl využit online nástroj SimUrb (Doležalová, 2018) Pro drobné úpravy nástrojových skriptů byl využit software PyScripter ve verzi 3.4.2.

Výstupy a jejich interpretace byly nadále zpracovány v softwaru Adobe Illustrator. V neposlední řadě k napsání samotného textu diplomové práce bylo využito aplikací balíčku Microsoft Office, a to především Microsoft Word.

Postup zpracování

Prvním krokem bylo studium odborné literatury za účelem získání potřebných znalostí a informací, k vytvoření optimálního postupu práce a metodiky.

Následně byla vybrána data z Urban Atlasu, která odpovídala zvoleným požadavkům. Data bylo nutné předzpracovat a připravit pro samotný výpočet plošného indexu. Toho bylo docíleno výběrem konkrétních sledovaných tříd a jejich částečné agregace.

Dalším krokem bylo pro všechna města určit počáteční bod, ze kterého se následně vytvoří šablona pro výpočet sektorů. Vzhledem k prostorové variabilitě jednotlivých měst bylo třeba určit samostatný hierarchický postup výběru počátečního bodu. Následně byla pro každé město z počátečního bodu vytvořena šablona sektorů. Parametry sektorů byly stanoveny na 8 kružnic s konstantními rozestupy a 8 výsečí po 45° zastupující světové strany. Poloměr nejvzdálenější kružnice byl stanoven na maximální vzdálenost od počátku, kde se ještě vyskytuje třída *Discontinuous dense urban fabric* s viditelnou návazností na městskou zástavbu. Snahou bylo, aby tato vzdálenost byla celé číslo dělitelné 8. Tento postup byl zvolen z toho důvodu, aby poloměr každého prstence výsledné polygonové vrstvy sektorů bylo celé číslo pro snadnější práci v pozdějších fázích zpracování. Veškeré výše uvedené kroky bylo třeba provést manuálně, a to z důvodu jedinečnosti každého města, především jejich rozdílných tvarů a velikostí. Ke každému městu bylo tedy přistupováno individuálně za účelem co nejvhodněji zvolit veškeré parametry na míru sledované oblasti.

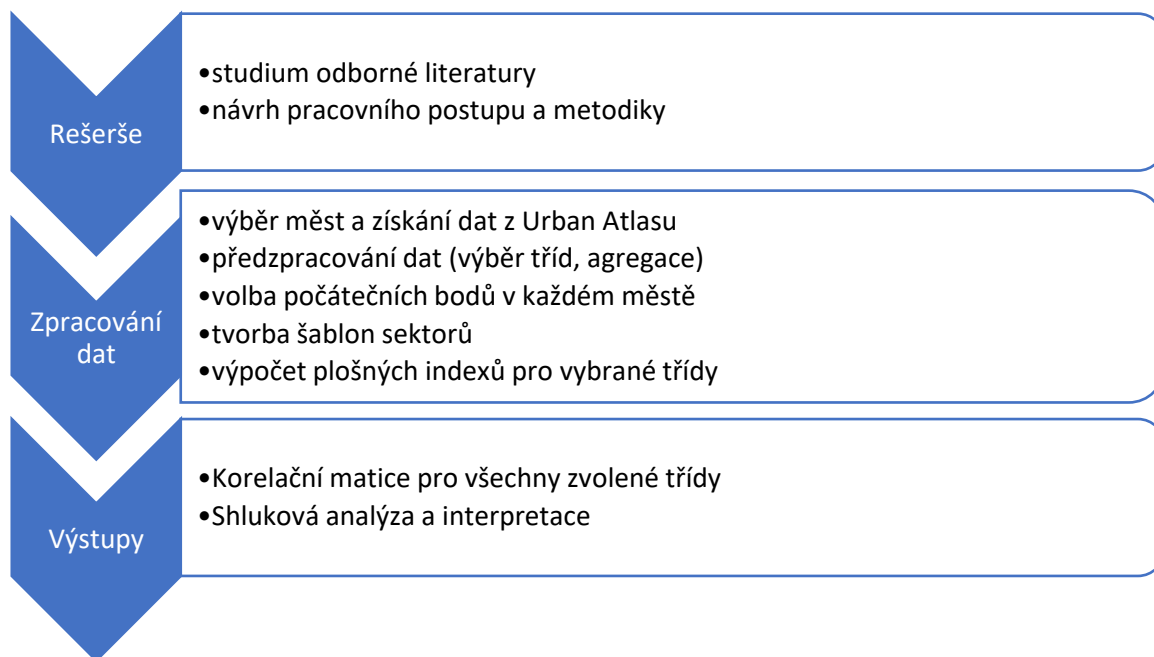
Posledním krokem v samotném zpracování prostorových dat byl výpočet plošných indexů v rámci jednotlivých sektorů pro každou sledovanou třídu. Tento krok byl automatizován pomocí skriptu napsaného v jazyce Python pro využití v softwaru ArcMap.

Zpracovaná data s vypočtenými plošnými indexy byla následně importována pomocí knihovny *Simple Feature* do softwaru R Studio v tabulkové podobě pro statistické zpracování. V tomto kroku byly hledány souvislosti mezi jednotlivými městy v rámci jejich hodnot plošných indexů pro každou třídu pomocí metody korelace. Následně byla provedena shluková analýza za pomoci kosinových vzdáleností a Wardovy metody hierarchického shlukování.

Cílem bylo zjistit, která města se podobají, identifikovat shluky a charakterizovat je a zjistit, čím se podobají či liší. Případně shluky pak bylo třeba kategorizovat a interpretovat tyto výsledky.

Ve finální části této práce bylo třeba zpracovat výsledky do prezentovatelné podoby, interpretovat je a vyvodit závěry.

Výsledkem práce je datová sada obsahující všechny vypočtené indexy pro všechna sledovaná města spolu s interpretací, porovnáním a základními statistikami. Součástí jsou také výstupy korelačních a shlukových analýz jako je například correlation heatmap zobrazující výsledné shluky vzájemných korelací mezi sledovanými městy nebo vizualizace výsledných shluků na dendrogramu.



Obr. 2.3 Schéma pracovního postupu

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V současnosti existuje nespočet možných způsobů a metod, jak dělit nebo klasifikovat urbanizovaná území. V této kapitole bych chtěl vyzdvihnout ty nejpoužívanější a nejznámější, ale také ty, které jsou méně známé, avšak více příbuzné metodě výpočtu plošného indexu v kruhových výsečích.

K tomu, abychom se mohli zabývat metodami studia a klasifikace urbanizovaných území, musíme znát souvislosti, které předcházely současnému charakteru sídelních struktur a to především měst.

Dále je třeba pokrýt problematiku urbanizačních procesů, které úzce souvisí s výslednými sídelními strukturami, jež pomocí nástroje *Calculate Area Indexes From Circular Sectors* hodnotím a porovnávám. Součástí této problematiky je také způsob identifikace městského centra.

Historie a vývoj měst

Již ve starověkých městech lze pozorovat charakteristické znaky jejich vnitřní struktury, které se velmi podobají nebo jsou dokonce identické s dnešními sídly.

Velmi významný vliv na budoucí vývoj vnitřní struktury města měla jeho hlavní funkce, kterou zastávalo. Přístavní města, jejichž hlavní funkcí bylo sloužit jako obchodní křižovatky se vyvíjela odlišně než města, jejichž hlavní funkcí byla obrana strategického bodu nebo území proti potenciálním nepřítelům. Města se často zakládala na strategických místech jako například na soutoku řek, významných brodech, důležitých dopravních tepnách obchodu atd. (Origins and evolution of cities, Mendelova Univerzita v Brně, 2011 [online]).

Zásadní milník z hlediska vývoje sídel byla průmyslová revoluce v 19. století, která zapříčinila prudký nárůst obyvatel měst, kteří se sem stěhovali za prací v nově se rozmáhajících továrnách. Jednalo se ve své podstatě o počátek procesu urbanizace v takové podobě, jako jej známe dnes (A Brief History of Urbanization, University of Minnesota Open Libraries, 2010, [online]).

Jak významné bylo toto období pro rozvoj měst naznačují následující statistiky. Kolem roku 1800 pouze 3 % světové populace žila v urbanizovaných oblastech. O století později kolem roku 1900 se tato hodnota zvýšila na 14 % a o dalších pouze 50 let později (tj. 1950) již podíl světového obyvatelstva ve městech dosahoval 30 % (Population Reference Bureau, 2012). K počátku roku 2018 podíl obyvatel ve městech vzrostl na 55 % a projekce do budoucna předpovídají vzrůst až na 68 % do roku 2050 (*68 % of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN*, United Nations, 2018 [online]).

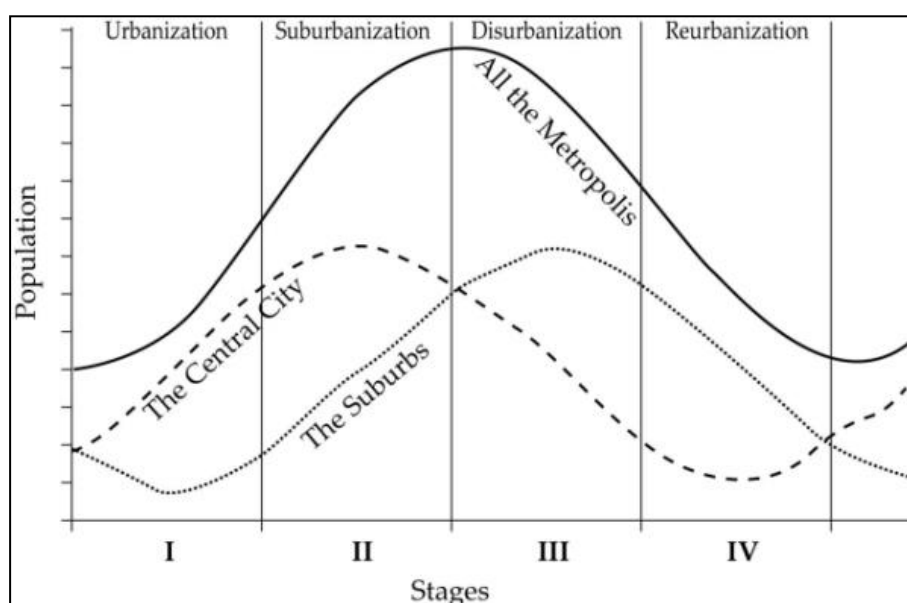
Rozdílné způsoby rozvoje měst lze pozorovat i v minulém století, a to především rozdíl mezi západními zeměmi a zeměmi tehdejšího východního socialistického bloku. Zatímco země na západě upustily od staveb panelových domů jakožto rychlého a levného bydlení již během první poloviny 20. století, v socialistických zemích jejich výstavba pokračovala téměř až do konce století. Ještě v dnešní době jsou v zemích bývalého východního bloku panelová sídliště velmi častá.

Všechny tyto výše jmenované charakteristiky měly za důsledek jiný vývoj sídelních struktur v různých částech Evropy v průběhu dějin.

Urbanizační procesy

Vývoj měst už od jejich počátku probíhá ve čtyřech fázích. Tyto procesy jsou popsány v obecném vývojovém modelu podle van den Berga, jehož teorie udává tyto dílčí, na sebe navazující procesy: urbanizace, suburbanizace, desuburbanizace a reurbanizace. Tyto procesy jsou charakterizovány změnou poměru počtu obyvatel žijících v centrech nebo naopak v jejich zázemí.

Urbanizace jakožto první fáze onoho cyklu je proces, při kterém dochází k celkovému nárůstu počtu obyvatel ve městech. Toto může mít za následek zhoršení životních podmínek v důsledku přelidnění městských center. Suburbanizace je proces, při kterém dochází naopak k ubývání počtu obyvatel v centrech a nárůstu v okrajových předměstských oblastech. Ve třetí fázi, desuburbanizaci, dochází k přesunům obyvatelstva do menších měst nacházejících se mimo FUA. Poslední fází tohoto řetězce je proces reurbanizace, kdy začíná pomalu docházet k opětovnému růstu počtu obyvatel ve městech relativně k jejich okolí (Burian, 2014).



Obr. 3.1 van der Bergův vývojový model měst (zdroj: GaWC, Research Bulletin 302 [online], 2019)

Centrum a města

Vzhledem ke způsobu, jakým funguje nástroj pro tvorbu kruhových sektorů, bylo třeba prozkoumat způsoby, jakými by šel definovat střed města pomocí jediného bodu. Počáteční bod soustředných kružnic sektorů umístěný do zvoleného středu města funguje jako určitý gravitační bod pro výsledné plošné indexy. Významnost počátečního bodu umocňuje fakt, že čím vzdálenější je kruhový sektor od počátku, tím klesá i jeho významnost v závislosti k onomu středu.

Centrum města je obecně využívaný pojem, který však nemá pevně stanovenou definici, a tudíž jej nelze jednoznačně a podle stejných parametrů identifikovat ve všech případech. Jeho poloha se může lišit na základě různých perspektiv. Centrum města se dá určit mnoha různými způsoby, každý ze způsobů bere v potaz jiné parametry a atributy města k jeho určení.

U měst s patrným historickým vývojem je většinou poměrně jednoduché střed města identifikovat. V těchto případech je velmi častá přítomnost centrálního náměstí například s morový sloupem, kostelem, katedrálou nebo jinou historickou dominantou. V minulosti byla tato místa často centrem městského života, kde se konaly trhy, slavnosti a jiné společenské události. Tuto funkci si historická náměstí převážně zachovala a dodnes je lze považovat za určitý gravitační bod v rámci města.

Města, která si nezachovala svoje historické centrum nebo kde historické centrum splývá a prolíná se s moderní zástavbou, je určení obecného centra města složitější. Nabízí se několik možností: první z nich je přistoupit k této problematice z hlediska geoinformatiky a hledat střed v místech s nejvyšší koncentrací služeb, kancelářských budov a obchodů a zároveň s nižší koncentrací rezidenční zástavby. Základní urbanistické modely tuto část města popisují jako *Central bussines district* (dále CBD) jakožto jádrovou oblast města (Burian, 2014).

Dalším potenciálním způsobem, jak určit střed města, je geometricky jako střed největší opsané kružnice. Toto řešení s sebou ovšem přináší také mnohá úskalí, především riziko, že výsledný bod se bude nacházet v místě s očividně nízkým významem. Může se stát, že výsledný bod se bude nacházet uprostřed souvislé rezidenční zástavby nebo například parkoviště, což nepředstavuje ideální centrum města z hlediska jeho vnitřní struktury, jelikož významnost těchto objektů nebo ploch může být v rámci konkrétního města jako celku velmi nízká.

Umístění počátečního středového bodu do míst jako je centrální křižovatka, kruhový objezd, městský úřad nebo jiné významné prvky plnící důležitou funkci v rámci města, může být také jednou z možností v případě, že ani jedna z předchozích variant není dostačující.

Pravděpodobně nejnáročnější metodou jak z hlediska vynaloženého času, tak práce i zdrojů, je určení centra pomocí metody mentálních map a dotazníkového šetření. V teorii by tato metoda fungovala tak, že by byla dotázána skupina místních obyvatel zastupující statistický vzorek obyvatelstva. Těmto respondentům by byla předložena mapa města a každý z nich by zakreslil místo, které osobně považuje za centrum města. Výsledky těchto dotazníků by bylo třeba poté shromáždit a analyzovat a na základě například metody kernel density určit centrum. Toto šetření by poskytlo jedinečné informace z pohledu vnímání obyvatel města, které jsou jinak nezjistitelné pouze z geografických dat. Vnímání obyvatel, kteří ve městě žijí, je z podstaty naprosto odlišné než vnímání geoinformatika, který interpretuje prostorová data.

Hranice města

Co se týče jednoznačně definovatelných hranic města, situace je velmi podobná jako v případě centra. Neexistuje definice, která by umožnila jednoznačně určit, kde končí a kde začíná město. Existují administrativní hranice města, které však neberou ohled na typ zástavby nebo využití půdy a slouží pouze k administrativním účelům.

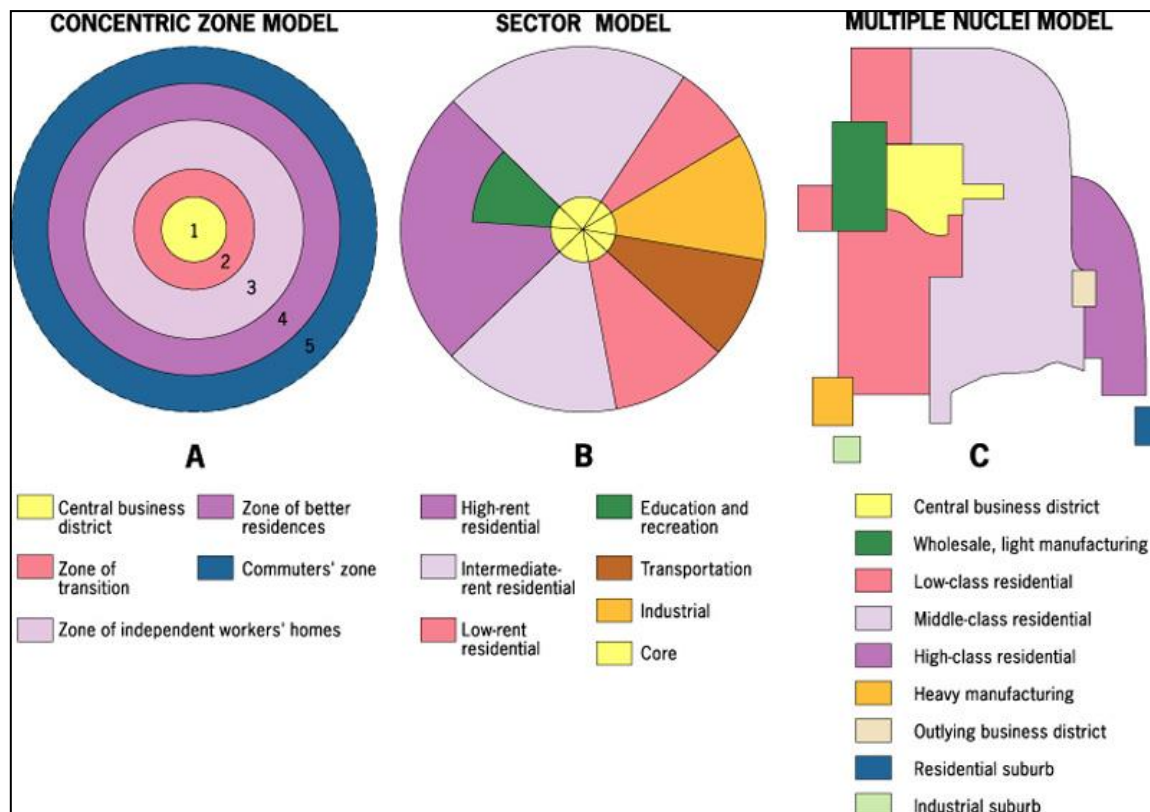
V dnešní době se rozvíjí trend satelitních městeček. Jedná se o nově vystavěná sídla v okrajových částech měst. V těchto satelitních městečkách může zástavba plynule přecházet z městské podoby do spíše venkovské, a tudíž ještě více ztěžuje určení jednoznačné geografické hranice města.

Dalším jevem, ke kterému může docházet příčinou urbanizačních procesů je absorbování okolních obcí do většího města. V důsledku růstu a rozvoje jak samotného města, tak přilehlých obcí, může docházet ke splývání obou sídel a eventuálnímu pohlcení celé obce do plochy města. K tomuto jevu dochází i ve větším měřítku, kdy začnou splývat větší města. V těchto případech vznikají sídelní útvary, které označujeme jako aglomerace (př. Ostrava) nebo následně konurbace (př. Kanto region – Japonsko).

Všechny tyto výše zmíněné faktory znesnadňují jednoznačné určení průběhu hranice města.

Současné modely měst

Vnitřní struktura a uspořádání města se z funkčního hlediska dá popsat několika modely. Města jsou v těchto modelech definována na základě několika částí podle jejich funkčního využití. V následujících odstavcích jsou popsány tři základní modely, jak uvádí Burian (2014).



Obr. 3.2 Nejznámější sociologické modely města (zdroj: Wikisofia, Urbanistické modely [online], 2019)

Bourhesův model (model koncentrických zón)

Tento model popisuje prostorovou strukturu města na základě soustředných kruhů, jejichž funkce se odvíjí od dostupnosti. Veškeré dopravní tepny v tomto modelu směřují do centra a předpokladem je, že centrum je dopravně nejdostupnější. Model se skládá směrem od středu z CBD, zóny velkoobchodu a průmyslu, zóny přechodu, zóny bydlení pracujících, obytné zóny a zóny dojížděky.

Hoytův sektorový model

Vychází z koncentrického modelu a rozvíjí význam dopravy a dopravní dostupnosti na prostorovou strukturu města. Předpokladem je dělení města na funkční části podle druhů aktivit vyžadujících různé lokality. Ve středu se opět nachází CBD, na něž navazují průmyslové zóny, které lemují významné dopravní cesty. Na průmyslové zóny navazují obytné oblasti domácností s nižšími příjmy. V klidných oblastech bez hlukového znečištění se potom nachází obytné zóny domácností se středními a vyššími příjmy.

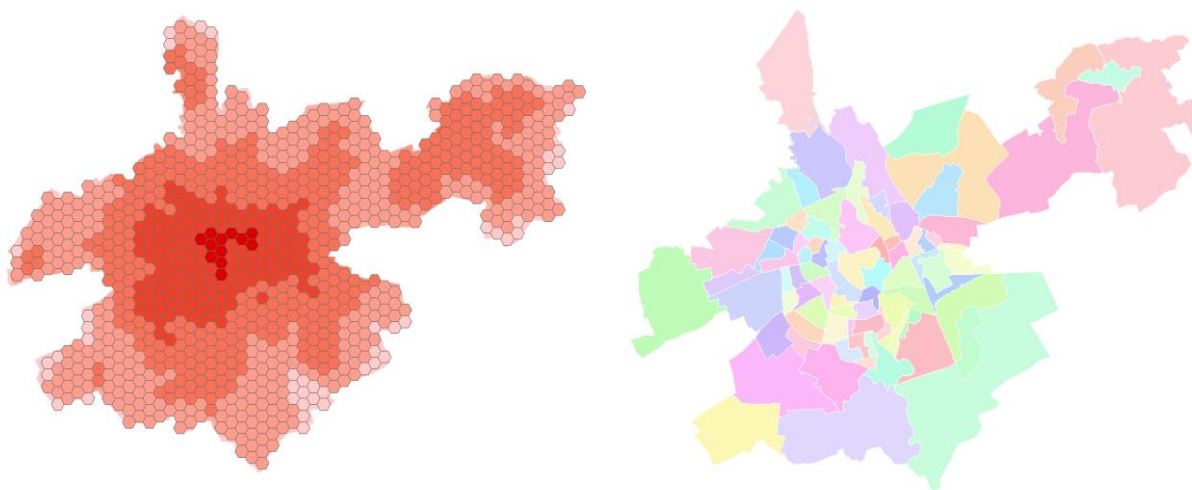
Harris-Ulmanův model mnoha jader

Tento model se liší od obou předchozích. Je založen na předpokladu rozvoje oddělených specializovaných jader, opět však na základě dopravní dostupnosti. V centru se opět nachází CBD. V okolí nejdůležitějších komunikací se nachází lehký průmysl a obchody. Na okrajích města se pak nachází těžký průmysl spolu se zónami bydlení pro domácnosti s nižšími příjmy. Na vzdálenějších okrajích jsou situované zóny bydlení pro domácnosti se středními a vyššími příjmy spolu s menšími samostatnými centry služeb.

Metody a přístupy k členění území

K členění území se využívá množství rozdílných metod a postupů. Metoda členění území do kruhových sektorů je poměrně specifická a nepříliš prozkoumaná. Umožňuje však rovnoměrné pokrytí sledovaného území s důrazem na směr od středu, čímž je, dá se říci, mezi těmito metodami jedinečná.

Členění mohou být pravidelná či nepravidelná. Mezi nepravidelná členění patří dělení podle správních oblastí jako jsou například kraje, okresy, městské části nebo základní sídelní jednotky. Mezi pravidelná členění se řadí hexagonové, trojúhelníkové, pětiúhelníkové nebo čtvercové sítě.

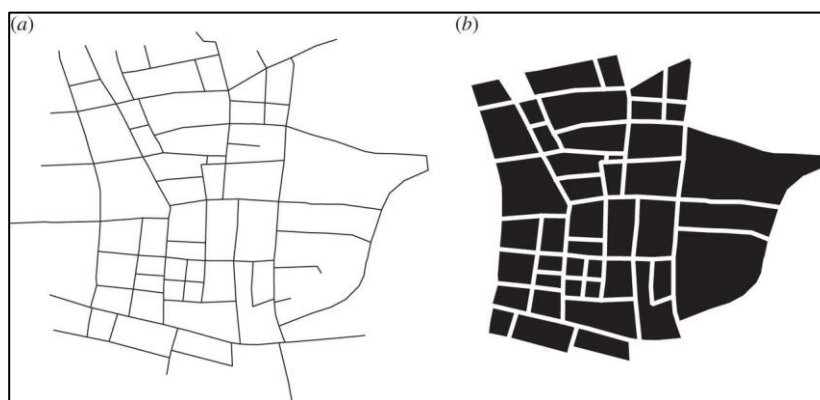


Obr. 3.3 Ukázka pravidelného (hexagonová síť-vlevo) a nepravidelného (základní sídelní jednotky-vpravo) dělení území na příkladu města Olomouc

Práce zabývající se podobností a porovnáním urbánního prostoru

Současné práce zabývající se porovnáním měst se často zaměřují především na tvar uliční sítě – Urban Street Networks. Práce nazvaná *A typology of street patterns* (Louf, Barthelemy, 2014) publikovaná roku 2014 na Institutu teoretické fyziky ve Francii porovnává 131 evropských a amerických měst na základě metrik uliční sítě, na které aplikuje metodu hierarchického shlukování. Výsledné skupiny měst následně charakterizuje a porovnává.

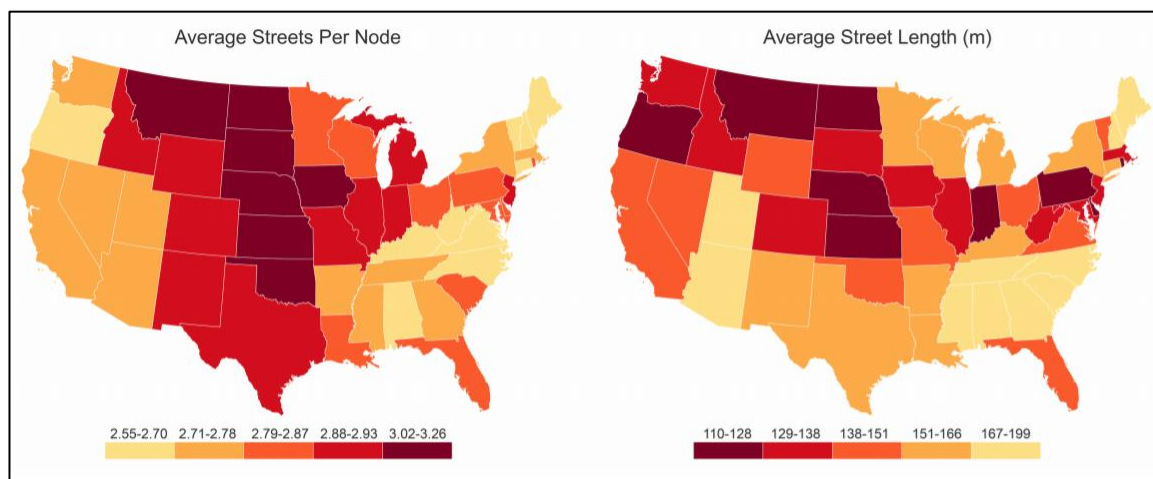
Práce pojednává o problematice hledání rozdílů mezi městy, na základě kterých, charakterizovat výsledné shluky. Naráží na problém příliš vysoké podobnosti uličních sítí ve většině měst. Tento problém se snaží řešit zaměřením na geometrii městských bloků, které uliční sítě vytváří. Ve výsledku této práce byla města rozdělena do čtyř skupin základě tvaru a velikosti městských bloků.



Obr.3.4 Ukázka uliční sítě a korespondující set uličních bloků (zdroj: *A typology of street patterns*, 2014, [online])

Jedním z dalších přístupů k analyzování urbánních ploch je využití metod vycházejících z fuzzy logiky a fuzzy množin popsané v knize *Geoinformatika při analýzách rurálního a urbánního prostoru* (Burian, Pászto, Tuček a kol., 2013). Pomocí tohoto přístupu lze hodnotit urbánní plochy a určit, zda se jedná o městský nebo venkovský typ prostoru. Toto téma také úzce souvisí určováním hranic města, se kterým se tato práce také potýká (viz. kapitola 3. – Hranice města).

Další podobná práce publikovaná v roce 2018 pod názvem A Multi-Scale Analysis of 27,000 Urban Street Networks: Every US City, Town, Urbanized Area, and Zillow Neighborhood (Boeing, 2018) pracuje s uliční sítí pro města v USA dostupnou prostřednictvím OpenStreetMap, přičemž se opírá o teorii grafu. Tato práce využívá výpočtů metrik na síti jako je například průměrná délka hran, hustota křížení, průměrná konektivita uzlů apod. Na základě těchto vypočtených metrik následně porovnává jednotlivá území.



Obr.3.5 Průměrný počet ulic na uzel (vlevo) a Průměrná délka ulice (vpravo), (zdroj: Geoff Boeing, 2018, [online])

4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

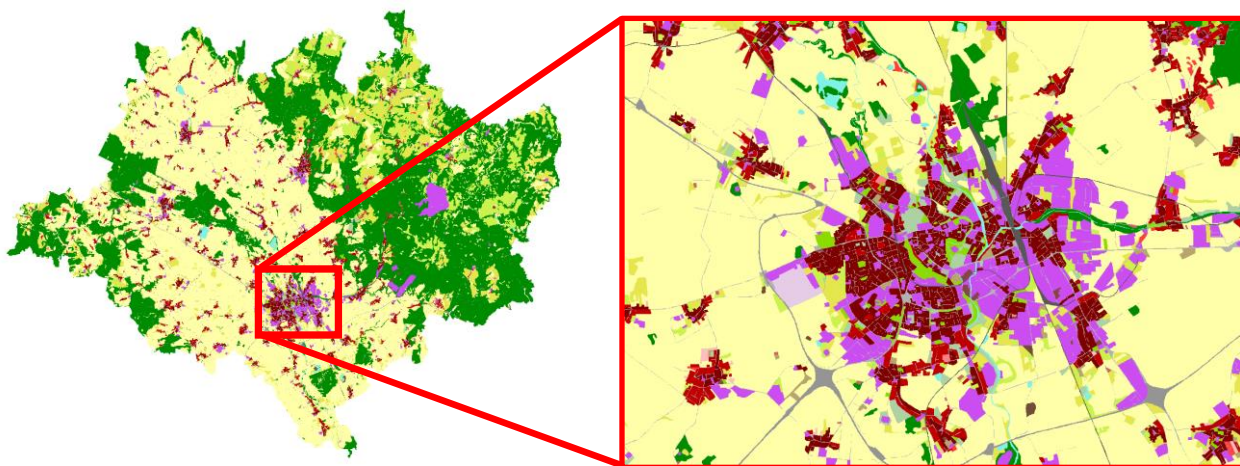
Jak již bylo zmíněno v rešeršní části, tato práce navazuje na předchozí bakalářskou práci *Program pro výpočet plošného indexu v kruhových výsečích* (Janoušek, 2017). Celá práce je založena na využití souboru nástrojů pro ArcGIS for Desktop verze 10.4 v toolboxu *Area Index From Circular Sectors* vytvořených v rámci výše zmíněné bakalářské práce. Konkrétně bylo využito nástrojů *Create sectors (manual distances)* k vytvoření šablony sektorů a *Calculate area indexes* k vypočtení samotných plošných indexů.

Postup práce se skládal z několika dílčích kroků. V první fázi bylo třeba stanovit parametry pro výběr zájmových měst z databáze Urban Atlas. Následovalo stanovení pracovního postupu a parametrů pro tvorbu šablon sektorů pro všechna vybraná města. Součástí tohoto kroku bylo vypracovat postup pro výběr počátečního bodu a určení maximálního poloměru kružnice. Dalším krokem bylo vybrat třídy Urban Atlasu, které budou předmětem k výpočtu indexů a následného porovnání měst. V druhé fázi bylo třeba všechna vybraná data získat a zpracovat, což zahrnovalo vytvoření šablony sektorů pro každé město a výpočet plošných indexů pro všechny třídy. V poslední fázi této práce bylo třeba vybrat metodiku pro vyhodnocení vypočtených plošných indexů a výsledky alespoň částečně vizualizovat a především interpretovat. Následující kapitoly obsahují podrobně popsání postupy a vysvětlení každého dílčího celku práce.

4.1 Výběr dat

Jak již bylo zmíněno, hlavním zdrojem dat pro tuto práci byl Urban Atlas, což je vektorový landuse a landcover dataset spravován v rámci projektu Copernicus pod záštitou Evropské Unie. Data jsou strukturována do oblastí s celkovým počtem alespoň 100 000 obyvatel a celá datová sada pokrývá většinu významných urbanizovaných oblastí Evropy. Původní verze Urban atlas vznikla k roku 2006 a současná verze oficiálně nazvaná Urban Atlas 2012 obsahuje nejaktuálnější data k rokům 2015 až 2016. Podle oficiální metodiky data obsahují několik hlavních tříd a podtříd určených ke klasifikaci povrchu. V rámci této práce bylo vybráno jedenáct podtříd, které byly agregovány do celkem pěti tříd.

Veškerá data v rámci tohoto projektu jsou dostupná online a zdarma pod podmínkou registrace na portálu. Celkem byla z Urban Atlasu vybrána a získána data pro 100 měst co nejrovnoměrněji rozprostřených po Evropském kontinentu. Je nutno podotknout, že tato práce se zaměřuje pouze na území jednoho města v rámci každé samostatné oblasti Urban Atlasu a ne na celková území.



Obr. 4.1 Území Urban Atlas oblasti pro Olomouc (vlevo) a zájmová oblast Olomouc – extent pro výpočet indexů (vpravo),

4.1.1 Parametry pro výběr

Vzhledem k různorodosti evropských měst, co se týče velikosti, počtu obyvatel, geografické poloze, funkci atd. bylo třeba vybrat dostatečně velký vzorek dat, na kterých by bylo možno hledat podobnosti nebo rozdíly mezi jednotlivými městy a následně je řadit do společných kategorií (shluků). Celý dataset Urban Atlas obsahuje přibližně 800 samostatných oblastí pojmenovaných podle nejdominantnějšího města.

Na základě této informace a po odborných konzultacích byl stanoven počet vybraných měst na 100, čili přibližně 1/8 celého datasetu.

Následně bylo třeba určit, kterých 100 oblastí vybrat. Hlavním parametrem pro tento výběr byl celkový počet obyvatel jednotlivých měst. Byl určen interval 50 000 – 200 000 obyvatel, jenž má v rámci datasetu největší zastoupení. Vzhledem k absenci údajů o počtech obyvatel byly tyto údaje získány z Eurostatu. Průnik mezi daty Eurostatu a Urban atlasu poté umožnil ručně zvolit a vybrat požadované oblasti. Seznam vybraných měst spolu s doplňujícími údaji je obsažen v přílohách.

(Příloha 1 – Vystupni_data/cities100.xlsx)

4.1.2 Získaná data

Výběr samotných oblastí byl prováděn ručně. Při výběru byl kladen důraz, aby byly zastoupeny všechny státy účastníci se projektu Urban Atlas a zároveň aby výběr pokrýval, pokud možno co nejrovnoměrněji, celý rozsah datové sady v rámci Evropy.

Veškerý výběr probíhal přes portál Urban Atlas, kde je třeba projít celý dataset a ručně zaškrtnout všechny požadované oblasti. Po označení veškerých oblastí zájmu je možné data hromadně stáhnout prostřednictvím tlačítka v dolní části výběrového seznamu.

V závislosti na počtu a velikosti vybraných oblastí server váš požadavek zpracuje a na email, přes který je váš účet registrovaný, zašle odkaz ke stažení. Veškerá data jsou ve vektorové podobě ve formátu shapefile a komprimovaná v souboru .zip. Velikost dat jednotlivých oblastí se pohybuje od přibližně 10 MB až do 200 a více MB podle podrobnosti zpracování a rozlohy oblasti. Celková velikost všech 100 oblastí po stažení byla 3,4 GB v komprimovaném formátu .zip a 9,25 GB po rozbalení do původního formátu.

Data jsou strukturovaná do složek podle kódu země, identifikačního čísla a názvu města. Každá oblast nadále obsahuje složku s dokumentací a složku obsahující samotná prostorová data ve formě shapefilů a souboru .lyr obsahující sadu plošných znaků. Z dokumentace je možné zjistit detaily o tvorbě konkrétních oblastí včetně geografických informací, datových zdrojích, autorech atd.

Urban Atlas 2012
FUA DELIVERY REPORT

European Commission

FUA Delivery Report

FUA: BE010L1		Kortrijk	
PRODUCT TYPE	FUA2006		
FILE ID			
PRODUCT TYPE	FUA2012		
FILE ID	BE010L1_KORTRIJK_UA2012.shp		
PRODUCT TYPE	CHANGE 2006-2012 ESRI FILE		
FILE ID			

GENERAL INFORMATION

FUA Area in 2006 (km²)	No_Data km²	Photo-interpretation started on	2013/09/11
FUA Area in 2012 (km²)	223 km²	SIRS Quality Control made on	2014/01/17
Format	geodatabase esri	IGNFI Quality Assessment on	2014/02/04
Projection	ETRS_1989_LAEA	SIRS Final Validation made on	2015/12/16
		by:	Lionel Méquignon

Obr. 4.2 Dokumentace přiložená ke každé oblasti

4.1.3 Výběr tříd pro zpracování

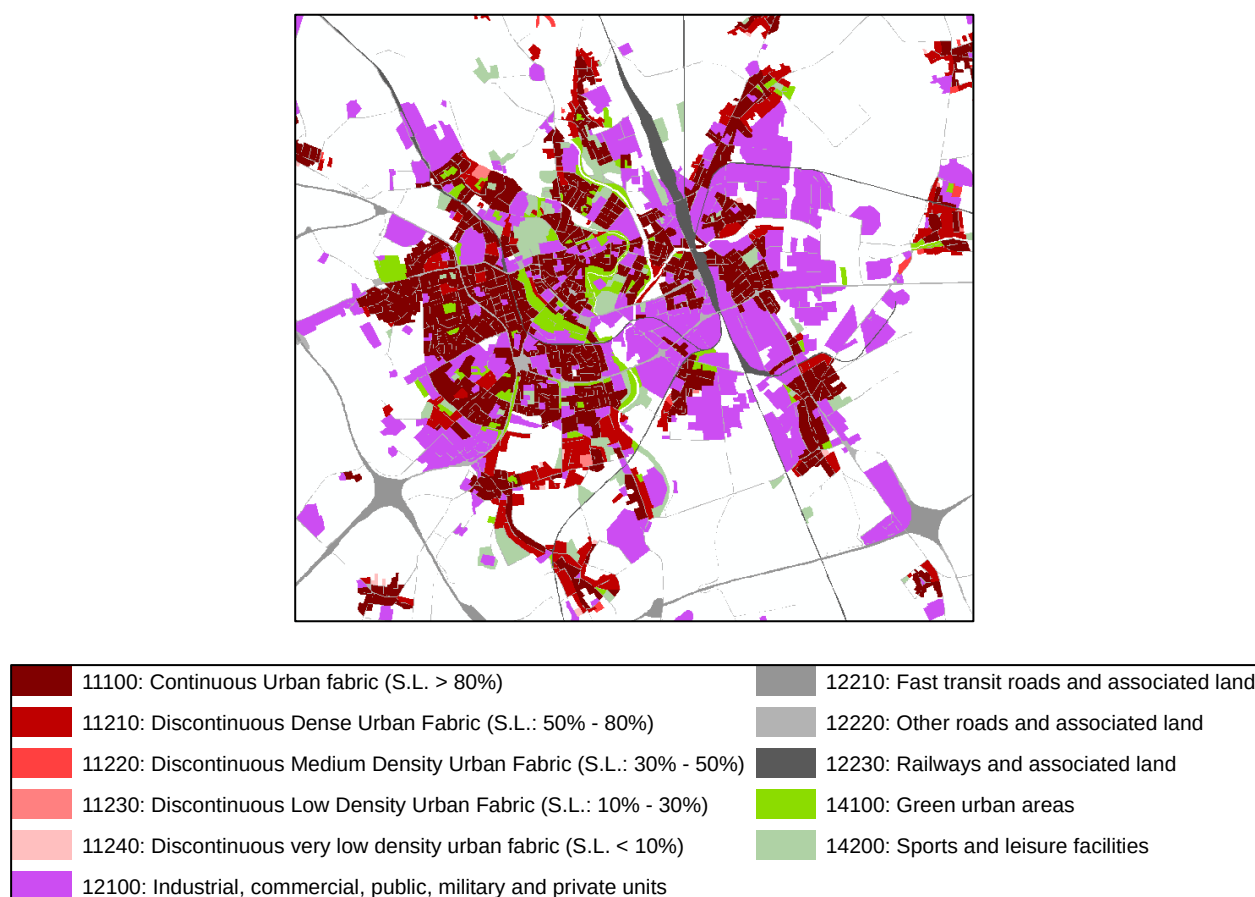
Metodika Urban Atlasu definuje šest základních tříd, z nichž každá obsahuje několik dalších podtříd. Vzhledem k celkovému objemu dat bylo třeba vybrat pouze několik tříd a podtříd k samotnému zpracování.

Snahou bylo vybrat třídy, které mají největší zastoupení v celkové ploše města nebo které jsou důležité z hlediska urbánní struktury města. Jednoznačně největší zastoupení ve většině měst měla třída 1.1. Urban fabric rozdělená dále na 1.1.1. *Continuous urban fabric*, 1.1.2. *Discontinuous urban fabric*. Tyto třídy jsou definovány městskou zástavbou a souvisejícími plochami s vysokým podílem zastavěné půdy (soil sealing) a s budovami určenými především k rezidenčním účelům. V případě třídy 1.1.1. musí být podíl zastavěné půdy větší než 80 % a v případě třídy 1.1.2. méně než 80 %. Obě třídy jsou charakteristické tím že obsahují minimum holé půdy.

Další vybranou třídou byla 1.2. *Industrial, commercial, public, military, private and transport units* a její podtřídy 1.2.1. *Industrial, commercial, public, military and private units* a 1.2.2. *Road and rail network and associated land*. Třída 1.2. se v definici podobá předchozí třídě 1.1. a to podmínkou zastavěnosti půdy, která zde musí dosahovat alespoň 30 %. Z těchto 30 % však musí být více než polovina (50 % a více) této plochy pokryta zástavbou s nerezidenční funkcí. Jedná se tedy o budovy a povrchy využívané k účelům průmyslu, komerce, armády, transportu nebo k plnění funkcí občanské vybavenosti.

Poslední vybranou třídou k vypočtení indexů a interpretaci je 1.4. *Artificial non-agricultural vegetated areas*. Tato třída je definována vegetací vysazenou a pravidelně udržovanou člověkem, a sportovními zařízeními se zastavěnou i nezastavěnou půdou (např. bazény nebo fotbalová hřiště či stadiony).

Tyto třídy byly vybrány jako nejdůležitější zástupci urbánních ploch hrajících roli při tvorbě charakteru a vnitřní struktury města.



Obr 4.3 Vybrané třídy pro město Olomouc vizualizované podle symbologie Urban Atlas

4.2 Stanovení parametrů sektorů

Jedním z hlavních problémů při využití nástroje pro tvorbu kruhových sektorů k vypočtení plošných indexů je volba optimálních parametrů. Je třeba určit počáteční bod, celkový počet soustředných kružnic a jejich poloměry a počet výsečí a jejich případné natočení. Vzhledem k cílům práce, jímž bylo především porovnat jednotlivé urbánní plochy vybraných měst, bylo třeba nastavit i parametry sektorů tak, aby je bylo mezi sebou možné porovnat. V následujících kapitolách bude podrobně popsáno, jak probíhala tvorba šablony sektorů pro jednotlivá města.

4.2.1 Počáteční bod

Hlavní prerekvizitou pro tvorbu šablony sektorů pro každé město bylo umístění počátečního bodu (origin point). Z tohoto bodu se následně pomocí nástroje *CreateSectors* (*manual distances*) dá vytvořit šablona sektorů podle nastavených parametrů.

Jak již bylo zmíněno v rešeršní části práce, počáteční bod má zásadní vliv na výsledné hodnoty indexů v jednotlivých sektorech. Příčinou tohoto jevu je kruhový charakter sektorů, který způsobuje, že všechny sektory se odvíjí od středu a jsou na něm určitým způsobem závislé. Jednoduše se tento vztah dá popsat: čím blíže počátečního bodu se sektor nachází, tím podrobnější data poskytuje.

Umístění samotného bodu probíhalo pro každé město manuálně podle určitých hierarchických priorit. Snahou u všech měst bylo bod umísťovat do historických center. Historické centrum bylo jako primární cíl umístění počátečního bodu vybráno proto, že se nachází ve většině evropských měst. Velmi málo měst v rámci Evropy bylo vystavěno uměle pomocí předem navržených plánů (Haviřov), většina měst prošla přirozeným historickým vývojem od prvotních sídel nebo opevnění až po statisícová města.

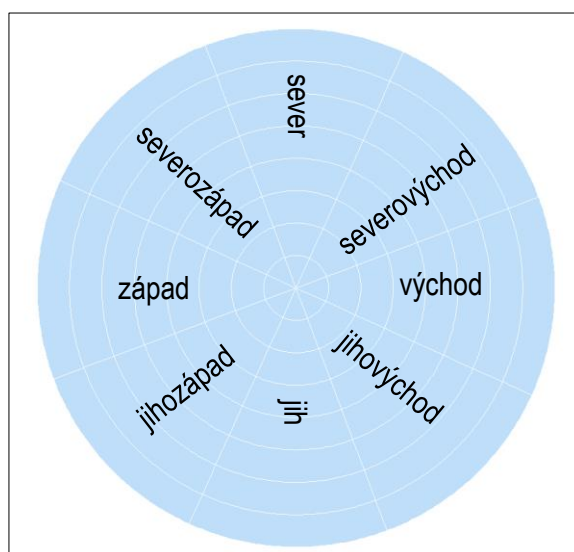
Jak již bylo zmíněno, umístění počátečního bodu do historického centra však nebylo možné docílit u všech měst datasetu. Část měst buď patrně historické centrum vůbec neměla nebo bylo natolik mimo centrální oblast, že umístit ho zde by způsobilo velké zkreslení výsledných sektorů a vypočtených indexů. V těchto případech byla snaha body umísťovat na významné křižovatky v centrech, centrální náměstí, budovy radnice, soudy, kostely, katedrály a podobně. Cílem bylo bod umístit do míst, která mají určitou gravitační schopnost v rámci města.

4.2.2 Charakter sektorů

Jednou z nejdůležitějších částí práce bylo stanovit parametry kruhových sektorů. To znamenalo určit počet soustředných kružnic, počet výsečí a jejich orientaci. Tyto parametry byl společné pro všechny sektory vytvořené pro všechna města v rámci práce.

Parametry, v nichž se jednotlivé šablony pro každé město liší, jsou rozestupy mezi kružnicemi, a tudíž i jejich celková rozloha. Toto však nezamezuje vzájemnému porovnání jinak rozlehlých měst mezi sebou. Vypočtené plošné indexy v rámci jednotlivých sektorů jsou vždy relativní hodnoty. Pozice/orientace sektoru, ke kterému se indexy vztahují, je vždy stejné v rámci šablony.

Po odborné konzultaci a studiu zdrojových dat byl stanoven celkový počet sektorů pro každé město na 64. To znamená 8 kružnic s 8 výsečemi. Číslo 64 bylo vybráno s předpokladem, že je to dostatečně vysoký počet hodnot k zachycení charakteru města a zároveň to není počet příliš vysoký, aby způsobil problém při závěrečném zpracování dat. Při volbě 8 kružnic bylo přihlíženo také k charakteru sektorového modelu města, který obsahuje 6 kružnic ohraničující jednotlivé zóny od CBD až po zónu dojížděky. Počet výsečí 8 byl zvolen z velmi jednoduchého důvodu, a to, aby byly zachyceny všechny významné světové strany.



Obr. 4.4 zachycení světových stran v šabloně sektorů

Jak již bylo zmíněno v kapitole 4.1.1, města byla vybrána tak, aby jejich prostorová variabilita, co se týče rozlohy, zůstala, pokud možno porovnatelná v rámci celého datasetu. Poloměr největší kružnice sektorů se v rámci celého datasetu pohybuje od 2 až do 8,8 km.

4.3 Zpracování dat

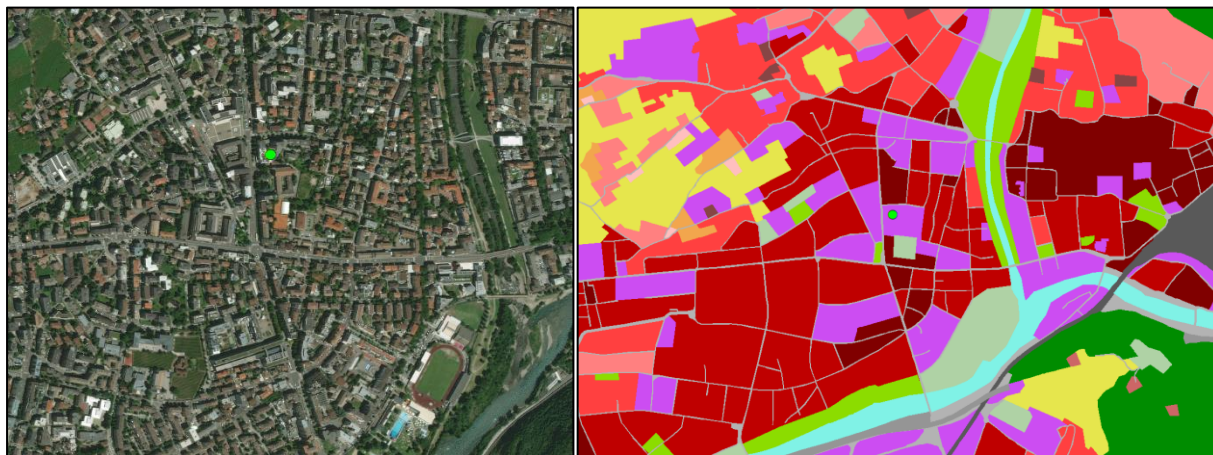
Po stanovení parametrů pro tvorbu sektorů bylo třeba data pro všechna města zpracovat. První částí procesu zpracování dat bylo umístit počáteční body, vytvořit šablony kružnic a vypočítat plošné indexy pro všechny sledované třídy. Vypočtené indexy bylo třeba následně zanalyzovat statistickými metodami a získat interpretovatelné výsledky (kapitoly 4.4 až 4.6). Následující kapitoly jsou věnovány postupům a metodikám využitých při zpracovávání dat až po fázi výpočtu indexů.

4.3.1 Umístění počátečního bodu

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, do procesu určení počátečního bodu pro každé město vstupovalo několik faktorů. Primárně bylo třeba se seznámit s podobou města, a to především pomocí mapové služby Google Maps. Z leteckých a družicových snímků dostupných na tomto portále bylo možné identifikovat historické části většiny měst. Tyto centra bylo možno identifikovat na základě jednoznačně rozpoznatelných znaků, jakými jsou například historická opevnění, katedrály, kostely, pevnosti, radnice nebo monumenty. Snahou bylo umístit bod, pokud možno, také v blízkosti geometrického středu města pro rovnoměrnější rozložení výsledné šablony kruhových sektorů.

Po vybrání vhodného místa pro počáteční bod bylo třeba tuto polohu také referencovat v datech Urban Atlasu, což se mnohdy prokázalo obtížné. Na zdrojových datech Urban Atlasu jsou často vidět rozdílné přístupy a interpretace oficiální metodiky pro vytváření dat. Co je v jedné oblasti definováno jako třída městské zástavby s rezidenční funkcí, je v jiné oblasti definováno jako třída transportu.

Tvorba samotného počátečního bodu probíhala v prostředí ArcMap pomocí vytvoření bodové vrstvy shapefile se souřadnicovým systémem EPSG:3035. Každý počáteční bod byl umístěn do stejné složky jako zdrojová data Urban Atlasu pod názvem *origin_point.shp*.



Obr. 4.5 Počáteční bod umístěný na kostel di Cristo Re ve městě Bolzano (Itálie) na leteckých snímcích Google maps (vlevo) a na zdrojových datech Urban Atlas (vpravo)

Umístění počátečního bodu každého města bylo také zaznamenáno do .xlsx tabulky spolu s dalšími parametry v průběhu tvorby šablon sektorů. Tabulka je součástí příloh (Příloha 1 - Vystupni_data/cities100.xlsx).

4.3.2 Tvorba sektorů

Tvorba kruhových sektorů probíhala pomocí nástroje *1.1 Create sectors (manual distances)* obsaženého v toolboxu *Area Index From Circular Sectors*. Před samotnou tvorbou šablon sektorů bylo třeba otestovat funkcionality pro stanovené parametry. V této fázi byla zjištěna komplikace v nastavení parametru pro odsazení jednotlivých výsečí v jednotkách stupňů (parametr *offset*). Bylo třeba zajistit, aby nástroj umožňoval nastavit hodnoty s desetinnými čísly, což v původní verzi nebylo možné z důvodu konfliktu desetinné tečky, kterou vyžaduje ArcGIS, a desetinné čárky vyžadované polem parametru *offset* pro výpočet výsledného úhlu výseče.

Podrobněji se jednalo o tento problém: Skript pro tvorbu sektorů využívá nástroje *Bearing distance to line* pro vytvoření růžice linií podle uvedených parametrů. Hodnoty úhlů každé linie jsou získány ze zdrojové tabulky .csv. Skript je napsaný tak, že automaticky vytvoří tuto tabulku v dočasné složce pomocí vlastní parametrické funkce, která rozdělí 360° kružnice na stejně velké díly podle počtu výsečí zadaných uživatelem. Nepovinný parametr *offset* poté připočte zvolenou hodnotu ke každému úhlu vypočtenému pomocí oné iterační funkce. Původní nastavení parametru *offset* ve skriptu neumožňovalo nastavení desetinného čísla. Byla tedy provedena změna, aby bylo možno počítat i s desetinnými čísly. Bylo třeba také nastavit, aby nedocházelo ke konfliktu mezi desetinnou čárkou a tečkou. Tento problém byl vyřešen pomocí následující změny zdrojového kódu.

```
#defining offset parameter for later use, defining number of divisions
offset = int(set_offset)
angle = 360/int(number_of_divisions)
```

Obr. 4.6 Původní podoba zdrojového kódu

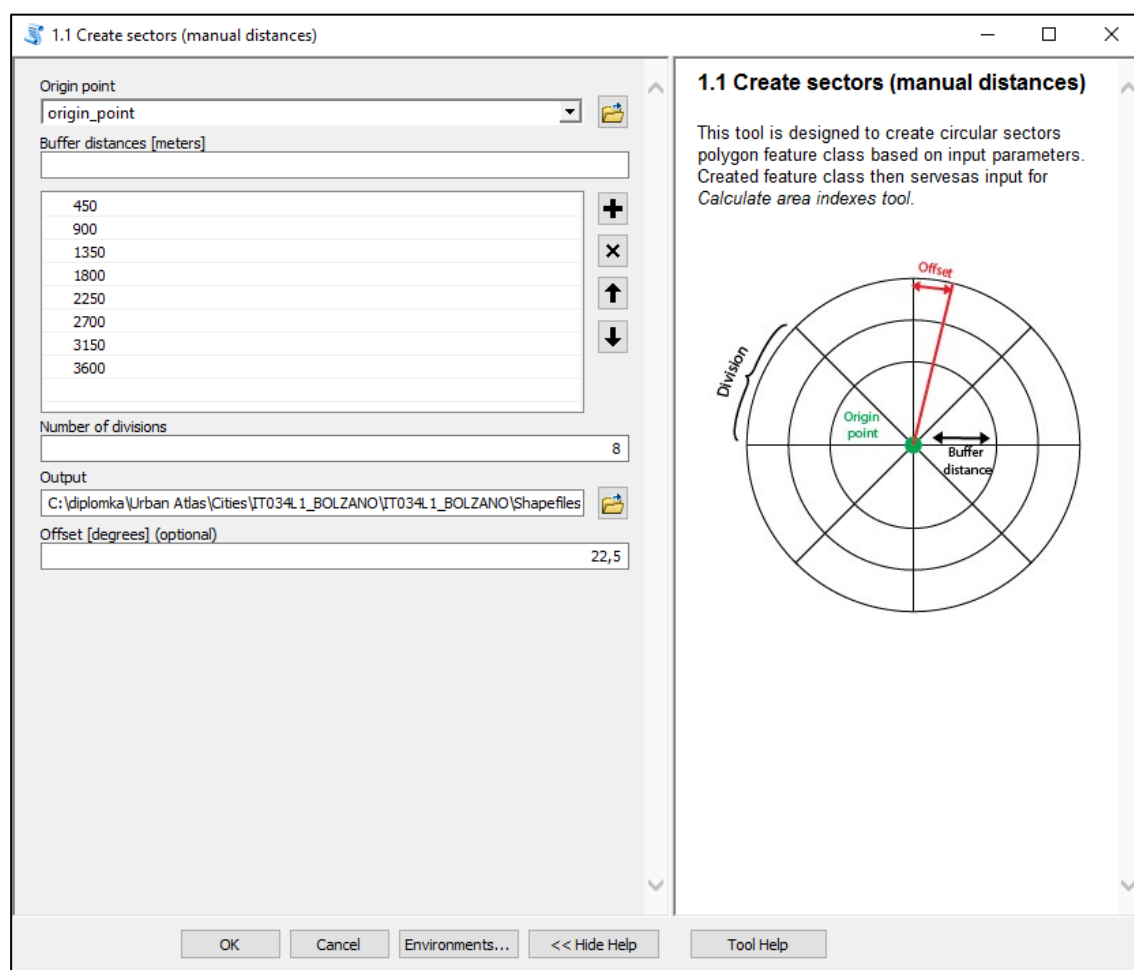
```
#defining offset parameter for later use, defining number of divisions
offset = float((set_offset).replace('.', ''))
angle = 360/float(number_of_divisions)
```

Obr 4.7 Aktualizovaná podoba zdrojového kódu

Po provedení modifikace zdrojového kódu bylo možno přistoupit k samotné tvorbě kruhových sektorů pro všechna města. Vzhledem k prostorové variabilitě jednotlivých měst bylo třeba řešit každé individuálně.

Kvůli zmíněné problematice určování hranic města (viz. kapitola 3. Hranice města) byly poloměry kruhových sektorů voleny ručně pro každé město. Snahou bylo, aby do výsledných kruhových sektorů spadaly všechny důležité části města. Častým jevem byly například průmyslové oblasti plynule navazující na urbánní zástavbu města, avšak výrazně vybíhající mimo okrajové části, což mělo za následek výrazné navýšení celkové plochy sektorů.

Proces tvorby šablony sektorů pro každé město probíhal následovně. Nejdříve byla importována zdrojová data Urban Atlas, na které byla aplikována přiložená sada znaků obsažená v souboru .lyr. Následně byl pro zpracovávané město nahrán počáteční bod vytvořený v předchozí fázi procesu zpracování dat. Pomocí nástroje *measure* byla změřena vzdálenost mezi počátečním bodem a nejvzdálenější částí města spadající do zvolené oblasti. Tato změřená vzdálenost se stala poloměrem výsledné šablony kruhových sektorů. Tento poloměr byl vydělen osmi, aby se zjistil konstantní rozestup mezi všemi osmi soustřednými kružnicemi vytvářejícími finální sektory. V posledním kroku bylo třeba vyplnit pole parametrů pro skript vytvářející kruhové sektory. Výsledné kruhové sektory pro každé město byly uloženy pod názvem *sectors_template.shp* do odpovídající zdrojové složky města.

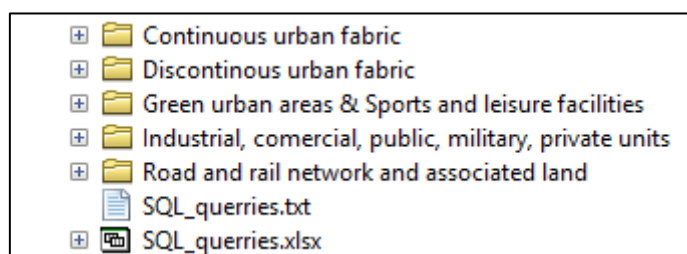


Obr. 4.8 Nastavení parametrů pro tvorbu šablony sektorů pro město Bolzano (Itálie)

4.3.3 Výpočet indexů

Po vytvoření šablon sektorů pro všech 100 měst následovalo vypočtení plošných indexů. K tomuto účelu bylo využito nástroje 2. *Calculate area indexes* obsaženého v toolboxu *Area Index From Circular Sectors*. Celkem bylo třeba vypočítat plošné indexy pro pět tříd v rámci každého města, výsledkem bylo tedy celkem 500 .shp souborů s vypočtenými plošnými indexy.

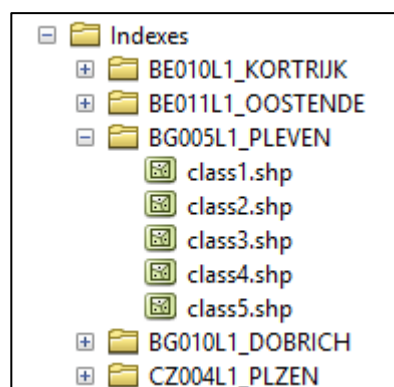
Nástroj pro výpočet indexů vyžaduje dvě vstupní vrstvy. První vstupní vrstvou je šablona sektorů a druhou sledovaná třída, ze které chceme plošný index vypočítat. Šablony sektorů byly vytvořeny v předchozím kroku čili bylo třeba získat vrstvu vybraných tříd pro každé město (viz. Kapitola 4.1.3). Vzhledem k případným opravám nebo opakovaným výpočtům bylo rozhodnuto každou vybranou třídu exportovat z původní zdrojové vrstvy Urban Atlas a uložit do vlastní složky pojmenované podle názvu třídy. Jednotlivé soubory exportovaných tříd byly následně pojmenovány podle města, do kterého náleží.



Obr. 4.9 Složky obsahující exportované soubory .shp jednotlivých tříd za každé město spolu se souborem SQL dotazů, pomocí kterých, byly vybrány

Každá třída byla vybrána pomocí SQL dotazu a následně exportována jako soubor .shp. Jednotlivé SQL dotazy byly uloženy samostatně jako .exp soubory pro urychlení práce a případné zamezení chyb.

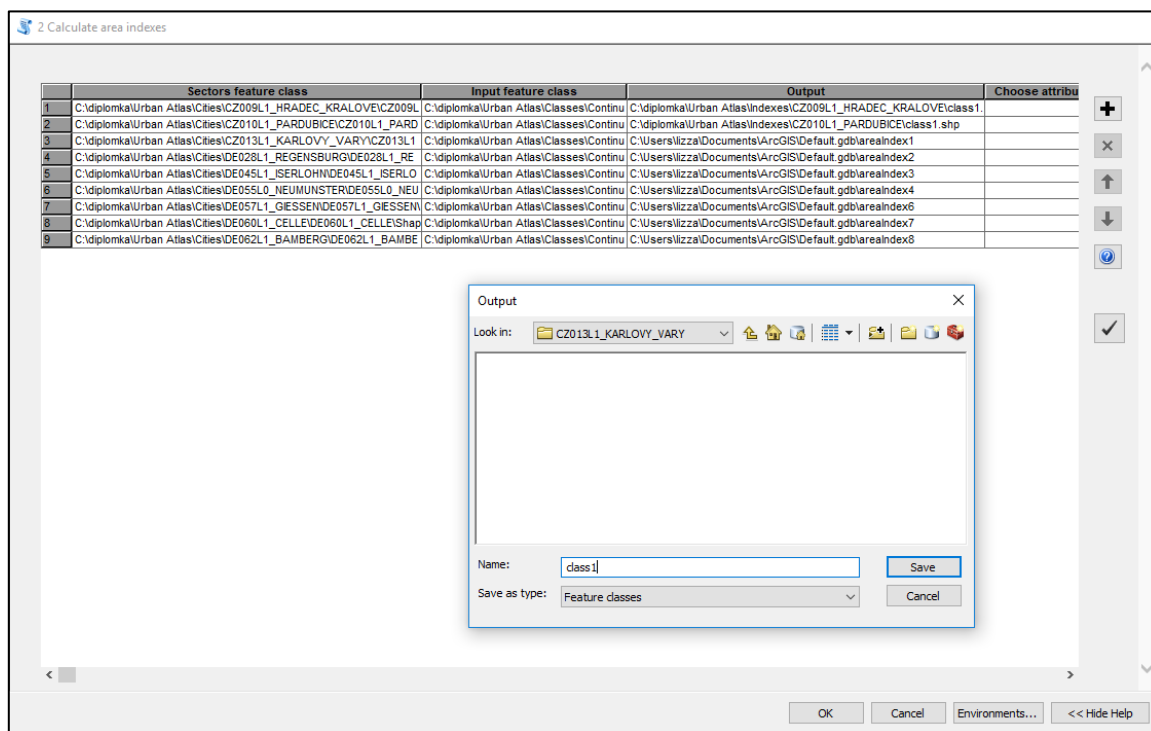
Posledním krokem byl samotný výpočet plošných indexů pomocí výše zmíněného nástroje. Výsledné soubory s vypočtenými plošnými indexy byly následně uloženy do složek podle jména města a s názvy tříd class1 až class5 podle pořadí na obr. 4.9.



Obr. 4.10 Struktura uložení souborů .shp jednotlivých plošných indexů pro každé město

Proces výpočtu plošných indexů probíhal hromadně pomocí „batch“ funkcionality, která umožňuje vypočítat více plošných indexů najednou. Pro praktičnost byly indexy

počítány ve skupinách ne větších než 20 pro případ nestability ArcGIS a následné ztrátě dat.



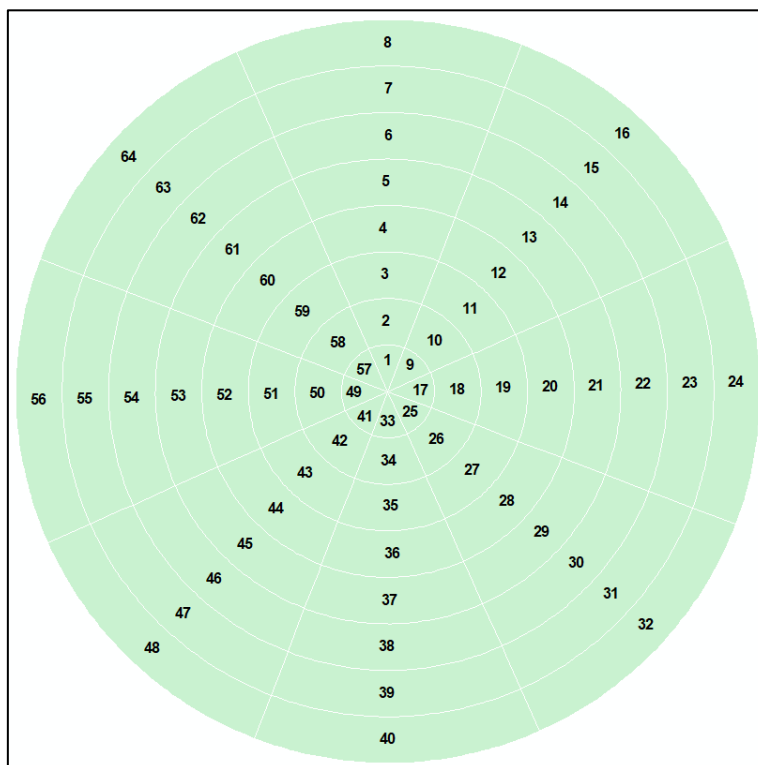
Obr. 4.11 Rozhraní batch processingu nástroje Calculate area indexes s vyplněnými parametry

4.4 Statistické zpracování dat

Veškeré předchozí kapitoly pojednávaly o zpracování dat v prostředí softwaru ArcGIS. Následující kapitoly popisují zpracování vypočtených plošných indexů prostřednictvím statistických softwarů. Data byla v první řadě třeba uzpůsobit do takové podoby, aby byla lépe zpracovatelná a přehledná nezávisle na nutnosti nahlížet do zdrojových .shp souborů. Tohoto bylo docíleno pomocí konverze tabulkových dat obsažených v souborech .shp do souborů .csv pomocí nástroje R Studio.

4.4.1 Úprava dat do tabulkové podoby

Prvním krokem ve fázi úpravy dat do tabulkové podoby bylo zajistit, aby všech 64 indexů v rámci každého samostatného souboru .shp byly ve stejném pořadí v závislosti na jejich prostorovém umístění. Při tvorbě šablony kruhových sektorů ArcGIS automaticky přiřadí FID (feature id) každému atributovému záznamu. Tyto ID jsou však bohužel při tvorbě každé nové šablony v jiném pořadí. Bylo tedy třeba vytvořit nový ID atribut v každé šabloně sektorů a ručně nastavit jeho hodnotu podle jednotného pravidla na základě polohy. Jednotlivým sektorům byly přiřazeny hodnoty nového atributu pos_id (position id) od 1 do 64 vzestupně směrem od středu k okrajům a po směru hodinových ručiček počínaje výsečí směřující na sever.



Obr. 4.12 Jednotné číslování pořadí sektorů pomocí nového atributu *pos_id*

Po zajištění jednotného pořadí hodnot indexů pro jednotlivé sektory bylo možno přistoupit k importu vypočtených indexů do softwaru R Studio (dále jen R). Pro import prostorových dat do prostředí R bylo využito knihovny Simple Features, která umožňuje import dat s prostorovým aspektem. Import jednotlivých souborů a jejich seřazení podle atributu *pos_id* byl proveden pomocí následujícího příkazu:

```
1 ##loadig data from shapefile trough "simple feature" function
2 ## sort ascending by position id
3
4 kortrijk <- read_sf("./BE010L1_KORTRIJK/class5.shp")
5 kortrijk <- kortrijk[order(kortrijk$pos_id),]
```

Obr. 4.13 Příkaz pro import vypočtených indexů třídy Road and rail network and associated land pro město Kortrijk (Belgie)

Následně byl vytvořen data frame kombinující data všech měst do jednotného celku. Tento data frame byl následně transponován a exportován v podobě .csv souboru pro další zpracování.

```
206 #creating combined data frame of all cities
207
208 corr_class5 <- data.frame(Almeria$area_index,Amiens$area_index,Annecy$area_index,
```

Obr. 4.14. Část příkazu, který kombinuje data všech měst do společného data framu

```
244 ##transponing dataset for export to csv
245 class5 <- t(corr_class5)
246 write.csv(class5, "c:/diplomka/Urban Atlas/Statistics/indexy_class5.csv")
```

Obr. 4.15 Příkaz pro transponování a exportování datasetu do .csv souboru

4.4.2 Podobnost

Cílem této části práce bylo prozkoumat vzniklá data. Jako hlavní nástroj pro splnění této úlohy byl zvolen software R Studio. Priorita byla kladena na zjištění podobností mezi jednotlivými městy na základě jejich vypočtených indexů. K tomuto účelu byla zvolena metoda korelace a vizualizace pomocí correlation heatmap.

Korelační hodnoty byly vypočteny vždy pro každou třídu zvlášť. Cílem bylo zjistit, zda se mezi městy nachází jakékoliv významné korelace a případně v rozmezí jakých hodnot se pohybují.

V první řadě byly vypočteny matice p-hodnot s hraniční hodnotou stanovenou na 0.05 pro zjištění významnosti potenciálních korelací. V případě tříd *Green urban areas & Sports and leisure facilities* a *Industrial, commercial, public, military, private units* vycházely p-hodnoty převážně jako nedostatečně významné čili menší než 0.05

Pro všechny třídy byly vypočteny a vizualizovány korelační matice všech měst za pomoci knihovny *ggcorrplot*. Korelační koeficienty, jejichž p-hodnota nebyla dostatečně významná, byly z vizualizace korelační matice vynechány a jejich korespondující políčko je na vizualizaci matice vyobrazeno v bílé barvě. Na vizualizaci korelační matice byla aplikována metoda hierarchického shlukování, díky které jsou částečně patrné shluky, která jednotlivá města vytvářejí.

Podrobněji se shlukové analýze věnují nadcházející kapitoly. Výsledné vizualizace korelační matice posloužily jako jeden ze zdrojů pro závěrečná porovnání a interpretace měst. Všechny vizualizované korelační matice byly exportovány a jsou součástí příloh této práce (Příloha 1 – Vystupni_Data/Rstudio/korelacni_matice_png) .

```
248 ##creating correlation matrix
249 corrmat1 <- cor(corr_class5)
250
251 ##calculating p-values
252 p.mat_class5 <- cor_pmat(corr_class5)
253
254 ##creating correlation plot
255 ggcorrplot(corrmat1, p.mat = p.mat_class5, hc.order = TRUE, insig = "blank", outline.col = "white")
```

Obr. 4.16 Příkazy pro výpočet korelační matice pro třídu *Road and rail network and associated land* a její vizualizaci za využití metody hierarchického shlukování

4.5 Shluková analýza

Primárním metodou pro zjištění podobnosti a porovnání měst byl metoda shlukování. Konkrétně bylo využito hierarchického shlukování s různými nastaveními a parametry. Tato metoda umožňuje z velkého počtu dat zjistit podobnosti mezi městy a zařadit je stejných skupin. Pomáhá tak určit, na jaké konkrétní prvky se zaměřit při zjišťování podobností a výsledné interpretaci výsledků. V této práci bylo využito několik rozdílných způsobů shlukování v různých softwarech.

4.5.1 R Studio

Prvním softwarem, kde byla na výsledné indexy aplikována metoda shlukování byl software R Studio. Zde již probíhala korelační analýza v předchozí fázi a bylo tedy jednoduché pokračovat a navázat metodou shlukování.

Pro výpočet podobností mezi hodnotami indexů byla zvolena metoda euklidovských vzdáleností, která se používá při operacích s vektory o stejném počtu prvků, v tomto případě se jedná o 100 vektorů měst každé s 64 prvky (indexy). Jako metoda hierarchického shlukování byla vybrána Wardova metoda, která vychází z analýzy rozptylu.

```
258 ##calculating distances
259 dd <- dist(scale(corr_class5), method = "euclidean")
260
261 ## calculating hierarchical clustering
262 hc <- hclust(dd, method = "ward.D2")
```

Obr. 4.17 Příkaz pro výpočet euklidovských vzdáleností a provedení hierarchického shlukování pomocí Wardovy metody

Výsledky hierarchického shlukování byly vizualizovány pomocí dendrogramu. Exportované dendrogramy jsou součástí příloh.

(Příloha 1 – Vystupni_data/RStudio/dendrogramy)

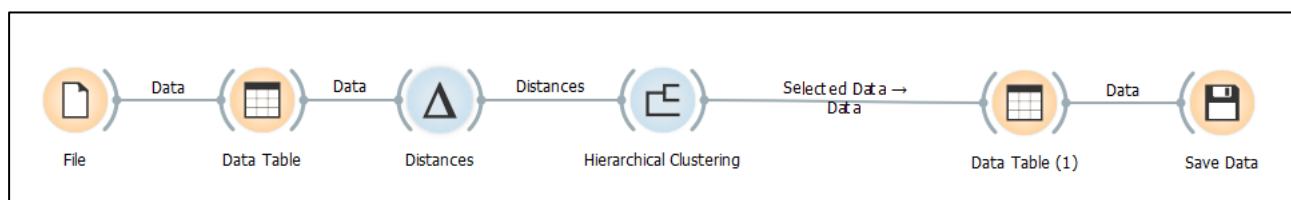
4.5.2 Orange

Dalším softwarem, který byl využit k realizaci shlukové analýzy byl Orange. Jedná se o volně dostupný software s velmi přívětivým uživatelským rozhraním, který umožňuje provádět analýzy pomocí interaktivních workflow modelů, kde lze velmi jednoduše manipulovat s daty a parametry. Tento software byl vybrán, protože poskytuje velmi názorné vizualizace výsledných shluků a umožňuje výsledky shlukových analýz jednoduše exportovat v tabulkové i vizuální formě.

Na rozdíl od postupu aplikovaném v softwaru R, zde byla pro zjištění podobností mezi hodnotami využita metoda kosinových vzdáleností, která se doporučuje, pokud se pracuje s velkým množstvím numerických dat, v tomto případě 64 indexů pro každé ze 100 měst. Pro hierarchické shlukování byla opět využita Wardova metoda

Na následujícím obrázku je zachycen workflow modely vytvořen za účelem provedení hierarchického shlukování. Zleva doprava je postup následující:

1. **File** – Nahrání/import dat obsahující vypočtené indexy pro všechna města
2. **Data Table** – Náhled dat (umožňuje interaktivní výběr záznamů vstupujících do analýzy)
3. **Distances** – Výpočet vzdáleností (možnost volby metody výpočtu – zde zvolena metoda cosinových vzdáleností)
4. **Hierarchical clustering** – Proces hierarchického shlukování s interaktivním nastavením (shlukovací hladina – 10, metoda – zvolena Wardova metoda)
5. **Data Table (1)** – náhled na výsledná data s každou entitou (městem) náležející do jednoho ze shluků
6. **Save Data** – export výsledků do tabulkové podoby (.csv soubor)

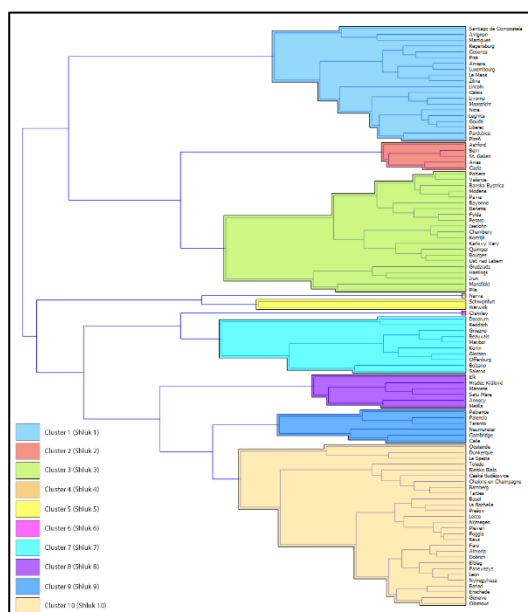


Obr. 4.18 Workflow model v softwaru Orange

Výsledky shlukování pro každou třídu byly exportovány v podobě .csv tabulky a výsledné dendrogramy byly uloženy jako soubory .png, všechny tyto soubory jsou součástí příloh. (Příloha 1 – Vystupni_data/Orange)

Software Orange byl vybrán jako primární zdroj výsledků pro konečnou interpretaci. Důvodem volby právě tohoto softwaru byly výsledky shlukovací analýzy, kde vzniklé shluky byly lépe patrné a identifikovatelné než u výstupů softwaru R Studio nebo SimUrb.

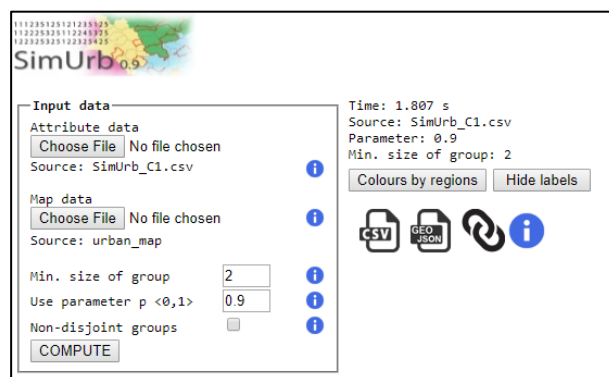
Přívětivost uživatelského rozhraní, možnosti nastavení a schopnosti vizualizace umožňují lepší prezentaci dosažených výsledků hierarchického shlukování. Vizualizace v rámci výsledných shluků v rozhraní softwaru Orange umožňuje určitou úroveň interaktivity, jako například změna počtu výsledných shluků, jejich zvýraznění nebo i kompletní změnu shlukovací metody.



Obr. 4.19 Zmenšenina vizualizace výsledků shlukování na dendrogramu pro třídu Continuous urban fabric (originál součástí příloh)

4.5.3 SimUrb

Pro porovnání výsledků z předchozích dvou softwarů byla shluková analýza provedena také v online nástroji SimUrb vytvořeném v rámci disertační práce Jitky Doležalové, *Teorie grafů při vyhodnocování časoprostorových dat*, 2018. Tento nástroj funguje na principu teorie grafů, a je dostupný na adrese eyetracking.upol.cz/simurb a umožňuje určit míru podobnosti objektů a zařadit je do společných skupin (Doležalová, 2018)



Obr. 4.20 Nastavení parametrů v online rozhraní nástroje SimUrb

Výstupy z tohoto nástroje poskytují odlišné shluky měst než metody využitě v předchozích softwarech. Výsledky v podobě .csv souborů obsahující informace o náležitosti měst do jednotlivých shluků jsou součástí příloh. (Příloha 1 – Vystupni_data/SimUrb/shluky_csv)

Pro provedení výpočtu, nástroj SimUrb vyžaduje specificky formátovaný .csv soubor, který obsahuje zkoumané objekty s jejich atributy a rozpětím hodnot, kterých mohou parametry zkoumaných objektů dosáhnout. Dalším parametrem vyžadovaným ve vstupním .csv souboru je hodnota váhy (weight), která umožňuje nastavení významnosti konkrétních atributů.

Nástroj hledá vzájemně si podobné skupiny objektů, které jsou si podobné podle definovaných atributů. Určení míry podobnosti mezi objekty vychází z metody euklidovské vzdálenosti.

Vzhledem k charakteru dat plošných indexů pro všechna města (viz. obr. 4.21), nebylo možné využít nastavení vah jednotlivých parametrů. Váhu atributu je možné nastavit pouze pro všechny objekty zároveň. Zkoumanými objekty byla v tomto případě jednotlivá města, a jejich atributy byly kruhové sektory (celkem 64 sektorů pro každé město) nesoucí hodnotu plošného indexu. Rozpětí plošného indexu je 0 až 100, jelikož se jedná o podíl plochy třídy a celkové plochy sektoru.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ID	NAME	V1	V2	V3	V4	V5	V6
2	weight		1	1	1	1	1	1
3	min		0	0	0	0	0	0
4	max		100	100	100	100	100	100
5	1	Almeria	28,776264	45,001972	39,979159	7,458494	6,854341	7,591867
6	2	Amiens	37,117383	26,907416	20,741285	1,317192	0,000000	0,000000
7	3	Annecy	26,362102	41,025046	49,989176	19,240985	2,164504	2,363122
8	4	Arras	71,728567	22,487958	5,863086	0,000000	0,000000	0,000000
9	5	Ashford	66,658096	5,043558	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
10	6	Avignon	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Obr. 4.21 Náhled vstupního .csv souboru, sloupce V1 až V64 (na obrázku pouze V6) zastupují sektory s vypočtenými indexy

Výstupem tohoto nástroje je .csv soubor obsahující především matici hodnot euklidovské vzdálenosti pro všechny dvojice měst, matici Adjacency matrix, která závisí na hodnotě parametru p značící míru hraniční podobnosti a v neposlední řadě výsledné skupiny podobných objektů.

317	Similarity groups		
318	1	31	Faro
319	1	1	Almeria
320	1	49	La Spezia
321	1	23	Cosenza
322	1	9	Barlad
323	1	77	Pavia
324	1	13	Beauvais
325	1	83	Poitiers
326	1	89	Salerno
327	1	94	Taranto

Regions
Similar groups (12/60)
28
Faro (31)
Almeria (1)
La Spezia (49)
Cosenza (23)
Barlad (9)
Pavia (77)
Beauvais (13)
Poitiers (83)
Salerno (89)
Taranto (94)

Obr 4.22 Ukázka výsledných skupin podobných měst, .csv soubor (vlevo), webové rozhraní (vpravo)

4.6 Vizualizace

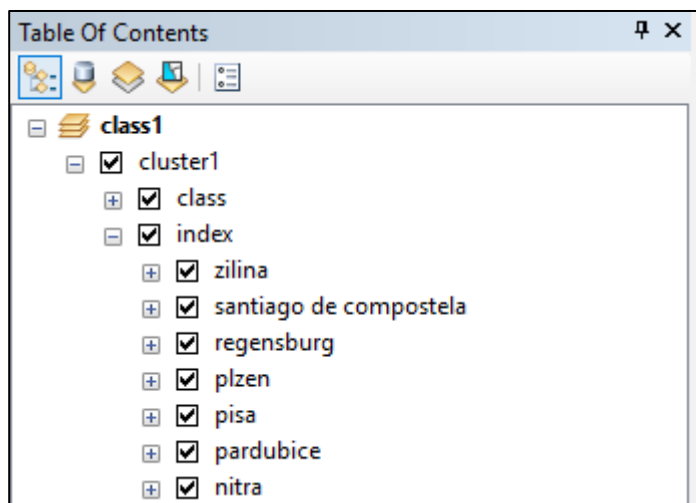
Jako hlavní výstup práce byly vytvořeny vizualizace všech vypočtených indexů pro všechny vybrané třídy v rámci všech vybraných měst. Tato vizualizace následně posloužila jako jeden z dalších zdrojů informací ke konečné interpretaci výsledků a porovnání jednotlivých měst. Vzhledem k celkovému objemu dat bylo k interpretaci vybráno pouze několik příkladů z každé třídy. V následujících kapitolách je popsána metodika, pomocí které byla provedena vizualizace vypočtených indexů a také vlastní interpretace dosažených výsledků.

4.6.1 ArcGIS

Z důvodu celkového objemu výsledných dat, čítajících 500 .shp souborů, bylo přistoupeno k metodě vizualizace prostřednictvím projektů .mxd v prostředí ArcGIS. Tento způsob vizualizace poskytuje výhody, které by nebyly prakticky dosažitelné v případě využití jiného způsobu zobrazení výsledků. Hlavní výhodou, je možnost strukturování jednotlivých vrstev do skupin podle náležitosti k jednotlivým shlukům, ale také zachování interaktivity a možnosti uživatele nahlédnout do konkrétních hodnot každého města pomocí atributové tabulky.

Pro každou z pěti zpracovaných tříd byl vytvořen .mxd soubor s náležitě strukturovanou tabulkou obsahu (Table of Contents) podle náležitosti měst do jednotlivých shluků.

Jednotlivé vrstvy byly strukturovány podle výsledků shlukování provedeného v softwaru Orange, který poskytoval nejpřívětivější možnosti manipulace s daty. Struktura každého projektu vypadá následovně: Hlavní skupiny pojmenované *cluster1* až *cluster10* představují výsledné shluky, každá tato skupina následně obsahuje další dvě podskupiny, jimiž jsou skupina *class*, obsahující zdrojová data Urban Atlasu náležející třídy a skupina *index*, obsahující šablonu sektorů s vypočtenými indexy. Každá jednotlivá vrstva je pojmenována podle názvu města.

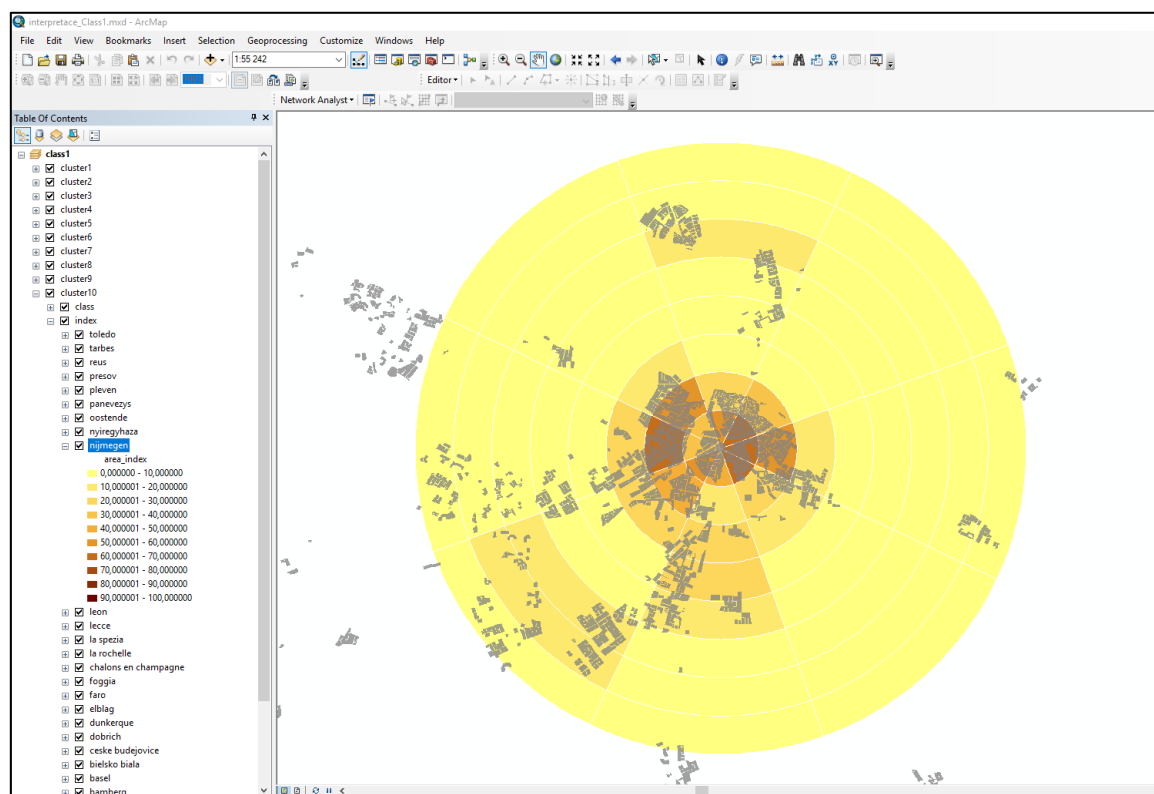


Obr. 4.23 Struktura vrstev v .mxd projektu pro třídu Continuous urban fabric

4.6.2 Parametry vizualizace

Pro možnost porovnání veškerých indexů mezi sebou bylo přistoupeno k vizualizaci pomocí jednotné kvantitativní stupnice. Hodnota plošných indexů je svou povahou relativní čili dosahuje pouze hodnot v rozmezí 0-100 (%). Z tohoto důvodu byla vytvořena stupnice o 10 intervalech, každý po 10 %. Díky volbě jednotné stupnice pro celou třídu, je možné vizuálně porovnat výsledky jednotlivých měst mezi sebou. Tohoto by nebylo možné dosáhnout v případě využití individuálních stupnic pro každé město, byť se jedná a kartograficky nejsprávnější postup. Nevýhodou využití jednotné stupnice je, že některé výsledné oblasti určité intervaly vůbec neobsahují, je tedy třeba nahlížet na všechna města jako jeden celek. Pro každou z pěti stupnic byla využita rozdílná barevná stupnice pro účely jednoznačného odlišení vizualizací jednotlivých tříd.

Zdrojová data jednotlivých tříd Urban Atlasu, ze kterých byly plošné indexy vypočítány, slouží ve vizualizaci jako podkladová data pro lepší přehled o reálných plochách na pozadí vypočtených hodnot. Všechny projekty jsou v souřadnicovém systému EPSG:3035, což je zdrojový s.s. dat Urban Atlasu a používá se pro plochojevné zobrazení evropského kontinentu.



Obr. 4.24 Vizualizace vypočtených indexů v prostředí ArcGIS (Nijmegen – 1.1 Continuous urban fabric).

5 INTERPRETACE VÝSLEDKŮ PODOBNOSTÍ

Hlavním cílem této práce bylo porovnat urbánní plochy jednotlivých měst Urban Atlasu za pomoci nástroje *Area Indexes From Circular Sectors*. V předchozích kapitolách byl popsán pracovní postup od výběrů dat přes zpracování a výpočet indexů až po vizualizaci. Tato kapitola se zaměřuje na primární výsledek práce čímž je samotné porovnání urbánních ploch jednotlivých měst na základě vypočtených indexů a výsledků shlukových analýz.

Do procesu interpretace výsledků vstupovaly informace získané z předchozích dílčích částí práce, a to především z vizualizace vypočtených indexů, hodnot korelačních koeficientů a v neposlední řadě také výsledků hierarchického shlukování. Kromě zmíněných dílčích výsledků vstupovaly do interpretace také informace získané z leteckých a družicových snímků dostupných na Google Maps nebo z dat OpenStreetMap. Samotná interpretace probíhala formou výběru zástupců měst z významných shluků každé třídy a definování jejich společných charakteristik.

Následující podkapitoly jsou strukturovány podle jednotlivých tříd zpracovaných pro každé město a závěrečná podkapitola se zabývá obecnou podobností měst v rámci všech tříd. V rámci každé třídy byly vybrány příklady z nejvýznamnějších shluků, u kterých bylo provedeno porovnání. Cílem této interpretace bylo vyhodnotit podobnost měst, poskytnout stručný kontext co se týče historického vývoje těchto měst, ale také vůbec otestovat vhodnost této metodiky a zda poskytuje důvěryhodné výsledky.

5.1 Continuous urban fabric

Urban atlas tuto třídu definuje jako plochy s úrovní soil sealing větší než 80 % na jejichž území se nachází budovy s převážně rezidenční funkcí. Zjednodušeně se dá mluvit o třídě městské zástavby charakteristickou bytovými a činžovnými domy v souvislých blocích. Toto napovídá, že se převážně jedná o třídu nacházející se v blízkosti centra, případně rozvinutá sídliště v okrajových částech města. Dá se předpokládat, že tato třída má velmi významné zastoupení v rámci většiny evropských měst, jelikož tento typ zástavby hraje zásadní roli při tvorbě vnitřní struktury města.



Obr. 5.1 Typický příklad třídy Continuous urban fabric (vlevo: Istanbul – Turecko, vpravo: Athény – Řecko, zdroj: land.copernicus.eu)

5.1.1 Cluster 1

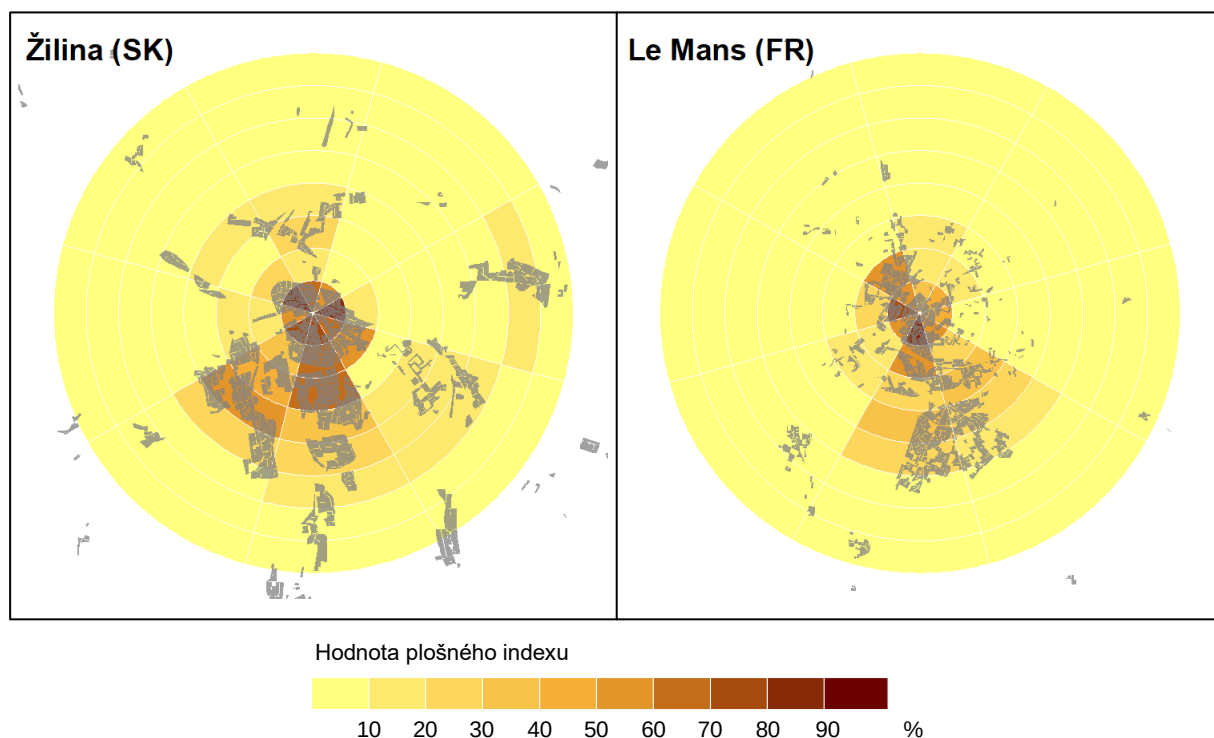
První shluk třídy Continuous urban fabric obsahuje několik podskupin vzájemně si podobných měst. Tyto skupiny byly vybrány jako příklad k interpretaci, protože jsou si vizuálně podobné a navozují dojem podobné struktury. Charakteristickým jevem v tomto shluku je větší podíl třídy Continuous urban fabric v jižních částech města oproti severním. Doplnující informace o historickém vývoji měst byly získány z oficiálních webů měst, turistických portálů nebo případně z online encyklopedie Britannica (viz .Použitá literatura a informační zdroje).

Žilina – Le Mans

Obě tato města se těší bohaté, avšak rozdílné historii. První zmínky o městě Žilina nacházejícím se na severu Slovenska sahají do 12. století, kdy se zde nacházela slovanská osada. Největší rozvoj tohoto města začal v 18. století v průběhu průmyslové revoluce, kdy bylo město napojeno na železniční síť, která umožnila rychlejší rozvoj.

Le Mans, nacházející se na severozápadě Francie, je proslulé svými vytrvalostními automobilovými závody. Počátky tohoto města až sahají do období římské říše, kdy se zde nacházelo město Vindinium, ze kterého se částečně zachovalo i původní opevnění. Stejně jako Žilina, město zaznamenalo významný rozvoj v průběhu průmyslové revoluce v 18. století, kdy bylo napojeno na železniční síť.

Výsledky korelační analýzy těchto dvou měst naznačující významnou podobnost, která je nadále potvrzena také výsledky hierarchického shlukování. Hodnota korelace zde dosahuje 0,81, což vypovídá o významné podobnosti obou měst v rámci této třídy.



Obr. 5.2 Vizualizace hodnot indexů pro města Žilina a Le mans

Výsledky vizualizace taktéž potvrzují podobnost těchto měst. Obě města jsou charakteristická vysokým podílem třídy Continuous urban fabric okolo center a následně pak jejich vývojem směrem do jižní části města.

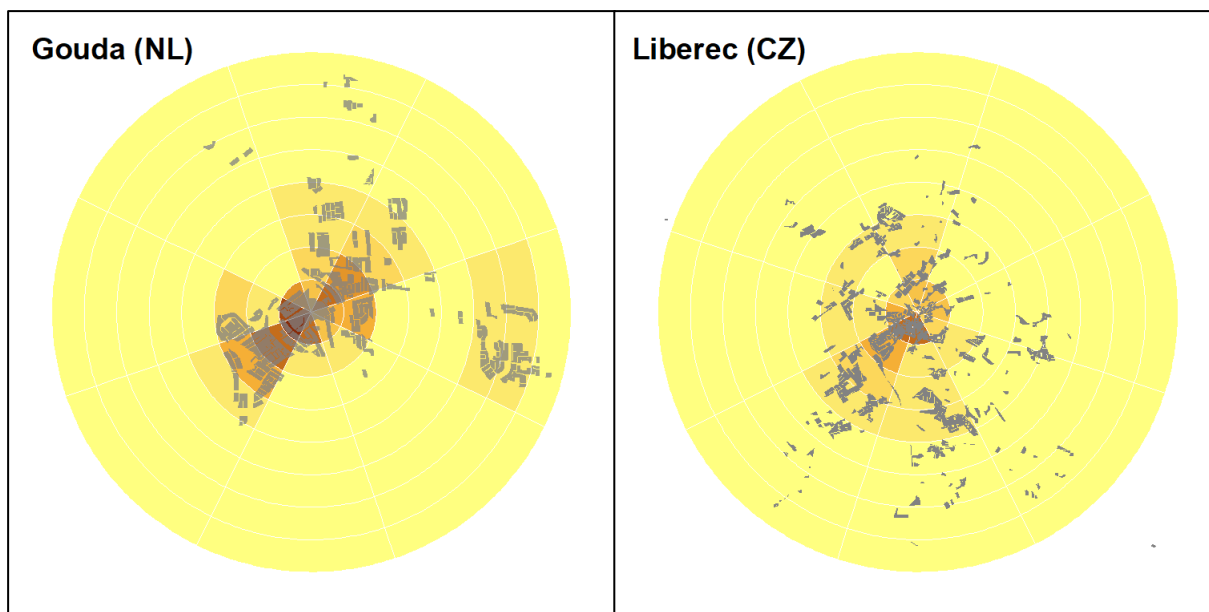
Tato města i přes jejich rozdílnou zeměpisnou polohu, rozlohu, historický vývoj a další faktory, vykazují jisté známky podobnosti jednoznačně patrné z výsledků korelační analýzy a vizualizace plošných indexů.

Gouda – Liberec

Dalšími dvěma městy, která spadají do stejné větve shlukovacího dendrogramu, jsou města Gouda v Nizozemsku a Liberec v České republice. Obě tato města vděčí za svůj vznik své strategické pozici z hlediska dopravy.

Liberec vznikl původně jako osada ve 13. století u brodu přes Harcovský potok, nacházející se v současnosti v okrajové části na západě města. Primární funkcí tohoto osídlení bylo poskytnout nocleh a odpočinek lidem cestujícím přes Ještědský hřeben. Město Gouda, které svoje počátky datuje do 11. století, vzniklo jako přístavní město na řece Rýn, se kterým bylo spojeno kanálem a přes řeku Másu. Z hlediska historického vývoje zde tedy není patrná významná podobnost. Rozdílné jsou také fyzicko-geografické podmínky z hlediska vertikální členitosti povrchu ve kterých se města nachází. Liberec leží na úpatí Jizerských hor, zatímco město Gouda se nachází v typických Nizozemských rovinách.

Hodnota korelace však mezi těmito dvěma městy je 0,86, což naznačuje poměrné významnou podobnost, co se týče hodnot vypočtených indexů obou měst. Z vizualizace je patrná podobnost okolo centra a také náznak vývoje sledované třídy v jižním až jihozápadním směru, čímž je tento shluk jako celek typický.



Obr. 5.3 Vizualizace hodnot indexů pro města Gouda a Liberec

5.1.2 Cluster 2

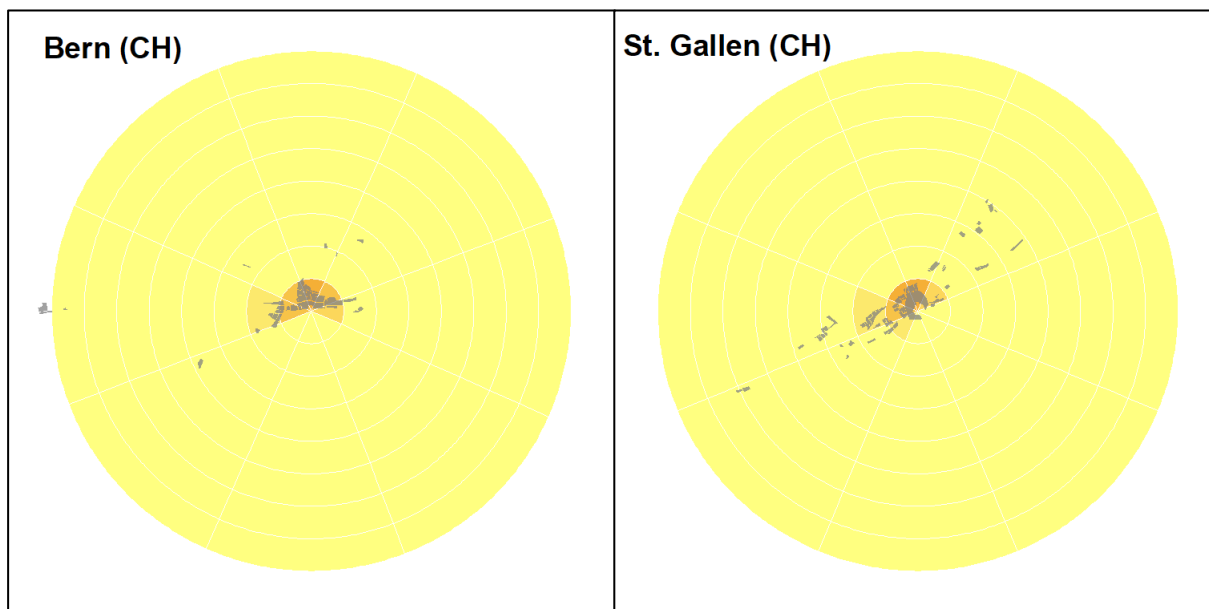
Shluk číslo 2 obsahuje pouze 5 měst. Tyto města jsou typická celkově velmi nízkým zastoupením třídy Continuous urban fabric. Charakteristické je pro ně koncentrace sledované třídy okolo centra, a to převážně v jeho severní až severozápadní části. Města v tomto shluku vykazují velmi významnou podobnost jak ve výsledcích korelačního koeficientu, tak i ve vizualizacích.

Bern – St. Gallen

Obě tato města nacházející se ve Švýcarsku jsou typickým příkladem měst shluku číslo 2. Zastoupení třídy Continuous urban fabric je zde velmi nízké a v obou městech se tato třída vyskytuje především v severní části centra. Hodnota korelačního koeficientu těchto dvou měst dosahuje výšky 0,91, což svědčí o výrazné podobnosti, která je jednoznačně patrná i z vizualizace plošných indexů.

Obě města mají významné historické části. V Bernu se jedná především o čtvrt města nacházející se ve výběžku meandru řeky Aara. Tato čtvrt je typická především svými dlouhými ulicemi, které jsou lemovány historickými domy. Historické centrum města St. Gallen je situováno především v blízkosti stejnojmenné katedrály a přilehlého kláštera, které působí jako dominanty města.

Zbylá tři města nacházející se v tomtéž shluku jsou si všechna velmi podobná, což je patrné i z vizualizací. Jedná se konkrétně o města Arras (Francie), Ashford (Velká Británie) a Cádiz (Španělsko). Město Ashford jako jediné z tohoto shluku nemá dominantní historické centrum jako ostatní města, avšak jeho prostorové rozložení třídy Continuous urban fabric je totožné jako u ostatních měst.



Obr. 5.4 Vizualizace hodnot indexů pro města Bern a St. Gallen

5.1.3 Cluster 3

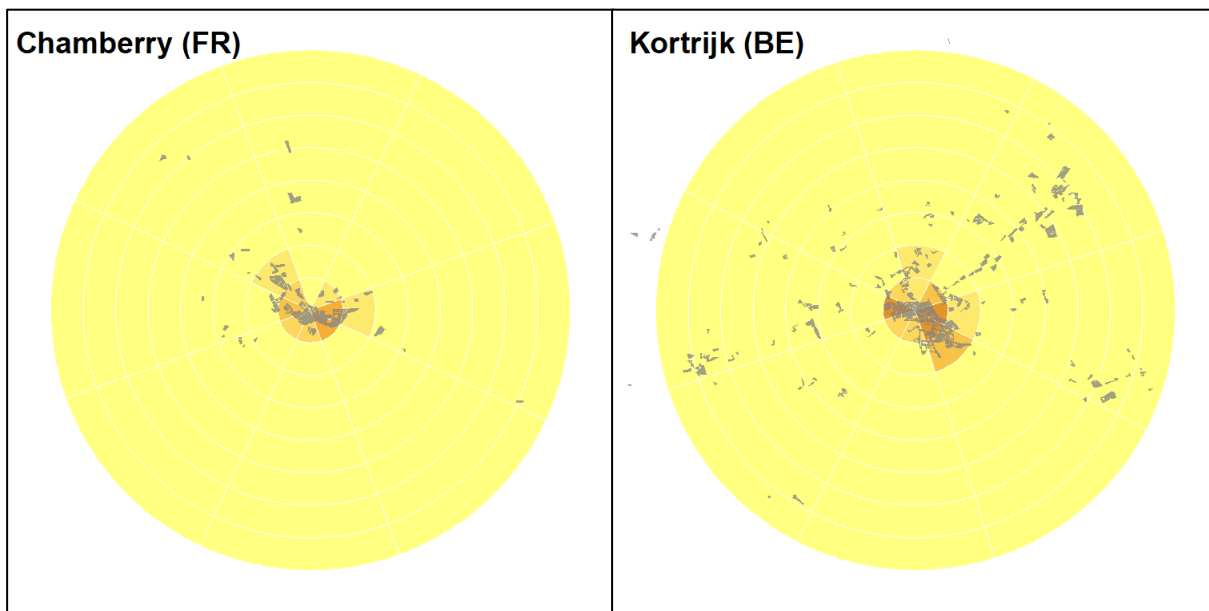
Shluk číslo 3 je jeden z obsáhlejších shluků. Obsahuje celkem 21 měst. Jedná se o města z celé řady států Evropy, jako například Francie, Belgie, Velká Británie nebo Itálie. Většina měst tohoto shluku jsou typická svým prominentním historickým centrem. Tento shluk je stejně jako předchozí shluk charakteristický svou koncentrací třídy Continuous urban fabric především v okolí centra. Rozdílem oproti předchozímu shluku je však celková vyšší koncentrace sledované třídy v okolí centra a zároveň její mírný rozvoj směrem od centra do okrajových částí.

Chamberry – Kortrijk

Města Chamberry ve Francii a Kortrijk v Belgii tvoří další z dvojic patřící do výsledných shluků. Co se týče historického vývoje, města nemají mnoho společného. Město Chamberry vzniklo v průběhu 10. století a bylo úzce spojeno s rodem Savojsů během jejich vlády v tomto regionu. Město Kortrijk datuje svoje počátky ještě dále do historie, kdy na tomto místě stálo římské osídlení Cortoriacum.

Čím jsou si města podobná je však jejich vnitřní struktura městské zástavby. Při bližším pohledu na letecké a satelitní snímky je možné vidět, že historická zástavba nacházející se především v centrech obou měst, plynule přechází v modernější zástavbu. Historická centra byla u obou těchto měst, dá se říci, asimilována a prolíná se zde s novější zástavbou.

Hodnota korelačního koeficientu těchto dvou měst je 0,89, což svědčí o významné podobnosti obou měst. Na vizualizaci je možné identifikovat vyšší koncentraci sledované třídy právě především v okolí centra, a to poměrně rovnoměrně ve všech směrech.



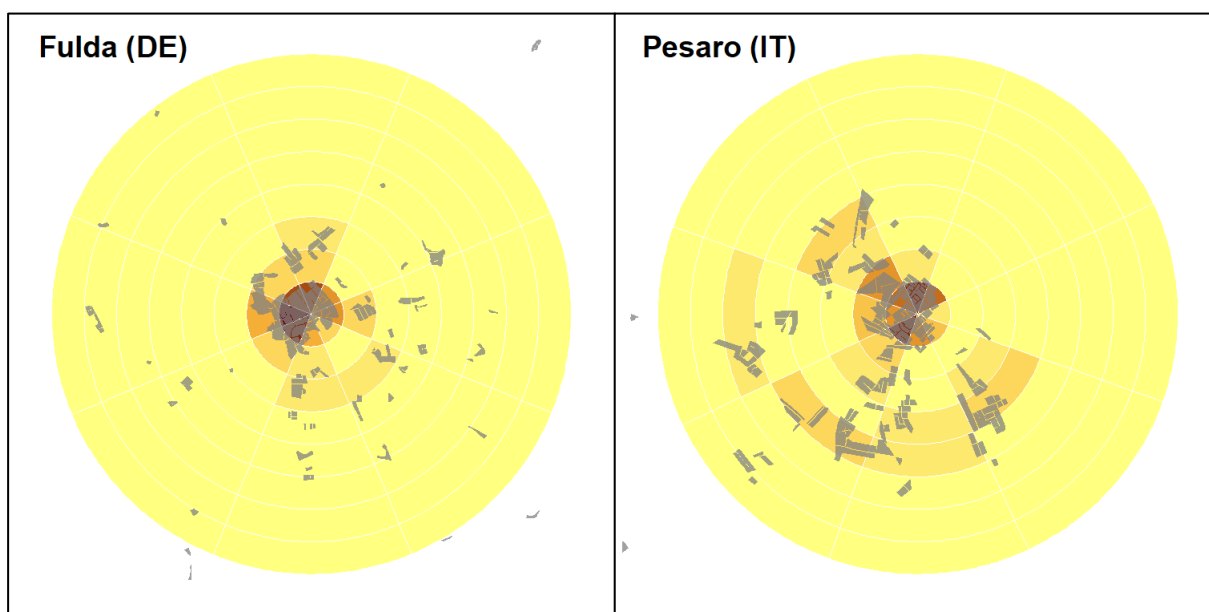
Obr. 5.5 Vizualizace hodnot indexů pro města Chamberry a Kortrijk

Fulda – Pesaro

Dalším příkladem je dvojice měst ze shluku číslo 3, Fulda v Německu a Pesaro v Itálii. Město Fulda se nachází hluboko ve vnitrozemí Německa severo-východně od Frankfurtu nad Mohanem. Italské město Pesaro je naopak turistické letovisko nacházející se na pobřeží Jaderského moře pouze několik desítek kilometrů jižně od Santa Marina.

Podobnost těchto měst na první pohled není jednoznačná, už kvůli jejich velmi odlišným fyzicko – geografickým podmínkám. Při pohledu na síť dopravní infrastruktury však vychází najevo společný faktor pro obě tato města. Oběma sídly prochází železnice, jenž je dělí na dvě části. V jedné části se nachází historické centrum společně s CBD a v druhé převažuje především průmysl a okrajová rezidenční zástavba.

O podobnosti svědčí také korelační koeficient dosahující hodnoty 0,76, což není tak vysoká hodnota jako u předchozích příkladů, ale přesto se jedná o dostatečně významný ukazatel. Podobnost je nadále potvrzena i vizualizací výsledných plošných indexů.



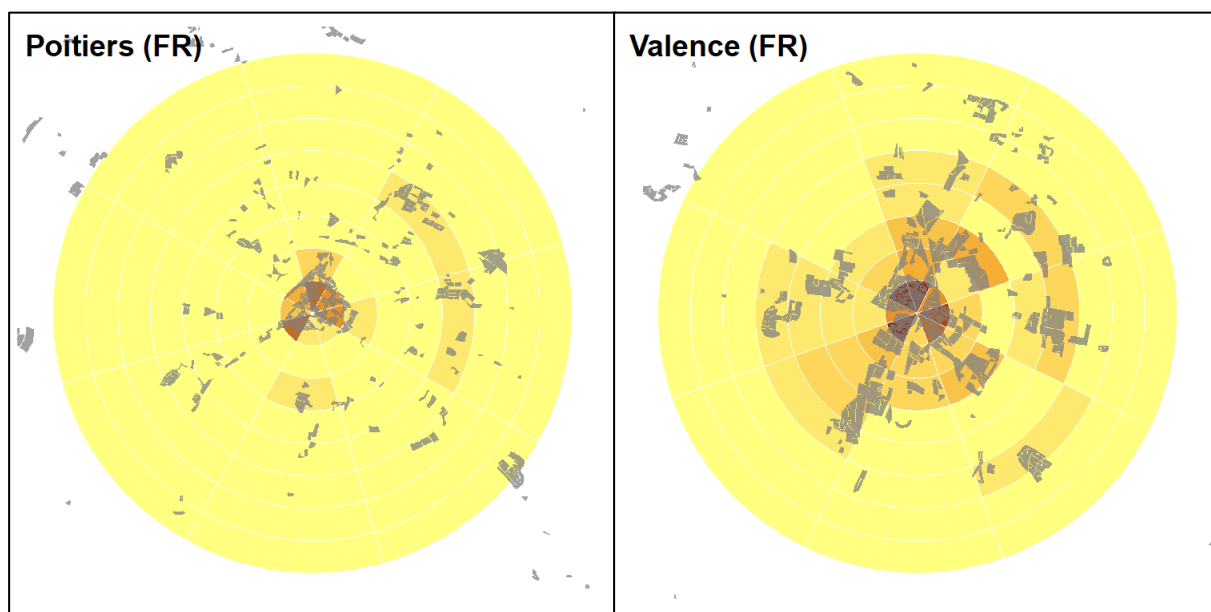
Obr. 5.6 Vizualizace hodnot indexů pro města Fulda a Pesaro

Poitiers – Valence

Francouzská města Poitiers a Valence jsou dalšími zástupci shluku číslo 3. Obě tato města vznikla na strategických místech svých respektivních regionů. V případě města Poitiers to bylo návrší mezi vodními toky Clain a Boivre, původně jako keltské opevnění, které bylo později obsazeno Římany. Město Valence vzniklo na úpatí francouzských alp na řece Rhône a již v období starověkého Říma se těšilo velké významnosti.

Obě sídla jsou charakteristická svou zachovalou historickou zástavbou jak v centru, tak i v některých okrajových částech. Podobnost těchto měst však tkví především ve vyšších hodnotách plošného indexu v blízkosti centra a jeho rovnoměrného rozložení směrem do okrajových částí.

Podobnost je nadále podpořena hodnotou korelačního koeficientu, který je 0,86. Z vizualizací je taktéž patrná podobnost obou měst, především v blízkosti centra.

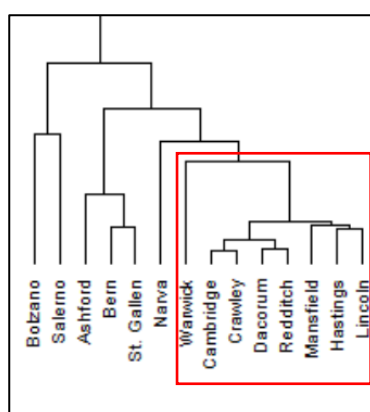


Obr. 5.7 Vizualizace hodnot indexů pro města Poitiers a Valence

5.1.4 Cluster 4 – 6

Shluky 4 až 6 obsahují dohromady pouze čtyři města. Shlukovací analýza nebyla schopna tyto města zařadit do žádného shluku, a proto je řadí samostatně jako specifické případy. Konkrétně se jednalo o města Narva v Estonsku, Schweinfurt v Německu a Warwick a Crawley ve Velké Británii.

Za zmínku zde stojí výsledky shlukování v softwaru R studio za použití euklidovských vzdáleností. Města Velké Británie včetně výše zmíněných zde vytváří jeden samostatný shluk.



Obr. 5.8 Větev dendrogramu obsahující shluk britských měst

To je pravděpodobně zapříčiněno velmi podobným charakterem britských měst o této velikosti (50 tis. – 200 tis. obyvatel). Charakteristická pro tato města jsou jedno nebo dvoupodlažní domy v úzké blízkosti mezi sebou.

Tyto domy často plní jak rezidenční funkci, tak funkci služeb. V přízemí se často nachází služby typu kadeřnictví, sázkové kanceláře, bary, obchody s potravinami, bistra a podobně. Tento fakt následně ztěžuje proces digitalizace, kdy nastane problém ve správném definování ploch. Toto má za následek, že většina britských měst má velmi malé nebo žádné zastoupení třídy Continuous urban fabric, a proto je těžké je zařadit do shluků všech ostatních měst, která tento problém nemají.

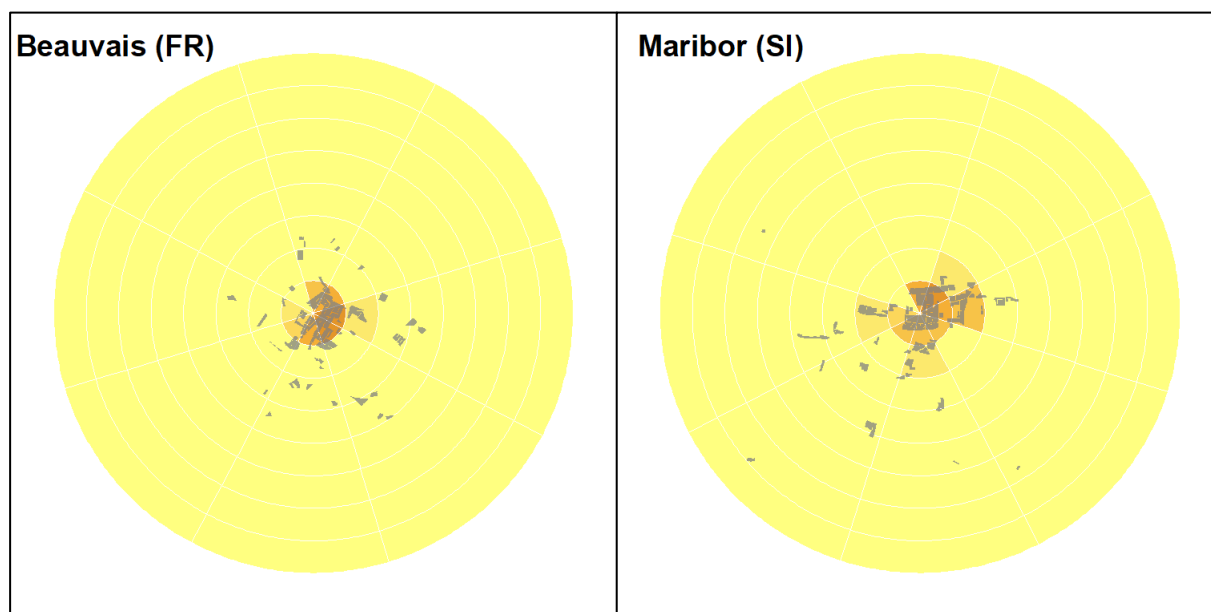
5.1.5 Cluster 7

Tento shluk obsahuje celkem 10 měst. Charakteristickým jevem tohoto shluku je vyšší koncentrace třídy Continuous urban fabric ve východních částech města oproti jeho ostatním částem.

Beauvais – Maribor

Město Beauvais ve Francii je známo svými zachovalými památkami. Za zmínku stojí především katedrála sv. Petra, která je na seznamu chráněných památek UNESCO a pyšní se nejvyšší gotickou klenbou na světě. Co se týče vnitřní struktury, je město rozdělené na centrální část s historickým centrem a CBD, na něž navazují části rezidenční zástavby a v okrajových částech především na jiho-východě oddělené železniční tratí se nachází průmyslové oblasti.

Město Maribor na Slovinsku je známo především jako studentské město díky Univerzitě Maribor. Město je současně významné turisticky, a to díky bohaté historii, lyžařským centrům nebo svému vinařství. Městem protéká řeka Dráva, která odděluje historické centrum na severním břehu od zbytku města. Na severním břehu řeky Drávy ve východní části se také nachází převážná většina průmyslu, která je od zbytku městských částí oddělena železniční tratí.



Obr. 5.9 Vizualizace hodnot indexů pro města Beauvais a Maribor

Korelační koeficient těchto dvou měst je 0,91, což značí významnou podobnost obou měst z hlediska vypočtených indexů. Podobnost obou měst nadále potvrzují i výsledky vizualizací, kde je u obou měst patrné vyšší zastoupení sledované třídy ve východních částech.

5.1.6 Cluster 8

Jeden z méně obsáhlých shluků je shluk číslo 8. Celkem se do tohoto shluku řadí 6 měst. Jejich podobnost je založena na vysokých hodnotách plošného indexu ve středových částech šablony sektorů, a to ve značně větším rozsahu než u předchozích shluků. Třída Continuous urban fabric v těchto městech tvoří velkou část celkové plochy sektorů oproti ostatním shlukům, kde se tato třída nacházela především v těsné blízkosti centra, případně se vyvíjela v jednom dominantním směru.

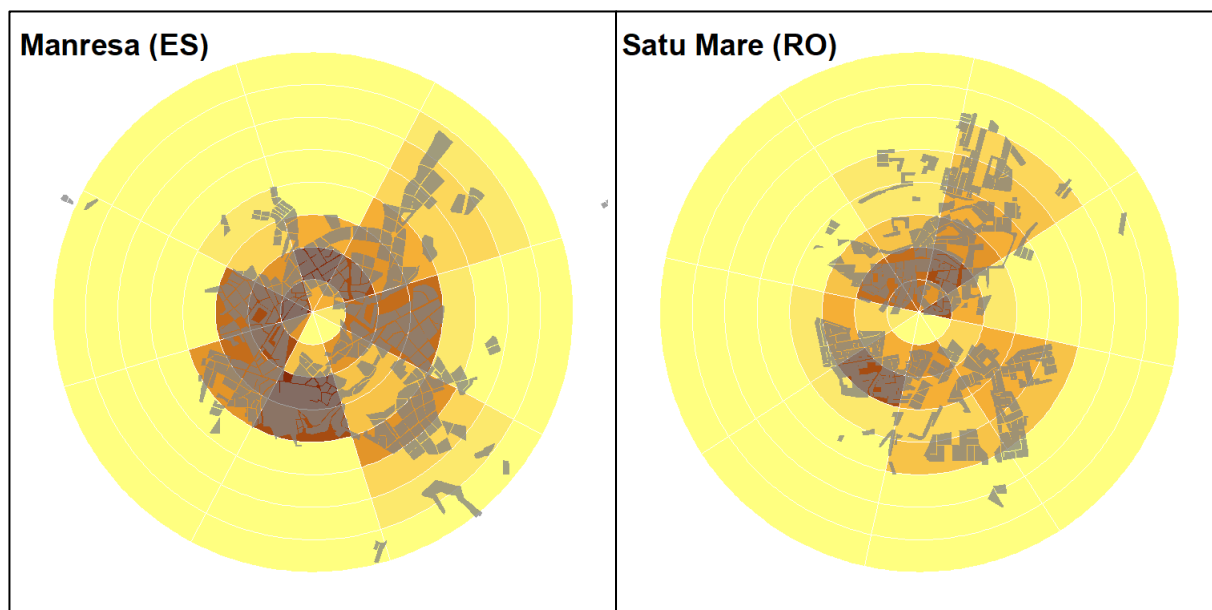
Manresa – Satu Mare

Jako příklad podobnosti měst v rámci toho shluku byla vybrána města Manresa ve Španělsku a Satu Mare v Rumunsku.

Město Manresa bylo během napoleonských válek zničeno a následně znovu vybudováno, což se značnou mírou podílelo na vývoji jeho vnitřní struktury, co se zástavby týče. Z leteckých snímků je jasně patrné historické centrum v jižní části města spolu s dominantou basilikou sv. Marie. Rezidenční zástavba má kompaktní charakter a tvoří větší část města. V okrajových částech na severovýchodě a jihovýchodě se nachází významné průmyslové oblasti.

Město Satu Mare za dobu svojí existence prošlo několikrát znovuosídlením. Důvody těchto změn obyvatelstva byly různé. Jedním z prvních byl požár, který v 17. století zničil velkou část města. Dalším obdobím nestability byla druhá světová válka, kdy bylo město získáno Maďarskem a proběhlo vysídlení židovské populace. Další změna nastala v době komunismu, kdy v roce 1970 povodeň zničila velkou část města. Po pádu komunismu v Rumunsku v 90. letech došlo k uzavírání mnoha státních podniků a velkému odsunu obyvatelstva. V dnešní době je Satu Mare rozvíjející se město s moderním průmyslem.

Podobnost těchto dvou měst spočívá ve velmi vysokém zastoupení třídy Continuous urban fabric na velké části celkové plochy šablony sektorů pro obě města. Součástí obou měst jsou významné průmyslové oblasti nacházející se především na východě v okrajových částech a odděleny buď významnou silniční komunikací nebo železniční tratí. Korelační koeficient 0,66 je podstatně nižší hodnota než u předchozích měst, která jsou si podobná, avšak z vizualizací je podobnost jednoznačně patrná.



Obr. 5.10 Vizualizace hodnot indexů pro města Manresa a Satu Mare

5.1.7 Cluster 9

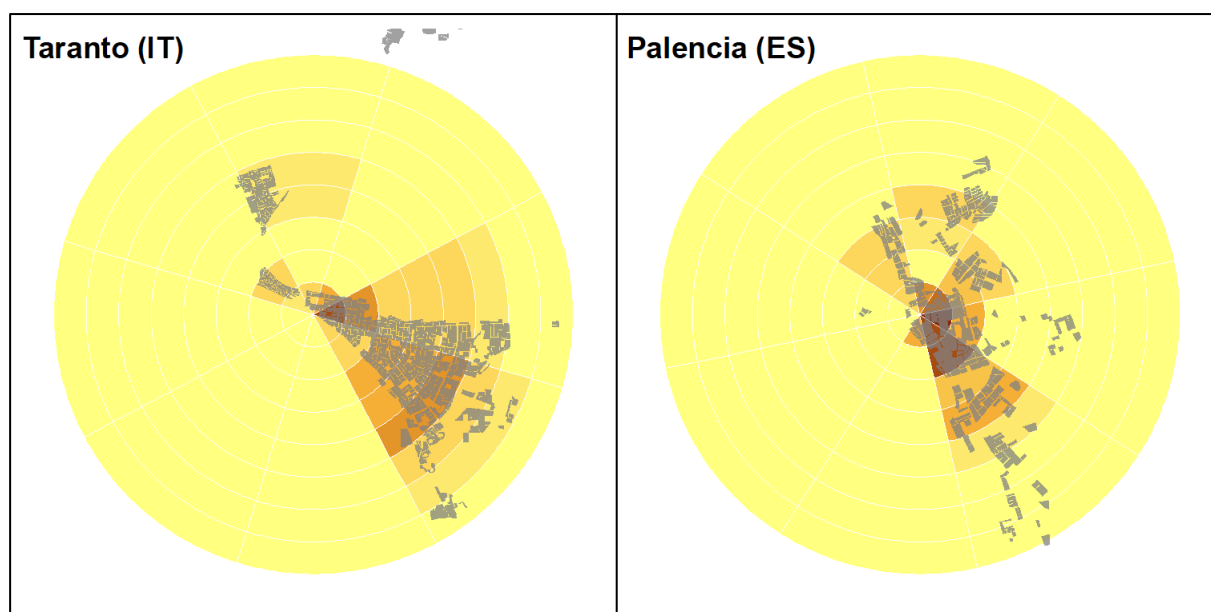
Shluk číslo 9 obsahující celkem šest měst je jedním ze zajímavějších shluků z hlediska výsledného rozložení vypočtených plošných indexů. Města tohoto shluku vytvářejí velmi rozpoznatelný vzor viditelný na vizualizacích. Tento vzor je charakteristický opět vyšší koncentrací třídy Continuous urban fabric ve středové části okolo centra, ale hlavně jeho vývoje na diagonále ve směru od severozápadu na jihovýchod, kde je koncentrace ještě vyšší.

Palencia – Taranto

Město Palencia ve Španělsku a Taranto v Itáli jsou nejtypičtějšími představiteli tohoto shluku. Palencia leží na severu Španělska v nadmořské výšce 749 m. n. m. Město bylo v minulosti po značnou dobu součástí římské říše, což se poznamenalo i na jeho struktuře. Dominantou historické části města je katedrála sv. Antolína. Město má podlouhlý charakter lemující řeku Carrion po jeho západní části. V jihovýchodní části města se nachází rozlehlá průmyslová oblast, která je od zbytku města oddělena železniční tratí a více proudovou silniční komunikací.

Taranto je přístavní město a na rozdíl od Palencie leží pouze 15. m. n. m. Rozkládá se na ústí zátoky Mare Piccolo nacházející se v zálivu Taranto, který je součástí Jónského moře. Hlavní funkcí tohoto města je působit jako vojenský a komerční přístav. V minulosti se jednalo o jedno z největších měst na světě s odhadovanou populací až 300 000 obyvatel. Město bylo založeno Sparťany v období starověkého Řecka. Z tohoto období se ovšem zachovalo jen velmi málo. Větší část města, kde se nachází rezidenční zástavba, je na jižním poloostrově, zatímco drtivá část města nacházející se na severním poloostrově je zaměřená na průmysl.

Podobnost těchto dvou měst je potvrzena i poměrně vysokou hodnotou korelačního koeficientu 0,75. Z vizualizací je možno vyčíst podobnost především díky podobnému vývoji třídy Continuous urban fabric v jihovýchodním směru.



Obr. 5.11 Vizualizace hodnot indexů pro města Taranto a Palencia

5.1.8 Cluster 10

Shluk číslo 10 je z výsledných shluků největší. Zahrnuje celkem 28 měst, což je více než čtvrtina celého datasetu. Jeho součástí jsou města států jako například Španělsko, Francie, Itálie, Německo, Polsko nebo Česká republika. Obecně se o tomto shluku dá říct, že je charakteristický městy, které obsahují největší podíl Continuous urban fabric.

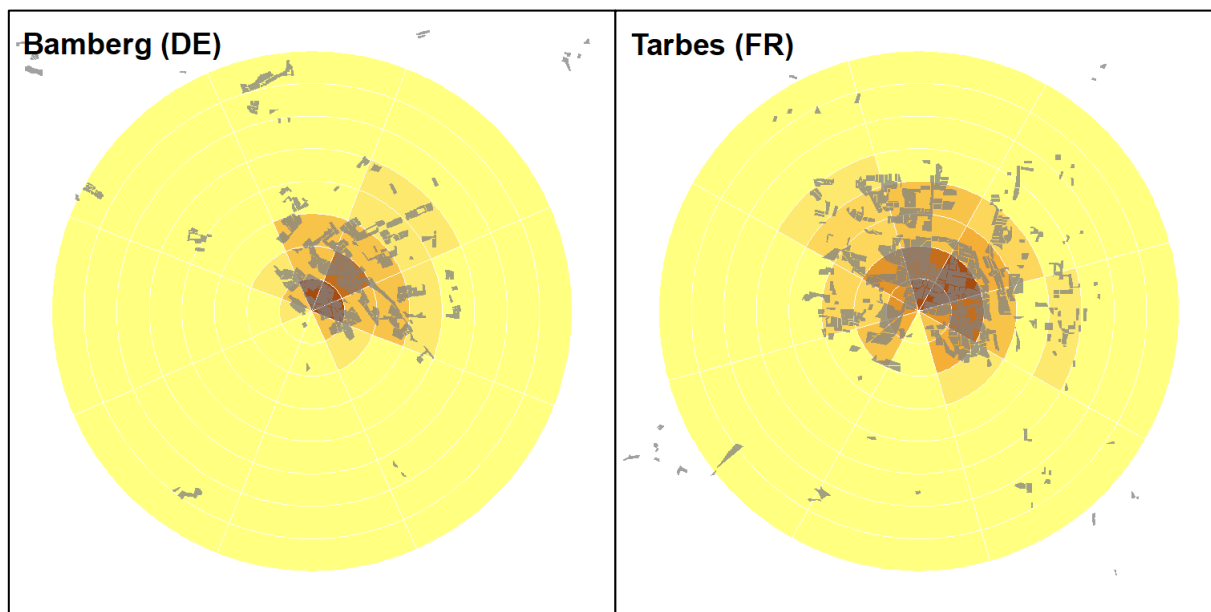
V rámci tohoto shluku se vytváří menší specifitější shluky a podobnosti, které jsou popsány v následujících příkladech.

Bamberg – Tarbes

Město Bamberg leží v jižní části Německa, v Bavorsku na řece Regnitz v těsné blízkosti místa, kde se řeka vlévá do Mohanu. V severovýchodní části města, kde se nachází soutok řek, je průmyslová část města společně s přístavem. Směrem na jih na ostrově na řece Regnitz a po jejím západním břehu se rozprostírá větší část historického centra společně s CBD. Na východním břehu řeky je situována převážně rezidenční zástavba a v okrajových částech menší průmyslové oblasti. Město má poměrně zachovalé historické centrum, jehož dominantou je Bamberský hrad na jednom z ostrovů.

Francouzské město Tarbes patří k jednomu z menších měst v rámci datasetu s pouze 73 tis. obyvatel podle dat Eurostatu. Město je situováno v jižní Francii na úpatí pohoří Pyreneje tvořící přirozenou hranici mezi Francií a Španělskem. Město má poměrně zachovalé historické centrum, které plynule přechází v současnou moderní zástavbu. Z leteckých a satelitních snímků je možné rozpoznat jeho kompaktní tvar, který nese znaky urban sprawl.

Z výsledků vizualizace je patrná podobnost obou měst především v důsledku vysokých hodnot plošného indexu v okolí centra a na severovýchodě. Tato podobnost je potvrzena i vysokou hodnotou korelačního koeficientu, která dosahuje hodnoty 0,84.



Obr. 5.12 Vizualizace hodnot indexů pro města Bamberg a Tarbes

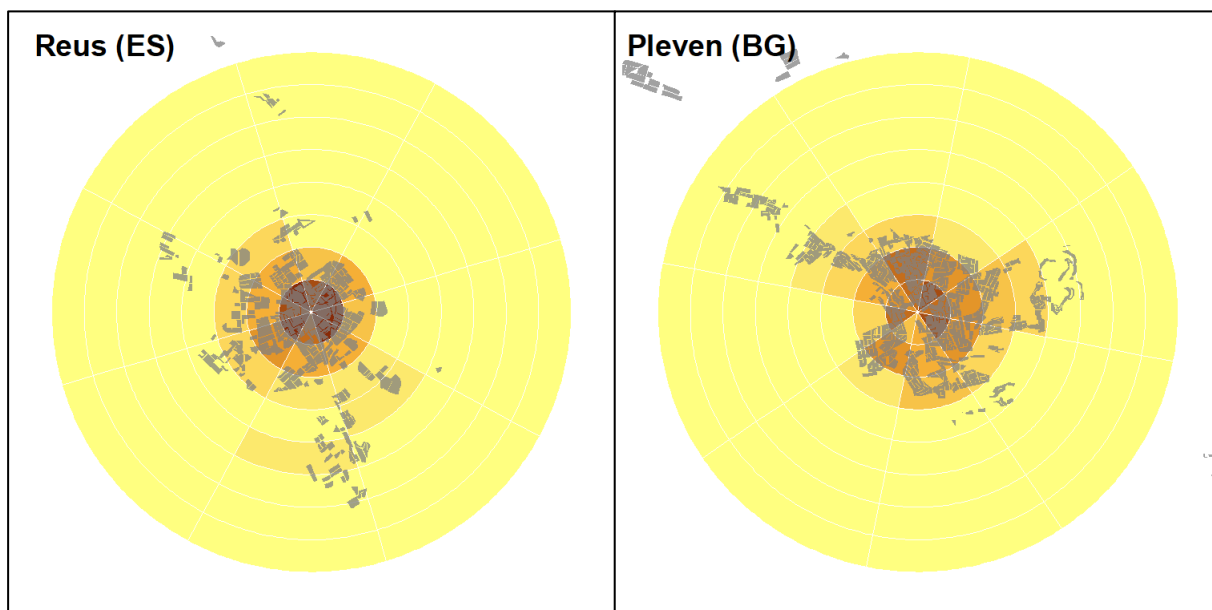
Reus – Pleven

Město Reus se nachází na severovýchodě Španělska u pobřeží Středozemního moře v blízkosti významného přístavu Taragona. Město má velmi kompaktní tvar, v jehož středu se nachází historické centrum, na něž plynule navazuje rezidenční zástavba. V severní části města se nachází železnice, která odděluje největší průmyslovou oblast města. Město plní důležitou funkci také z hlediska mezinárodní dopravy, a to díky přítomnosti mezinárodního letiště.

Pleven je město nacházející se na severu Bulharska pouze několik desítek kilometrů jižně od řeky Dunaj, která tvoří přirozenou hranici mezi Bulharskem a Rumunskem. Patří mezi nejlidnatější města Bulharska s počtem obyvatel přibližně 100 tis. k roku 2016 podle dat Eurostatu. Město je známé především z historického hlediska, a to díky letopočtu 1877, kdy došlo k obléhání Plevenu v průběhu Rusko – Turecké války.

Železnice odděluje průmyslovou část na severu od zbytku města. Rezidenční zástavba je z velké části zastoupena prostřednictvím typických panelových domů stavěných v době komunismu. Z leteckých snímků jsou patrná dvě takto velká sídliště panelových domů v severozápadní a jihovýchodní části města.

Města jsou si podobná především v důsledku velmi vysoké koncentrace třídy Continuous urban fabric v těsné blízkosti centra. Plošné index sledované třídy dosahují vysokých hodnot také mimo centra obou měst, a to poměrně rovnoměrně ve všech směrech. Podobnost je opět potvrzena hodnotou korelačního koeficientu, která dosahuje 0,88.



Obr. 5.13 Vizualizace hodnot indexů pro města Reus a Pleven

León – Nyíregyháza

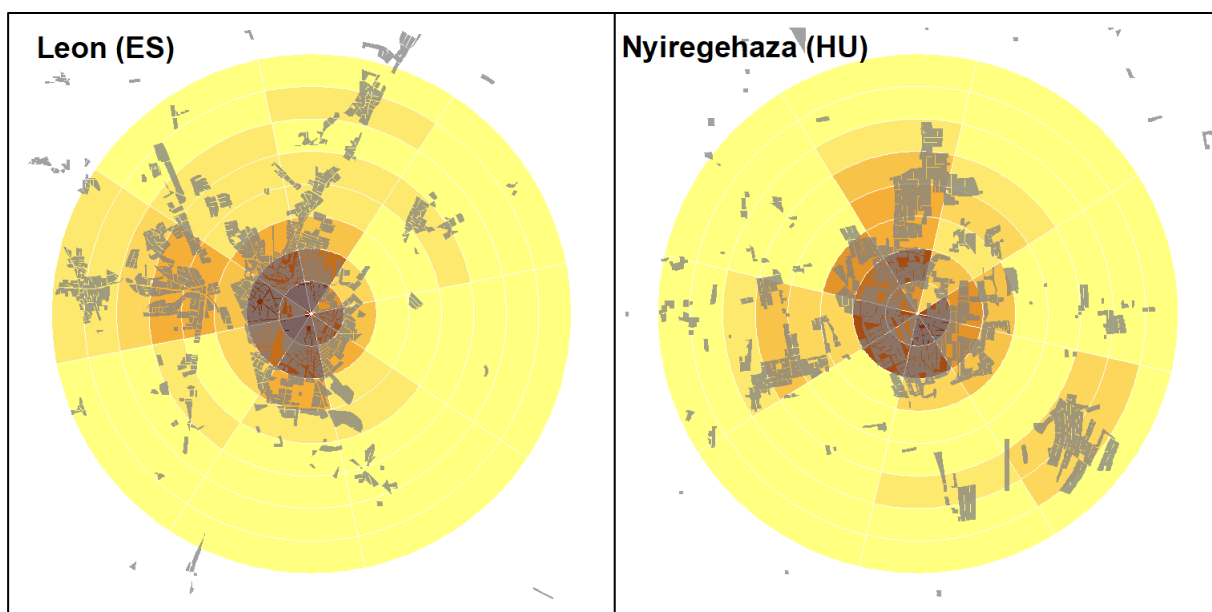
Město Leon leží na severozápadě Španělska a bylo založeno v 1. století jako vojenské ležení římské legie. Později se město stalo hlavním městem království León. Město je také považováno za kolébkou parlamentní demokracie, když zde byl v 11. století sestaven první parlament v historii. Díky bohaté historii města se zde nachází mnoho historických památek, z nichž některé jsou na seznamu UNESCO.

Městem protéká řeka Bernesga která odděluje převážně historickou a rezidenční část města na východním břehu od části na západním břehu kde se také nachází významná část rezidenční zástavby, ale také železnice a průmyslové zóny.

První zmínky o městě Nyíregyháza ležícího na východě Maďarska pochází z 12. století, kdy se jednalo pouze o malé osídlení. Během turecké okupace v 16. století bylo město opuštěno a znovuosídleno až o několik desítek let později. O největší rozvoj města se postaralo období průmyslové revoluce, kdy byla do města zavedena železnice.

Městu dominuje především novější rezidenční zástavba. Na jihozápadě města, odděleno železnicí, se nachází největší průmyslová zóna. Severně od této průmyslové zóny se nachází velmi rozlehlá čtvrť rezidenční zástavby tvořená především rodinnými domy.

Podobnost těchto měst je opět patrná díky vysoké koncentraci třídy Continuous urban fabric ve velké části sektorů, a to především v blízkosti centra a jeho západní části. Hodnota korelačního koeficientu je 0,9 což svědčí o významné podobnosti.



Obr. 5.14 Vizualizace hodnot indexů pro města Leon a Nyíregyháza

5.2 Discontinuous urban fabric

Podle definice Urban Atlasu je tato třída popsána podobně jako třída Continuous urban fabric pouze s jedním zásadním rozdílem. Stejně jako u předchozí třídy se jedná o plochy, jejichž zástavba plní především rezidenční funkci. Úroveň zastavěnosti půdy (soil sealing) v tomto případě nesmí přesáhnou 80 % a pohybuje se spíše v rozmezí hodnot 30 % až 80 %. Z hlediska reálné podoby této třídy se jedná převážně opět o bytové a rodinné domy, v tomto případě však spíše předměstského nebo venkovského charakteru. To znamená, že jednotlivé budovy mají mezi sebou větší rozestupy a celková hustota zástavby je významně nižší.



Obr. 5.15 Typický příklad třídy Discontinuous urban fabric (vlevo: vesnice v Bulharsku, vpravo: Bolzano - Itálie, zdroj: land.copernicus.eu)

V datech Urban Atlasu je tato třída velmi významně zastoupena téměř ve všech městech. Důsledkem vysokého zastoupení této třídy je obtížnější hledání podobnosti. Výsledky korelační analýzy pro tuto třídu naznačují nízkou podobnost většiny měst.

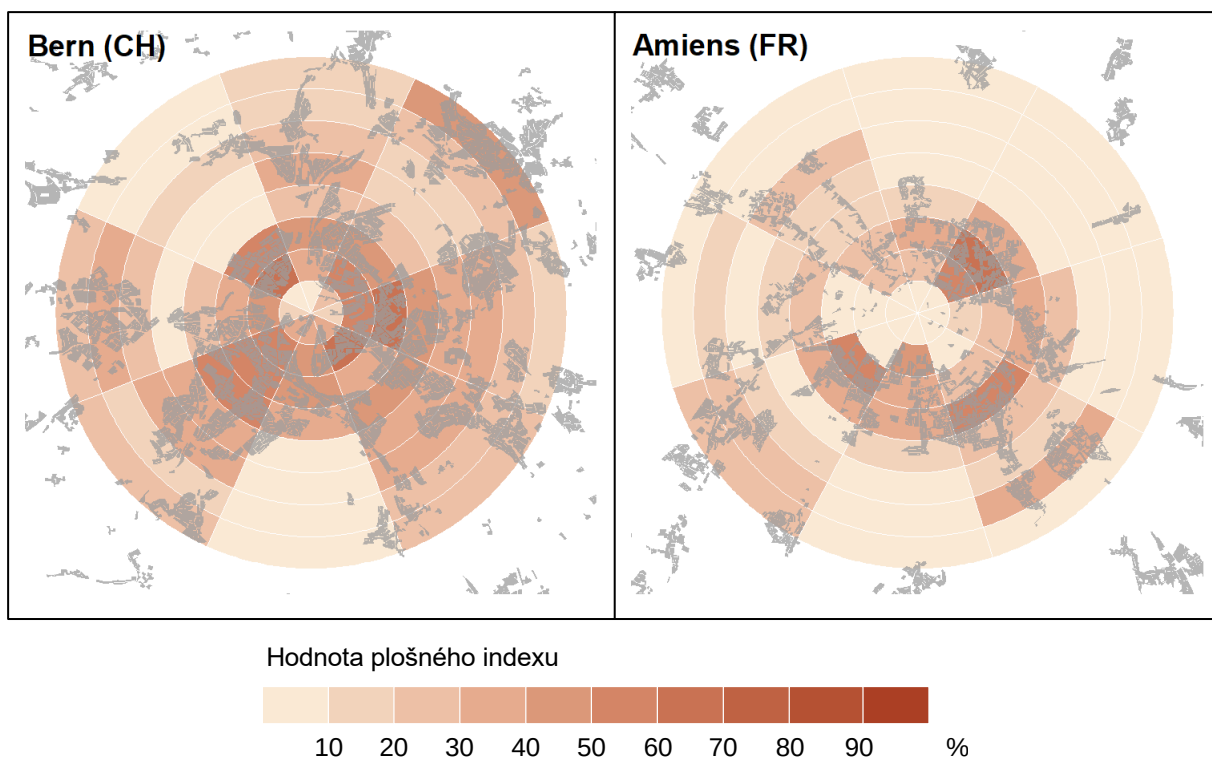
P-hodnoty u velké části měst nedosahují hladiny významnosti. Hodnoty korelačních koeficientů u žádného z měst nedosahují výšky větší než 0,6. Z tohoto důvodu byly k interpretaci v následujících kapitolách vybrány pouze města z nejvýznamnějších shluků, jejichž podobnost je potvrzena korelačním koeficientem.

5.2.1 Cluster 2

Shluk číslo dva jako jediný obsahuje města, jejichž korelační koeficient dosahuje hodnot, jež jsou významné. Pro interpretaci byly vybrány dvě dvojice podobných měst. Obecně jsou tyto podobnosti poměrně přehlednější a jsou podpořeny především hodnotou korelačního koeficientu. Společným faktorem měst podobných v rámci této třídy je velmi nízká koncentrace sledované třídy v centru města. Větší zastoupení třídy Discontinuous urban fabric je možné sledovat pak především na okrajových částech městského centra.

Bern – Amiens

Město Bern ve Švýcarsku podrobněji popsáno v kapitole 5.1.2 a město Amiens ve Francii, jsou první dvojicí podobných měst podle třídy Discontinuous urban fabric. Město Amiens se nachází v severní části Francie, která se nazývá Normandie. Městem protéká řeka Somma, známá především z období první světové války, kdy se zde odehrála jedna z největších a nejznámějších bitev. Město bylo značně poškozeno jak za první, tak i druhé světové války, avšak historické centrum města se zachovalo.



Obr. 5.16 Vizualizace hodnot indexů pro města Bern a Amiens

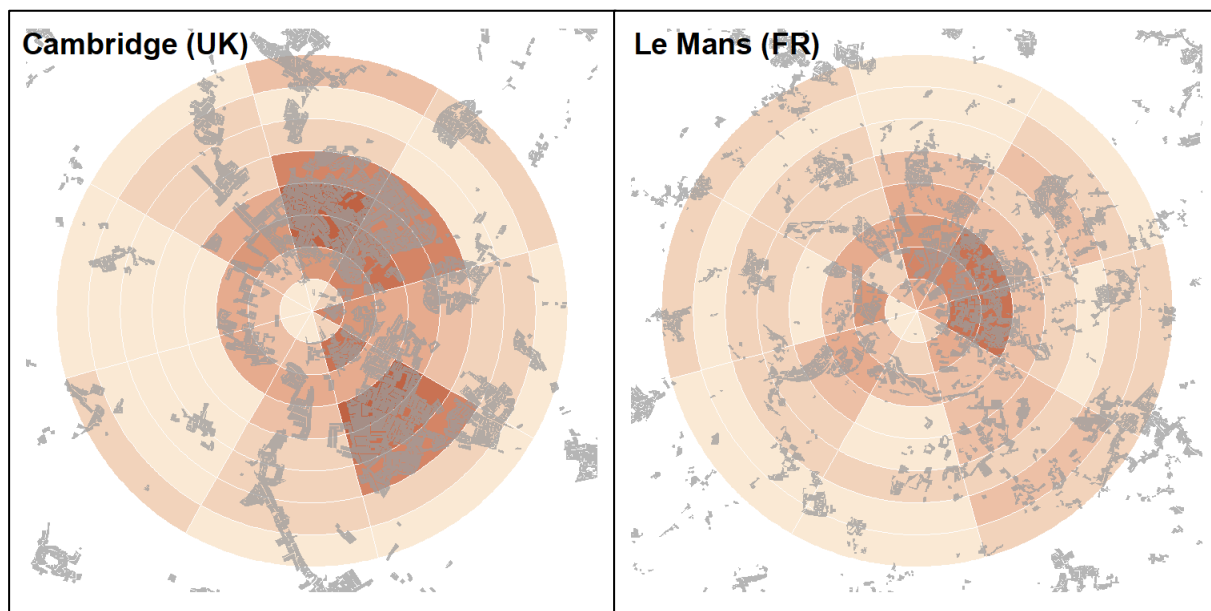
Z výsledků vizualizace je patrné celkově vysoké zastoupení třídy Discontinuous urban fabric v obou městech, a to po téměř celé ploše kruhových sektorů. Největší koncentrace této třídy v obou městech se nachází na okrajových částech centra, kde začíná klesat zastoupení třídy Continuous urban fabric a začíná přecházet ve třídu Discontinuous urban fabric (viz. Kapitola 5.1.2 – Bern). Celková podobnost těchto měst je pouze částečná, což je zřejmé z rozdílných hodnot plošných indexů v okrajových sektorech, především na severovýchodě. Nízká podobnost těchto dvou měst je potvrzena také hodnotou korelačního koeficientu, který dosahuje výšky pouze 0,51.

Cambridge – Le Mans

V případě podobnosti těchto dvou měst je z vizualizace určitá podobnost patrná, přestože hodnota korelačního koeficientu dosahuje výšky pouze 0,59. Podrobnější informace o městě Le Mans jsou zmíněny v kapitole 5.1.1.

Britské město Cambridge je známé především díky své prestižní stejnojmenné univerzitě. Historie města sahá až do dob 1. století, kdy zde stálo římské opevnění. Město zaznamenalo významný rozvoj v 8. století, kdy bylo obsazeno Vikingy, kteří díky svým obchodním schopnostem zapříčinili rychlý růst města.

Co se týče podobnosti těchto dvou měst, z vizualizací je možno vyčíst vysoký podíl sledované třídy ve východních sektorech. Další podobnosti nejsou ani z vizualizací příliš patrné, což je důsledkem celkově vysokého zastoupení této třídy v rámci celé sledované oblasti. Z vizualizací je taktéž patrná podstatně větší koncentrace sledované třídy v jihovýchodní části města Cambridge než ve městě Le Mans.



Obr. 5.17 Vizualizace hodnot indexů pro města Cambridge a Le Mans

5.3 Green urban areas & Sports and leisure facilities

Metodika Urban Atlasu definuje tyto třídy zvlášť v kapitolách 1.4.1 a 1.4.2. V případě Green urban areas se jedná o plochy zeleně nacházející se mezi městskou zástavbou a plnící rekreační nebo okrasnou funkci. Jedná se například o zeleň v městských parcích, okrasnou městskou zeleň, zeleň na hřbitovech nebo v zoologických a botanických zahradách. Třída Sports and leisure facilities zahrnuje plochy, které působí jako sportoviště nebo plochy sloužící k trávení volného času a rekreačním účelům. Příkladem těchto ploch jsou například fotbalová hřiště, golfové hřiště, střelnice, plavecké bazény, kempy, ale také například muzea nebo naučná a informační střediska.

V rámci této práce byly tyto dvě třídy agregovány kvůli jejich příbuznému charakteru, ale také hlavně kvůli jejich celkově nízkému zastoupení ve většině měst. Tyto třídy byly zahrnuty do zpracování z důvodu jejich důležitosti z hlediska schopnosti města plnit funkci volného času.

Výsledky korelační analýzy bohužel nepotvrdily výskyt významných podobností mezi žádnými z vybraných měst. P-hodnoty pro vybraná města nedosahují vysokých hodnot významnosti v žádném z případů. Nejvyšší hodnoty korelačních koeficientů se pohybují okolo 0,5 až 0,6 a to pouze v hrstce případů. Z vizualizací výsledných indexů byly opět vybrány dva případy dvojic měst, které nesou znaky částečné podobnosti.



Obr. 5.18 Typické příklady třídy Green urban areas (vlevo: park v Budapešti) a Sports and leisure facilities (vpravo: sportovní stadiony v Istanbulu). (zdroj: land.copernicus.eu)

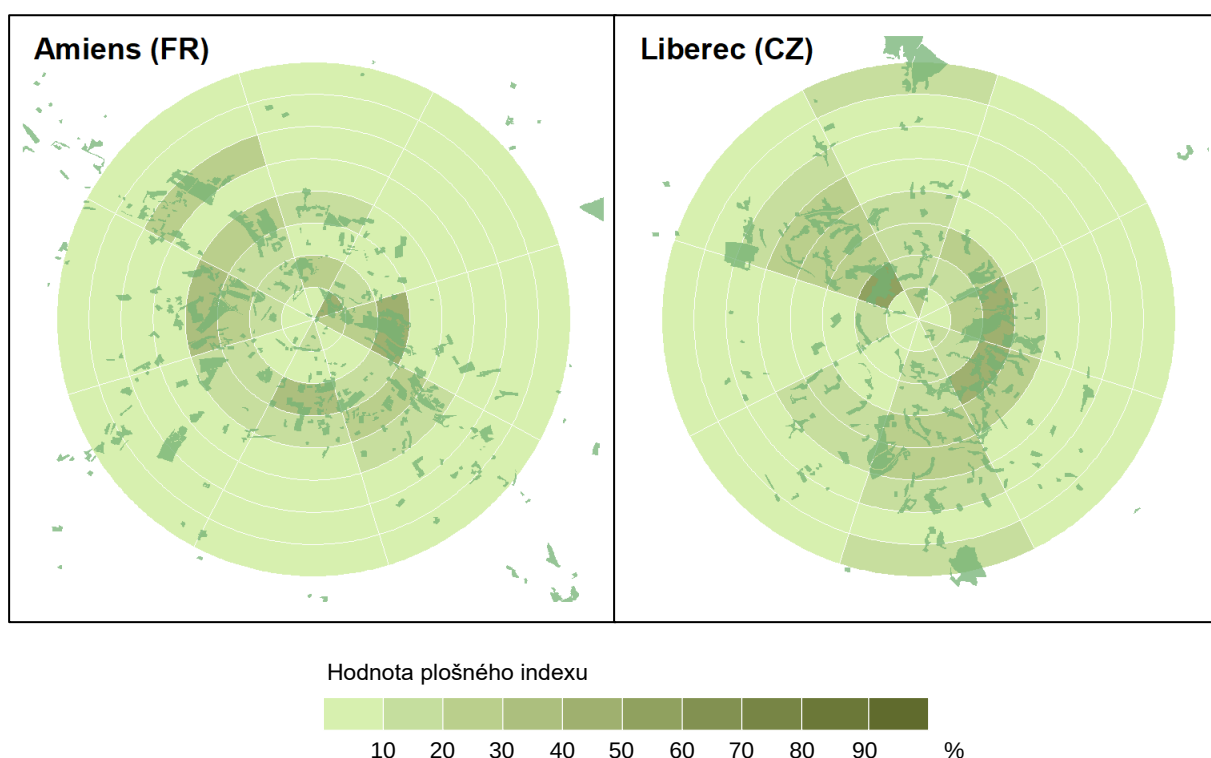
Amiens – Liberec

Město Amiens ve Francii a Liberec v České republice jsou jedny z mála měst, u kterých se potvrdila částečná podobnost jak z výsledků korelační, tak i hierarchické shlukovací analýzy. Výška korelačního koeficientu těchto dvou měst dosahuje hodnoty 0,52, což nesevřdčí o příliš významné podobnosti. Tato částečná podobnost je však potvrzena faktem, že obě města byla zařazena z výsledů hierarchického shlukování do shluku číslo 10.

Velká část zeleně města Liberec je zastoupena vegetací v blízkosti Harcovské přehrady a Zoologické zahrady Liberec, nacházejících se na východě města. V městě se nachází také četná sportoviště především v blízkosti školních zařízení, ale také například stadiony spojené se zimními i letními sporty.

Největší část zeleně nacházející se na území města Amiens je pás vegetace lemující řeku Sommu, která městem protéká. Za zmínku stojí také městská zoologická zahrada nacházející se v západní části města. Sportoviště jsou situována především v blízkosti školních zařízení stejně jako je tomu v případě města Liberec

Podobnost těchto dvou měst je patrná z vizualizací zejména ve východní části, kde je koncentrace sledované třídy u obou měst největší. Částečnou podobnost lze sledovat také ve východních částech města, avšak v menší míře než na západě.



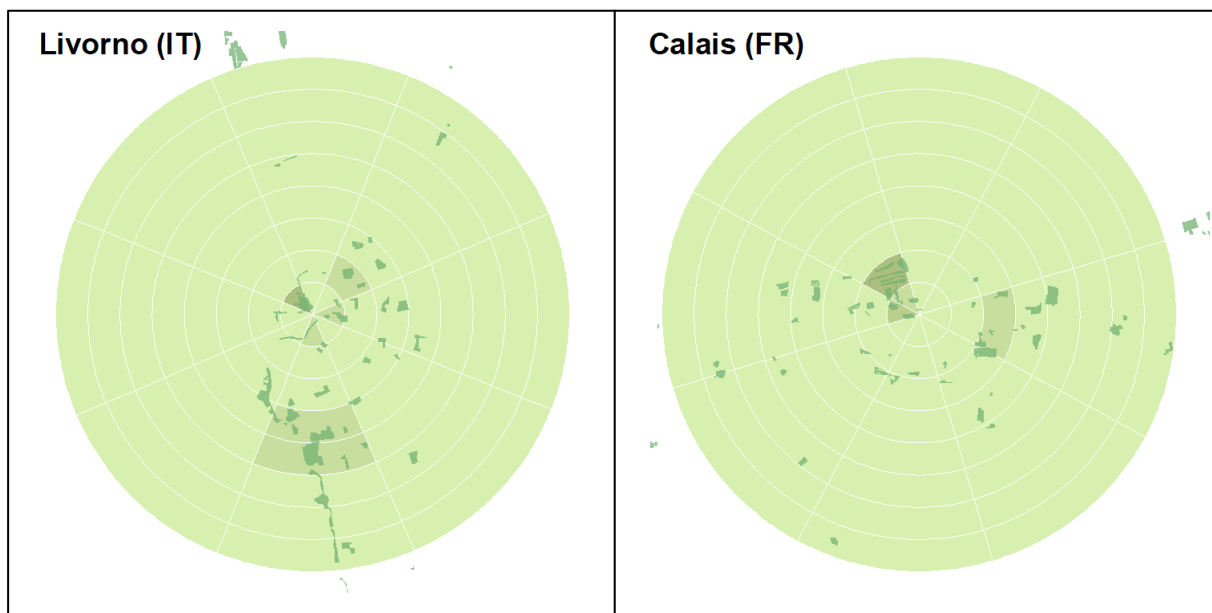
Obr. 5.19 Vizualizace hodnot indexů pro města Amiens a Liberec

Livorno – Calais

Města Livorno v Itálii a Calais ve Francii jsou obě pobřežní města a významné přístavy z hlediska námořní dopravy. Livorno je situováno na západní pobřeží apeninského poloostrova v blízkosti Janovského zálivu. Zeleň je v tomto městě zastoupena především malými parky. V jižní části se nachází početná sportoviště.

Město Calais leží na pobřeží Severního moře na severu Francie. Jedná se o jedno z nejdůležitějších měst z hlediska vlakové a lodní dopravy mezi Britskými ostrovy a pevninou. Zeleň je zde taktéž zastoupena především prostřednictvím menších parků. Ze sportovních zařízení stojí za zmínku komplex nacházející se severně od centra města a také fotbalový stadion ve východní části města.

Korelační koeficient, který dosahuje hodnoty 0,51, nevypovídá o příliš významné podobnosti mezi oběma městy. Částečná podobnost, stejně jako u předchozí dvojice měst, je viditelná na vizualizacích vypočtených indexů. Hlavní znak podobnosti těchto dvou měst je vyšší koncentrace sledované třídy severozápadně od centra města. Jedná se o jediný jasně identifikovatelný znak podobnosti obou měst patrný z vizualizací.



Obr. 5.20 Vizualizace hodnot indexů pro města Livorno a Calais

5.4 Industrial commercial, public, military, private units

Tato třída je v rámci oficiální metodiky Urban Atlas definována jako zástavba nebo plochy, které slouží k nerezidenčním účelům. Jak napovídá název třídy, jedná se o plochy nebo zástavbu plnící funkci průmyslovou (průmyslové zóny, elektrárny), komerční (tržnice, obchodní domy), vojenskou (kasárna, vojenský areál) nebo zařízení určená k plnění funkce občanské vybavenosti (školy, požární stanice, nemocnice, ...).

Jedná se vesměs o třídu, do které patří většina zbylých zastavěných ploch, které neslouží k rezidenci nebo nejsou součástí dopravní sítě (silnice, železnice). Jedná se o třídu, která je velmi hojně zastoupená ve všech sledovaných městech. Na rozdíl však od třídy Discontinuous urban fabric je z této třídy možné lépe identifikovat vnitřní struktury specifické pro jednotlivé shluky podobných měst. Největší část této třídy je zastoupená objekty s průmyslovou funkcí. Snahou většiny měst je udržovat rezidenční oblasti a oblasti průmyslu odděleně.



Obr. 5.21 Příklad průmyslové zóny spadající do třídy *Industrial, commercial, public, military, private units* (Řím- Itálie, zdroj: land.copernicus.eu)

Při hledání podobností mezi městy na základě této třídy je však přítomen stejný problém jako u třídy *Discontinuous urban fabric*. Tímto problémem jsou nízké p-hodnoty a obratem i nízké korelační koeficienty, které naznačují, že podobnosti mezi těmito městy nejsou příliš významné. Nejvyšší hodnoty korelačních koeficientů dosahují v této třídě opět výšky okolo 0,6. Toto je pravděpodobně způsobeno obecně vysokou koncentrací sledované třídy v rámci všech sektorů v každém městě. Stejně jako u předchozích tříd, byly k interpretaci vybrány dvě ukázkové dvojice měst ze dvou nejvýznamnějších shluků, u nichž je podobnost potvrzena z hlediska jak hodnot korelačního koeficientu, tak náležitosti do stejného shluku a vizuální podobností.

5.4.1 Cluster 7

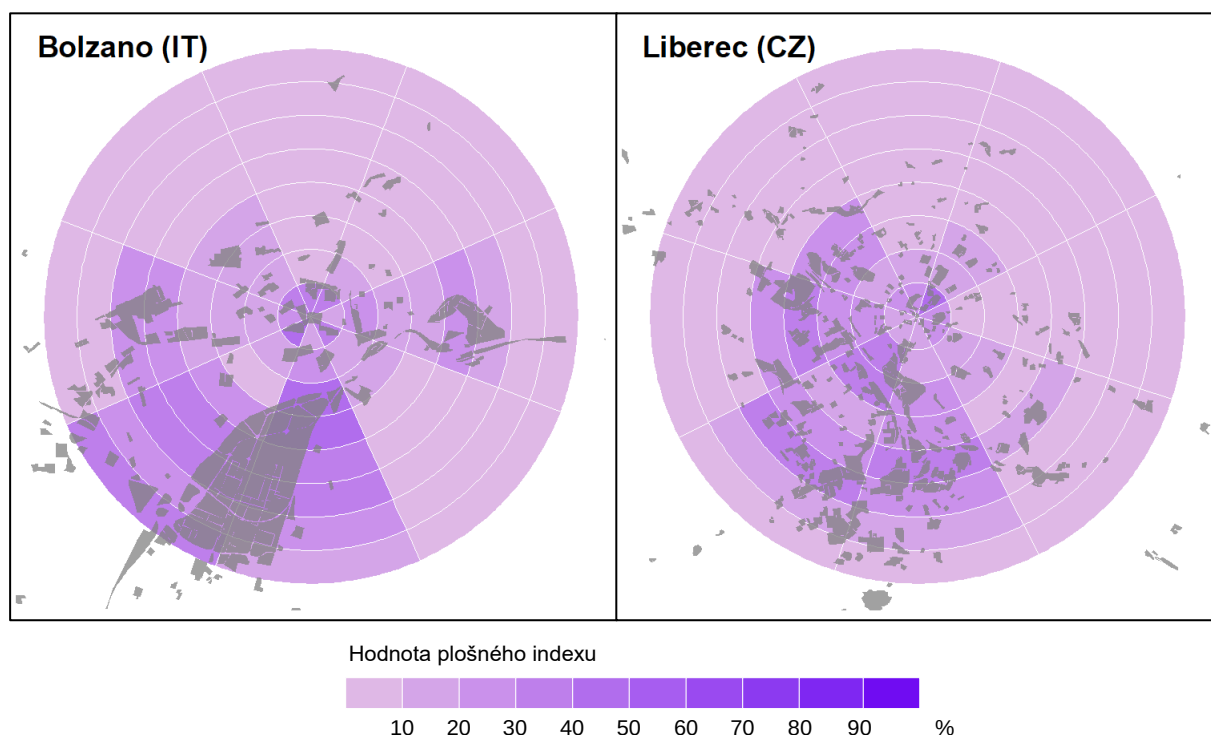
Shluk číslo 7 zahrnuje celkem 13 měst z celého datasetu. Tento shluk je charakteristický vyšší koncentrací třídy *Industrial, commercial, public, military, private units* v jižní části v porovnání se zbytkem města. Tato vlastnost se v určité míře opakuje u všech měst obsažených v tomto shluku. Významnější podobnosti podpořené jak výsledky korelační analýzy, tak i vizualizací jsou však patrné jen zřídka. Příkladem je následující dvojice měst.

Bolzano – Liberec

Města Bolzano ležící v Italských Alpách a Liberec v České republice jsou další dvojicí měst, jež jsou si podobná na základě výsledků hierarchického shlukování, korelační analýzy a vizualizace plošných indexů.

Podobnost těchto dvou měst je opět nejlépe patrná z vizualizací plošných indexů a leteckých snímků. Tyto dva zdroje informací potvrzují, že v obou městech se nevyšší koncentrace sledované třídy nachází v jižní části. Sledovaná třída je zde zastoupena především průmyslovými objekty. V případě města Bolzano se jedná o velmi hustou průmyslovou oblast situovanou na jižním břehu řeky Adiže, která ji odděluje od zbytku města. Ve městě Liberec se jedná o samostatnější skupiny průmyslových objektů, které se lehce prolínají s rezidenční zástavbou.

Významnost podobnosti těchto dvou měst snižuje hodnota korelačního koeficientu, která dosahuje pouze 0,21, což je v porovnání s ostatními příklady velmi nízká hodnota. Z vizualizace plošných indexů je však tato podobnost stále patrná.



Obr. 5.22 Vizualizace hodnot indexů pro města Bolzano a Liberec

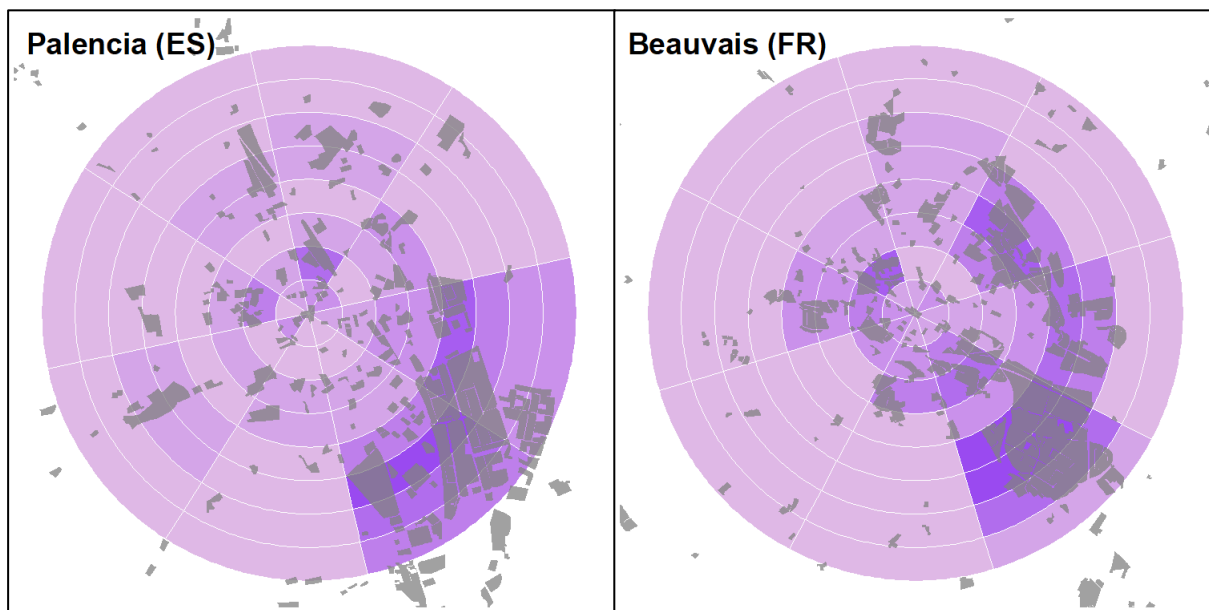
5.4.2 Cluster 10

Shluk číslo 10 zahrnuje celkem 11 měst z celého datasetu. Charakteristickou vlastností tohoto shluku je vyšší koncentrace sledované třídy v jižní a jihovýchodní části města. Stejně jako u shluku 7 je však tato charakteristika potvrzená především prostřednictvím vizualizací a korelační koeficient většinou nevypovídá o významné podobnosti. Následující dvě města jsou charakteristickými představiteli tohoto shluku a jejich podobnost je také podpořena vyšší hodnotou korelačního koeficientu než u ostatních měst obsažených v tomto shluku.

Palencia – Beauvais

Město Palencia bylo zmíněno v kapitole 5.1.7 a město Beauvais v kapitole 5.1.5. Z hlediska porovnání těchto měst pomocí třídy Industrial, commercial, public, military, private units jsou si města vizuálně poměrně podobná. Z leteckých snímků je patrné, že v obou městech se průmyslové zóny nachází především v jihovýchodní části. Vizualizace vypočtených plošných indexů toto tvrzení potvrzuje. V kruhových výsečích je jednoznačně vidět, že nejvyšší koncentrace sledované třídy se nachází právě na jihovýchodě a podobnost mezi oběma městy je také možno pozorovat směrem na severovýchod od hlavního ohniska koncentrace. Obě tato města byla také výsledkem hierarchického shlukování zařazena do shluku číslo 10.

Korelační koeficient těchto dvou měst dosahuje hodnoty 0,55, což potvrzuje podobnost obou měst, byť ne příliš výrazně.



Obr. 5.23 Vizualizace hodnot indexů pro města Palencia a Beauvais

5.5 Road and rail network and associated land

Tato třída je definována v metodice Urban Atlas jako souhrn všech pozemních komunikací pro motorová vozidla, železniční tratě a s nimi spjaté objekty, jako jsou například zastávky, nádraží a přidružená zeleň do šířky 100 m. Kromě výše zmíněných objektů a ploch obsažených v definici, tato třída zahrnuje také tratě tramvajové dopravy, lanovky nebo i objekty dříve využívané jako součást dopravní infrastruktury, které nenesou známky využívání za jiným účelem.

Všechna data Urban Atlasu jsou zaznamenána v podobě polygonů (ploch), a to včetně typicky liniových prvků jako jsou v tomto případě silniční komunikace nebo tratě železniční dopravy. Každé ze 100 vybraných měst obsahuje poměrně hustou síť dopravní infrastruktury v jednotlivých sektorech. Vzhledem k tomu, že ve většině případů se dopravní infrastruktura rozprostírá přes velkou část šablony sektorů, nevytváří se typické charakterní struktury v jednotlivých shlucích. Z tohoto důvodu je obtížné identifikovat významnější podobnosti mezi městy na základě výsledků vizualizací pro tuto třídu.

Výsledky korelací, které jsou patrné i na vizualizaci korelační matice, svědčí o větším počtu podobných měst, než tomu bylo u tříd předchozích s výjimkou třídy Continuous urban fabric. V následujících kapitolách byly vybrány opět příklady měst, jejichž podobnost je podpořena výsledky dílčích analýz.



Obr. 5.24 Mimoúrovňová křižovatka (Německo), nákladní nádraží (Rakousko). (zdroj: land.copernicus.eu)

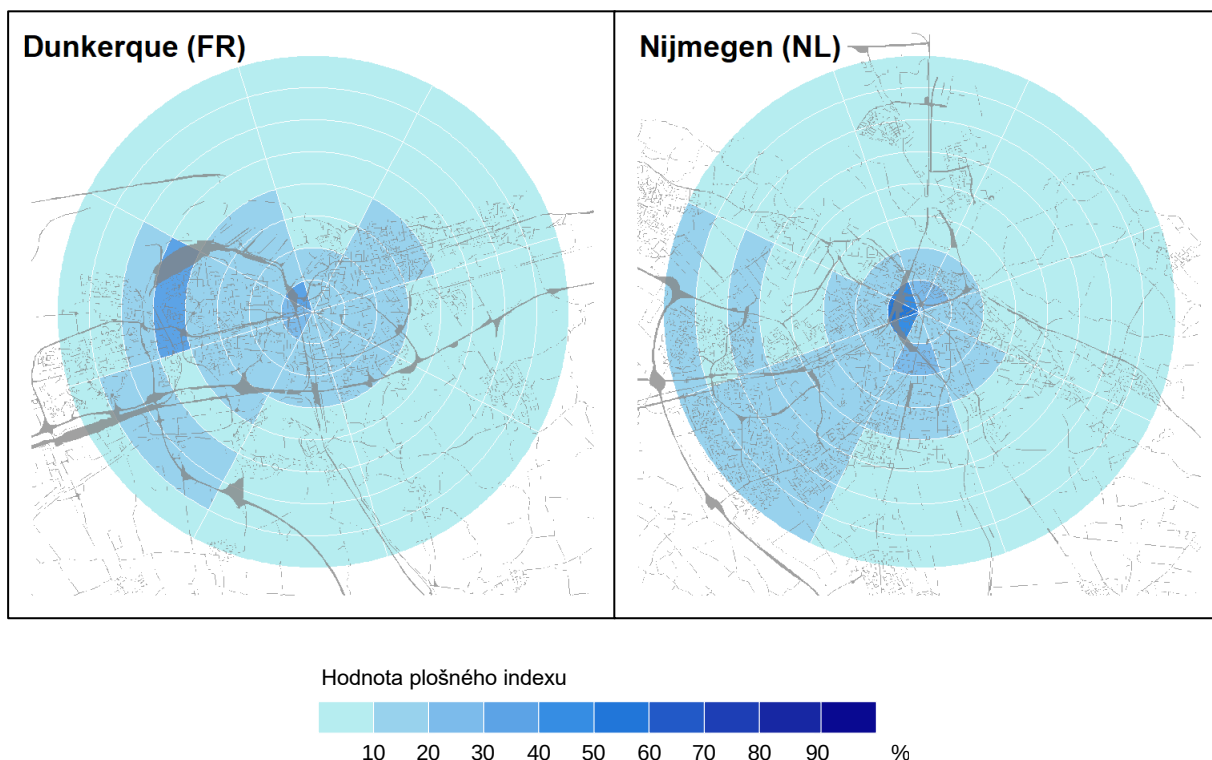
Dunkerque – Nijmegen

Obě tato města náleží do shluku číslo 1 a nachází se v severní části střední Evropy. Francouzské město Dunkerque se nachází na pobřeží Severního moře u průlivu La Manche, který dělí Britské ostrovy od zbytku Evropy. Jedná se o důležité tranzitní město především díky rozvinuté lodní dopravě. Jedná se o jeden z nejdůležitějších francouzských přístavů v průlivu La Manche, a to především kvůli trajektovému dopravnímu spojení s městem Dover na britském pobřeží.

Nijmegen je město ležící na jižním břehu řeky Waal v Nizozemsku. Město je stejně jako Dunkerque důležité z hlediska lodní dopravy. Městem protéká kanál, který spojuje řeky Waal a Mázu, díky kterému je město důležitým transitním místem říční nákladní dopravy.

Podobnost těchto dvou měst je patrná především z vizualizací. Je vidno, že největší koncentrace sledované třídy se nachází v jihozápadní části směrem od centra. V obou městech se v těchto místech nachází nejhustší síť dopravní infrastruktury, které dominují významné silniční tepny.

Hodnota korelačního koeficientu těchto dvou měst dosahuje však výšky pouze 0,41, což je o poznání nižší než u příkladů předchozích tříd. Toto je dáno pravděpodobně celkově vysokou variabilitou hodnot plošných indexů v rámci celého území.



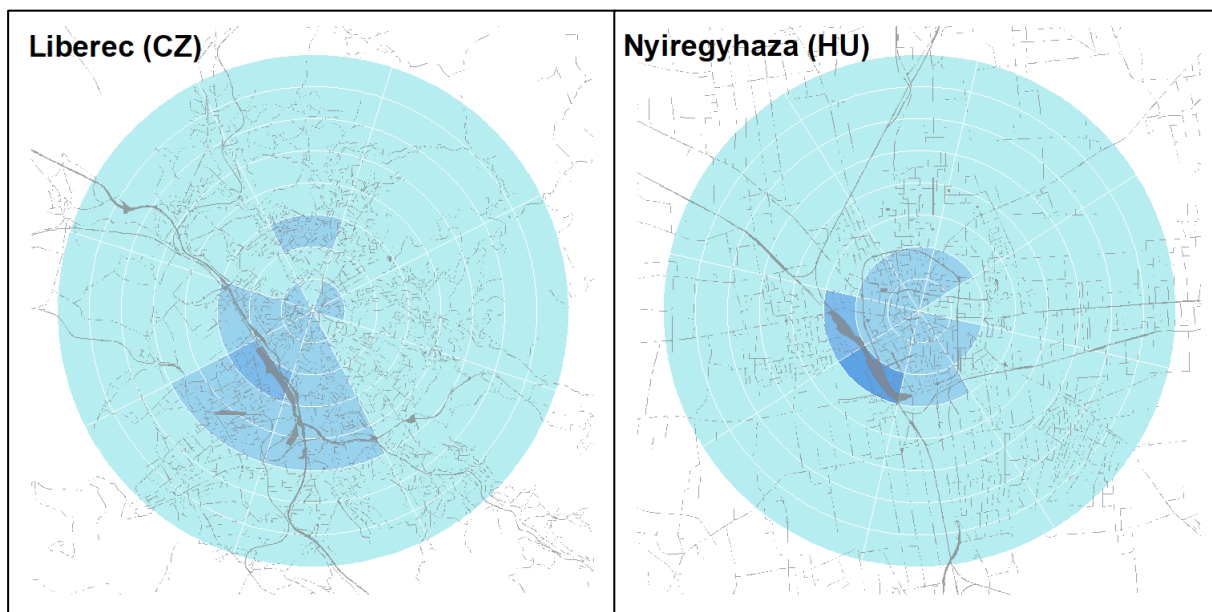
Obr. 5.25 Vizualizace hodnot indexů pro města Dunkerque a Nijmegen

Liberec – Nyíregyháza

Město Liberec nacházející se na severu České republiky a město Nyíregyháza nacházející se na severovýchodě Maďarska jsou obě součástí shluku číslo 5.

Obě města se nachází ve vnitrozemí a převážná část sledované třídy v těchto městech se skládá ze silničních komunikací. Přes město Liberec jeden hlavní silniční tah, zatímco ve městě Nyíregyháza se nachází okruh, který se vyhýbá městskému centru. Podobnost obou měst spočívá ve vyšší koncentraci sledované třídy jihozápadně od centra. V obou městech se v této části nachází vlaková nádraží, která zabírají poměrně velkou plochu. Částečnou podobnost lze také pozorovat obecně v jižní části obou měst a okolo centra, kde hodnoty nabývají podobných hodnot.

Ačkoliv z vizualizací obou měst je podobnost jednoznačně patrná, korelační koeficient těchto měst se blíží nule. Toto svědčí o tom že mezi městy z hlediska hodnot plošných indexů neexistuje lineární podobnost. Toto je pravděpodobně opět způsobeno velkou variabilitou hodnot v obou městech způsobenou celkovou hustotou dopravní sítě.

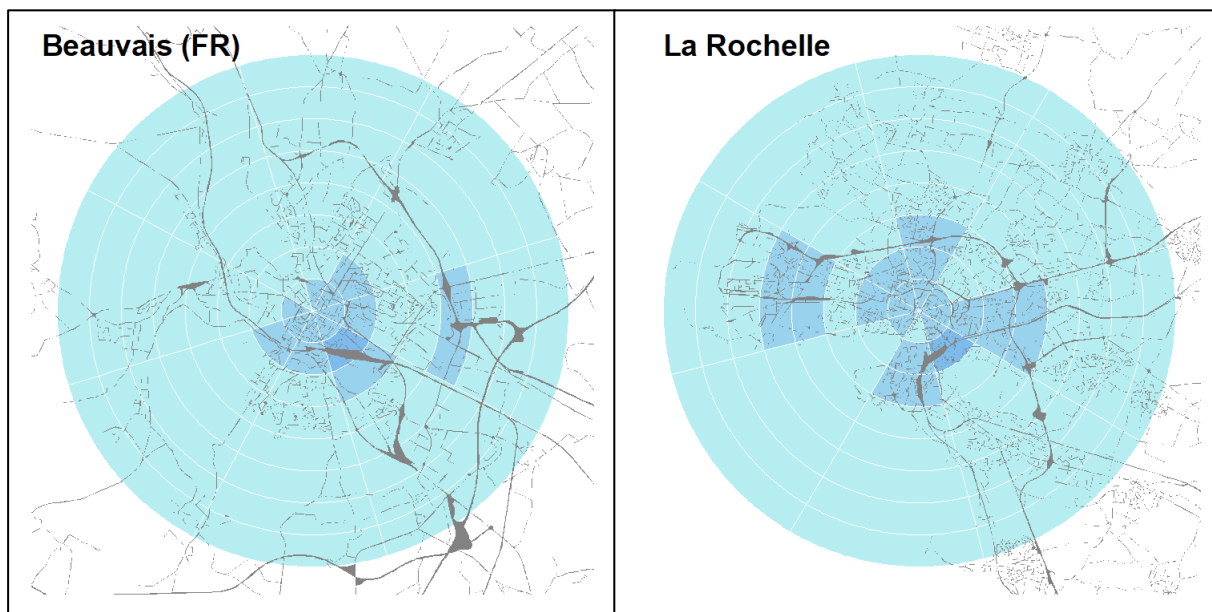


Obr. 5.24 Vizualizace hodnot indexů pro města Liberec a Nyíregyháza

Beauvais – La Rochelle

Obě tato města se nachází ve Francii a jsou součástí shluku číslo 8. Město La Rochelle je významný přístav ležící na východním pobřeží Francie v Biskajském zálivu. Město Beauvais naopak leží v severní Francii v regionu zvaném Normandie.

Z vizualizací je patrné, že města jsou si patrná především v západních sektorech, kde se nachází významné dopravní tepny a také vlaková nádraží. Tato podobnost je nadále potvrzena i hodnotou korelačního koeficientu, který dosahuje výšky 0,66, což svědčí o významné podobnosti.



Obr. 5.25 Vizualizace hodnot indexů pro města Beauvais a La Rochelle

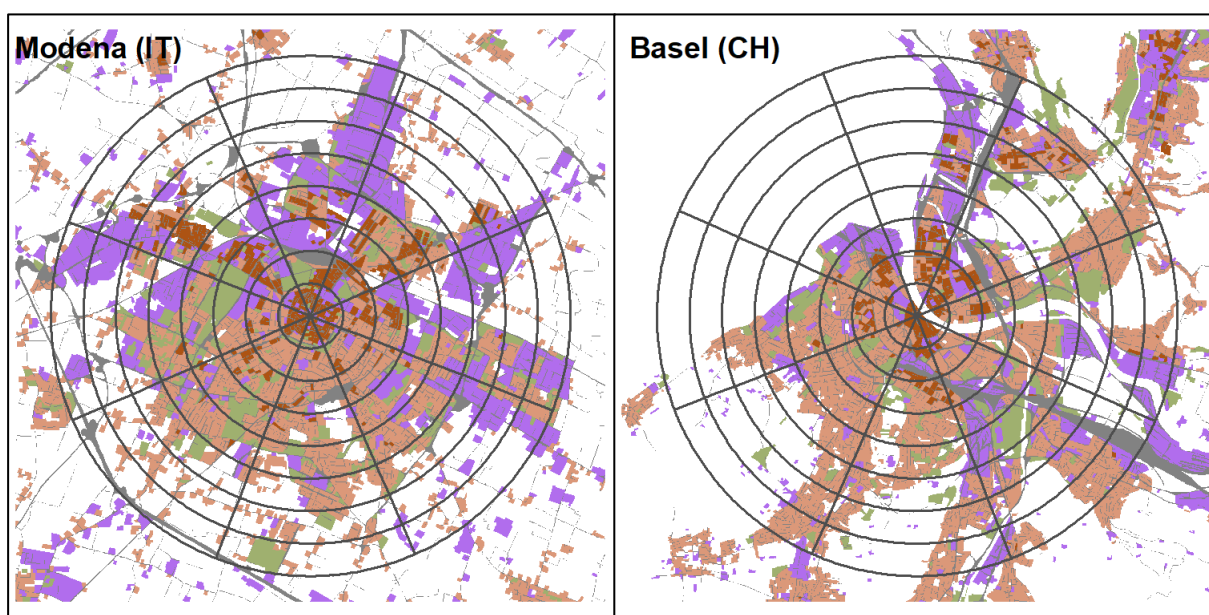
5.6 Kombinace tříd

V poslední části porovnání byly vybrány dvě ukázky měst, která jsou si podle výsledků hierarchického shlukování podobná. K tomuto porovnání bylo využito výsledků hierarchického shlukování, do kterého vstupovaly hodnoty indexů všech tříd čili 320 hodnot plošných indexů pro každé město. Jak je z příkladů patrné, města si nejsou vždy podobná ve všech sledovaných třídách, ale nesou určité společné znaky, na základě kterých, je možné je charakterizovat.

Modena – Basel

Obě tato města byla zařazena do prvního shluku a vykazují podobnosti především v sektorech v blízkosti centra. Kde se v obou městech nachází největší koncentrace tříd Continuous urban fabric. V obou městech dominuje třída Discontinuous urban fabric, která je v obou případech soustředena především v jižní části měst. V severní části obou měst převažuje výskyt třídy Industrial, commercial, public, military, private units. Při hledání bližších podobností je třeba se odkázat na vizualizace a výsledky analýz samostatných tříd pro tato města.

Porovnáním těchto výsledků se současnými urbanizačními modely je možné pozorovat znaky, které svědčí o tom že tyto města jsou zástupci Hoytova sektorového modelu. V obou městech je patrné, že jednotlivé třídy, do jisté míry odpovídají jednotlivým sektorům Hoytova modelu. Centrální část je z převážně části tvořena třídou Continuous urban fabric, která se dá částečně ztotožnit s CBD. V okrajových částech města se nachází průmyslové oblasti, na které navazuje dopravní sektor. Na těchto konkrétních případech lze vidět plochu železnice v těsné blízkosti průmyslových zón.



Obr. 5.26 Vizualizace všech vybraných tříd dat Urban Atlas, zahrnutých do zpracování, pro města Modena a Basilej

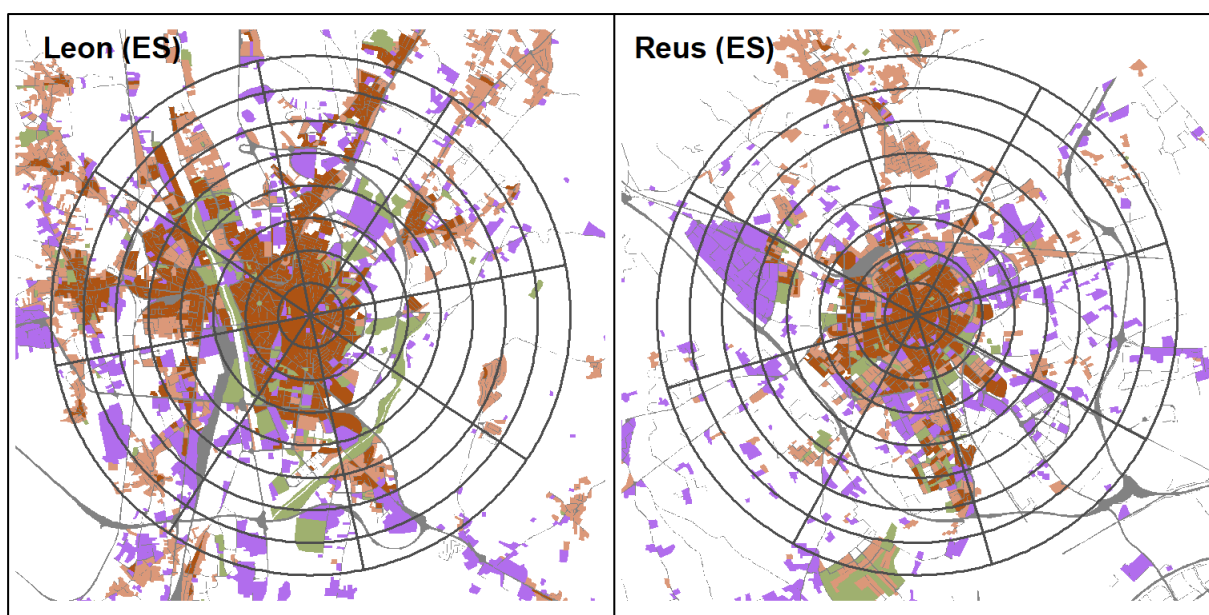
	Class1 - Continuous urban fabric
	Class2 - Discontinuous urban fabric
	Class3 - Green urban areas & Sports and leisure facilities
	Class4 - Industrial, commercial, public, military and private units
	Class5 - Road and rail network and associated land

Obr. 5.27 Legenda vybraných tříd

Leon – Reus

Obě tato města nacházející se ve Španělsku jsou si velikostně i tvarově podobná, jak je patrné i z vizualizací. V obou městech je opět stejně jako u předchozí dvojice patrná vysoká koncentrace třídy Continuous urban fabric v centrální části. Většina rezidenční zástavby obou těchto měst, je reprezentována třídou Continuous urban fabric. Na rozdíl od předchozí dvojice měst, se zde nachází pouze minimální zastoupení třídy Discontinuous urban fabric, a to především v okrajových částech.

Co se týče podobnosti těchto měst se současnými urbanistickými modely, blíží se spíše koncentrickému modelu. Toto je patrné především na příkladu města Reus kde jsou jednotlivé třídy zastoupeny v různých vzdálenostech od centra, stejně jako je tomu u koncentrického modelu. Příkladem je třída Road and rail network and associated land, která se soustředí podél okrajových částí a navazuje na ni třída Industrial, commercial, public, military and private units na úplných okrajích města.



Obr. 5.28 Vizualizace všech vybraných tříd dat Urban Atlas, zahrnutých do zpracování, pro města Leon a Reus

6 VÝSLEDKY

Cílem této práce bylo porovnat urbánní prostor vybraných měst za pomoci nástroje pro výpočet plošných indexů v rámci kruhových výsečí. V následujících kapitolách jsou shrnuty dosažené výsledky ve vztahu k hlavnímu cíli práce.

Výsledky této práce jsou z velké části obsaženy v přílohách ve formě vypočtených plošných indexů, výstupech korelačních a shlukovačích analýz a vizualizací v projektech .mxd. Vzhledem k celkovému objemu výsledných dat byly do textu práce zahrnuty pouze nejdůležitější výsledky porovnání urbánních ploch vybraných měst. Výsledky jsou prezentovány formou interpretací vybraných podobných měst na základě hodnot vypočtených indexů, výsledků shlukování a korelačních koeficientů. Součástí výstupů práce je i dataset, obsahující původní i odvozená data Urban Atlas, včetně šablon s vypočtenými plošnými indexy a počátečními body. (Příloha 3)

6.1 Porovnání urbánního prostoru

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, vzhledem k celkovému objemu výsledků, se tato práce podrobněji zaměřila pouze na vybrané příklady, které jsou obsaženy v kapitole 5. Interpretace výsledků. Tyto interpretace jsou založeny na dílčích výsledcích práce zahrnující korelační a shlukovou analýzu aplikovanou na vypočtené plošné indexy jednotlivých měst. Nedílnou součástí těchto interpretací je také porovnání podobnosti měst založené na vizualizacích v prostředí softwaru ArcGIS.

6.1.1 Plošné indexy

Pro každé ze 100 vybraných měst byly vytvořeny šablony sektorů v rámci kterých byly následně vypočteny plošné indexy za pomoci nástroje *Calculate area indexes* (viz. kapitola 4.3). Plošný index je číselná hodnota podávající informaci o celkovém zastoupení sledované plochy v rámci každého sektoru.

Šablony sektorů pro každé město byly vytvořeny podle společných parametrů, tak aby bylo možné města mezi sebou relativně porovnat pomocí hodnot vypočtených indexů. Každá šablona obsahuje celkem osm soustředných kružnic rozdělených osmi výsečemi, což ve výsledku vytváří 64 sektorů nesoucí hodnotu plošného indexu, pomocí něhož byly města porovnány. Byly spočítány plošné indexy pro pět tříd v rámci každého města.

Celkem je tedy každé město ve výsledcích reprezentováno řadou 64 plošných indexů pro každou z pěti tříd, což je dohromady 320 hodnot nesoucí informaci o urbánních plochách každého města. Tyto hodnoty byly následně využity k provedení korelačních a shlukových analýz.

6.1.2 Korelační a shluková analýza

Jako hlavní metody porovnání urbánních ploch jednotlivých měst byly zvoleny metody korelace (viz. kapitola 4.4) a hierarchického shlukování (viz. kapitola 4.5). Řady 64 plošných indexů pro každé město byly v rámci každé třídy porovnány mezi sebou za pomoci korelace. Pro každou z pěti sledovaných tříd byla vytvořena korelační matice, která byla následně vizualizována. Korelační matice v původní i vizualizované podobě jsou obsaženy v přílohách. (Příloha 1 – Vytupni_data/RStudio/..)

Z výsledků korelací je patrné, že největší podobnosti mezi vybranými městy lze pozorovat v třídách *Continuous urban fabric* a *Road and rail network and associated land*, kde vycházely nejvyšší hodnoty korelačních koeficientů. U zbylých třech tříd jsou výsledné korelační koeficienty o poznání nižší. O nižší podobnosti ve zbylých třech třídách svědčí i p-hodnoty, které ve většině případů nedosahují hladiny významnosti.

V dalším kroku byly hledány podobná města na základě výsledků metody hierarchického shlukování. Hierarchické shlukování bylo provedeno Wardovou metodou a vzdálenosti mezi hodnotami byly vypočteny cosinovou metodou. V rámci každé třídy bylo definováno 10 hlavních shluků, v rámci, kterých byly následně hledány podobnosti mezi jednotlivými městy. Výsledky hierarchického shlukování byly ve vybraných případech ověřeny pomocí hodnoty korelačního koeficientu a porovnány za pomoci vizualizací.

6.1.3 Vizualizace a porovnání

Ve finální části řešení byla všechna města vizualizována v rámci každé třídy, na základě vypočtených indexů. Celkem bylo vytvořeno pět ArcGIS .mxd projektů, každý pro jednu třídu, kde byla města s vypočtenými indexy vizualizována a seřazena podle výsledků hierarchického shlukování. Součástí vizualizace každého města jsou původní data každé vybrané třídy z Urban Atlasu (viz. kapitola 4.6).

Na základě hodnot korelačních koeficientů, výsledků hierarchického shlukování a porovnání vizualizací byly zjištěny podobnosti mezi městy. V rámci třídy *Continuous urban fabric* bylo možné charakterizovat všech 10 hlavních shluků. Města porovnaná na základě ploch této třídy vytváří specifické shluky, které mají svoje vlastní typické struktury (kapitola 5.1). Ve zbylých čtyřech třídách lze i nadále pozorovat určité podobnosti mezi městy ale podobnost v rámci 10 základních shluků je o poznání nižší než u třídy *Continuous urban fabric* (viz. kapitoly 5.2 až 5.5).

6.2 Ohodnocení metodiky

Součástí této práce bylo také zhodnotit a otestovat použitý postup a samotný nástroj pro výpočet plošných indexů. Porovnání urbánních ploch za pomoci plošných indexů vypočtených v rámci kruhových sektorů je jednoznačně možné, jak plyne z předchozích kapitol (viz. kapitola 5.1). Postup využitý v této práci umožnil na základě vypočtených plošných indexů nalézt podobná města a zařadit je do shluků. Tyto podobnosti jsou doložené vizualizacemi, a hodnotami korelačních koeficientů, které ji potvrzují.

Při zpracování bylo zjištěno, že nejpřesnější výsledky podobností vycházejí u ploch s kompaktnějším tvarem, které na sebe navzájem navazují (viz. kapitola 5.1). V případě výpočtu plošných indexů z ploch, které jsou rozprostřeny po celém území šablony sektorů, dochází k méně spolehlivému nalezení podobných měst (viz. kapitola 5.2).

Výsledky této metody porovnání měst závisí na mnoha faktorech. V první řadě je důležité definování podoby šablony sektorů, v níž se počítají plošné indexy (viz. podkapitola 4.2.2). Podrobnější šablona s více sektory může zajistit podrobnější výsledky, avšak za cenu objemnějších dat a složitější interpretace. Dalším důležitým faktorem je umístění počátečního bodu. Je nezbytné stanovit jednoznačná pravidla pro jeho umísťování, protože se od něj vyvíjí celá šablona sektorů (viz. podkapitola 4.2.1).

Výsledky této práce potvrzují, že tato metoda se dá využít za účelem porovnání urbánních ploch s důvěryhodnými výsledky.

Výstupy práce	Obsah
Prostorová data	- Data odvozená z původních dat Urban Atlas (vybrané a agregované třídy) - Počáteční body měst - Šablony sektorů (verze s vypočtenými indexy i bez) - všechna data ve formě .shp - data strukturována podle názvu měst - tabulka obsahující parametry šablon sektorů pro každé město
Korelace	- .csv soubory s korelačními maticemi - Vizualizace korelačních matic - R skript pro načtení a základní úpravu dat všech měst
Shlukování	- Vizualizované dendrogramy (výstupy z Orange a R Studio) - .csv soubory s náležitostí měst k jednotlivým shlukům - Workflow schema do softwaru Orange
Vizualizace	- ArcGIS projekty (.mxd) - Vizualizovaná všechna města pro všechny třídy

Obr. 6.1 Tabulka výstupů práce

7 DISKUZE

V rámci této práce se naskytlo mnoho možností a směrů jakými tuto práci vést nebo na ní navázat. Již v první fázi práce při stanovení metodiky pro umístění počátečního bodu mohlo být přistoupeno k jinému způsobu umístění, který by měl za následek odlišné výsledky. Finální výsledky založené na vypočtených plošných indexech jsou velmi závislé na umístění počátečního bodu. Posun počátečního bodu, byť o malou vzdálenost má za následek posunutí celé šablony sektorů a tím pádem i jiné hodnoty, pro jiná území. Důležité je tedy zachovat způsob umístění počátečního bodu v rámci všech měst, které vstupují do zpracování, aby je bylo možno mezi sebou porovnat.

Dalším rozcestím, které může mít za následek odlišné výsledky, než které byly dosaženy v této práci jsou parametry šablon sektorů. V případě většího počtu výsečí nebo soustředných kružnic, které tvoří výslednou šablonu, by bylo možno dosáhnout podrobnějších hodnot prostorových indexů. Toto by však mělo pravděpodobně za následek menší podobnosti mezi městy, a to v důsledku vzniku specifitějších struktur v šabloně sektorů. V opačném případě, kdyby byl zvolen menší počet výsečí a soustředných kružnic došlo by ke vznikům podobnosti u měst, která si ve skutečnosti podobná nejsou z důvodu příliš velké generalizace původních dat. Je tedy důležité stanovit optimální počet sektorů vzhledem k plochám, vybraným k porovnání. Opět stejně jako v případě umisťování počátečního bodu je důležité zachovat jednotnou podobu šablony sektorů, aby bylo možno výsledky jednotlivých měst mezi sebou porovnat.

Výsledky podobností taktéž závisí na použité metodě shlukování. V této práci byly vizualizace a interpretace vytvořeny primárně na základě výsledků hierarchického shlukování využívajícího cosinové vzdálenosti a Wardovu metodu. Výsledky shlukování za využití euklidovských vzdáleností a výstupy shlukování z aplikace SimUrb jsou součástí příloh, ale v práci slouží především pouze jako ukázka alternativních metod využitelných k hledání podobností mezi městy.

Tato práce by mohla být dále rozvinuta různými způsoby. Jedním z návrhů je možnost využít přiřazení vah jednotlivým třídám v každém městě. Toto by vyžadovalo vydělit celkovou plochu sektorů plochou sledované třídy, čímž by byla získána hodnota váhy. Následně by bylo třeba využít metodu porovnání, která dokáže s těmito váhami pracovat.

Z vizualizací je patrné, že orientace výsečí ve všech městech není vždy stejná i přes to, že byly u všech nastaveny stejné parametry. Toto je způsobeno využitím projekce souřadnicového systému ETRS8 / LAEA Europe (EPSG: 3035), který je zdrojovým souřadnicovým systémem dat Urban Atlas. Toto zobrazení zachovává plochy, ale zkresluje úhly, což způsobuje odchylky ve výsečích jednotlivých měst.

8 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo porovnat urbánní plochy vybraných měst za pomoci souboru nástrojů v toolboxu Area Index From Circular Sectors, vytvořeným v bakalářské práci, na kterou tato práce navazuje. Porovnání urbánních ploch probíhalo na vybraných městech z datové sady Urban Atlas, která je součástí evropského projektu Copernicus a je zdarma dostupná na příslušných webových stránkách.

K porovnání jednotlivých měst a jejich urbánních ploch bylo vybráno a pět tříd, ze kterých byly vypočteny plošné indexy. Tyto vypočtené plošné indexy byly podrobeny korelační analýze a analýze hierarchického shlukování za účelem nalezení podobností a shluků. Všechna města byla vizualizována v projektech .mxd pro software ArcGIS za každou třídu zvlášť a strukturována podle výsledků hierarchického shlukování. Vizuelním porovnáním byly v jednotlivých shlucích hledány typické příklady, na základě kterých, byl shluky charakterizovány. Ve třídách, kde výsledné shluky nebyly dostatečně specifické, byly vybrány příklady podobných měst a interpretovány v textu práce.

Výsledkem práce jsou především interpretace vizualizací podobných měst. Jedním z hlavních výsledků jsou také vizualizace vypočtených indexů strukturované podle výsledků hierarchického shlukování a podpořené výsledky korelací.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

BOEING, Geoff, *Research article* [online]. Cornell University, 2018 [cit. 2019-02-04]. A Multi-Scale Analysis of 27,000 Urban Street Networks: Every US City, Town, Urbanized Area, and Zillow Neighborhood, Dostupné z WWW: <<https://arxiv.org/pdf/1705.02198.pdf>>

BURIAN, Jaroslav, *Geoinformatika v prostorovém plánování*. Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, 130 s. ISBN 978-80-244-4104-7.

BURIAN, J., PÁSZTO, V., TUČEK, P. a kol. *Geoinformatika při analýzách rurálního a urbánního prostoru*. Univerzita Palackého v Olomouci, 2013, 120 s. ISBN 978-80-244-3783-5.

DOLEŽALOVÁ, Jitka, *Teorie grafů při vyhodnocování časoprostorových dat*, Olomouc, 2018. Disertační práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Halaš Radomír, prof. Mgr. Dr.

JANOUSEK, Matěj. *Programu pro výpočet plošného indexu v kruhových výsečích*. Olomouc, 2017. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Doc. Ing. Zdena DOBEŠOVÁ, Ph. D.

LOUF, R., BARTHELEMY, M., *Research article* [online]. 2014 [cit. 2019-02-03]. A typology of street patterns. Dostupné z WWW: <<https://doi.org/10.1098/rsif.2014.0924>>

A Brief History of Urbanization. In: *Social Problems: Continuity and change*. University of Minnesota, 2016, Elektronické publikování, ISBN 978-1-946135-23-0. Dostupné z WWW: <<https://open.lib.umn.edu/socialproblems/chapter/14-1-a-brief-history-of-urbanization/>>

Corine land cover nomenclature guidelines [online]. Copernicus- Land Monitoring Service, 2012 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z WWW: <<https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/corine-land-cover-nomenclature-guidelines/html/>>

Urban Atlas Mapping guide v4.7 [online]. Copernicus- Land Monitoring Service, 2016 [cit. 2019-02-05]. Dostupné z WWW: <<https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/urban-atlas-2012-mapping-guide-new>>

Origins and evolution of cities [online]. 2018 [cit. 2019-01-20]. Mendelova Univerzita v Brně. Dostupné z WWW: <https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=71671>.

68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN, United Nations [online]. United Nations, Department of economic and social affairs, 2018 [cit.2019-01-28]. Dostupné z WWW:
<<https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>>

Wikisofia, Urbanistické modely [online], 2017 cit. [cit. 2019-01-19]. Dostupné z WWW:
<https://wikisofia.cz/wiki/Urbanistick%C3%A9_modely>

Informace o vybraných městech:

Město Žilina, 2013 [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z WWW:
<<https://www.zilina.sk>>

Vivre le Mans, 2019 [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z WWW:
<<https://www.lemans.fr/zakladne/>>

Welcome to Gouda..., [online]. [cit. 2019-03-10]. Dostupné z WWW:
<<https://www.welcometogouda.com>>

Visit Liberec, [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z WWW:
<<https://www.visitliberec.eu/>>

Bern, [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z WWW:
<<https://www.bern.com>>

st.gallen, 2019 [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z WWW:
<<https://www.stadt.sg.ch>>

Chambéry.fr, 2019 [online]. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z WWW:
<<https://wwwchambery.fr>>

Encyclopedia Britannica, 2019 [online]. Kortrijk [cit. 2019-03-12]. Dostupné z WWW:
<<https://www.britannica.com/place/Kortrijk>>

Encyclopedia Britannica, 2019 [online]. Fulda [cit. 2019-03-12]. Dostupné z WWW:
<<https://www.britannica.com/place/Fulda>>

Encyclopedia Britannica, 2019 [online]. Pesaro [cit. 2019-03-10]. Dostupné z WWW:
<<https://www.britannica.com/place/Pesaro>>

Encyclopedia Britannica, 2019 [online]. Poitiers [cit. 2019-03-14]. Dostupné z WWW:
<<https://www.britannica.com/place/Poitiers>>

Encyclopedia Britannica, 2019 [online]. Valence [cit. 2019-03-14]. Dostupné z WWW:
<<https://www.britannica.com/place/Valence>>

Information France, 2019 [online]. Beauvais [cit. 2019-03-14]. Dostupné z WWW:
<<https://www.informationfrance.com/Beauvais>>

Encyclopedia Britannica, 2019 [online]. Maribor [cit. 2019-03-15]. Dostupné z WWW:
<<https://www.britannica.com/place/Maribor>>

Manresa Cor de Catalunya, 2019 [online]. History and heritage [cit. 2019-03-15].
Dostupné z WWW: <<https://www.manresa.cat>>

Site-ul oficial al municipiului Satu Mare, 2019 [online]. History [cit. 2019-03-16].
Dostupné z WWW: <<http://www.satu-mare.ro/pagina/istorie>>

Ayuntamiento de Palencia, 2019 [online]. History [cit. 2019-03-17]. Dostupné z WWW:
<<https://www.aytopalencia.es/turismo/visit-palencia/history>>

Encyclopedia Britannica, 2019 [online]. Taranto [cit. 2019-03-17]. Dostupné z WWW:
<<https://www.britannica.com/place/Taranto>>

Encyclopedia Britannica, 2019 [online]. Bamberg [cit. 2019-03-17]. Dostupné z WWW:
<<https://www.britannica.com/place/Bamberg>>

Encyclopedia Britannica, 2019 [online]. Tarbes [cit. 2019-03-18]. Dostupné z WWW:
<<https://www.britannica.com/place/Tarbes>>

Reus.cat Ajuntament de Reus, 2019 [online]. Reus [cit. 2019-03-18]. Dostupné z WWW:
<<http://www.reus.cat/la-ciutat/historia-i-situacio>>

Pleven municipality Official website, 2019 [online]. Historical Overview [cit. 2019-03-18].
Dostupné z WWW:
<<https://pleven.bg/en/historical-overview>>

Encyclopedia Britannica, 2019 [online]. León [cit. 2019-03-18]. Dostupné z WWW:
<<https://www.britannica.com/place/Leon-Spain>>

Encyclopedia Britannica, 2019 [online]. Nyíregyháza [cit. 2019-03-19].
Dostupné z WWW:
<<https://www.britannica.com/place/Nyiregyhaza>>

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Volné přílohy

Příloha 1	DVD
Příloha 2	Poster ve formátu A2
Příloha 3	SD paměťová karta

Obsah Přílohy 3

UrbanAtlas

- Cities – obsahuje složky s daty jednotlivých měst
 - o Documents
 - Dokumentace dat UrbanAtlas k příslušným městům (.doc, .pdf)
 - o Shapefiles
 - boundary.shp
 - origin_point.shp
 - sectors_template.shp
 - urban_atlas.shp
 - Urban Atlas.lyr
- Classes – obsahuje složky s .shp soubory vybraných tříd pro každé město a SQL příkazy pro jejich výběr z Urban Atlasu
 - o Continuous urban fabric
 - o Discontinuous urban fabric
 - o Green urban areas & Sports and leisure facilities
 - o Industrial, commercial, public, military, private units
 - o Road and rail network and associated land
 - o Continuous urban fabric.exp
 - o Discontinuous urban fabric.exp
 - o Green urban areas & Sports and leisure facilities.exp
 - o Industrial, commercial, public, military, private units.exp
 - o Road and rail network and associated land.exp
 - o SQL_queries.txt
- Indexes – obsahuje .shp soubory šablon s vypočtenými plošnými indexy pro každé město