Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra geoinformatiky

PROGRAM PRO VÝPOČET PLOŠNÉHO INDEXU V KRUHOVÝCH VÝSEČÍCH

Bakalářská práce

Matěj JANOUŠEK

Vedoucí práce Ing. Zdena Dobešová, Ph.D.

Olomouc 2017
Geoinformatika a geografie

ANOTACE

Cílem práce bylo vytvořit nástroj umožňující výpočet plošného indexu pro vložená data v rámci sektorů soustřednými kružnicemi a kruhovými výsečemi. Nástroj umí pracovat s polygonovými, liniovými i bodovými typy dat. Řešení je realizováno pro software ArcGIS ve verzi 10.x v programovacím jazyce Python. Primární aplikace tohoto nástroje je zaměřena na území města. Nástroj poskytuje bližší náhled do vnitřní struktury sledovaného jevu v rámci města vzhledem ke zvolenému středu. Výsledný nástroj byl rozdělen do čtyř částí (skriptů), každá s odlišnou funkcí. První tři skripty umožňují uživateli tvorbu sektorů podle nastavených parametrů, a to buď s manuálně zvolenými vzdálenostmi mezi jednotlivými kružnicemi nebo s konstantní rozlohou sektorů. Doplňkový skript umožňuje tvorbu sektorů pomocí interaktivního výběru počátečního bodu v datovém náhledu. Čtvrtý a finální skript umožňuje výpočet samotného plošného indexu. Plošný index je počítán třemi různými způsoby pode typu vstupních dat. V případě polygonů je plošným indexem plocha polygonu dělena plochou sektoru přepočtena na procenta. U liniových dat je indexem délka linie dělena plochou sektoru a přepočtena na procenta. V případě bodových dat je spočten pouze počet bodu v daném sektoru. Jako součást práce byl vypracován mapový dokument reprezentující možnosti využití tohoto nástroje. Kromě mapového dokumentu práce obsahuje také testovací balíček s uživatelským návodem a informační leták v anglickém jazyce. Součástí balíčku jsou také testovací data a šablony sektorů pro město Olomouc.

KLÍČOVÁ SLOVA

index; plocha; buffer; sektor

Počet stran práce: 37
Počet příloh: 4 (z toho 3 volné a 1 elektronické)

ANOTATION

The purpose of this work was to create a tool that would enable calculation of area index for input data in circular sectors. Created tool, is able, to process polygon, line and point data. Tool was created for ArcGIS software version 10.x and it was written in programming language Python. Primary application of this tool is focused on towns and cities. It enables closer look, into spatial distribution of observed phenomenon, in regard, to selected origin point. Final tool was divided into four parts (scripts) each serving a different purpose. Purpose of the first three script is to create circular sectors based on input parameter values. These three scripts allow user to create sectors with manual distances between each circle or sectors which have constant area. The third script is only supplementary and allows user to create sectors from interactively placed origin point. Fourth and final script is used for calculation of area index itself. Area index is calculated in different ways based on input data. If the input data is a polygon area index is polygon area/sector area and converted to a percentage. If the input data is a line area index is line length/sector area, and it is also converted to a percentage. If the input data are points, then only number of points in each sector is calculated. As part of this work was created a map document representing the tools possibilities. Aside from the map document a test package was appended which includes short user manual and information leaflet. As part of the test package was included a geodatabase with test data and templates for Olomouc.

KEYWORDS

index; area; buffer; sector
Number of pages: 37
Number of appendixes 4

Prohlašuji, že

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

- jsem si vědom, že na moji bakalářskou 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,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užívat (§ 35 odst. 3),

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

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

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

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské 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

Děkuji vedoucímu práce Ing. Zdeně Dobešové, Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce.

OBSAH

ÚVOD **10**

1 CÍLE PRÁCE **11**

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ **12**

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY **15**

3.1 Inspirace práce 15

3.2 Geografie měst 16

3.3 Urbanistické modely 16

3.4 Existující řešení 17

3.4.1 Modely 17

3.4.2 Kartografické metody 18

3.5 Přístupy k členění území 20

3.5.1 Nepravidelná členění 20

3.5.2 Pravidelná členění 20

4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ **21**

4.1 Skripty pro tvorbu kruhových sektorů 22

4.1.1 Create sectors (manual distances) 22

4.1.2 Create sectors (constant area) 27

4.1.3 Create sectors interactive origin point (UTM_33N) 29

4.2 Skript pro výpočet plošných indexů 31

4.2.1 Skript Calculate area indexes 31

4.2.2 Polygonová vstupní data 32

4.2.3 Liniová vstupní data 34

4.2.4 Bodová vstupní data 34

4.2.5 Nastavení a validace parametrů skriptu v ArcGIS 35

4.3 Testování a tvorba mapového výstupu 36

4.3.1 Testování 36

4.3.2 Tvorba mapového dokumentu a posteru 39

5 VÝSLEDKY **41**

5.1 Nástroj 41

5.2 Mapový dokument 42

5.3 Balíček Calculate Area Indexes From Circular Sectors 42

6 DISKUZE **43**

6.1 Počet sektorů 43

6.2 Konstantní rozloha 43

6.3 Ukládání dočasných souborů 44

6.4 Validace 44

6.5 Šablona 45

6.6 Manuál 45

6.7 ArcGIS Online 45

7 ZÁVĚR **46**
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE **47**
PŘÍLOHY **48**
SEZNAM PŘÍLOH **49**

ÚVOD

Tématem této bakalářské práce je tvorba programu pro výpočet plošného indexu v rámci kruhových sektorů. Práce se zabývá novým přístupem k řešení vnitřní struktury města inspirovaným metodou využitou Dr. Maikem Netzbandem a prezentovanou v rámci 1st StatGIS konference v roce 2011. Existuje mnoho odlišných přístupů k této problematice od algoritmů a softwarů modelujících časový vývoj, přes metody kartografické vizualizace až k různým způsobům dělení a klasifikace dílčích částí města.

V rámci této bakalářské práce je přistupováno ke zvolené problematice z hlediska způsobu dělení a klasifikace území pomocí plošného indexu vypočteného v rámci soustředných kruhových sektorů. Zvolená metoda se liší od současných přístupů především svým využití kruhových sektorů. Většina podobných řešení využívá buď hexagonové nebo trojúhelníkové sítě. Soustředné kružnice však poskytují nový náhled díky tomu, že jsou schopny zachytit vývoj jevu ve vztahu ke zvolenému středu. To znamená, že podle zvoleného středu soustředných sektorů lze pozorovat odlišný vývoj pozorovaného jevu.

Celá tato práce se zabývá tvorbou nástroje pro software ArcGIS v programovacím jazyce Python. Součástí řešení je také reprezentativní mapový dokument znázorňující možnosti využití výsledného nástroje.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je vytvořit program pro automatické rozdělení vstupních prostorových dat města (bodových, liniových i polygonových) pomocí kruhových výsečí soustředných kružnic. Programový nástroj je realizován pro software ArcGIS v jazyce Python. Tento program podle volitelných vstupních parametrů (střed kružnic, vzdálenost kružnic, počet os, ...) provede pravidelné rozdělení území města do kruhových výsečí. Následně tento program provede výpočet zvoleného plošného indexu pro zadanou vrstvu. Proběhne aplikace programu na vybrané prostorové vrstvy města a provede se výpočet indexu ve výsečích vygenerovaných programem. Vybrané výsledky budou zdokumentovány mapovým výstupem.

Shrnutí cílů práce je v následujících bodech:

- Studium odborné literatury týkající se tématu
- Studium metod tvorby skriptu pro ArcGIS v jazyce Python
- Teoretický návrh řešení
- Tvorba skriptu
- Testování a aplikace skriptu na ukázkových datech
- Sepsání textové části bakalářské práce

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

Práce se zabývá tvorbou skriptu pro software ArcGIS, který umožní uživateli lépe nahlédnout do prostorové struktury města z hlediska vybraného atributu a jeho prostorového výskytu. Pro realizaci byl zvolen skriptovací jazyk Python a byly využity nástroje obsažené v knihovně Arcpy.

Použité programy

Mezi hlavní použitý software v této bakalářské práci byl podle zadání zvolen ArcGIS Desktop ve verzi 10., testování probíhalo konkrétně na verzích 10.3 a 10.4.

Samotná realizace skriptu probíhala ve skriptovacím programu PyScripter for Python 2.7 a to z důvodu předchozích zkušeností s tímto softwarem. Verze jazyka Python 2.7 byla zvolena z důvodu kompatibility se softwarem ArcGIS. Bylo využito i softwaru QGIS, který byl použit k získání dat pro město Olomouc z databáze OpenStreetMap. Ke tvorbě grafických výstupů, doplňujících obrázků a mapového dokumentu byl využit software Adobe Illustrator. Ke tvorbě manuálu a textu bakalářské práce bylo využito softwaru Microsoft Word 2013.

Dále stojí také za zmínku knihovna Arcpy umožňující potřebný přístup k nástrojům jako např. *Bearing Distance to Line* nebo *Multiple Ring Buffer*.

Použitá data

K získání dat byl použito softwaru QGIS a pluginu OpenLayers. Byla zvolena oblast města Olomouce z důvodu reprezentativnosti výsledné mapy znázorňující možnosti skriptu. Konkrétně se jedná o data o městské zeleni, průmyslových plochách, sítě komunikací, autobusových zastávkách a semaforech. Při tvorbě mapového dokumentu bylo využito také bodových dat obchodů pro město Székesfehérvár v Maďarsku. Jako součást testovacích dat byly vytvořeny šablony kruhových sektorů pro město Olomouc s počátečním bodem umístěným na Sloup Nejsvětější Trojice na Horním náměstí.

Použité metody

Hlavním výsledkem hotového skriptu je polygonová vrstva sektorů, přičemž každý sektor obsahuje atribut plošný index (*area_index*). Jelikož vstupními daty podle zadání práce mohou být jak polygonová, tak i liniová nebo bodová data, skript je schopen je rozpoznat a aplikovat příslušný vzorec. V případě polygonových dat je plošným indexem procentuální podíl z celkové plochy sektoru, u liniových dat je to pak podíl délky linie a plochy sektoru přepočten na procenta, a v případě bodů se vypočte počet bodů náležející do každého sektoru.

K vytvoření sektorů bylo využito nástrojů *Multiple Ring Buffer* a *Bearing Distance to Line,* které byly shledány nejvhodnějšími k realizaci skriptu. K výpočtu plošného indexu byly použity nástroje *Dissolve*, *Intersect* a *Spatial join,* které připraví vstupní vrstvu a umožní výpočet indexu. Následně byly použity nástroje, které umožňují manipulaci s atributy vstupních dat, a to *Add Field*, *Add Geometry*, *Calculate Field*, *Alter Field* a *Delete Field.*

Postup zpracování

Počáteční krokem při tvorbě bakalářské práce bylo studium odborné literatury týkající se skriptování v jazyce Python se zaměřením na aplikaci v ArcGIS a s využitím knihovny Arcpy. Konkrétně se jednalo o knihy Python Scripting for ArcGIS (Zandbergen, 2012) a GIS Tutorial for Python Scripting (Allen, 2014) psané v anglickém jazyce.

Kromě odborné literatury bylo čerpáno i z mnoha internetových zdrojů (např. StackOverflow, Geonet a další) týkajících se problematiky skriptování a využívaní knihovny Arcpy. Přínosným zdrojem informací byla také průvodní dokumentace obsažená v ArcGIS ke každému z použitých nástrojů (tool help). Tato dokumentace byla taktéž využita k lepšímu porozumění nastavení fungování samotných uživatelských skriptů, a to hlavně v případě validace.

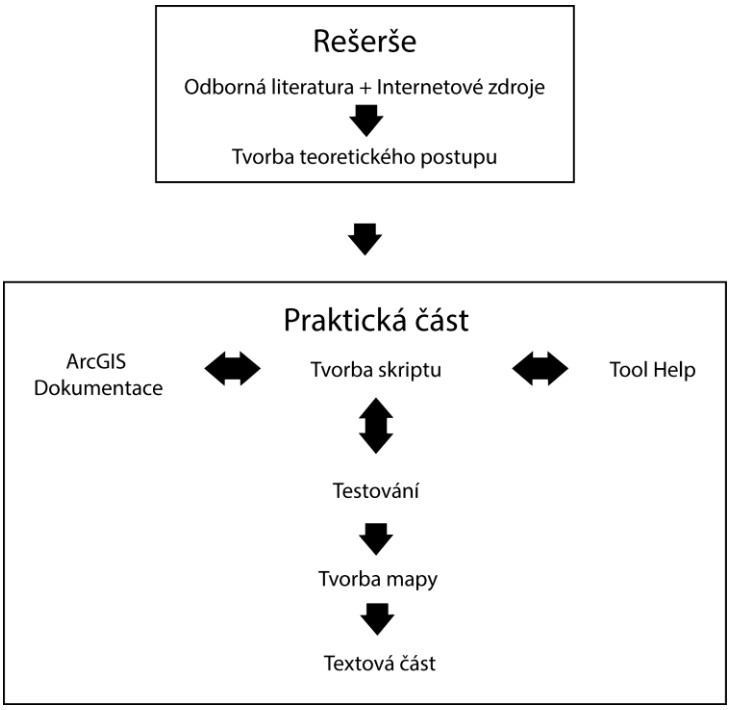
Následujícím krokem bylo vytvoření teoretického postupu tvorby skriptu. Bylo třeba určit, které nástroje budou použity, v jakém pořadí a jakým způsobem, aby ve výsledku vznikl fungující produkt. Jedním z prvních návrhů bylo použití bufferů, které by byly následné rozděleny liniemi vypočítanými parametricky pomocí goniometrických funkcí. Od tohoto řešení bylo ve výsledku upuštěno a linie byly vytvořeny pomocí nástroje *Bearing Distance to Line,* která umožňuje tvorbu linií z počátečního bodu v plném rozsahu 360° a bere v potaz souřadnicový systém výchozího bodu.

Použití této funkce vyžaduje vstupní tabulku s požadovanými parametry o liniích. K tvorbě tabulky bylo využito knihovny *csv,* která umožňuje tvorbu a zápis do *csv* tabulek. K výpočtům obsahů kruhových sektorů bylo využito knihovny *math,* která obsahuje matematickou konstantu **π,** která byla využita při výpočtu obsahu kruhu.

Všechny potřebné mezivýsledky jednotlivých procesů byly ukládány do složky temp vytvořené v rámci skriptu na disku C.

Pro lepší přehlednost pro uživatele byl skript rozdělen na čtyři části. První tři části umožňují tvorbu kruhových sektorů podle uživatelem zvolených parametrů, buď se stejným obsahem a automaticky spočítanými vzdálenostmi mezi sektory, nebo s manuálně zvolenými vzdálenostmi, ale různými obsahy. Třetí skript umožňuje interaktivní volbu výchozího bodu v souřadnicovém systému odpovídajícím přiložené referenční vrstvě a vytváří sektory s manuálně zvolenými vzdálenostmi bufferů. Čtvrtý skript využívá sektory vytvořené v jednom z předchozích skriptů a vypočítává pro ně plošný index v závislosti na vstupních datech.

Po samotné tvorbě všech částí následovalo testování na získaných datech a tvorba mapového dokumentu reprezentující možnosti konečného skriptu. V rámci bakalářské práce byl vytvořen stručný manuál v anglickém jazyce a jednoduchý informační leták ve formátu A4 v anglickém a českém jazyce, který je určen k seznámení uživatele se základní funkcionalitou skriptu.



Obr. 2.1 Schéma postupu práce

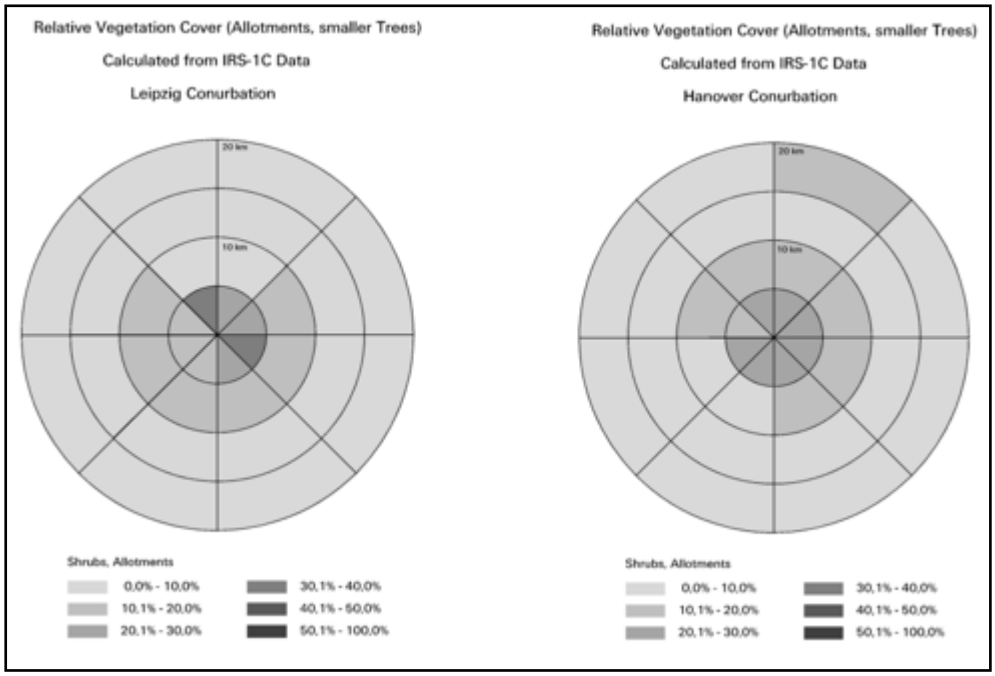
Výše uvedené schéma zjednodušeně popisuje průběh práce od počáteční rešerše až k řešení a textové části.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V současnosti existuje nespočet různých urbanistických přístupů, modelů a analýz zabývajícími se strukturou města. Tyto přístupy zohledňují různé cíle, vlastnosti a vstupní data.

3.1 Inspirace práce

Zadání této práce bylo inspirováno metodou výpočtu zastoupení specifického vegetačního pokryvu v předem definovaných sektorech, použitou v práci Dr. Maika Netzbanda prezentovanou na 1st StatGIS konference v prezentaci Urban Remote Sensing and Landscape Metrics (Netzband, 2011).



Obr. 3.1 Ukázka z prezentace Urban Remote Sensing and Landscape Metrics (Netzband, 2011)

V této práci byla metoda použita na rastrová data. Cílem bylo využít předem definovaných kruhových sektorů, k výpočtu procentuálního zastoupení vybraného typu vegetačního pokryvu v celkové ploše sektoru. Celý proces byl realizován v programu ERDAS Imagine. V tomto případě nebyl použit žádný automatizovaný proces a jednotlivé kruhové sektory byly vytvořeny kombinací výsledků více nástrojů.

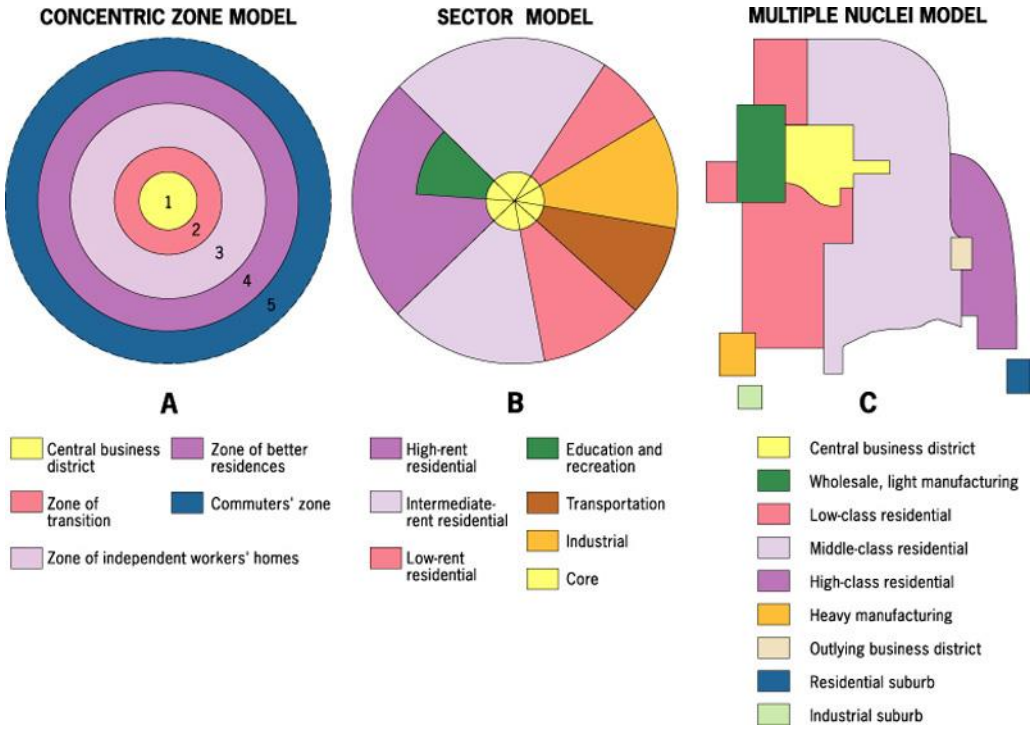
3.2 Geografie měst

Jak již bylo řečeno, cílem této práce je poskytnout nástroj umožňující náhled do vnitřní prostorové struktury města. Struktura měst se projevuje různě v závislosti na tom, jaké funkce město naplňuje. Rozdílnou strukturu lze také pozorovat na základě toho, jakým historický vývojem města prošla. Města, jejichž počátky sahají až do starověku (Jeruzalém), budou mít nevyhnutelně jinou vnitřní strukturu než např. moderní města postavená podle předem připravených plánů (Canberra, Havířov, …)

Mezi další ovlivňující faktory se dá zařadit například zeměpisná poloha města, převažující národnost obyvatel, přírodní podmínky, kapitál, počet a hustota obyvatel atd. Lze argumentovat o tom, které faktory jsou důsledek, a které příčina dané struktury.

3.3 Urbanistické modely

S vnitřní strukturou měst souvisí také sociologické modely navržené podle prostorového rozložení základních definovaných částí. Z těch nejznámějších stojí za zmínku sektorový, koncentrický a mnohonukleidový model. Tyto modely jsou charakteristické svým rozdělením na jednotlivé sektory podle funkce a socioekonomického statusu jeho obyvatel (Wikisofia, Urbanistické modely [online], 2017).



Obr. 3.2 Nejznámější sociologické modely města (Wikisofia, Urbanistické modely [online], 2017)

Jedním z hlavních faktorů ovlivňují tvorbu těchto modelů a určení hranic mezi jednotlivými oblastmi jsou dopravní tepny vedoucí do jádra města definovaného jako Central business district (dále jen CBD). Na základě analýzy 142 amerických měst při tvorbě Hoytova sektorového modelu města bylo např. zjištěno, že dochází často ke koncentraci obyvatel s nízkým příjmem v blízkosti dopravních tepen. Naproti tomu rodiny s vyšším příjmem žijí co nejdál od CBD a od oblastí průmyslových zón. Z tohoto důvodu je tento stav možno pozorovat především na městech, která zaznamenala největší rozvoj v období průmyslové revoluce, kdy došlo k prudkému rozvoji dopravy a industrializace (např. Newcastle ve Velké Británii) (Wikisofia, Urbanistické modely [online], 2016).

3.4 Existující řešení

Nástroj, který vznikl při řešení této bakalářské práce, umožňuje uživateli statický náhled na současný stav města. Existuje však i mnoho nezávislých přístupů k řešení problematiky prostorových analýz na území města zabývajících se vývojem tohoto stavu do budoucnosti. Kromě modelů umožňujících náhled do možného budoucího vývoje existují i kartografické metody vizualizace prostorových jevů, které lze aplikovat na problematiku vnitřní struktury města.

3.4.1 Modely

Následující modely jsou příkladem odlišných přístupů k problematikám týkajících se se urbanismu, územního plánování nebo obecně rozvoje města.

- Urban SIM

Model UrbanSIM vznikl v polovině 90. let na University of Washington za účelem vytvořit otevřený simulační systém, který by sloužil plánovacím agenturám metropolitních regionů měst v USA. UrbanSim explicitně reprezentuje interakci mezi domácnostmi, ekonomickými subjekty (firmami), developery a veřejnou správou prostředí trhu s nemovitostmi. Je modelem multiagentovým, tedy simuluje individuální rozhodování jednotlivých aktérů – domácností, firem a developerů. Developeři využívají pozemky k vytváření bytového a nebytového fondu na základě poptávky domácností a firem. Domácnosti se snaží prosadit preferované umístění a typ bydlení. UrbanSim je distribuován jako opensource pod GNU General Public License (Burian, 2014).

- DUEM (Dynamic Urban Evolutionary Model)

Princip softwaru DUEM spočívá ve fyzikálním modelování reálné situace pomocí počítačového algoritmu. Hlavním účelem je simulování růstu měst a výzkum rozvoje urbánních ploch. V algoritmu jsou definována kritéria, na základě kterých dochází ke změnám využití půdy, a určité životní cykly pro jednotlivé kategorie využití. Software pracuje s rastrovými daty (Burian, 2014).

- LADSS (Land Allocation Decision Support Systém)

Jedná se o počítačově založený nástroj pro plánování využití venkovského území. LADSS je rozdělen do několika modulů. Výsledky modelu ukazují plochy, jejichž využití by mělo být změněno nebo umístěno do jiné lokality (Burian, 2014).

- SLEUTH

Model SLEUTH (Slope, Land use, Exclusion, Urban Transporation, Hill shading) je založen na modelování pomocí buněčných automat (Celular Automata), kdy je modelované území rozděleno do sítě pravidelných buněk a změna využití buňky se odvíjí od změn s ní sousedících buněk (Burian, 2014).

- Urban Planner

Jedná se o analytickou nadstavbu programu ArcGIS for Desktop 10.x určenou pro vyhodnocení územního potenciálu území a k detekci optimálních ploch vhodných pro územní rozvoj. Urban Planner využívá metodu multikriteriální analýzy a pracuje s daty územně analytických podkladů. Zde využitá metodika vychází z modelů What if?, LADSS a LUCIS, důraz je však kladen na použitelnost výstupů v urbanistické praxi s ohledem na česká specifika. Nástroj je vyvíjen na Katedře geoinformatiky PřF UP ve spolupráci Stanislava Šťastného a Jaroslava Buriana (Burian, 2014).

3.4.2 Kartografické metody

Následující kartografické metody jsou vhodné k vizualizaci různých sledovaných jevů na území města. Každá z těchto metod je vhodná k vizualizaci rozdílných jevů.

- Metoda plošných znaků

Metoda plošných znaků se používá ke znázornění plošných prostorových jevů, které lze v měřítku mapy plošně zakreslit. Je postavena na používání plošných bodových znaků, které vystupují buď jako samostatný vyjadřovací prostředek v této metodě, nebo jako součást složitějších metod. Pomocí této metody lze znázornit jak kvalitativní, tak kvantitativní data. Tato metoda využívá výplň jako hlavní grafickou proměnnou nesoucí primární informaci o kvalitativní nebo kvantitativní hodnotě znaku. Pro oba typy informace platí specifické zásady vizualizace (Voženílek, 2011).

- Dasymetrická metoda

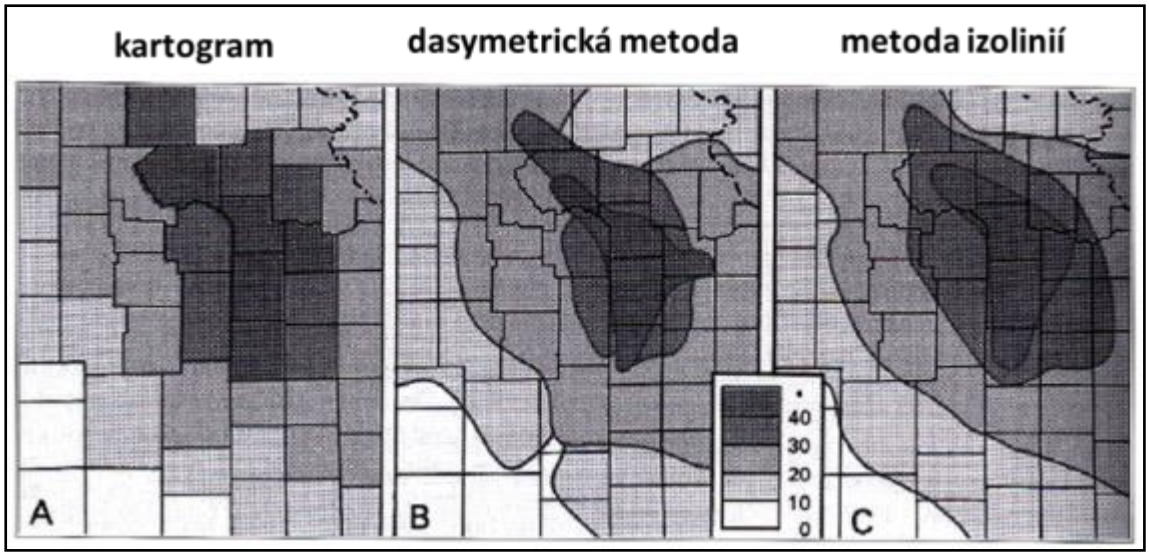
Dasymetrická metoda využívá podobné vyjadřovací prostředky jako metoda plošných znaků, avšak zásadně pro znázorňování dat vztažených k ploše. Dasymetrická metoda je specifická znázorňováním oblastí stejné intenzity jevu, avšak její primární úlohou je zaznamenat proměnlivost jevu ve sledovaném území. Tato metoda je schopna podat mnohem výstižnější informace o rozložení jevu v území než např. metoda kartogramu, neboť se neomezuje pouze na předem stanovené hranice areálu, ale zobrazuje proměnlivost i uvnitř těchto oblastí. Podává tím pádem věrnější obraz skutečnosti než metoda kartogramu, avšak za cenu náročnosti konstrukce (Voženílek, 2011).

- Metoda kartogramu

Patří mezi jednu z nejčastěji využívanou metodu znázornění kvantity v mapě. Umožňuje kvantitativní srovnávání jednotlivých dílčích územních celků. Podstatou této metody je vyjádření jevu relativními hodnotami tak, aby byly dílčí územní celky srovnatelné, a proto musí být kvantitativní data přepočtena na jednotku plochy (Voženílek, 2011).

- Metoda kartodiagramu

Tato metoda je určena především ke znázornění absolutních hodnot jevu. Metoda znázorňuje absolutní hodnoty tak, že se vypočtená velikost diagramu přiřadí v mapě k bodu, linii či areálu. Zpracování se provádí komplexně pro celou sledovanou plochu mapy, ne však pouze pro jednotlivé diagramy (Voženílek, 2011).



Obr. 3.3 Ukázka porovnání kartografických metod (Robinson, Sale, Morrison, et al. 1995)

3.5 Přístupy k členění území

Při sledování a vizualizaci plošného jevu se využívají rozmanité metody členění území. Členění mohou být pravidelná či nepravidelná. Mezi nepravidelná členění lze zařadit především různá dělení na správní oblasti, jako např. kraje, okresy, městské části nebo katastrální území. Do pravidelných lze zařadit hexagonové, trojúhelníkové, pětiúhelníkové či čtvercové sítě.

3.5.1 Nepravidelná členění

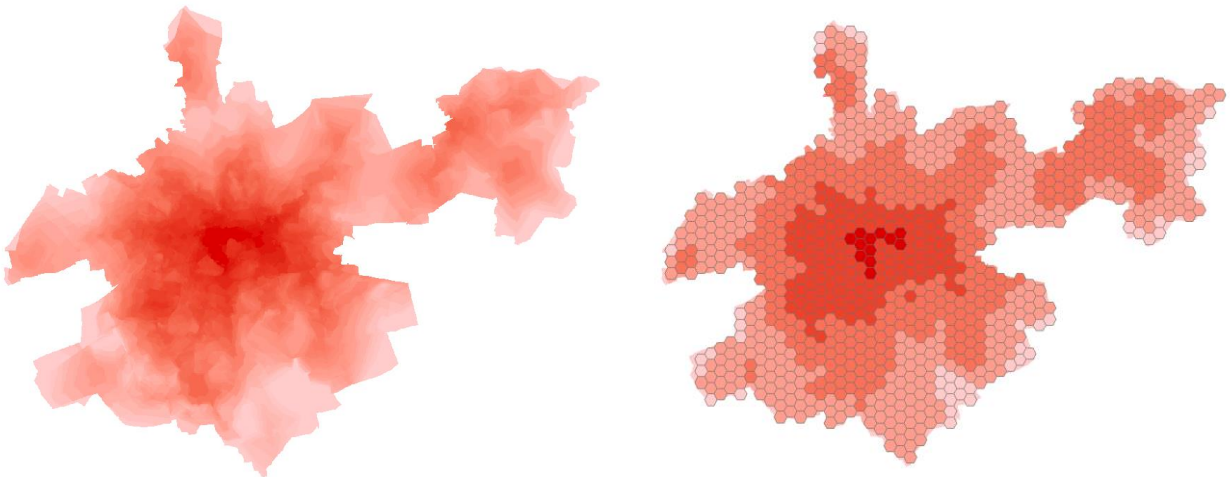
Používá se především pokud nás zajímá výsledná informace vztažena ke konkrétní vymezené oblasti, často se jedná právě o administrativní členění (kraje, ORP, okresy, katastrální území...) V tomto případě mají jednotlivé části většinou nestejnou rozlohu i tvar. V rámci města se nám nabízí detailnější dělení podle městských částí nebo na základní sídelní jednotky.

3.5.2 Pravidelná členění

Nejčastěji se pro pravidelné dělení území používají šestiúhleníkové či trojúhelníkové sítě. Pravidelnost může být zachována například formou stejného tvaru nebo rozlohy.

Diskretizace

Pravidelné členění též umožňuje diskretizaci sledovaného území na stanovené oblasti, jejichž vnitřní variabilita je zanedbána. Diskretizace vyžaduje logickou a reprodukovatelnou metodu zjednodušení prostoru, v případě této práce se jedná o soustředné kružnice rozdělené na sektory. Při zpracovávání prostorových údajů je proces diskretizace označován jako teselace – rozdělení prostoru do série pravidelných, nepravidelných, umělých nebo přirozených nepřekrývajících se geometrických tvarů (Hlásny, 2007)



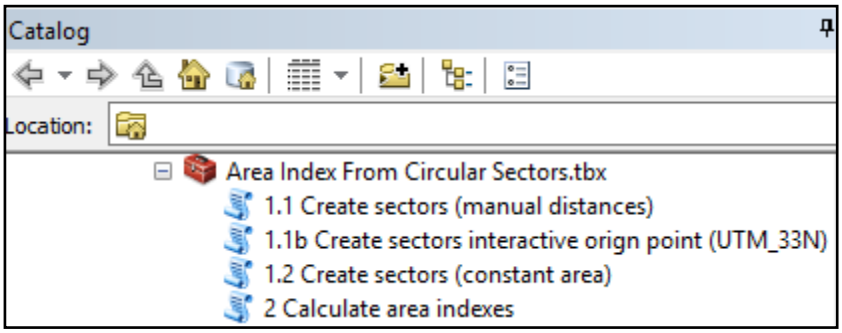
Obr. 3.4 Ukázka teselace povrchu potenciálu cestovního ruchu do hexagonové sítě (ukázka pochází z výsledků semestrální práce vypracované v rámci předmětu Socioekonomická geografie II)

4 VLASTNÍ ŘEŠENÍ

Jak již bylo zmíněno, pro realizaci skriptu byl využit skriptovací jazyk Python ve verzi 2.7, který je podporován v současné verzi ArcGIS for Desktop verze 10.4. Nejzásadnější pro tvorbu skriptu byla knihovna Arcpy umožňující manipulaci s většinou současných nástrojů obsažených v ArcGIS. K psaní samotného skriptu bylo využito vývojové prostředí PyScripter a byly sestaveny čtyři samostatné skripty, které jsou součástí výsledného Toolboxu ***Area Index From Circular Sectors***. První tři skripty jsou zaměřeny na tvorbu kruhových sektorů buď s konstantními obsahy nebo volitelnými vzdálenostmi a finální skript umožňuje samotný výpočet plošného indexu ze vstupních dat pro zvolené území.

Skripty mají poměrně jednoduchou strukturu s maximálním využití kombinací již dostupných nástrojů k dosažení požadovaného výsledku. K tomuto účelu posloužila knihovna *Arcpy* obsahující všechny potřebné nástroje k manipulaci s funkcemi ArcGIS. Z dalších knihoven, které byly využity při konstrukci skriptu, byly zásadní *math* a *csv*.

Samotné skripty jsou obsaženy v Toolboxu ***Area Index From Circular Sectors***, což umožňuje jednoduchou implementaci do prostředí ArcGIS pomocí panelu *Catalog*. Uložení v Toolboxu také umožňuje validaci a nastavení vstupních parametrů pro jednotlivé skripty, díky čemuž není nutné je programovat v prostředí jazyka Python. Rozhraní i nápověda ke všem částem skriptu je psána v anglickém jazyce. Všechny zdrojové kódy skriptů jsou obsaženy v přílohách bakalářské práce.



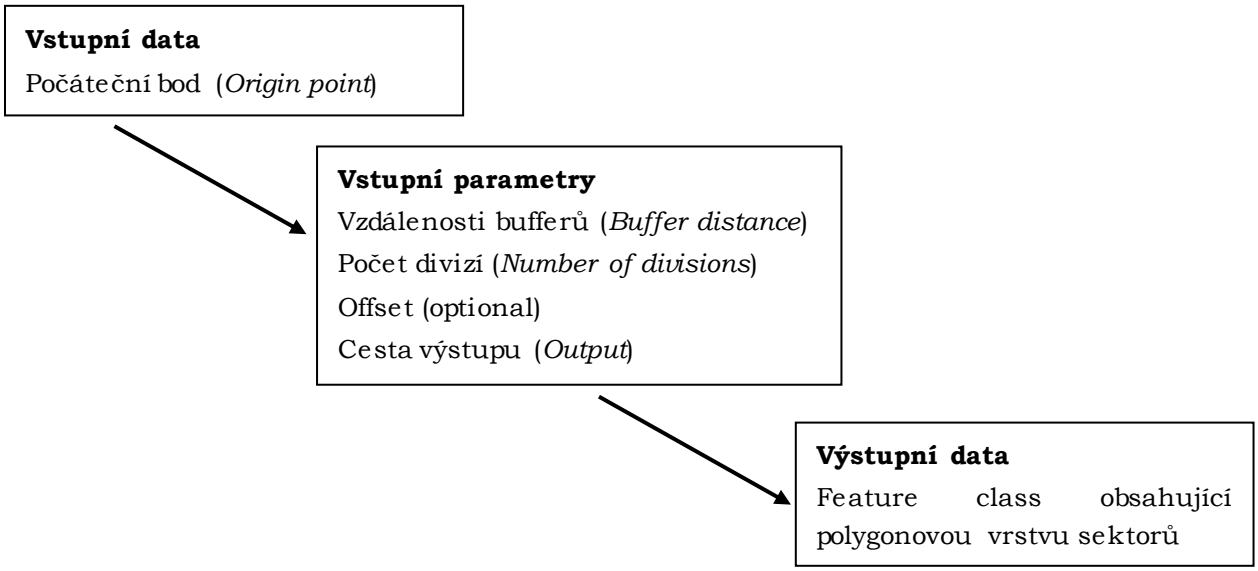
Obr. 4.1 Ukázka uživatelského toolboxu a skriptů v panelu Catalog

4.1 Skripty pro tvorbu kruhových sektorů

Jak již bylo zmíněno, nástroj byl rozdělen na více částí, z čehož první tři části se zabývají samotnou tvorbou kruhových sektorů. V následujících podkapitolách je popsán proces tvorby těchto skriptů.

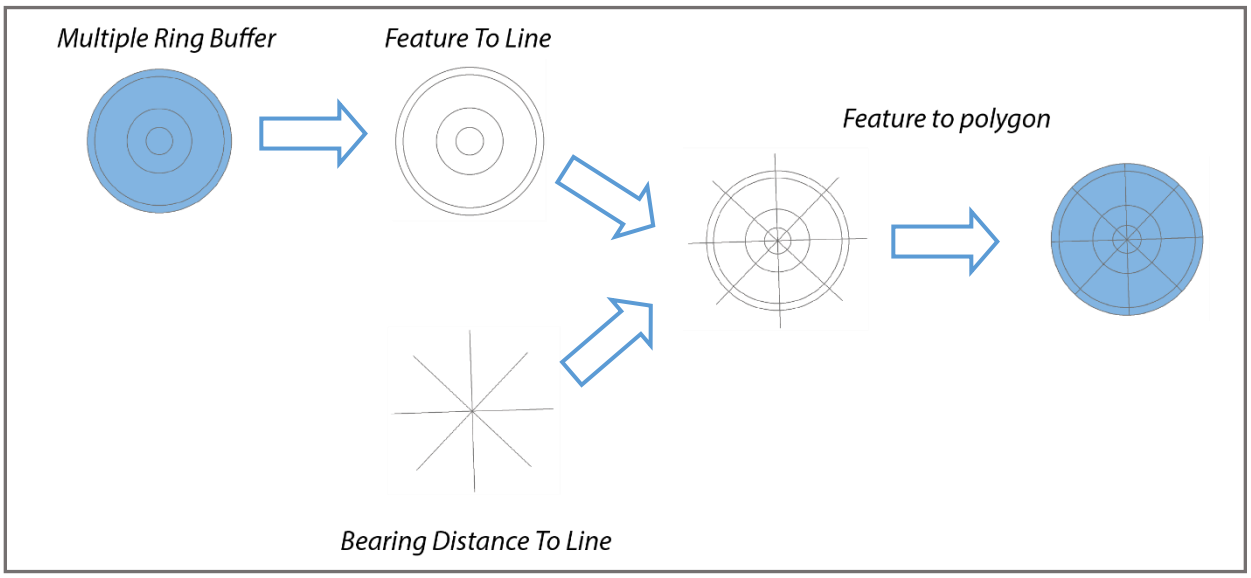
4.1.1 Create sectors (manual distances)

První ze série skriptů vytvářející kruhové sektory je navržen tak, aby umožnil uživateli co největší svobodu při tvorbě sektorů. Vytváří polygonovou vrstvu sektorů podle uživatelem zadaných parametrů.



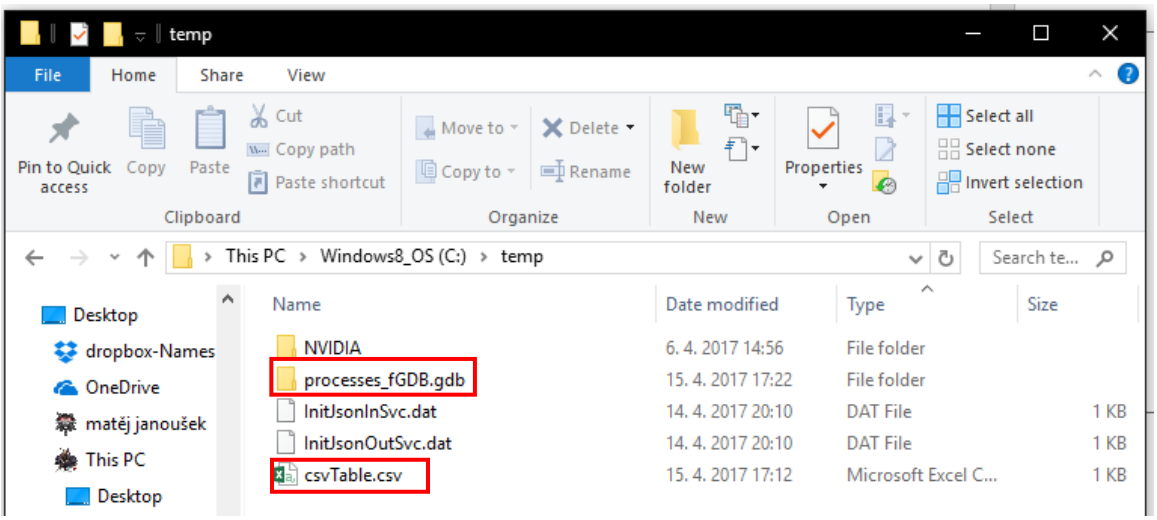
Obr 4.2 Vstupní data, parametry a výstup prvního skriptu

Základem tohoto skriptu je využití funkcí *Multiple Ring Buffer* a *Bearing Distance to Line,* které poskytují základní stavební prvky k vytvoření soustředných kruhových sektorů. Základní funkcionalita spočívá v tvorbě vrstvy bufferů a růžice linií, ze kterých se po jejich kombinaci vytvoří polygonová vrstva sektorů. Nejprve se vytvoří růžice linií s počátkem v *origin point,* následně se vytvoří vícenásobný buffer, který je převeden pomocí nástroje *Feature to Line* na liniovou vrstvu. Růžice linií a buffer převedený na linie se následné zkombinují pomocí nástroje *Feature to Polygon* do polygonové vrstvy.



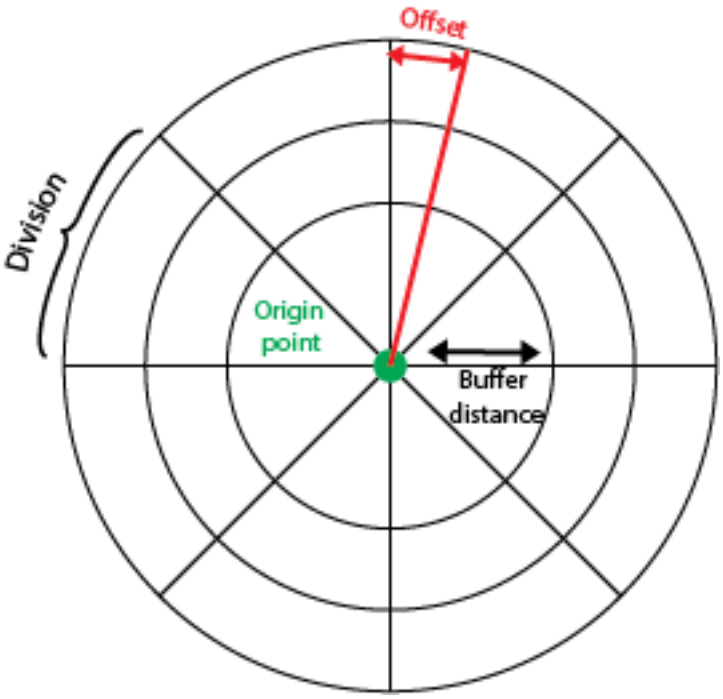
Obr. 4.3 Schéma tvorby sektorů pomocí dílčích procesů

Vzhledem k posloupnosti procesu bylo třeba vytvořit dočasnou geodatabázi, kam se budou ukládat mezivýsledky jednotlivých nástrojů. Jako adresář pro umístění této databáze byla zvolena složka *temp,* která je defaultně vytvořena systémem Microsoft Windows za účelem ukládání jak dočasných souborů operačního systému, tak i softwarů třetích osob. V případě že složka neexistuje ji skript automaticky vytvoří. Při každém spuštění skriptu se mezivýsledky nahradí novými, nenastává tedy problém rostoucí databáze s každým novým spuštěním. Tato „dočasná" složka umožňuje uživateli pracovat případně i s mezivýsledky skriptu, které nejsou primárním výstupem.



Obr. 4.4 Výstupní databáze mezivýsledků procesů a tabulka obsahující parametry pro nástroj *Bearing Distance to Line*

Před parametrizací celého skriptu bylo třeba určit, se kterými parametry bude mít uživatel možnost manipulovat, aby bylo docíleno co možná největší svobody při tvorbě sektorů. Tyto parametry byly ve finální verzi zvoleny tak, aby měl uživatel možnost nastavit počet bufferů (mezikruží), vzdálenosti mezi nimi (*Buffer distances*) a počet výsečí (Number of divisions), které vytváří sektory. Samozřejmostí byl také vstupní parametr *Origin point*, který je zároveň jedinou vstupní vrstvou a určuje polohové umístění celé vrstvy. Jako jediný nepovinný parametr byl nastaven *Offset*, který umožňuje pootočení (odsazení) výsečí o požadovaný počet stupňů. Ve skriptu se nenachází parametr určující celkový počet sektorů, jelikož ten vyplývá z počtu bufferů a výsečí, a pokud by bylo uživateli umožněno tento parametr nastavit, vznikl by problém nedostačujícího nebo příliš velkého počtu sektorů na ostatní parametry (počet bufferů, počet výsečí). Výstupem celého skriptu je polygonová třída prvků (*feature class)*, čili výsledek je třeba nutno uložit do geodatabáze.



Obr. 4.5 Volitelné parametry tvorby sektorů

Funkce *Bearing Distance to Line* vyžaduje jako vstupní data tabulku obsahující informace o počtu linií, jejich úhlech, délkách a jejich počátku, a to ve specifickém formátu. Bylo tedy třeba vytvořit parametrickou funkci, která podle uživatelem zadaných atributů tuto tabulku vytvoří. K řešení tohoto problému bylo využito modulu *csv*, který umožňuje vytvářet a manipulovat s *.csv* soubory.

```
#parametric function to create csv table based on input parameters,
#adding 2000 length to ensure correct clipping on the edgde of the buffer
def table():
    try:
        file = open(path,"wt")
        writer = csv.writer(file)
        writer.writerow(("x","y","bearing","distance"))
        for i in range (int(number_of_sectors)):
            writer.writerow((int(x),int(y),int((angle*i)+offset),int(distance)+2000))

        file.close()


    except:
        arcpy.AddMessage = "Something went wrong. Cannot create table. :("
table()
```

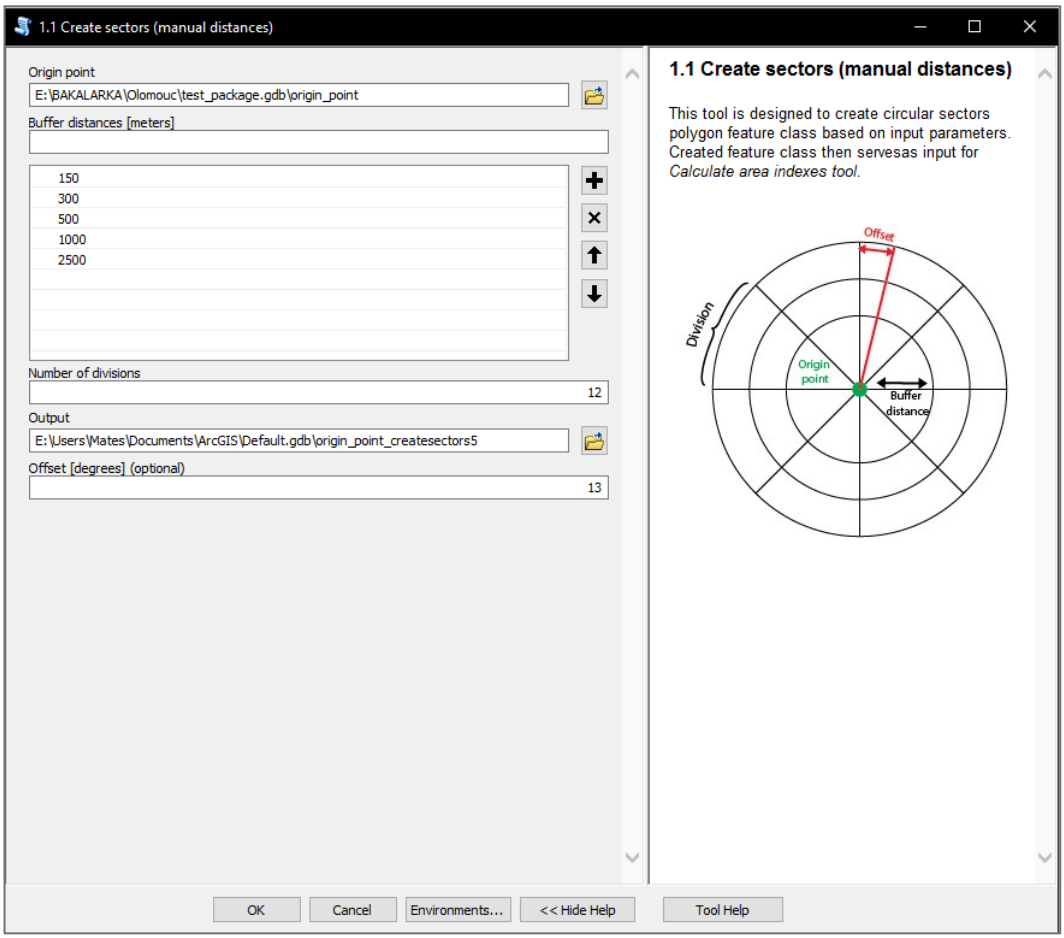
Obr. 4.6 Ukázka využití modulu *csv*

Funkce vytváří textový soubor pro psaní (wt mód) s příponou *csv* v definovaném adresáři (C:/temp). Vytváří hlavičku s názvy jednotlivých atributů pro identifikaci vstupních hodnot, a poté iteruje po řádku a zapisuje hodnoty. Tyto hodnoty jsou vypočteny podle vzorců obsažených ve skriptu, ze vstupních parametrů vložených uživatelem. Hodnotu délky linie tato funkce bere z listu vzdáleností jednotlivých bufferů, a to konkrétně poslední zadanou vzdálenost. Z tohoto faktu vyplývá, že uživatel musí zadat vzdálenosti bufferů od nejmenší hodnoty po největší jinak bude výsledná vrstva kruhových sektorů chybná. K parametru délky linií pak skript defaultně přidává délku 2000 m, a to z důvodu, aby došlo k jasnému překryvu nejzazší hranice bufferu a konce linie a vytvořila se správná polygonová vrstva bez chyb. Byla zvolena délka 2000 m z důvodu primární aplikace tohoto skriptu na město, v případě vytváření nadprůměrně velkých vrstev sektorů (poloměr v řádech stovek kilometrů), které však nejsou doporučeny vytvářet, by bylo třeba tuto hodnotu navýšit. Pokud nastane chyba při vytváření tabulky, skript napíše chybovou hlášku za účelem informování uživatele, že v rámci skriptu v této části nastal problém.

Nastavení skriptu v rámci ArcGIS probíhalo především formou vložení do vytvořeného toolboxu a nastavení vlastností parametrů pro správné fungování. Parametry byly nastaveny v následujícím pořadí a s následujícími vlastnostmi.

Název	Data type	Required	Direction	Multivalue	Ostatní
Origin point	Feature layer	Yes	Input	No	-
Buffer distances [meters]	Double	Yes	Input	Yes	-
Number of divisions	Double	Yes	Input	No	Default value: 12
Output	Feature class	Yes	Output	No	-
Offset [degrees]	Double	No	Input	No	Default value: 0

Obr. 4.7 Nastavení parametrů skriptu 1.1 Create sectors (manual distances)

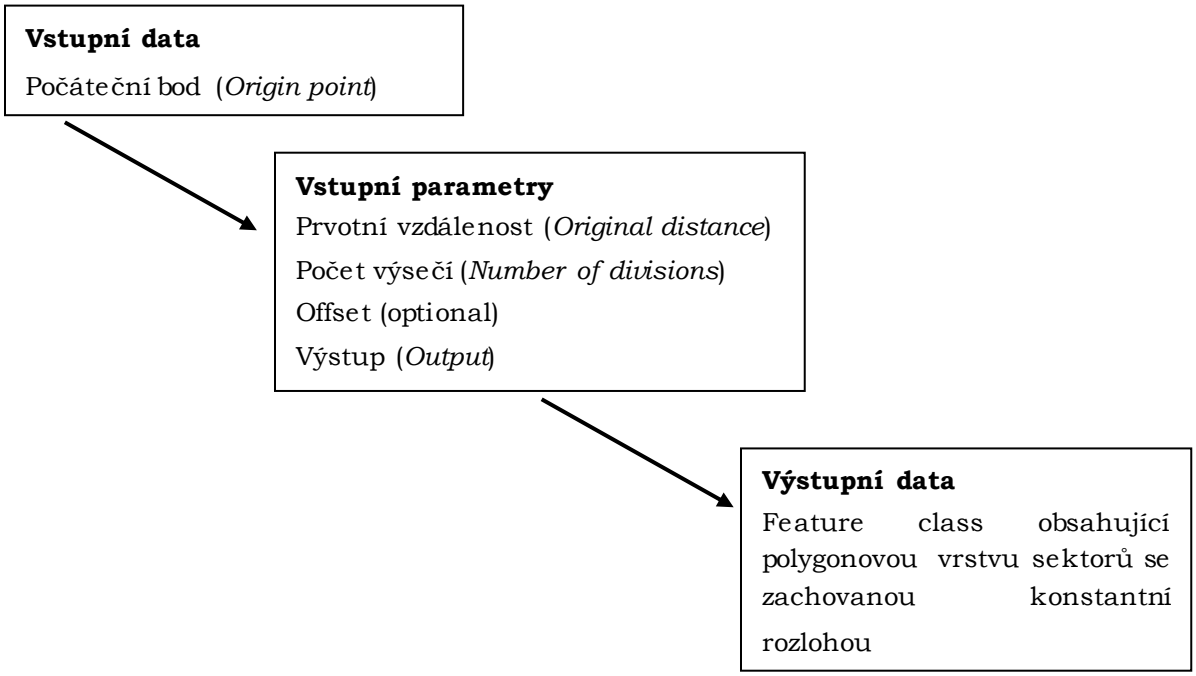


Obr. 4.8 Uživatelské rozhraní prvního skriptu 1.1 Create sectors (manual distances)

Ke každému parametru byl v uživatelském rozhraní přidán pomocný text vysvětlující charakter parametru, případně doporučené hodnoty. K nápovědě byl vytvořen ilustrační obrázek zachycující jednotlivé parametry a jejich vliv na výslednou vrstvu (viz obr. 4.8 vpravo).

4.1.2 Create sectors (constant area)

Druhý skript zabývající se tvorbou sektorů byl sestaven za účelem umožnění uživateli vytvořit sektory s konstantní rozlohou. Skript je sestaven na stejném principu jako *Create sectors (manual distances)*, s menšími rozdíly, které jsou popsány v následujících odstavcích.



Obr. 4.9 Vstupní data, parametry a výstup druhého skriptu

Stejně jako u prvního skriptu je jádro postaveno na využití nástrojů *Multiple Ring Buffer* a *Bearing Distance to Line*. Mezivýsledky jsou znovu ukládány do složky *temp* na disku C. Hlavní rozdíl nastává při výpočtu bufferů, které vytvářejí jednotlivé sektory. Uživatel zadává pouze vzdálenost prvního *bufferu* od středu, z něhož se vypočte rozloha. Na základě této rozlohy počátečního bufferu se pomocí matematického vzorce vypočte potřebná vzdálenost dalšího bufferu tak, aby zůstala rozloha zachována. Principem tohoto vzorce je fakt, že pokud budou mít jednotlivé prstence bufferů stejnou rozlohu jako počáteční kruh (první buffer), tak budou míst stejnou rozlohu i jednotlivé sektory po rozdělení bufferů na stejný počet stejně velkých částí.

$$S = \pi r^2$$

$$vzdálenost\ bufferu\ od\ středu = \sqrt{\frac{obsah\ kruhu * pořadí\ bufferu}{\pi}}$$

Obr. 4.10 Vzorec na výpočet obsahu bufferu a výpočet vzdáleností druhého a dalších bufferů

Samotný kód využívá modulu *math* a konstanty **π** k výpočtu obsahu jednotlivých bufferů. Skript iteruje podle počtu bufferů a výsledné vzdálenosti ukládá do listu, který je poté využit jako vstup do nástroje *Multiple Ring Buffer*.

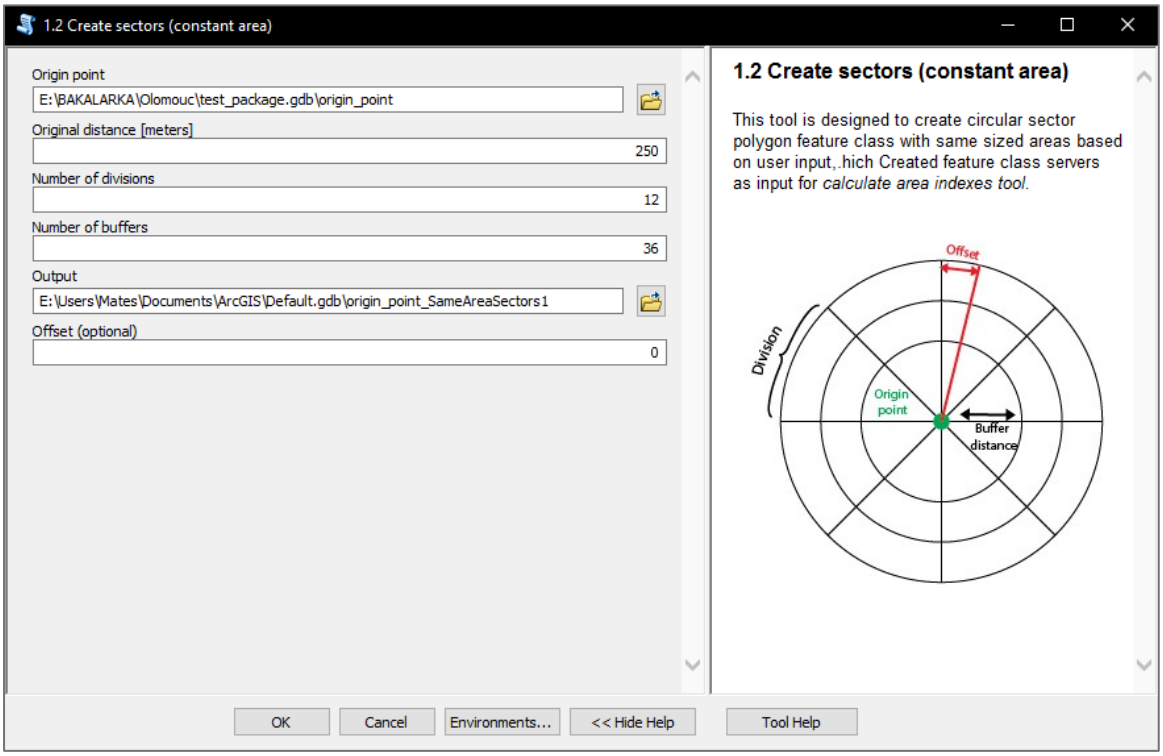
```
buffers = []
pi_number = float(math.pi)
constant_area = pi_number*(math.pow(float(original_distance),2))
r = 1
for x in range(1,int(number_of_buffers) + 1):
    x = math.sqrt((constant_area*r)/pi_number)
    r = r + 1
    buffers.append(x)
```

Obr. 4.11 Část skriptu počítající jednotlivé vzdálenosti bufferů

Stejným způsobem jako v předchozím skriptu je poté parametricky vypočítána tabulka vstupu do *Bearing Distance to Line* pro vytvoření linií na rozdělení bufferu. Následně proběhlo nastavení vlastností skriptu v prostředí ArcGIS a to konkrétně nastavení parametrů a nápovědy k skriptu.

Název	Data type	Required	Direction	Multivalue	Ostatní
Origin point	Feature layer	Yes	Input	No	-
Original distance [meters]	Double	Yes	Input	No	-
Number of divisions	Double	Yes	Input	No	Default value: 12
Number of buffers	Double	Yes	Input	No	-
Output	Feature class	Yes	Output	No	-
Offset [degrees]	Double	No	Input	No	Default value: 0

Obr. 4.12 Nastavení vstupních parametrů druhého skriptu 1.2 Create sectors (constant area)



Obr. 4.13 Uživatelské rozhraní druhého skriptu 1.2 Create sectors (constant area)

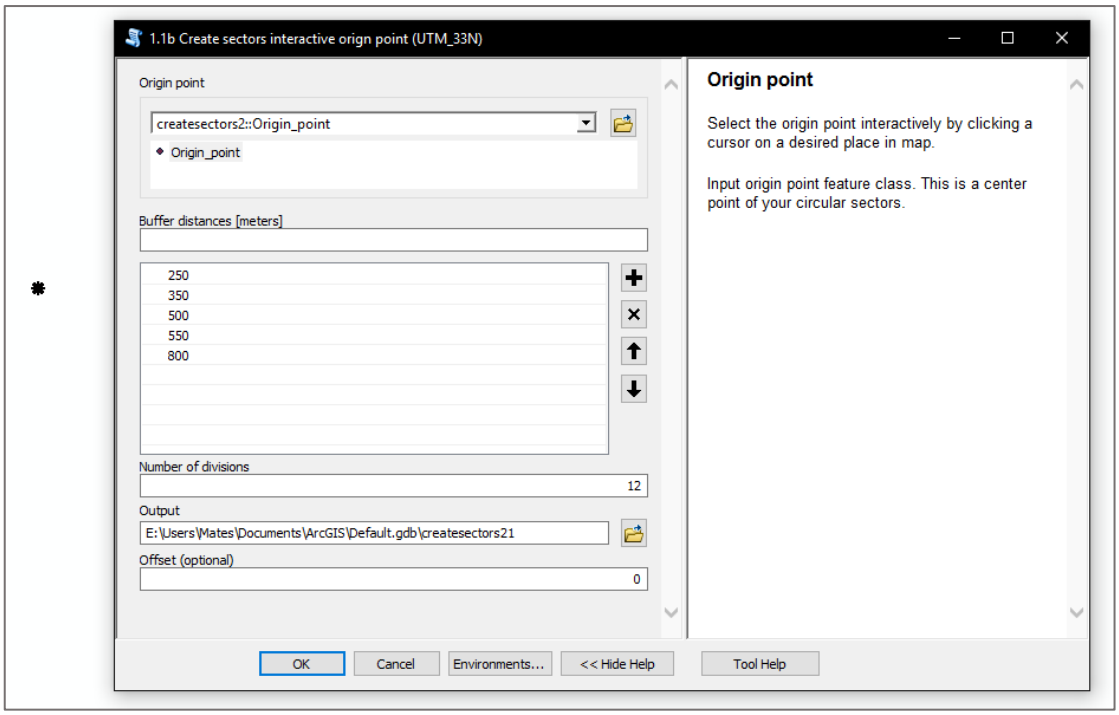
K jednotlivým parametrům byl opět přidán text s nápovědou a ilustrační obrázek jednotlivých atributů.

4.1.3 Create sectors interactive origin point (UTM_33N)

Jako součást série skriptů vytvářející vrstvu sektorů byl vytvořen skript s možností interaktivního výběru počátečního bodu. Skript plní pouze doplňkovou funkci v rámci celého nástroje, a to z důvodu omezených možností parametrizace při využití metody interaktivního výběru bodu.

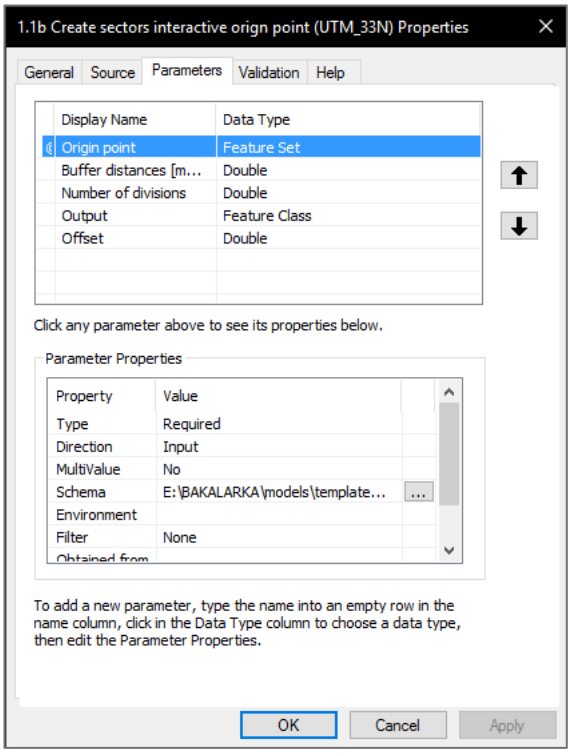
Skript má, co se týče kódu, identickou stavbu jako *Create sectors (manual distances)*, liší se pouze v nastavení parametrů v prostředí ArcGIS. Změna bylo provedena v případě parametru *Origin point,* jehož datový typ byl nastaven na *Feature set,* což umožňuje interaktivní volbu bodu v datovém náhledu. Aby však tato interakce mezi datovým náhledem a nástrojem byla možná, je třeba nastavit schéma ve vlastnostech parametru. Schéma je v podstatě referenční bodová vrstva s definovaným souřadnicovým systémem, na jejímž základě lze zadat nový bod v mapě jednoduchým kliknutím. Tato referenční bodová vrstva musí být dodána současně s toolboxem.

(Esri, Building Models Thet Let Users Interact with Maps [online],www.esri.com/news/arcwatch/0310/tip.html, 2017)



Obr. 4.14 Uživatelské rozhraní třetího skriptu s interaktivním výběrem počátečního bodu Create sectors interactive origin point (UTM_33N)

Souřadnicový systém byl zvolen WGS_1984_UTM_Zone_33N a to z důvodu jeho využitelnosti pro území České republiky. Šablona je dodána jako součást toolboxu ve formátu shapefile.



Obr. 4.15 Nastavení *Feature set* a *Schema* v záložce parametrů

4.2 Skript pro výpočet plošných indexů

Poslední skript se zabývá samotným výpočtem plošného indexu v rámci vytvořených sektorů pro vstupní data. Skript umí rozlišit, zda se jedná o polygonová, liniová či bodová data a následně aplikovat správný postup výpočtu plošného indexu.

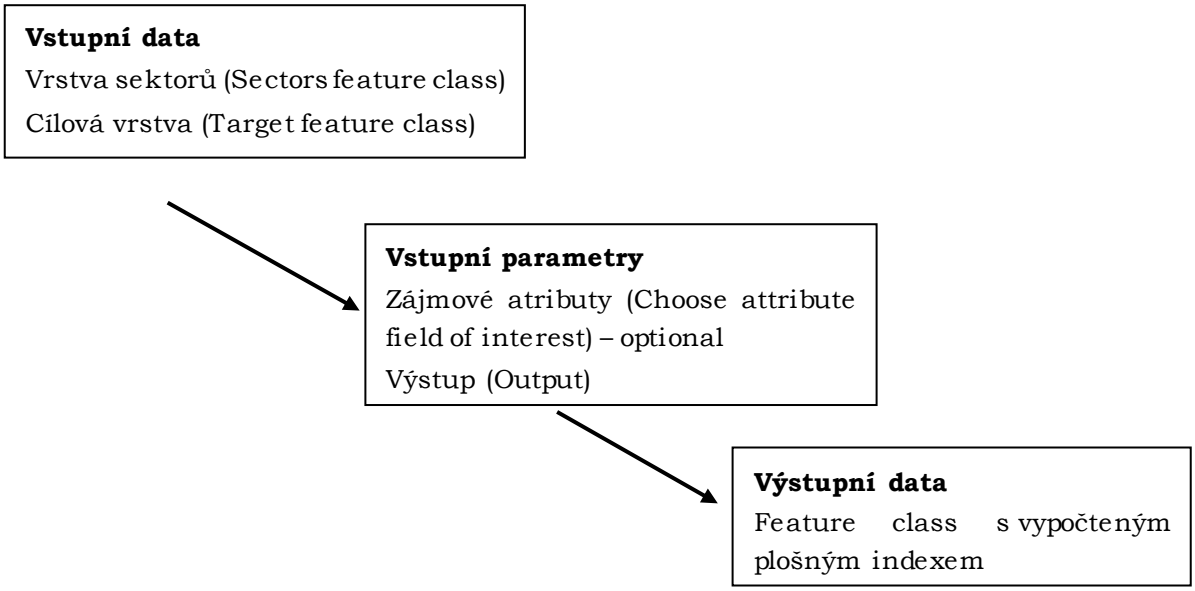
4.2.1 Skript Calculate area indexes

Skript nese název *Calculate area indexes* a skládá se ze tří základních částí. Každá ze tří částí je specifická a aplikuje se pouze konkrétní typ dat. Před sestavením celého skriptu bylo třeba definovat, co bude výsledným plošným indexem pro jaká data.

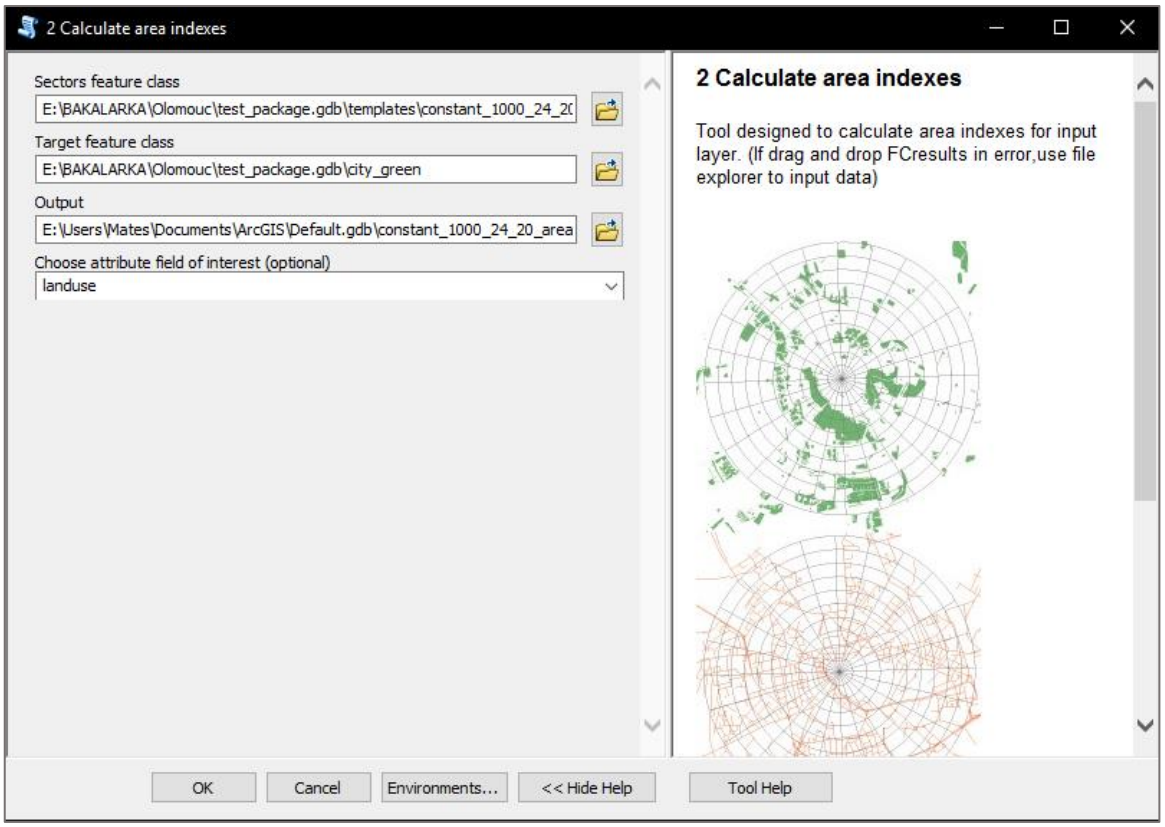
V případě polygonů se vypočte procentuální podíl sledované plochy na ploše sektoru. U liniových dat je výsledným plošným indexem délka linie dělena plochou sektoru a přepočtena na procenta, a to z toho důvodu, že sektory nemusí být vždy stejné rozlohy, a tudíž není možné přepočítat délku linie na stanovenou jednotku plochy jako je tomu například při výpočtu hustoty silniční sítě, kde se udává celková délka komunikací například na 100 km². V případě bodových dat se vypočte počet bodů náležejících do daného sektoru.

Mezivýsledky jednotlivých procesů skriptu se opět ukládají do databáze ve složce pro dočasné soubory *temp* na disku C.

V následujících podkapitolách je popsán konkrétní postup zpracování dat od vstupu až do konečného výpočtu.



Obr. 4.16 Vstupní data, parametry a výstup finálního skriptu



Obr. 4.17 Uživatelské rozhraní finálního skriptu *Calculate area indexes*

4.2.2 Polygonová vstupní data

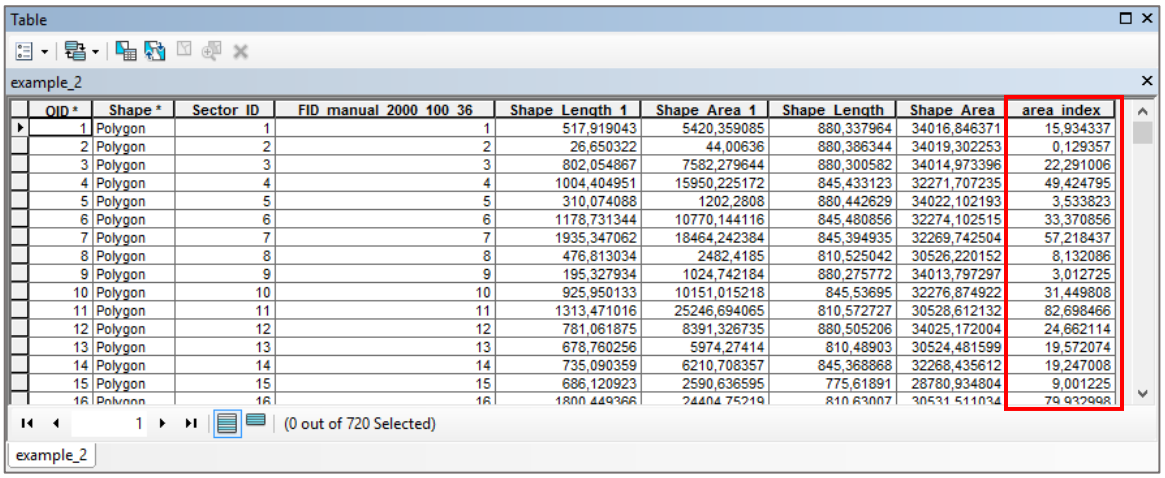
Pro polygonová data skript aplikuje specifický postup zpracování sestávající z několika základních částí. Nejprve je třeba rozdělit vstupní polygony do jednotlivých sektorů, následně se přidají atributy o rozloze a vypočítá se plošný index, v poslední části dochází pouze ke smazání a přejmenování některých atributových polí pro lepší přehlednost výsledné vrstvy. Skript také umožňuje vypočíst plošné indexy pro jednotlivé třídy v případě, že se v atributu nachází více než jedna.

```
if shape_type == "Polygon":

#set of processes for polygon features
    arcpy.Dissolve_management(input_target,outputDissolve,dissolve_field)
    arcpy.Intersect_analysis([input_sectors,outputDissolve],outputIntersect)
    arcpy.AddGeometryAttributes_management(outputIntersect,"AREA","","SQUARE_METERS")
    arcpy.AddGeometryAttributes_management(input_sectors,"AREA","","SQUARE_METERS")
    arcpy.SpatialJoin_analysis(input_sectors,outputIntersect,output_AreaIndex,"JOIN_ONE_TO_MANY","KEEP_ALL","","CONTAINS")
    arcpy.AddField_management(output_AreaIndex,"area_index","DOUBLE")
    arcpy.CalculateField_management(output_AreaIndex,"area_index",'([POLY_AREA_1]/[POLY_AREA]*100)')
    arcpy.DeleteField_management(output_AreaIndex,["Join_Count","JOIN_FID","area","POLY_AREA","area_1","POLY_AREA_1","FID_dissolve"])
    arcpy.AlterField_management(output_AreaIndex,"TARGET_FID","Sector_ID")
```

Obr. 4.17 Ukázka části skriptu zpracovávající polygonová data

Skript nejprve provede operaci *dissolve* cílové vrstvy, v případě že uživatel zvolil atribut, který obsahuje více sledovaných tříd. Následně proběhne operace *intersect* cílové vrstvy a vrstvy sektorů. K této vrstvě a k vrstvě sektorů se přidá atributové pole obsahující vypočtenou rozlohu každého prvku. Obě vrstvy se spojí v jednu pomocí *spatial join* a přidá se atribut *area_index*, ve kterém je pomocí *field calculator* spočítán výsledný plošný index pro každý prvek.



Table

example_2

OID *	Shape *	Sector_ID	FID_manual_2000_100_36	Shape_Length_1	Shape_Area_1	Shape_Length	Shape_Area	area_index
1	Polygon	1	1	517,919043	5420,359085	880,337964	34016,846371	15,934337
2	Polygon	2	2	26,650322	44,00636	880,386344	34019,302253	0,129357
3	Polygon	3	3	802,054867	7582,279644	880,300582	34014,973396	22,291006
4	Polygon	4	4	1004,404951	15950,225172	845,433123	32271,707235	49,424795
5	Polygon	5	5	310,074088	1202,2808	880,442629	34022,102193	3,533823
6	Polygon	6	6	1178,731344	10770,144116	845,480856	32274,102515	33,370856
7	Polygon	7	7	1935,347062	18464,242384	845,394935	32269,742504	57,218437
8	Polygon	8	8	476,813034	2482,4185	810,525042	30526,220152	8,132086
9	Polygon	9	9	195,327934	1024,742184	880,275772	34013,797297	3,012725
10	Polygon	10	10	925,950133	10151,015218	845,53695	32276,874922	31,449808
11	Polygon	11	11	1313,471016	25246,694065	810,572727	30528,612132	82,698466
12	Polygon	12	12	781,061875	8391,326735	880,505206	34025,172004	24,662114
13	Polygon	13	13	678,760256	5974,27414	810,48903	30524,481599	19,572074
14	Polygon	14	14	735,090359	6210,708357	845,368868	32268,435612	19,247008
15	Polygon	15	15	686,120923	2590,636595	775,61891	28780,934804	9,001225
16	Polygon	16	16	1800,449366	24404,75219	810,63007	30531,511034	79,932998

1 (0 out of 720 Selected)

example_2

Obr. 4.18 Ukázka výsledné atributové tabulky s vypočteným plošným indexem pro polygonová data

V případě, že v nějakém ze sektorů se nenachází žádný sledovaný prvek, v atributové tabulce se to projeví hodnotou <*null*>. Tato hodnota je jakožto nežádoucí pomocí funkce *UpdateCursor* pro atribut *area_index* nahrazena nulou. Pokud uživatel nechal vypočítat plošný index pro více tříd v rámci jednoho atributu, může atributová tabulka obsahovat některé sektory vícekrát, a to z důvodu, že plošný index byl vypočten nezávisle pro více různých tříd na území jednoho sektoru.

```
cursor = arcpy.UpdateCursor(output_AreaIndex)

for row in cursor:
    if row.area_index == None:
        row.area_index = 0
        cursor.updateRow(row)

del row
```

Obr. 4.19 Část skriptu, která nahrazuje <null> hodnoty číslem nula.

4.2.3 Liniová vstupní data

Liniová data jsou zpracovávána stejnou metodou jako polygonová. Je využita stejná posloupnost nástrojů a liší se pouze zvolenými parametry. Stejně jako část, která zpracovává polygony, je i tento blok schopen vypočítat plošný index pro více tříd v rámci jednoho atributu, pokud si uživatel tuto možnost zvolí.

```
elif shape_type == "Polyline":
    arcpy.Dissolve_management(input_target,outputDissolve,dissolve_field)
    arcpy.Intersect_analysis([input_sectors,outputDissolve],outputIntersect,"ALL","","LINE")
    arcpy.AddGeometryAttributes_management(outputIntersect,"LENGTH","METERS",)
    arcpy.AddGeometryAttributes_management(input_sectors,"AREA","","SQUARE_METERS")
    arcpy.SpatialJoin_analysis(input_sectors,outputIntersect,output_AreaIndex,"JOIN_ONE_TO_MANY","KEEP_ALL","","CONTAINS")
    arcpy.AddField_management(output_AreaIndex,"area_index","DOUBLE")
    arcpy.CalculateField_management(output_AreaIndex,"area_index",'([LENGTH]/[POLY_AREA]*100)')
    arcpy.DeleteField_management(output_AreaIndex,["Join_Count","JOIN_FID","POLY_AREA_1","LENGTH"])
    arcpy.AlterField_management(output_AreaIndex,"TARGET_FID","Sector_ID")
```

Obr. 4.20 Ukázka části skriptu zpracovávající liniová data

Jak již bylo zmíněno vzhledem k předpokladu, že sektory nemají primárně stejnou rozlohu, je indexem délka linie dělena plochou sektoru a přepočtena na procenta. Hodnoty <*null*> jsou opět pomocí funkce *UpdateCursor* nahrazeny v rámci atributu *area_index* nulou.

4.2.4 Bodová vstupní data

Bodová data jsou zpracována odlišným způsobem, protože jejich geometrie nenese informaci o rozloze nebo délce. Je pouze vypočten počet bodů na sektor. V případě, že bodová vrstva obsahuje více tříd, jsou tyto třídy zachovány v atributové tabulce. Počet bodů je však vztažen pouze na celkový počet, ne počet zástupců jednotlivých tříd. Je tedy doporučeno v rámci přehlednosti si připravit data tak, aby existovala pouze jedna třída v rámci sledovaného atributu.

Postup zpracování bodových dat spočívá ve *Spatial Join* vrstvy bodů a vrstvy sektorů a následné aplikace nástroje *Frequency Analysis*. Výsledná tabulka se následně pevně napojí na atributovou tabulku vzniklou při *Spatial Join* a je proveden výpočet nutný k získání informace o celkovém počtu bodů v sektoru. Hodnoty <*null*> jsou opět nahrazeny nulou.

```
elif shape_type == "Point":
    arcpy.SpatialJoin_analysis(input_sectors,input_target,output_AreaIndex,"JOIN_ONE_TO_MANY","KEEP_ALL","","CONTAINS")
    arcpy.Frequency_analysis(output_AreaIndex,outputTable,"TARGET_FID")
    arcpy.JoinField_management(output_AreaIndex,"TARGET_FID",outputTable,"TARGET_FID","FREQUENCY")
    arcpy.AlterField_management(output_AreaIndex,"FREQUENCY","area_index")
    arcpy.CalculateField_management(output_AreaIndex,"area_index",'([area_index]*[JOIN_COUNT])')
    arcpy.AlterField_management(output_AreaIndex,"TARGET_FID","Sector_ID")
```

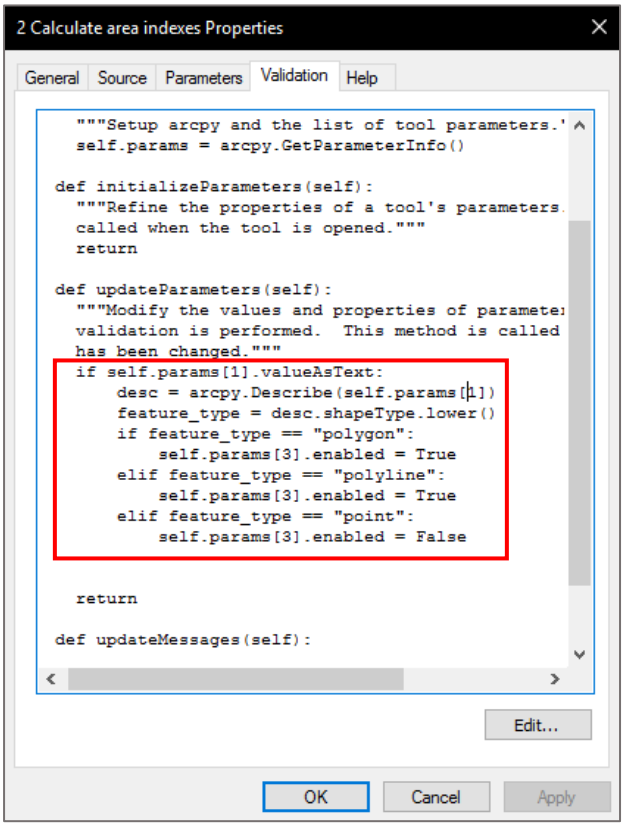
Obr. 4.21 Ukázka části skriptu zpracovávající bodová data

4.2.5 Nastavení a validace parametrů skriptu v ArcGIS

Nastavení vlastností parametrů v prostředí ArcGIS probíhalo stejným způsobem jako u předchozích skriptů. Jediným rozdílem je zde přítomnost validačního kódu pro rozpoznání typu vstupních dat.

Název	Data type	Required	Direction	Multivalue	Other
Sectors feature class	Feature layer	Yes	Input	No	-
Input feature class	Feature layer	Yes	Input	No	-
Output	Feature class	Yes	Output	No	-
Choose attribute field of interest	Field	No	Input	No	Obtainde from: Input feature class

Obr. 4.22 Nastavení parametrů finálního skriptu



Obr. 4.23 Nastavení validace parametrů ve vlastnostech skriptu

Při nastavování vlastností v prostředí ArcGIS bylo třeba opatřit skript validačním kódem, a to z důvodu, že v případě že vstupními daty jsou body, nemělo by být možno zvolit parameter *Choose attribe field of interest.* V prostředí záložky validace byl v jazyce Python sepsán krátký validační kód, který zapíná nebo vypíná pole atributu v závislosti na typu vstupních dat. Tento kód byl navržen podle doporučení online dokumentace ArcGIS týkající se programování *ToolValidator class* v ArcGIS.

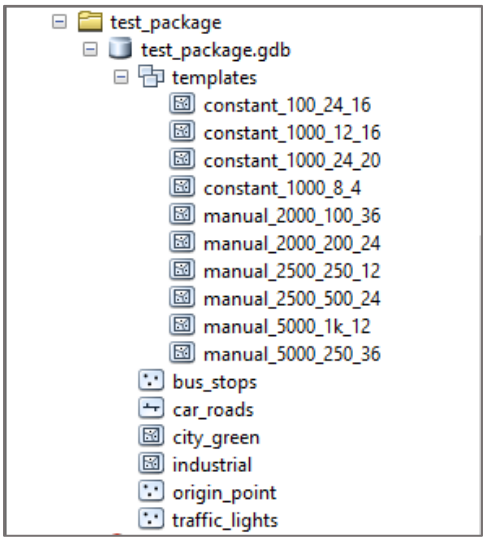
(pro.arcgis.com, Programming a ToolValidator class, http://pro.arcgis.com/en/pro-app/arcpy/geoprocessing_and_python/programming-a-toolvalidator-class.htm, [online], 2017)

4.3 Testování a tvorba mapového výstupu

Po vytvoření a nastavení všech jednotlivých částí skriptů probíhalo testování na získaných datech. Byl vytvořen testovací balíček, který byl rozeslán na otestování. Po otestování funkčnosti nástroje a získání zpětné vazby byl vytvořen mapový dokument, reprezentující některá možná využití a schopnosti skriptu.

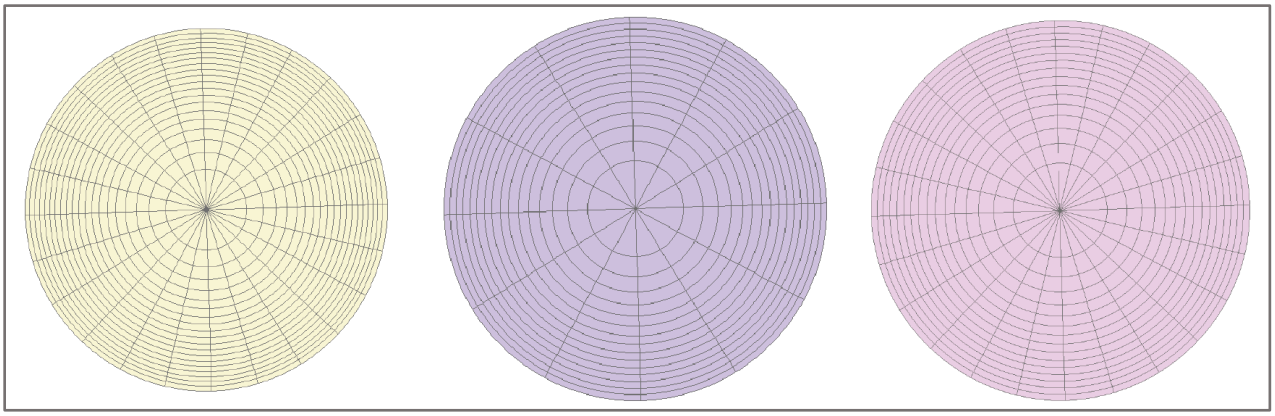
4.3.1 Testování

V rámci testování byla využita data z Openstreet map pro oblast Olomouce a Székesfehérváru. Testování probíhalo na učebně GIS na Katedře Geoinformatiky Univerzity Palackého, dále byl skript testován také Janem Krejsou a Tomášem Tuháčkem, kteří jakožto studenti oboru geoinformatiky byli dostatečně kvalifikování na objektivní zhodnocení funkčnosti a otestování nástroje. Za účelem testování byl vytvořen testovací balíček (test_package), který obsahuje databázi s polygonovými, liniovými i bodovými daty vhodnými k otestování a seznámením se s nástrojem. Testovací balíček také obsahuje set šablon a počáteční bod vytvořený pro Olomouc. Jako počáteční bod byl zvolen pro město Olomouc Sloup Nejsvětější Trojice na Horním náměstí.



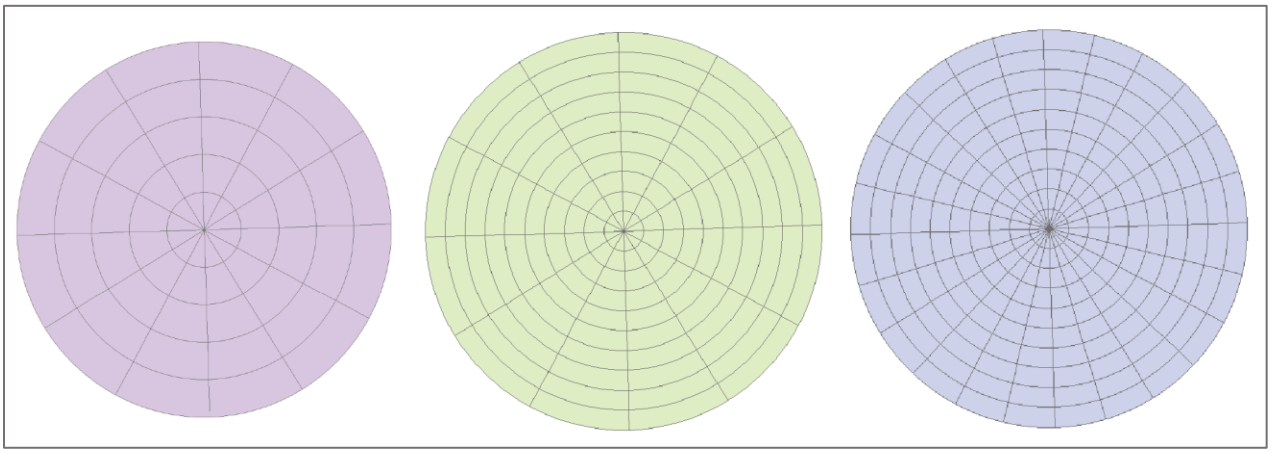
Obr. 4.24 Databáze s testovacími daty a šablonami pro Olomouc

Parametry, podle kterých byly vytvořeny jednotlivé šablony jsou zaznamenány v jejich názvu. Systém pojmenování byl následující. Pokud byla šablona vytvořena skriptem zachovávajícím rozlohu sektorů, nese název *constant*. První číslo označuje hodnotu parametru *original distance*, druhé číslo hodnotu parametru *number of buffers* a třetí *number of divisions*.



Obr. 4.25 Ukázky šablon s konstantní rozlohou sektorů

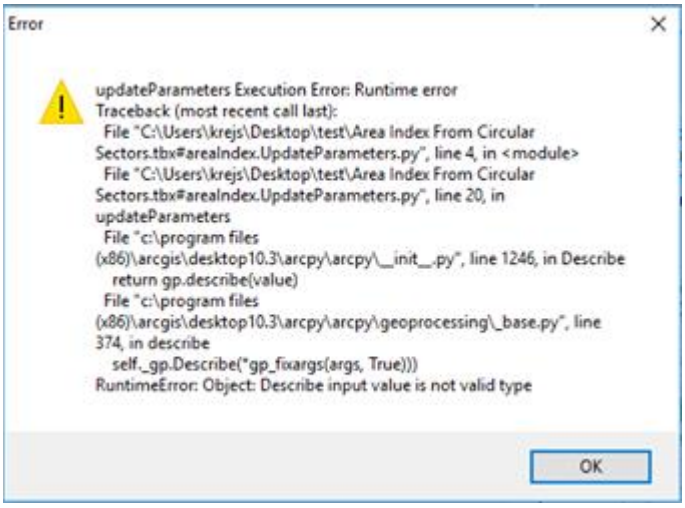
Pokud byla šablona vytvořena skriptem umožňující volitelnou vzdálenost bufferů nese šablona název *manual*. První číslo v tomto případě vyjadřuje největší hodnotu vzdálenosti bufferu, zadanou do parametru buffer distances, druhé číslo označuje rozestupy mezi jednotlivými buffery (všechny *manual* šablony byly vytvořeny s konstantními rozestupy mezi buffery) a třetí číslo označuje hodnotu parametru *number of divisions*.



Obr. 4.26 Ukázky šablon s manuální vzdáleností mezi sektory

V rámci testování byla stanovena určitá omezení a doporučení, která je potřeba dodržovat k bezproblémovému využívání nástroje. Prvním z těchto omezení se týká skriptu *Calculate sectors (manual distances)*. Při vkládání vzdálenosti jednotlivých bufferů je potřeba tyto buffery zapisovat od nejnižší hodnoty vzdálenosti po hodnotu vzdálenosti nejvyšší. Toto omezení plyne ze způsobu, jakým byl napsán kód. Kód si bere hodnotu posledního bufferu v listu jako parametr délky k vytvoření linií, a tyto linie dělí buffery na sektory.

V případě skriptu *Calculate area indexes* bylo zjištěno, že se může vyskytnout problém s validačním kódem v závislosti na verzi instalace ArcGIS a Python. Při práci s tímto skriptem může nastat případ, kdy skript nelze spustit nebo vyústí v errorové hlášení obsahující zmínku o příkazu updateParameters. K vyřešení tohoto problému je třeba ve vlastnostech skriptu v záložce validace vymazat část kódu, která zajišťuje rozpoznání typu dat. Tento problém nastal na 2 z 5 celkově otestovaných počítačů s nainstalovaným ArcGIS.



Obr. 4.27 Jeden z možných errorů způsobených validačním kódem

Dále byla testována funkčnost skriptů pro data v zahraničních souřadnicových systémech, tj jiných než byla data pro město Olomouc. Byla testována data pro město Redding (Kalifornie) v USA, která měla souřadnicový systém NAD_1927_California_Teale_Albers. Na základě tohoto testování bylo stanoveno doporučení, aby počáteční bod byl ve stejném souřadnicovém systému jako datová vrstva, ze které chce uživatel vypočítat plošný index, jinak může dojít k nepřesným výsledkům.

Spolu s testovacím balíčkem byl vytvořen i krátký manuál v angličtině a doplňující leták. Manuál obsahuje návod k použití skriptu na ukázkových datech. Leták poskytuje vysvětlení funkcionality skriptu. Všechny výše zmiňované části jsou součástí příloh k bakalářské práci.

4.3.2 Tvorba mapového dokumentu a posteru

Cílem mapového dokumentu je prezentovat schopnosti a možnosti využití skriptu na konkrétním případě. Je důležité zmínit, že vizualizace výsledků není součástí výstupů nástroje. Data zpracovaná skriptem *Calculate area indexes* je třeba samostatně vizualizovat pomocí kvantitativní stupnice. Je doporučeno využít barevnou kvantitativní stupnicí, která využívá barvy asociativně vyjadřující sledovaný jev (městská zeleň – stupnice v zelené barvě).

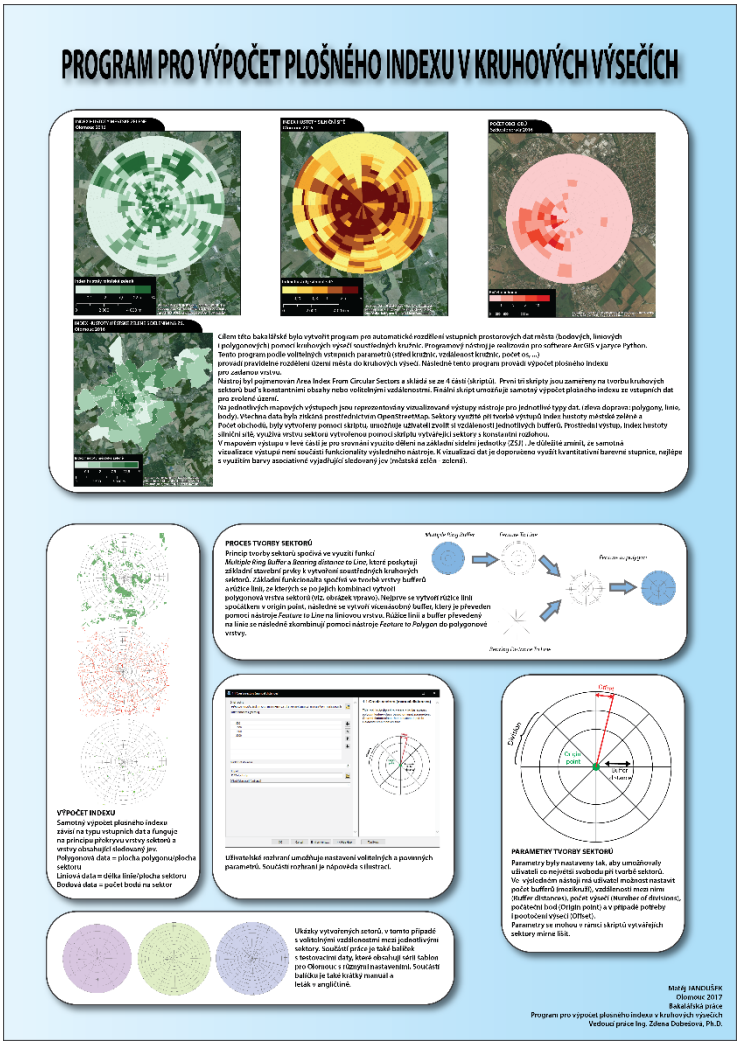
Součástí dokumentu je také porovnání výsledků s jiným dělením než s dělením na kruhové sektory. Formát mapového dokumentu byl zvolen A3. Celková kompozice se skládá ze čtyř map. Tři mapy, kde jsou zvizualizované výstupy dat městské zeleně ve městě Olomouc, zpracované pomocí vyhotoveného nástroje ***Area Index From Circular sectors***. Čtvrtá mapa pro srovnání reprezentuje nepravidelné dělení na základní sídelní jednotky. Součástí kompozice je text a tabulka, které popisuji parametry použité ke tvorbě jednotlivých map.

Typ sektorů	Počet bufferů	Počet výsečí	Počet sektorů	Poloměr
Manuální vzdálenosti	20	36	720	5000 m

Obr 4.28 Ukázka jednoho z výstupů v mapovém dokumentu s tabulkou o parametrech tvorby sektorů

Data použitá ke tvorbě mapových výstupů byla získána z OpenStreetMap. Podkladem pro vytvořené mapy jsou snímky povrchu dostupné prostřednictvím ArcGIS basemap. Všechny výstupy byly vytvořeny pomocí nástroje ***Area Index From Circular Sectors,*** a to včetně mapy s dělením na základní sídelní jednotky, kde bylo k výpočtu plošného indexu využito skriptu *Calculate area indexes*. Tento skript je tedy možno využít i na data s jiným dělením než s dělením na kruhové sektory. Mapový dokument v digitální podobě je součástí příloh bakalářské práce.

Poster ve formátu A2 má za úkol stručně informovat uživatele o schopnostech a možnostech využití skriptu. Součástí posteru je několik mapových výstupů a grafických ilustrací znázorňujících princip fungování nástroje ***Area Index From Circular Sectors***.



Obr. 4.29 Výsledný plakát

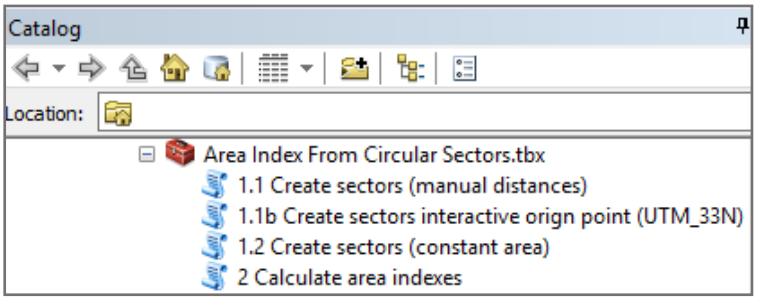
5 VÝSLEDKY

Ke splnění cílů této bakalářské práce bylo třeba vytvořit nástroj umožňující tvorbu kruhových sektorů podle uživatelem zadaných parametrů a mapový dokument reprezentující možnosti tohoto nástroje.

5.1 Nástroj

Výsledný nástroj byl pojmenován **Calculate Area Indexes From Circular Sectors.** Nástroj byl rozdělen do čtyř částí (skriptů), každá s odlišnou funkcionalitou. Všechny tyto skripty byly uloženy do společného toolboxu.

První tři skripty umožňují odlišné nastavení parametrů k dosažení co největší možné svobody při tvorbě samotných kruhových sektorů. První ze skriptů pojmenovaný ***Create circular sectors (manual distances)*** umožňuje uživateli zvolit si rozestupy mezi jednotlivými kružnicemi, kolik jich bude celkově i na kolik výsečí budou rozděleny. Umožňuje také uživateli zvolit si pootočení (odsazení) výsečí o zvolený počet stupňů. Druhý ze skriptů vytvářející kruhové sektory je ***Create sectors (constant area)***, který umožňuje uživateli vytvořit sektory s konstantní rozlohou na základě vzdálenosti první kružnice od středu, která je volitelným parametrem. Třetím skrtiptem umožňujícím tvorbu kruhových sektorů je ***Create sectors interactive origin point (UTM_33N)***, který vytváří kruhové sektory stejně jako první skript s tím rozdílem, že umožňuje uživateli interaktivně v datovém náhledu zvolit počáteční bod jednoduchým kliknutím, pouze však v rámci souřadnicového systému, který je definován referenční vrstvou (v tomto případě WGS84 UTM 33N). Posledním a finálním skriptem je ***Calculate area index***, který vypočítává plošné indexy v rámci jednotlivých sektorů pro zvolená data. Umožňuje také nezávislý výpočet pro více tříd v rámci jednoho atributu v jedné vrstvě, a to pro polygonová a liniová data. Co se týče požadavků na uživatele, skripty vytvářející kruhové sektory vyžadují počáteční bod jako vstupní vrstvu, kterou musí mít uživatel připravenou před spuštěním skriptu. Skript pro výpočet plošného indexu zase vyžaduje, aby měl uživatel vytvořenou vrstvu sektorů v jednom z předchozích skriptů.



Obr. 5.1 Obsah toolboxu s výslednými skripty

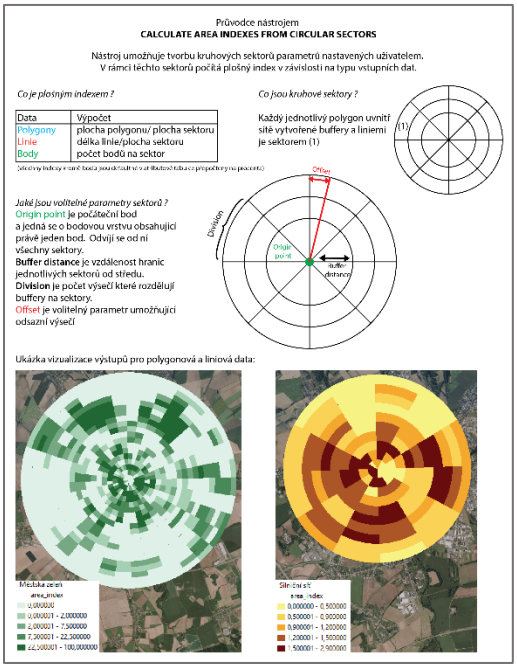
5.2 Mapový dokument

Po vytvoření a otestování skriptů byl vytvořen mapový dokument reprezentující schopnosti a možnosti skriptu (viz. Kapitola 4.3.2). Součástí mapového dokumentu jsou čtyři mapy, z toho tři reprezentují výsledky dosažitelné využitím všech skriptů ve vytvořeném nástroji a jedna mapa obsahuje vypočtený plošný index s dělením na základní sídelní jednotky pro srovnání obou přístupů. Mapový dokument byl vytvořen ve formátu A3, a to z důvodu lepší přehlednosti a optimální velikosti jednotlivých map obsažených v kompozici (viz. Obr. 4.26).

Byla zpracována polygonová data městské zeleně pro město Olomouc s využitím skriptů s volitelnou vzdáleností mezi sektory i s konstantní rozlohou sektorů. Skript na výpočet plošného indexu byl aplikován i na dělení podle základních sídelních jednotek jako příklad, že ho lze použít i na vrstvy s jiným dělením, nežjsou jenom kruhové sektory. Součástí kompozice mapového dokumentu je i doprovodný text a tabulka, které podávají bližší informace o tvorbě těchto map a jejich interpretaci.

5.3 Balíček Calculate Area Indexes From Circular Sectors

Kromě samotného nástroje a mapového dokumentu byl vytvořen i balíček obsahující materiály a informace k seznámení uživatele s funkcionalitou nástroje. Součástí tohoto balíčku je samotný toolbox obsahující výsledný nástroj, databáze s testovacími daty a předem vytvořenými šablonami pro město Olomouc, informační leták ve formátu A4 v českém i anglickém jazyce a krátký manuál v angličtině.



Obr. 5.2 Informační leták

6 DISKUZE

Problémem při počátcích této práce byla nedostatečná znalost skriptovacího jazyka Python a tvorby skriptů pro ArcGIS. Na základě studia odborné literatury, nápovědy ArcGIS a internetových fór byly získány potřebné znalosti ke splnění cílů této bakalářské práce. Jak již byl zmíněno v některých částech této práce, došlo k určitým problémům a omezením. V této části jsou tyto problémy a omezení blíže vysvětleny, případně je i navrženo řešení.

6.1 Počet sektorů

Jak již bylo zmíněno v části řešení, počet sektorů je odvozen od nastavení jednotlivých parametrů při tvorbě sektorů a není samotným volitelným atributem. Toto řešení se může zdát omezující, ale ve skutečnosti umožňuje větší svobodu při tvorbě sektorů, avšak za cenu náročnosti pro uživatele. Pokud chce uživatel vytvořit konkrétní celkový počet sektorů, musí se rozhodnout a vypočítat, kolik bufferů a kolik výsečí je potřeba, přičemž možností je zpravidla více než jedna. Této možnosti by nemohlo být docíleno, pokud by počet sektorů byl jeden z nastavující parametrů. Hodnoty parametrů *number of buffers* a *number of divisions* nejsou omezeny maximální hodnou, je pouze nastavena doporučená hodnota. Avšak se zvyšující se hodnotou těchto parametrů se zvyšuje i náročnost skriptu na hardware a prodlužuje se procesní doba nástroje.

6.2 Konstantní rozloha

Skript pro tvorbu sektorů s konstantní rozlohou byl vytvořen za pomoci matematického vzorce, podle kterého by měla být zajištěna identická rozloha jednotlivých sektorů. Vzorec funguje na principu, že každý buffer má stejnou rozlohu jako počáteční kruh (počáteční buffer), v tomto případě tedy pokud rozdělíme všechny tyto buffery na stejný počet stejně velkých částí, měla by být zachována konstantní rozloha všech sektorů. Ve výsledku se však hodnoty rozlohy mohou v některých případech lišit, a to v řádech i stovek metrů čtverečních. Například při tvorbě vrstvy sektorů, která ve výsledku dosahovala poloměru 1432 metrů, byl rozdíl mezi největším a nejmenším sektorem 250 metrů čtverečních, což vzhledem k celkové ploše sektoru 65 000 metrů čtverečních se může brát jako nevýznamný rozdíl. Se zvětšujícími se sektory se zvětšuje i tato chyba. Při zobrazení hodnot rozlohy v rámci jedné vrstvy v grafu bylo zjištěno, že tyto hodnoty mají normální rozdělení. Tento jev je pravděpodobně způsoben automatickým zaokrouhlováním hodnoty π při výpočtu obsahu. Další příčinou může být použitá kartografické projekce a její specifické zkreslení, které má vliv na výpočty.

6.3 Ukládání dočasných souborů

V rámci tvorby sektorů a výpočtu plošných indexů skripty vytvářejí mezivýsledky, které následné vstupují do finálního procesu zpracování. Tyto mezivýsledky bylo potřeba někam ukládat. Pro tento účel skript vytváří složku *temp* na disku C. Skript je napsán takovým způsobem, že prvně zkontroluje, zda složka již existuje a pokud ne, tak ji vytvoří. Stejným způsobem pak postupuje při tvorbě databáze, která je vytvořena v této složce a slouží pro ukládání zmiňovaných mezivýsledků. Kromě mezivýsledků procesů skript vytváří i *csv* tabulku s hodnotami potřebnými pro tvorbu linií rozdělujících buffer na jednotlivé sektory. V rámci tohoto řešení může nastat několik problémů. Pokud uživatel nemá povolení vytvářet složky a ukládat soubory na disk C (pro tuto akci většinou není potřeba administrátorské povolení), skript vyústí v chybu. Stejná chyba nastane v případě, že disk C vůbec neexistuje (uživatel může mít jinak pojmenované disky), v obou těchto případech je řešením nahrazení cesty v samotném kódu skriptu. Jediné, co je potřeba nahradit, jsou písmena C ve všech cestách písmenem označujícím disk, ke kterému má uživatel přístup a kde si přeje vytvořit složku *temp*. Toto řešení má výhodu, pokud chce uživatel nahlédnout nebo pracovat s těmito mezivýsledky. Byla zvažována i jiná řešení v podobě modulu *tempfile* nebo defaultní geodatabáze ArcGIS, nakonec však bylo zvoleno výše zmíněné řešení, a to z důvodu uživatelsky přívětivějšího rozhraní.

6.4 Validace

Součástí finálního skriptu na výpočet plošných indexů je i validační kód, který umožňuje rozpoznání jednotlivých typů dat při jejich vložení do skriptu. Na základě toho, jaká data (polygony, linie, body) uživatel vloží do nástroje, validační kód buď povolí nebo zakáže volitelný parametr. Samotný validační kód byl napsán podle doporučení v online dokumentaci ArcGIS a jeho funkčnost byla testována na více počítačích. V rámci testování bylo zjištěno, že může způsobovat chyby ve skriptu na některých instalací ArcGIS. Řešením tohoto problému je jednoduché smazání validačního kódu ve vlastnostech skriptu pod záložkou *validace*. Uživatel si však v tomto případě musí dát pozor, aby v případě, že do skriptu vkládá bodová data, nezvolil žádnou z hodnot parametru *Choose attribute of interest*, jinak může dojít k chybě skriptu nebo chybám ve výsledné vrstvě.

6.5 Šablona

Skript *Create sectors interactive origin point (UTM_33N)* umožňuje interaktivní volbu počátečního bodu v datovém náhledu pomocí kliknutí. Tato funkcionalita je zajištěna datovým typem *Feature set*. Nevýhodou tohoto řešení je však nutnost nastavení atributu *schema* v možnostech parametrů. Jedná se o referenční bodovou vrstvu, na jejímž základě se vytváří bod kliknutím do datového náhledu. Z této referenční vrstvy se bere i souřadnicový systém tohoto bodu. Pokud chce uživatel interaktivně vybírat počáteční bod v jiném souřadnicovém systému než WGS84_UTM_33N, je potřeba, aby si vytvořil vlastní bodovou vrstvu s vlastním souřadnicovým systémem a nahradil jí v možnostech parametru jako *schema*. Tuto vrstvu je vhodné mít uloženou ve stejném adresáři jako samotný toolbox.

6.6 Manuál

Jako součást práce byl vytvořen i krátký manuál v anglickém jazyce. Uživatel je v něm seznámen se základní funkcionalitou všech skriptů. V dílčích krocích je zde popsán způsob zacházení s jednotlivými parametry každého ze skriptů. Součástí je také balíček s testovacími daty a šablonami pro město Olomouc. Pro lepší přehled byl vytvořen i informativní leták ve formátu A4 v anglickém a českém jazyce.

6.7 ArcGIS Online

Celý nástroj byl nahrán na ArcGIS Online za účelem sdílení s ostatními uživateli ArcGIS. Byl zde nahrán pouze samotný nástroj spolu s balíčkem testovacích dat a manuálem v angličtině. Skript je k dispozici volně ke stažení adrese:
http://www.arcgis.com/home/item.html?id=407ae0004f164368bf5c910d8a789f98

7 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit skript, který je schopen vypočítat plošný index v rámci kruhových sektorů pro polygonová, liniová a bodová data, kdy uživatel bude mít možnost nastavit parametry, podle kterých budou kruhové sektory vytvořeny.

Zadáním bylo tento skript vytvořit pro software ArcGIS v programovacím jazyce Python.

Výsledný nástroj byl rozdělen do čtyř navzájem na sebe navazujících částí, každý s odlišnou funkcí. Nástroj vytváří kruhové sektory podle parametrů zadaných uživatelem, buď s volitelnými vzdálenostmi mezi sektory nebo s konstantními rozlohami sektorů. Byl vytvořen i skript umožňující interaktivní výběr počátečního bodu, je však pouze doplňujícím a rozšiřujícím skriptem. Poslední skript počítá samotný plošný index jak pro polygonová a liniová, tak i bodová data. Nástroj obsahuje některá omezení, jako např. požadavek vzestupného zadávání vzdáleností bufferů.

Výsledný plošný index vypovídá především o proměnlivosti a porovnání sledovaného jevu v rámci kruhových sektorů. Jeho hodnota je spočítána jako relativní hodnota v procentech.

Jako součást práce byl vytvořen mapový dokument reprezentující možnosti skriptu a testovací balíček obsahující krátký manuál v anglickém jazyce. Součástí balíčku je také doplňující leták ve formátu A4 v anglickém i českém jazyce a databáze s testovacími daty určenou k seznámením uživatele s funkcionalitou skriptu. Nástroj byl nahrán na ArcGIS Online volně ke stažení.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

ALLEN, D., W. (2014): *GIS Tutorial for Python Scripting*, Redlands, USA, Esri Press, 288 s., ISBN: 9781589483569

Arcpy [online]. 2016. Esri,Inc. Dostupné z WWW: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/analyze/arcpy/what-is-arcpy-.htm>

BURIAN, Jaroslav (2014): *Geografické informační systémy v prostorovém plánování,* Olomouc, Univerzita Palackého, 135 s. ISBN 978-80-244-4232-7

Building Models Thet Let Users Interact with Maps [online]. Esri, 2010 [cit. 2017-04-20], Dostupné z WWW: http://www.esri.com/news/arcwatch/0310/tip.html

HLÁSNY, Tomáš (2007): *Geografické informačné systémy priestorové analýzy*, Banská Bystrica, Agentura ZEPHYROS & Národné lésnicke centrum – Lesnicky výzkumný ústav Zvolen, 160 s. ISBN 978-80-8093-029-5

NETZBAND, M. (2013): *Urban Remote Sensing and Landscape Metrics*. [online]. [cit. 2017-04-20]. 1st StatGIS conference, Olomouc, Dostupné z: http://slideplayer.com/slide/6230185/#

VOŽENÍLEK, Vít (2011): *Metody tematické kartografie: Vizualizace prostorových jevů,* Olomouc, Univerzita Palackého, 216 s. ISBN 978-80-244-2790-4

Wikisofia, *Urbanistické modely* [online], 2017 cit. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z WWW: <https://wikisofia.cz/wiki/Urbanistick%C3%A9_modely>

ZANDBERGEN P. A. (2013): *Python scripting for ArcGIS,* Redlands, USA, Esri Press, 353 s. ISBN: 978-1-58948-282-1

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

Příloha 1 Mapový dokument Index hustoty městské zeleně, Olomouc 2016

Volné přílohy:

Příloha 1 DVD-ROM

Příloha 2 Poster ve formátu A2