

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra geoinformatiky**

**AKTUALIZACE PROGRAMŮ PRO VÝPOČET  
INDEXU CHODECKOSTI A JEHO APLIKACE**

**Bakalářská práce**

**Jan KREJSA**

**Vedoucí práce doc. Ing. Zdena Dobešová, Ph.D.**

**Olomouc 2018**

**Geoinformatika a geografie**

## **ANOTACE**

Cílem této bakalářské práce je aktualizování Esri toolboxu pro výpočet Indexu chodeckosti, který vytvořil Bc. Tomáš Křivka, student katedry Geoinformatiky na Univerzitě Palackého v Olomouci, v roce 2011. Celkově se tento toolbox skládá ze čtyř dílčích skriptů, Indexu konektivity, Indexu entropie, Floor area ratio indexu, Indexu sídelní hustoty, a konečného Indexu chodeckosti, který je počítán z výše zmíněných čtyř dílčích indexů. Toolbox byl vytvořen pro práci v programu ArcGIS 9.X, proto bylo nezbytné jej aktualizovat do funkční podoby, aby fungoval v programu ArcGIS 10.X. Během psaní této bakalářské práce se také stal používanější program ArcGIS Pro, proto byl původní skript upraven také do této verze programu. V aktualizovaných skriptech byla nově sestavena nápověda jak pro celý toolbox, která v původní verzi úplně chyběla, tak byla doplněna a aktualizována nápověda pro jednotlivé skripty. Ve skriptu pro výpočet Indexu konektivity, byly nově naprogramovány dvě části. První část má odstranit z výpočtu průmyslové areály, neboť tyto areály nejsou z pravidla veřejnosti přístupné. Druhá a rozsáhlejší část se týká eliminace parkovacích ploch u velkých obchodních center. V místech, kde se nachází tato parkoviště, dochází k nepřesnostem ve výsledcích tohoto indexu, protože je zde počítána příliš velká valence. Proto je doporučeno parkoviště eliminovat. Vizualizace celkových výsledků Indexu chodeckosti byla možná pouze pro Olomouc, neboť pro ostatní města, pro které byla chodeckost počítána nebyla dostupná data o rozloze obchodních ploch. Proto byly pro města Ostrava, Košice, Lipsko, Katowice a Székesvehérvár provedeny výpočty a vizualizace pouze pro Index konektivity a Index entropie.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Index chodeckosti; ArcMap; Python; skript; toolbox

Počet stran: 43

Počet příloh: 4

## **ANOTATION**

This bachelor thesis aims to update the Esri toolbox used for Walkability index calculations, which was created in year 2011, by Bc. Tomáš Křivka who was a student of the Department of Geoinformatics of the Palacký University in Olomouc. Overall, this toolbox is made up by four partial scripts, Connectivity index, Entropy (Shannon) index, Floor area ratio index, Household density index and the final Walkability index, which is calculated from the four above mentioned partial indexes. Toolbox was made to work in ArcGIS 9.X, that's why it was necessary to update it to function in ArcGIS 10.X. During the writing of this bachelor thesis, ArcGIS Pro became a more used program and that's why the original script was modified for this version of the program as well. In the scripts that were already updated, a new tool help was made both for the entire toolbox, which was completely missing in Křivka's version, and the help for each script was completed and updated.

In the script for calculating the Connectivity index, two parts were newly programmed. First part is supposed to remove industrial areas from the calculation, since these areas are not usually accessible to the public, therefore its illogical to calculate this index in them. The second and more extensive part concerns the elimination of parking areas at large shopping centres. In places where these parking areas are located, inaccuracies are occurring in the results of this index because too much valence is counted here. That is why it is recommended to eliminate parking lots. Visualisation of the overall results of Walkability index was possible only for Olomouc, since for the other cities, for which Walkability index was calculated didn't have any available data about the shop areas. That's why for Ostrava, Košice, Lipsko, Katowice and Székesvehérvár, the visualisations were only performed for Connectivity index and Entropy (Shannon) index.

## **KEYWORDS**

Walkability index; ArcMap; Python; script; toolbox

Number of pages: 43

Number of appendixes: 4

**Prohlašuji, že**

- bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. (Např. *Ve své programové aplikaci jsem použil modul pro transformaci vektorových dat mezi prostorovými referenčními systémy, vytvořený .....*.)

- 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

Jan KREJSA

Děkuji vedoucí práce doc. Ing. Zdeně Dobešové Ph.D. za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji Mgr. Janu Dygrýnovi, PhD., za konzultace, které proběhly v rámci psaní bakalářské práce.



# OBSAH

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>8</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI .....</b>	<b>1</b>
<b>1 CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>10</b>
<b>2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....</b>	<b>11</b>
<b>3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>14</b>
3.1 Význam indexů .....	15
3.1.1 Index konektivity.....	15
3.1.2 Index entropie .....	16
3.1.3 Index Floor area ratio .....	17
3.1.4 Index sídelní hustoty .....	17
3.1.5 Index chodeckosti .....	17
<b>4 AKTUALIZACE A VÝVOJ SKRIPTŮ.....</b>	<b>18</b>
4.1 Aktualizace skriptů .....	18
4.2 Rozšíření funkcionality .....	18
4.3 Zpracování nápovědy .....	19
4.4 Aktualizace na ArcGIS Pro .....	20
<b>5 NOVĚ PŘIDANÉ ČÁSTI .....</b>	<b>22</b>
5.1 Eliminace parkovišť .....	22
5.1.1 Detailní popis kódu eliminace parkovišť.....	26
5.2 Eliminace průmyslových ploch .....	27
<b>6 VÝPOČET A VIZUALIZACE INDEXŮ .....</b>	<b>29</b>
6.1 Úprava dat .....	29
6.2 Výpočet indexů .....	30
6.3 Vizualizace .....	31
<b>7 VÝSLEDKY .....</b>	<b>38</b>
7.1 Aktualizace toolboxu .....	38
7.2 Nová funkcionality .....	38
7.3 Testování toolboxu .....	38
<b>8 DISKUZE .....</b>	<b>39</b>
8.1 Aktualizace nápovědy .....	39
8.2 Eliminace parkovišť .....	39
8.3 Vizualizace .....	39
8.4 ArcGIS online .....	39
<b>9 ZÁVĚR .....</b>	<b>40</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE</b>	
<b>PŘÍLOHY</b>	

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
CONN	Index konektivity
ENT	Index entropie
EPSG	European Petroleum Survey Group
Esri	Environmental System Research Institute
FAR	Floor Area Ratio index
GIS	geografický informační systém
HDENS	Index sídelní hustoty
OSM	Open Street Map
SHP	Shapefile
SQL	Structured Query Language
WAI	Index chodeckosti



## ÚVOD

Index chodeckosti. Na první pohled lze tady to sousloví jen těžce přecíst, co si tedy pod tímto souslovím představit? Je to jednodušší, než se zdá. Zkráceně řečeno se jedná o výpočet, který počítá, jak moc lidé chodí, v různých částech města. Výsledkem je přehledná mapa, která sice neukazuje, kudy lidé chodí, ale ukazuje nám, ve kterých částech města lidé chodí pěšky nejvíce.

Výpočet indexu chodeckosti je složitý z důvodu řady operací, které se musí provést ručně. Automatizaci výpočtu umožnila sada programů, které vytvořil student Katedry geoinformatiky na Univerzitě Palackého v Olomouci Tomáš Krivka v roce 2011. Sada programů byla vytvořena, jako rozšíření do programu ArcGIS for Desktop.

V novějších verzích programu ArcGIS, sestál program pro výpočet Indexu chodeckosti nefunkční. Bylo nutné tedy program pro výpočet Indexu chodeckosti upravit, a případně rozšířit o novou funkcionalitu, aby mohl i nadále sloužit pro výpočet.

Nová verze sady programů, která se stará o výpočet indexu, byla také rozšířena o novou funkcionalitu. Jedná se o eliminaci parkovišť, které velkým počtem křižovatek ovlivňovaly celkový výsledek indexu. Byla také přidána možnost odstranit z výpočtu silnice nacházející se v průmyslových areálech, neboť tyto silnice nejsou zpravidla veřejně přístupné.

Bakalářská práce byla řešena v rámci interního výzkumného projektu IGA\_PrF\_2016\_008 „Pokročilý monitoring, prostorové analýzy a vizualizace městské krajiny“, který byl řešen na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci.

# 1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je aktualizovat programy pro výpočet dílčích částí Indexu chodeckosti pro ArcGIS 10.X v jazyce Python. Jedná se o skripty pro výpočet Indexu konektivity, Indexu sídelní hustoty, Indexu entropie a Indexu Floor Area Ratio (FAR). V rámci těchto indexů budou navrženy případné automatizované úpravy dat a úpravy výpočtů. Budou použita dostupná aktuální data pro vybraná města ve střední Evropě, resp. navrhnout jejich sběr. Dílčí indexy pro Index chodeckosti budou vizualizovány formou map.

V Indexu chodeckosti bude naprogramována nová část, která má za cíl nalézt a eliminovat silnice na parkovacích plochách. Tyto plochy totiž mohou zkreslovat konečné výsledky tohoto indexu. Dále bude v tomto indexu naprogramována nová část, která bude eliminovat industriální areály, neboť tyto areály nejsou z pravidla veřejně přístupné.

Výsledný skript bude také testován, případně upraven, aby fungoval v nejnovější verzi programu ArcGIS Pro.

Skript bude také publikován na veřejně dostupná místa na internetu, jako je například webová služba ArcGIS code sharing nebo GitHub.

## 2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

V první řadě bylo potřeba seznámit se s danou problematikou Indexu chodeckosti. Proto byly pečlivě nastudovány dostupné materiály z projektu IPEN, byla pročtena a nastudována diplomová práce od T. Křivky, který celý výpočet Indexu chodeckosti zpracoval a zautomatizoval v programovém prostředí ArcMap 9 a také byla uskutečněna schůzka s panem Mgr. Janem Dygrýnem, Ph.D., který byl nápomocný T. Křivkovi při tvorbě programové verze indexu a dodnes se problematice ohledně Indexu chodeckosti zabývá. J. Dygrýn také vyslovil při diskuzích námět na vylepšení výpočtu Indexu konektivity a to eliminaci silniční sítě v oblasti velkých parkovišť zejména u nákupních center a ulic z průmyslových areálů. Eliminace těchto silnic přispěje k přesnějšímu výpočtu Indexu konektivity, resp. valenci křižovatek, který lépe bude odpovídat skutečnosti.

Za druhé byly pročteny a nastudovány kódy dílčích indexů. Tyto kódy byly následně opraveny pomocí jednoduché kontroly řádek po řádku a opětovným spouštěním indexu. V místech, kde index hlásil chybu, byl kód opět upraven do funkční podoby.

Dalším krokem bylo upravit již funkční Index konektivity tak, aby nedocházelo ke zkreslování výsledků v místech parkovišť a průmyslových ploch, kde silnice velice často existují, ovšem nejsou veřejně přístupné pro pěší chůzi. K eliminaci parkovišť byl nejprve sestaven funkční model, který byl následně převeden do skriptu a ten byl implementován do celkového skriptu, který vypočítává Index konektivity. Část skriptu, kde dochází k eliminaci průmyslových zón, vznikla pozměněním již funkční části skriptu Indexu konektivity, kde docházelo k eliminaci vodních ploch. Následně proběhlo testování, jestli vše funguje, jak má, případně byly doladěny další chyby.

Celková struktura výpočtu indexu se nezměnila. Došlo jen k přidání dvou vstupních parametrů při výpočtu Indexu konektivity.

Čtvrtým krokem bylo celkové ladění kódu a tvorba nápovědy pro skript. Takže byly všechny skripty očištěny od nepotřebných částí a byly přidány komentáře ke každé vstupní proměnné, tak aby byl skript srozumitelný pro uživatele. Také byla doplněna a znovu sepsána a rozšířena nápověda pro uživatele v prostředí ArcMap.

Za páté byl celý skript testován, a mírně upraven do funkční podoby v prostředí programu ArcGIS Pro. Tento převod nebyl příliš náročný, díky použití nástroje v ArcGIS Pro `AnalyzeToolForPro_management()`, který odhalí většinu chyb.

Posledním, a druhým nejdůležitějším krokem, hned po opravení skriptu do funkční podoby, bylo sepsání textu.

### **Použité metody**

Skripty byly přepsány pomocí opakovaného spouštění a řádky, ve kterých byla identifikována chyba, byly opraveny. Byla použita metoda Debugingu.

Opravené skripty byly také testovány spuštěním v různých verzích programu ArcGIS. Nová část Indexu chodeckosti, kde dochází k eliminaci parkovišť, byla nejprve vytvořena v prostředí aplikace ModelBuilder a následně převedena a implementována do celkového skriptu.

### **Použitá data**

Data byla získána od doc. Ing. Zdeny Dobešové, Ph.D., která vedla diplomovou práci Tomáše Křivky na katedře geoinformatiky univerzity Palackého v Olomouci, a Mgr. Jana Dygrýna, Ph.D., který se věnuje sběru dat a problematice Indexu chodeckosti. Tato data byla aktuální Data, která byla získána a použita se týkala měst: Olomouc, Ostrava, Katowice, Lipsko, Košic a Székesvehérvár. Tyto data byla získána z projektu IGA\_PrF\_2016\_008.

### **Použité programy**

Bakalářská práce byla vypracována v programu PyScripter, verze 2.6.0.0; programu Python verze 2.7.5 a 3.6.3; programu ArcGIS 10.4 a ArcGIS Pro 2.1; sadě kancelářského softwaru Microsoft Office 365 ProPlus verze 1710.

## Postup zpracování

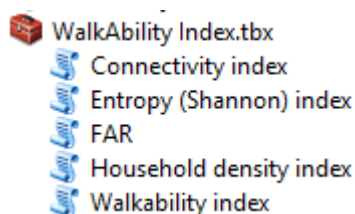


Obr. 1: Vývojový diagram postupu práce

### 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Indexem chodeckosti se v minulosti zabýval mezinárodní projekt IPEN (International Physical Activity and the Environment Network). Tento projekt se zabývá spoluprací mezi výzkumnými pracovníky, kteří zkoumají vztah mezi životním prostředím obyvatel a jejich fyzickou aktivitou v městském prostředí. Pracovníci navrhuji metody výzkumu a měření v této problematice, ale také shromažďují data, nad kterými provádějí různé analýzy. Jednou z těchto analýz je Index chodeckosti. V rámci tohoto projektu byl Index chodeckosti počítán ručně, což bylo zdlouhavé a pracné.

Student Tomáš Křivka v roce 2011, pod vedením doc. Ing. Zdeny Dobešové Ph.D. a pomoci Mgr. Jana Dygrýna Ph.D. z Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého, vypracoval v rámci diplomové práce skript pro automatizovaný výpočet Indexu chodeckosti, který funguje v prostředí programu ArcMap 9. V této diplomové práci je detailně popsána funkčnost a struktura skriptu pro výpočet Indexu chodeckosti (Křivka, 2011). Výsledky případové studie pro město Olomouc byly zveřejněny jako kapitola v knize (Dobešová, Křivka, 2012).



Obr. 2: Toolbox od T. Křivky.

```
#####  
# Name: wai.py  
# Description: Calculate final Walkability index  
# Author: Tomas KRIVKA, Department of Geoinformatics, Faculty of Science, Palacky University Olomouc, 2011  
#####  
  
#Import modules, make geoprocessor, set workspace...  
#####  
import arcgisscripting, sys, math, os, tempfile, locale  
gp = arcgisscripting.create(9.3)  
directory_name=tempfile.mkdtemp()  
print directory_name  
gp.workspace=directory_name  
gp.overwriteoutput=1  
gp.toolbox = "management", "analysis", "stat"  
  
#Input  
#-----  
gp.addmessage("Input")  
inobv=gp.GetParameterAsText(0)  
confld=gp.GetParameterAsText(1)  
entfld=gp.GetParameterAsText(2)  
farfld=gp.GetParameterAsText(3)  
hsdfld=gp.GetParameterAsText(4)  
  
#Check if inputs are correct  
#-----  
gp.addmessage("Check if inputs are correct")  
#0
```

Obr. 3: Ukázka skriptu od T. Křivky.

Dodnes se Mgr. Dygrýn věnuje sběru dat k výpočtu tohoto indexu a zabývá se jeho problematikou. Těž v této oblasti publikuje (Dygrýn 2008, Dygrýn, 2014).

Skripty, které vypracoval Tomáš Křivka fungoval ve staré verzi ArcMap 9.x díky knihovně funkcí `arcgisscripting`. Tato knihovna umožňuje přístup k funkcím geoprocesingu z programu ArcGIS. Tato knihovna byla ovšem v nové verzi programu ArcMap 10.X nahrazena knihovnou funkcí `ArcPy`. Nejen, že tato nová knihovna obsahovala nové funkce, ale bylo díky ní také možné příkazy a funkce zadávat jednodušeji, což vede k větší přehlednosti skriptu a k daleko menšímu počtu chyb. Novou knihovnu stačí nainportovat příkazem `import arcpy`. U knihovny `arcgisscripting` bylo nutné navíc po importu vytvořit objekt voláním metody `arcgisscriptin.create()` (druhá příkazová řádka na Obr. 3). Pomocí toho objektu se přistupovalo k metodám v geoprocesingu.

Nově bylo také zavedeno volání většiny funkcí. Zatímco ve starší verzi se používala jen malá písmena teda například: `gp.addmessage()`, nově se tato funkce volá `arcpy.AddMessage()`. Díky velkým písmenům jsou příkazy přehlednější a při jejich psaní vzniká méně chyb.

Další důležitou změnou je volání funkcí z toolboxů. Ve staré verzi bylo pro volání funkce z toolboxu nejprve toolbox importovat na začátku skriptu (sedmá příkazová řádka na Obr. 3) a poté volat funkci ve skriptu. Například `gp.addfield()`. V nové verzi již není potřeba importovat toolbox, ale volat přímo funkci s příponou toolboxu, `arcpy.AddField_management()`.

## 3.1 Význam indexů

Index chodeckosti se vypočítává ze 4 dílčích indexů a to: Indexu konektivity, Indexu Entropie, Indexu sídelní hustoty a Indexu Floor Area Ratio.

### 3.1.1 Index konektivity

K výpočtu Indexu konektivity jsou použity vrstvy polygonů (standardně se používá vrstva urbanistických obvodů, v případě potřeby je ale možno použít například hexagony), uliční síť a vrstva landuse. Index konektivity vypočítá takzvanou valenci všech křižovatek, což je počet stýkajících se ulic v dané křižovatce. Blízké křižovatky, do 15 m, se sdružují do jedné křižovatky, pro kterou se následně počítá valence. Křižovatky s valencí menší než 3 jsou nastaveny na hodnotu valence 0. Následně se sečte valence všech křižovatek v jednotlivých urbanistických obvodech, podělený plochou urbanistického obvodu. Tato hodnota je následně přepočítána na standardizovanou hodnotu z-score, které jsou použity k výpočtu celkového Indexu chodeckosti, a decily, které se používají k vizualizacím (Křivka, 2011). Všechny tyto hodnoty jsou v závěru výpočtu uloženy do vstupní polygonové vrstvy urbanistických obvodů (resp. hexagonů, apod.).

Indexu konektivity je přiřazována nejvyšší důležitost, neboť do výpočtu konečného Indexu chodeckosti vstupuje s dvojnásobnou vahou než ostatní ukazatele. Vyšší hodnoty indexu vypovídají o dobré propojenosti a prostupnosti území. Vysoká konektivita je typická pro centra měst, kde nejsou vhodné podmínky pro automobilovou dopravu, neboť zde nejsou rychlé silniční koridory ani dostatek míst pro parkování (Křivka, 2011). Také v centrech měst bývá hustá uliční síť s velkým počtem křižovatek.

### 3.1.2 Index entropie

Index entropie reprezentuje homogennost respektive heterogennost ve využití území. Čím větší je různorodost ve využití, tím vyšší bude i Index entropie. Stěžejním prvkem pro výpočet tohoto indexu je kvalitní vrstva landuse.

Vzorec pro výpočet entropie byl pro účely projektu IPEN modifikován do tohoto tvaru (1):

$$H(S) = \frac{-\sum_{i=1}^k [(p_i) \cdot (\ln p_i)]}{\ln k} \quad (1)$$

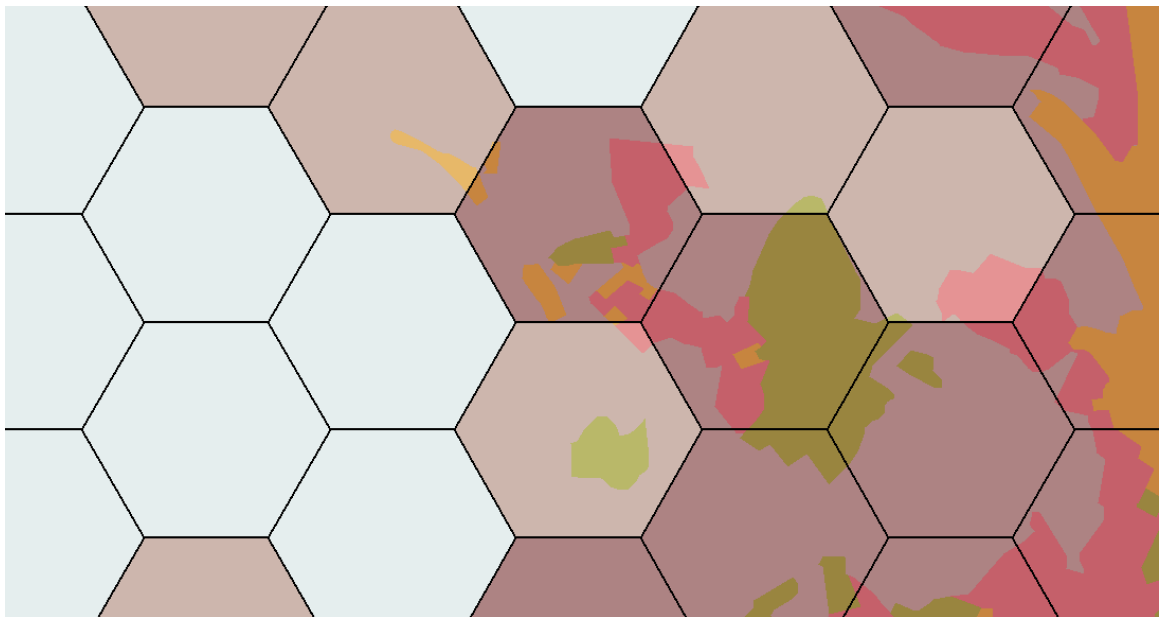
kde:

- H(S) Index entropie (Shannon index)
- $p_i$  plocha příslušně kategorie landuse k celkové ploše všech kategorií (vždy v rámci jednoho obvodu)
- k počet kategorií landuse v daném obvodu

(Křivka, 2011).

Jako vstupní vrstvy pro výpočet Indexu entropie je použita opět polygonová vrstva urbanistických obvodů a polygonová vrstva landuse. Vrstva landuse charakterizuje území do kategorií: obytná, komerční, služby, industriální, institucionální, vodní plochy a toky, rekreační, a ostatní. Index vypočte homogennost vrstvy landuse v každém polygonu urbanistických obvodů a následně vypočte standardizované z-score a také decily. Na závěr jsou všechny hodnoty uloženy do polygonové vrstvy s urbanistickými plochami.

Různé hodnoty Indexu entropie ilustruje názorně příklad na Obr. 4. Zde je patrná vyšší entropie v hexagonech s různorodějším landuse (uprostřed) na rozdíl od hexagonů vlevo, kde se vyskytuje pouze jedna kategorie landuse (homogenní území).



**Obr. 4: Ukázka rozdílných hodnot Indexu entropie v závislosti na různorodějším landuse (zdroj autor)**



### 3.1.3 Index Floor area ratio

Index Floor area ratio (FAR) představuje poměr rozloh obchodních budov a kategorie landuse s obchodním využitím. Předpokládá se, že vysoký index bude vypovídat o významném podílu maloobchodní sítě v urbanistickém obvodu. Tento obvod bude chodecky atraktivnější. Pokud FAR nabývá nízkých hodnot, je pravděpodobné, že se v obvodě vyskytují velké obchody, které mají zpravidla velká parkoviště (Křivka, 2011).

Při výpočtu je opět jako první vstupní vrstva polygonů, kde se budou ukládat výsledky. Následuje polygonová vrstva landuse s komerčními objekty a jako poslední vstupuje do výpočtu Indexu FAR bodová vrstva s obchody s jejich obchodní plochou. Skript při výpočtu stanoví poměr mezi plochou budov s obchody a plochou landuse s komerčními objekty. Výsledek je opět uložen do vrstvy polygonů označené jako urbanistické obvody v podobě výsledného indexu, z-score a decilů.

### 3.1.4 Index sídelní hustoty

Index sídelní hustoty reflektuje charakter bydlení v urbanistickém obvodě. Vysoká hodnota představuje větší hustotu bydlení. Takové hodnoty jsou opět typické pro centra měst, kde jsou vzdálenosti přijatelné pro aktivní transport (Křivka, 2011).

K výpočtu Indexu sídelní hustoty je používána polygonová vrstva s urbanistickými obvody, ve které musí být atribut o počtu domácností v každém polygonu, jako druhá vrstva je k výpočtu potřeba vrstva landuse, u které potřebujeme hodnoty s obytnými plochami. Skript vypočítá poměr počtu domácností ku rozloze obytné plochy. Výsledky se uloží do vrstvy s urbanistickými plochami jako Index sídelní hustoty, z-score a decily.

### 3.1.5 Index chodeckosti

Celkový index chodeckosti je, jak již bylo zmíněno výše, vypočítáván ze všech čtyř dílčích indexů. Do tohoto výpočtu vstupuje s nejvyšší vahou Index konektivity, ostatním třem dílčím indexům je přikládána stejná váha.

Vzorec pro výpočet Indexu chodeckosti (2):

$$WAI = (2 * CONN) + ENT + FAR + HDENS \quad (2)$$

kde:

WAI	Index chodeckosti
CONN	standardizovaná hodnota Indexu konektivity
ENT	standardizovaná hodnota Indexu entropie
FAR	standardizovaná hodnota Indexu Floor area ratio
HDENS	standardizovaná hodnota Indexu sídelní hustoty

Jako vstupní vrstva je při výpočtu celkového Indexu chodeckosti použita jen vrstva urbanistických obvodů, ve kterém jsou uloženy standardizované hodnoty, tedy z-score, všech dílčích indexů. Následně je proveden výpočet dle vzorce pro výpočet Indexu chodeckosti a do vstupní polygonové vrstvy jsou uloženy jak hodnoty indexu, tak decily. Z-score se v tomto případě nepočítá.

## 4 AKTUALIZACE A VÝVOJ SKRIPTŮ

Nejprve proběhla aktualizace skriptů, následovalo testování a vývoj nového skriptu pro identifikaci parkovišť. Nedílnou součástí bylo testování funkčnosti na datech Olomouce a dalších měst.

```
#Input
#-----
inobv_w=gp.GetParameterAsText(0)
inline_h=gp.GetParameterAsText(1)
linefld=gp.GetParameterAsText(2)
val_h=gp.GetParameterAsText(3)
inlu=gp.GetParameterAsText(4)
lufld=gp.GetParameterAsText(5)
val_ws=gp.GetParameterAsText(6)
ri=gp.GetParameter(7)

#Input
#-----
arcpy.AddMessage(" ")
arcpy.AddMessage("Input")

# Urban Areas data in polygon SHP
inobv_w=arcpy.GetParameterAsText(0)
# Street network data in Line SHP
inline_h=arcpy.GetParameterAsText(1)
# Street class field
linefld=arcpy.GetParameterAsText(2)
# Highway value from street network
val_h=arcpy.GetParameterAsText(3)
# Landuse data in polygon SHP
inlu=arcpy.GetParameterAsText(4)
# Landuse class field
lufld=arcpy.GetParameterAsText(5)
# Water value from Landuse
val_ws=arcpy.GetParameterAsText(6)
# Industrial value from Landuse
val_ind=arcpy.GetParameterAsText(7)
# Merge crossing radius
ri=arcpy.GetParameter(8)
# Parking eliminate
parking=arcpy.GetParameterAsText(9)
```

Obr. 5: Srovnání části staré skriptu (vlevo) a nového skriptu (vpravo)

### 4.1 Aktualizace skriptů

Ve všech skriptech bylo změněno volání knihovny `arcgisscripting` na knihovnu `arcpy`. Jako první krok zpracování byla provedena aktualizace jednotlivých pěti skriptů do funkční podoby ve verzi ArcMap 10.X. Jako první byl aktualizován skript pro výpočet Indexu konektivity. Původní skript byl opakovaně spouštěn a v místech, kde se vyskytovala chyba, byl skript opraven a aktualizován do nové verze. Následně byly ve skriptu umazány nepotřebné řádky s již nepoužívanými příkazy ze starého skriptu. Na závěr byly doplněny poznámky a komentářové řádky do aktualizovaného skriptu z důvodu lepší čitelnosti a přehlednosti všech výrazů a funkcí použitých v daném skriptu. V původních skriptech řada komentářů chyběla a porozumění funkčnosti bylo ztíženo. Bylo také doplněno mazání proměnných.

### 4.2 Rozšíření funkcionality

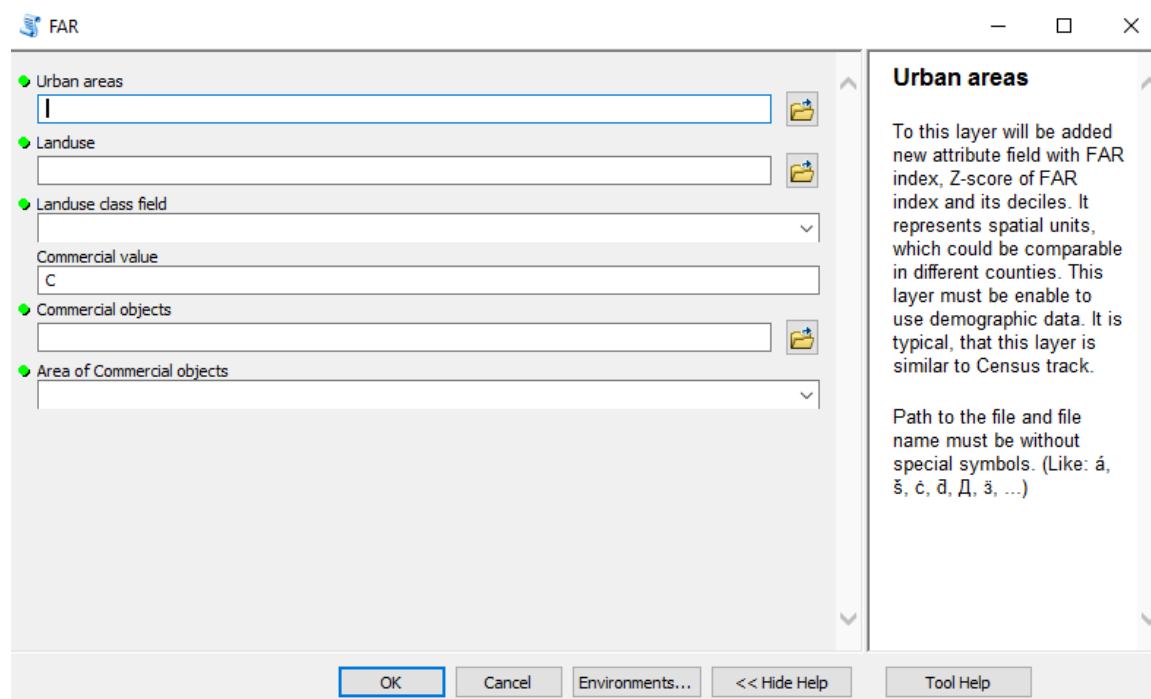
Skript, který má za úkol počítat Index chodeckosti, byl rozšířen o novou funkcionalitu. Konkrétně se jedná o dvě nové části. První část se věnuje eliminaci silnic na parkovacích plochách, především u velkých supermarketů a obchodních center.

Ve druhé nově vzniklé části skript eliminuje silnice v industriálních areálech, které nejsou z pravidla veřejně dostupné.

### 4.3 Zpracování nápovědy

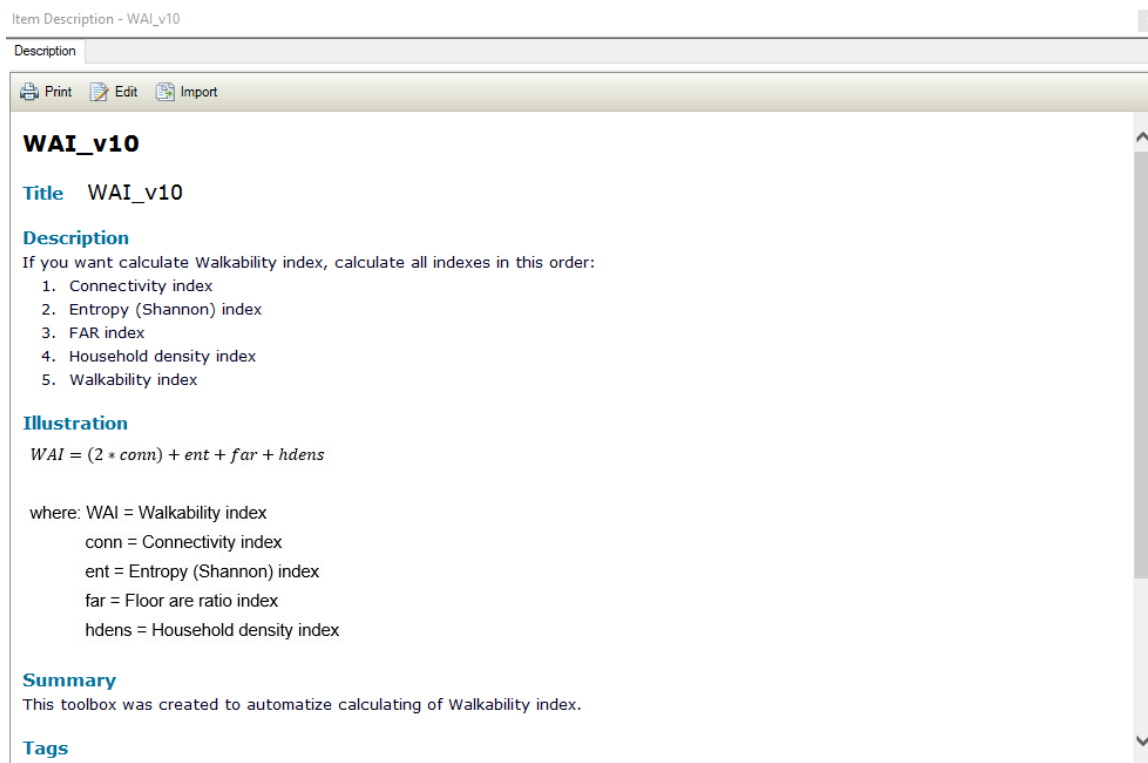
Všechny skripty byly doplněny o nápovědu formou komentářů přímo ve skriptu. Budoucí uživatelé se tedy budou snadněji orientovat ve všech proměnných a částech skriptů.

Také byla přepracována nápověda v prostředí programu ArcMap. Byla přepsána původní nápověda od T. Křivky, která byla rozšířena a doplněna o nové poznatky a tipy, které vznikly během testování a konzultace. Během prací na bakalářské práci, proběhla konzultace se studentem Jonasem Fešlerem z univerzity v Heidelbergu, který používal skript pro výpočet Indexu chodeckosti ve své bakalářské práci. Na základě komunikace s tímto studentem bylo také objeveno několik chyb, kterým je potřeba se vyvarovat při výpočtu tohoto indexu. Konkrétně se jednalo o národní znaky, které měl Fešler v názvech adresářů, kde byly data uložena a v samotném názvu dat. Všechny tyto poznatky byly následně přidány do nápovědy.



**Obr. 6: Nově sestavená nápověda.**

Byla také vypracována nová nápověda k celkovému toolboxu, která v původní verzi chyběla.



**Obr. 7: Nová nápověda k toolboxu Indexu chodeckosti**

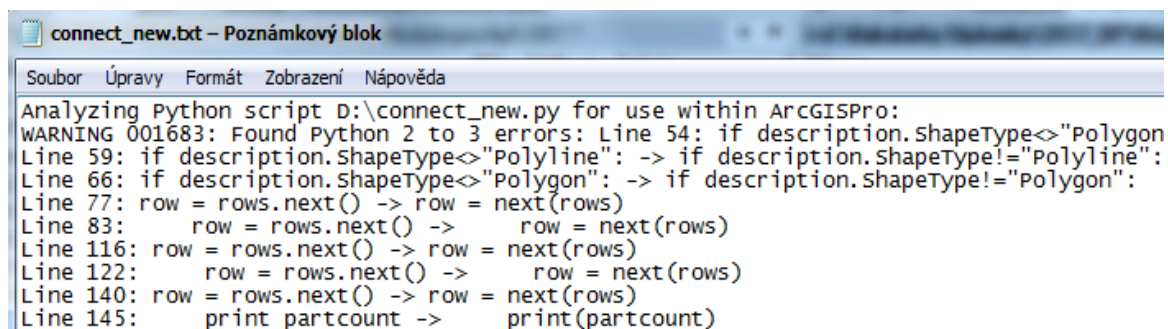
Do nápovědy při výpočtu celkového Indexu chodeckosti byl doplněn vzorec, který ukazuje, jakým způsobem je počítán celkový výsledek Indexu chodeckosti.

## 4.4 Aktualizace na ArcGIS Pro

Během psaní této bakalářské práce se stal ArcGIS Pro velmi rozšířený mezi běžnými uživateli, a proto bylo logické udělat aktualizaci skriptů také pro tuto verzi programu ArcGIS.

Převod již nově upraveného skriptu fungujícího v ArcGIS 10.X nebyl až tak složitý. ArcGIS 10.X pracuje s programovacím jazykem Python verze 2.7, zatímco ArcGIS Pro funguje pod verzí 3.5. ArcGIS Pro ovšem obsahuje nástroj, který se jmenuje `AnalyzeToolForPro_management()`, který po spuštění skriptu z verze ArcGIS 10.X ukáže, kde by měly být problémy při spuštění tohoto skriptu v ArcGIS Pro. Největší problém, který byl zjištěn po spuštění tohoto nástroje na skripty Indexu chodeckosti byl ve způsobu psaní funkce `print()`. Ve skriptu pro ArcGIS 10.X se tato funkce psala bez závorek, zatímco ve verzi pro ArcGIS Pro bylo nezbytné závorky doplnit. Další problém byl v operátoru za funkcí `descriptiopn.ShapeType`. Ve verzi pro ArcGIS 10.X se psal operátor nerovnosti v zápisu podmínky `if` jako znaky „větší než, menší než“, `<>`, ovšem do verze pro ArcGIS Pro musely být tyto znaky nahrazeny za vykřičník a rovná se, `!=`. Dále bylo potřeba upravit způsob, jakým funkce `CalculateField_management()` pracuje s názvem sloupce v atributové tabulce. Ve verzi ArcGIS 10.X bylo nezbytné dát název sloupce do hranatých závorek `[]`, ve verzi pro ArcGIS Pro bylo potřeba dát název sloupce mezi vykřičníky, `!!`.

Celkově tedy převod na ArcGIS Pro nebyl příliš náročný. Jednalo se pouze o menší změny, které bylo potřeba udělat v syntaxi.



```
connect_new.txt - Poznámkový blok
Soubor  Úpravy  Formát  Zobrazení  Nápověda
Analyzing Python script D:\connect_new.py for use within ArcGISPro:
WARNING 001683: Found Python 2 to 3 errors: Line 54: if description.ShapeType<>"Polygon"
Line 59: if description.ShapeType<>"Polyline": -> if description.ShapeType!="Polyline":
Line 66: if description.ShapeType<>"Polygon": -> if description.ShapeType!="Polygon":
Line 77: row = rows.next() -> row = next(rows)
Line 83:     row = rows.next() ->     row = next(rows)
Line 116: row = rows.next() -> row = next(rows)
Line 122:     row = rows.next() ->     row = next(rows)
Line 140: row = rows.next() -> row = next(rows)
Line 145:     print partcount -> .. print(partcount)
```

**Obr. 8: Ukázka výpisu z nástroje AnalyzeToolForPro\_management()**

## 5 NOVĚ PŘIDANÉ ČÁSTI

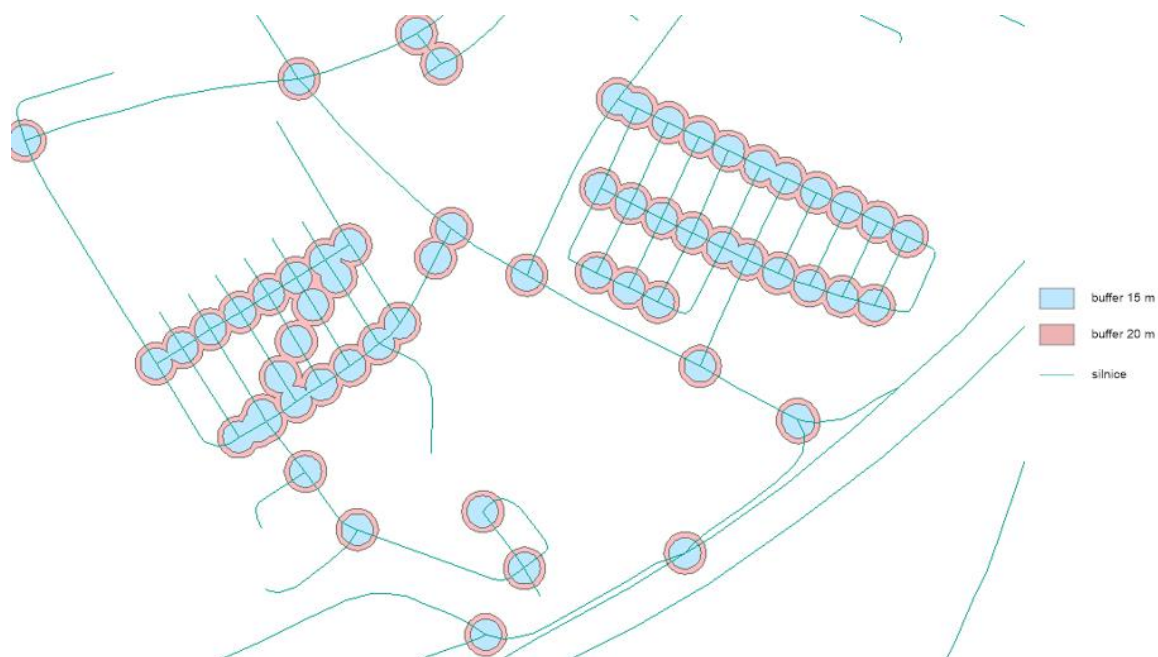
Jedním z cílů bakalářské práce bylo rozšířit již stávající skripty o novou funkcionalitu. Konkrétně se jednalo o eliminaci parkovišť a eliminaci průmyslových ploch. Velká parkoviště, například u obchodních center a supermarketů, mohou díky vysoké valenci křižovatek v uliční síti zkreslovat výsledky tohoto indexu, a tudíž ovlivňovat celkové výsledky.

K podobnému zkreslování výsledků dochází i v průmyslových areálech, kam velmi často nemá veřejnost přístup. Proto bylo také nezbytné vypustit tyto oblasti.

### 5.1 Eliminace parkovišť

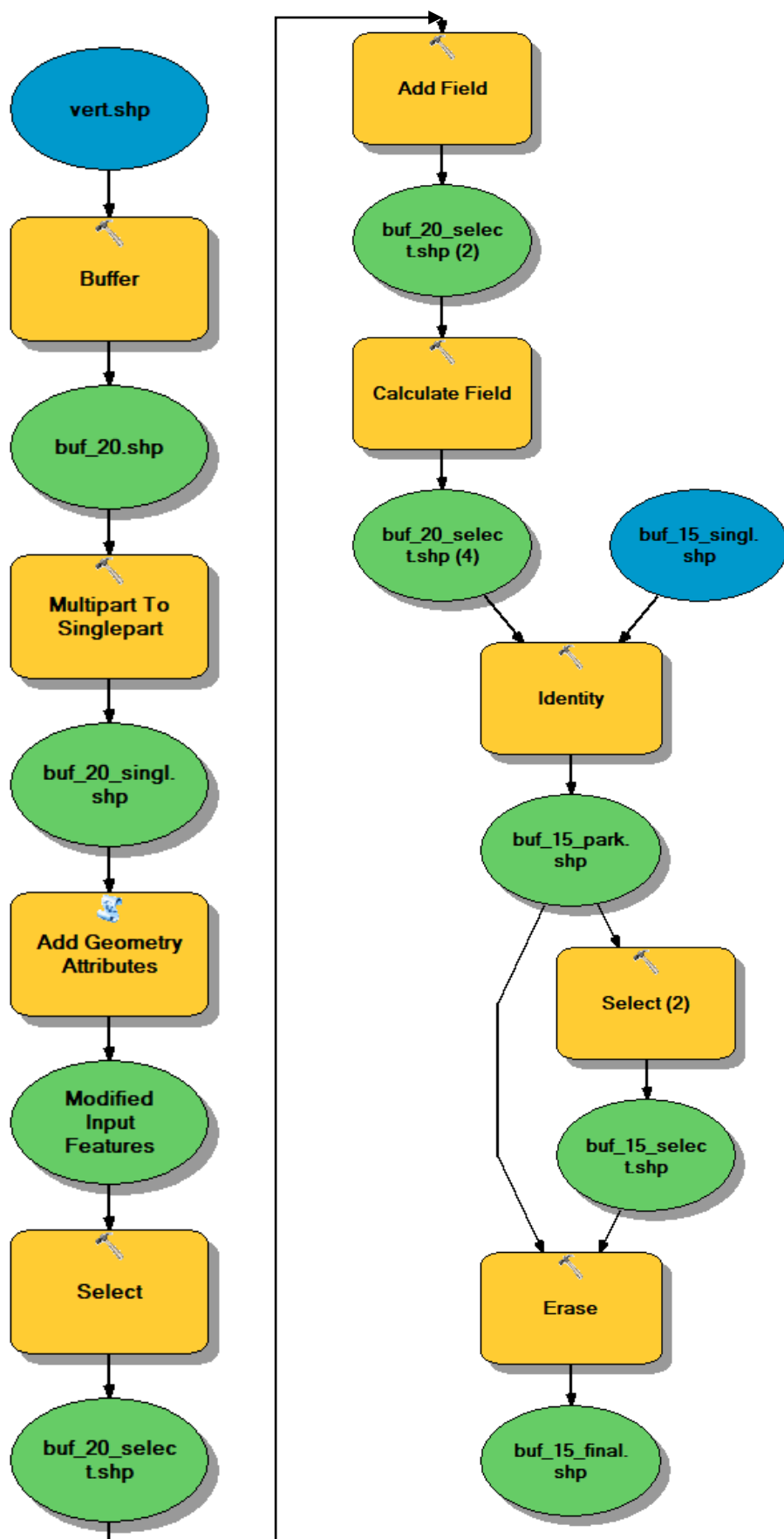
Původní plán byl vytvořit samostatný skript, který by se spustil před zahájením výpočtu Indexu chodeckosti. Ovšem jak se ukázalo během vývoje a testování, nejjednodušší a nejefektivnější řešení je implementovat eliminaci parkovišť přímo do skriptu Indexu konektivity. Jak je tedy eliminace parkovišť řešena? Metod, které by se teoreticky daly využít je více. Rozhodl jsem se využít dvě varianty, které jsem konzultoval s vedoucí bakalářské práce. První z nich byla využití funkce `CreateFishnet_management()`, která by vytvořila pravidelnou čtvercovou síť, ve které by se spočítal počet křižovatek pro každý čtverec. Velikost čtverce by byla určena na základě testování a měření velikosti parkovišť. Využila by se při tom, vrstva uzlů, která je počítána v původním Indexu chodeckosti. Pokud by tento počet přesahoval hodnotu, která by byla definována ve skriptu, tak by došlo k odmazání všech uzlů, které by ležely v tomto čtverci. Kdyby tedy byla použita tato metoda, znamenalo by to, že by se odmazávaly všechny uzly v daném čtverci. To by bylo ovšem špatně, protože by se odmazávaly všechny křižovatky, tedy v případech, kdy by byla křižovatka blízko parkoviště, došlo by k odmazání této křižovatky. Došlo by tedy opět ke zkreslování výsledků, tentokrát by ovšem bylo křižovatek málo.

Proto byla použita druhá metoda, a to metoda výpočtu pomocí `Buffer_analysis`. Skript tedy nejprve vytvoří obalovou zónu okolo všech křižovatek a v místech, kde dochází k překryvu jednotlivých zón, jsou tyto zóny spojeny do jedné velké zóny. Následně je spočítána rozloha všech nově vzniklých obalových zón, a pokud je rozloha větší, než je proměnná, která byla stanovena testováním a měřením na 2000 m<sup>2</sup>, větší, jsou tyto obalové zóny odstraněny. Dochází tak k eliminaci velkých a hustých křižovatek, které se vyskytují právě v místech velkých parkovišť před obchodními centry. Může ovšem také dojít k odstranění některých větších parkovišť na sídlištích, kde je velká hustota křižovatek. Proto je potřeba zohlednit tuto skutečnost při výpočtu Indexu konektivity. Nástroj na eliminaci parkovišť byl nejprve sestaven v prostředí `ModelBuilder` a následně byl implementován do celého skriptu Indexu konektivity.



**Obr. 9: Buffer zóny křižovatek na parkovištích**

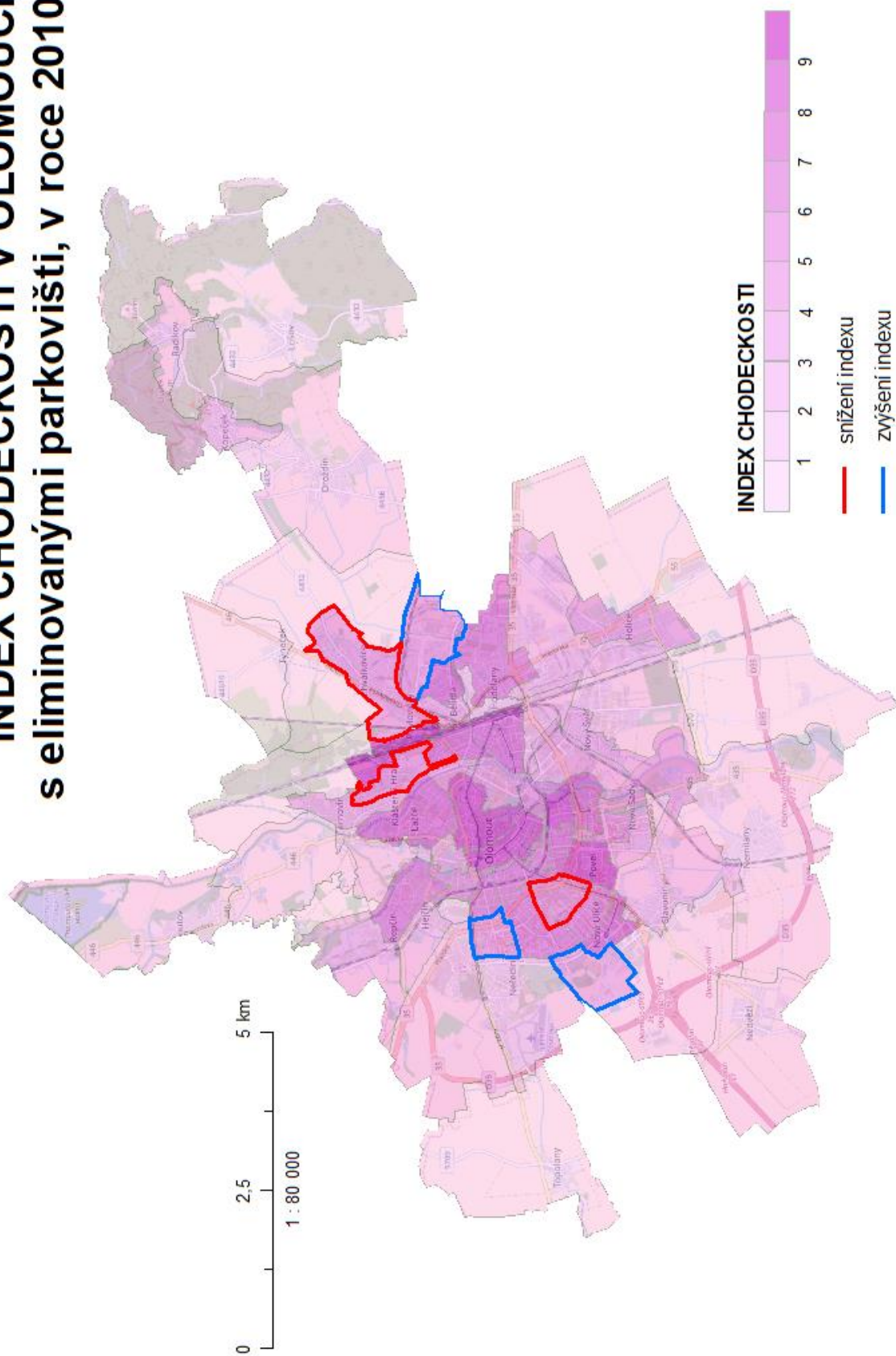
Na Obr. 11 jsou zvýrazněny urbanistické obvody, kde došlo ke změně hodnot Indexu chodeckosti po eliminaci parkovišť a průmyslových areálů ve městě Olomouc. Ke změně došlo celkově v šesti urbanistických obvodech. Z toho se ve třech obvodech hodnota zvýšila a ve třech obvodech se hodnota snížila.



Obr. 10: Eliminace parkovišť sestavená v Model Builderu



# INDEX CHODECKOSTI V OLOMOUCI s eliminovanými parkovišti, v roce 2010



Obr. 11: Index chodeckosti s eliminovanými parkovišti

### 5.1.1 Detailní popis kódu eliminace parkovišť

V nové části skriptu Indexu konektivity, kde dochází k eliminaci parkovišť, se v první řadě rozlišuje, zda uživatel zvolil eliminaci parkovišť nebo ne. Pokud ne, skript celou část, kde dochází k eliminaci, přeskočí a dále pokračuje podle původního, způsobu výpočtu a skript dále počítá výsledný Index konektivity s vrstvou `buf_singl.shp`.

Pokud uživatel chce, aby byly parkoviště eliminovány, skript si v první řadě vytvoří soubory, do kterých si ukládá různé mezi výpočty. Ještě předtím ovšem vznikne proměnná `buf_area`, která slouží k odfiltrování velkých obalových zón, té se ovšem tato práce věnuje níže. Po vytvoření všech potřebných shapefilů, skript nejprve vytvoří obalové oblasti křižovatek, s průměrem 20 metrů. Tato vzdálenost byla určena na základě měření vzdáleností dvou křižovatek na různých parkovištích. Téměř všechny měřené křižovatky od sebe byly vzdáleny 14 až 18 metrů. Proto byl určen průměr 20 metrů. Následně jsou tyto obalové zóny, označené jako `buf_20`, rozděleny na jednotlivé záznamy. K tomu slouží nástroj `MultipartToSinglepart_management()`, který uloží do vrstvy `buf_20_singl`, nově vzniklé rozdělné buffery. Jako další krok je vypočtení rozlohy jednotlivých bufferů, díky funkci `AddGeometryAttributes_management()`. Dalším krokem je výběr takových bufferů, které přesahují rozlohou 2000 m<sup>2</sup>. Tato hodnota byla také určena na základě výsledků hodnot, které vznikly vypočtením rozlohy. Při hodnotě 2000 m<sup>2</sup> dochází k eliminaci největších parkovišť, ale nedochází k eliminaci velkých křižovatek. Vybraná velká parkoviště jsou uložena do shapefilu `buf_20_select`. Nyní skript vytvoří v atributové tabulce nové pole s názvem „parking“, do kterého se následně pomocí opakované cursorové funkce `setValue()` vloží hodnota „P“. Následně jsou spojeny pomocí nástroje `Identity_analysis()` spojeny vrstvy `buf_singl` z původního skriptu a vrstva `buf_select` z nové části skriptu. Tento krok je nezbytný, neboť připsuje právě hodnotu „P“ k původním, Křivkovým, bufferům. Nyní jsou pomocí nástroje `Select_analysis()` vybrány záznamy s hodnotou „P“, které jsou hned v dalším kroku odstraněny pomocí funkce `Erase_analysis()`. Také pomocí tohoto nástroje vznikne nová vrstva `buf_final`, ze které je dále vypočítáván výsledný Index konektivity. Konkrétně je z této vrstvy dále vypočítávána valence křižovatek, která je základ pro výpočet Indexu konektivity. Pokud si uživatel nepřeje eliminovat parkoviště, je k dalšímu výpočtu Indexu konektivity použita vrstva `buf_singl`

```

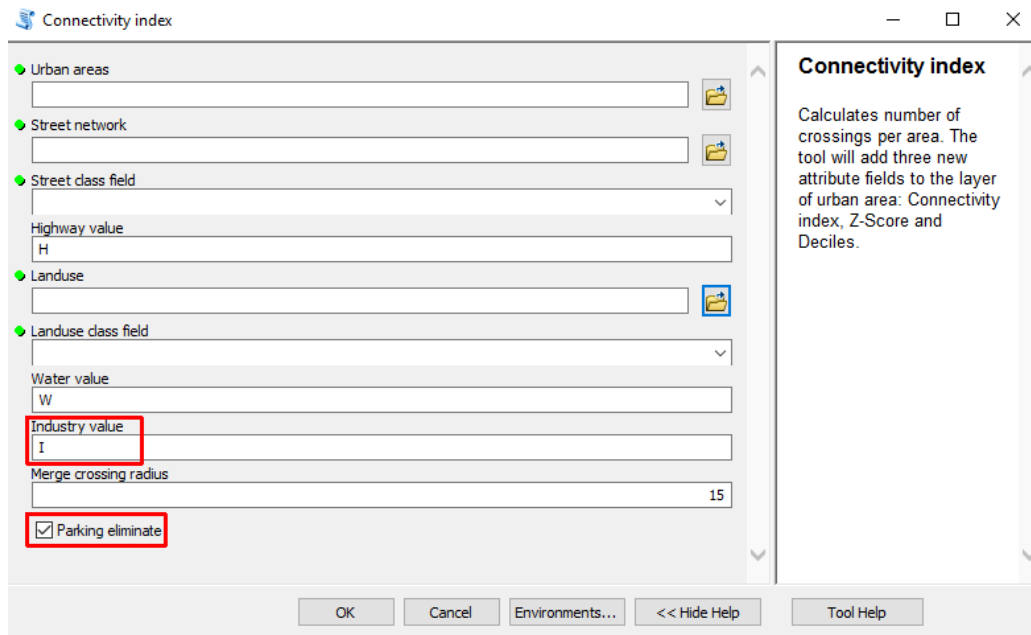
#Eliminating parking - new part by Jan Krejsa (2018)
#-----
arcpy.AddMessage("Eliminating parking")
arcpy.AddMessage(parking)
if parking=='true':
    # SET VALUE FOR MINIMUM PARKING BUFFER AREA
    buf_area= "\\POLY_AREA\\" >1000"
    # Creating shapefiles
    arcpy.CreateFeatureclass_management(env.workspace, "buf_20.shp", "Polygon")
    arcpy.CreateFeatureclass_management(env.workspace, "buf_20_singl.shp", "Polygon")
    arcpy.CreateFeatureclass_management(env.workspace, "buf_20_select.shp", "Polygon")
    arcpy.CreateFeatureclass_management(env.workspace, "buf_park.shp", "Polygon")
    arcpy.CreateFeatureclass_management(env.workspace, "buf_select.shp", "Polygon")
    arcpy.CreateFeatureclass_management(env.workspace, "buf_final.shp", "Polygon")
    # Eliminating parking
    arcpy.Buffer_analysis(singlpt, "buf_20.shp", "10 Meters", "FULL", "ROUND", "ALL", "", "PLANAR")
    arcpy.MultipartToSinglepart_management("buf_20.shp", "buf_20_singl.shp")
    arcpy.AddGeometryAttributes_management("buf_20_singl.shp", "AREA", "", "", "")
    arcpy.Select_analysis("buf_20_singl.shp", "buf_20_select.shp", buf_area)
    arcpy.AddField_management("buf_20_select.shp", "parking", "TEXT", "", "", "10", "", "NULLABLE", "NON_REQUIRED", "")
    cursor = arcpy.UpdateCursor("buf_20_select.shp", "parking" = '\\')
    for row in cursor:
        row.setValue("parking", "P")
        cursor.updateRow(row)
    del cursor, row
    arcpy.Identity_analysis("buf_singl.shp", "buf_20_select.shp", "buf_park.shp", "ALL", "", "NO_RELATIONSHIPS")
    arcpy.Select_analysis("buf_park.shp", "buf_select.shp", "\\parking\\" = 'P')
    arcpy.Erase_analysis("buf_park.shp", "buf_select.shp", "buf_final.shp", "")
    buf_final="buf_final.shp"
else:
    parking='false'
    buf_final="buf_singl.shp"

```

**Obr. 12: Nová část skriptu, eliminace parkovišť**

## 5.2 Eliminace průmyslových ploch

Nově byla také přidána část skriptu pro eliminaci průmyslových oblastí. Tyto oblasti nejsou z pravidla veřejnosti přístupné. Plochy průmyslových oblastí se odstraňují z celkové plochy urbanistického obvodu. Tato část byla přidána také do výpočtu Indexu konektivity. Výpočet této nové části je velmi podobný jako odstranění vodních ploch, které již dříve odstraňoval T. Křivka. V podstatě stačilo jen vzít jeho část pro odstranění vodních ploch a pozměnit její parametry tak, aby odstraňovala průmyslové areály. Informaci o tom, kde leží průmyslové areály, skript bere ze vstupní vrstvy landuse. Tento parametr je nastaven jako povinný a má nastavenou defaultní hodnotu „I“, jako Industrial, ovšem v podstatě funguje jako nepovinný a to tak, že lze nechat toto pole prázdné, případně do něj napsat jakýkoliv nevýznamový kód. Pokud nejsou ve vstupních datech polygony s hodnotou využití landuse „I“, tak nedojde k jejich odstranění, i když tento parametr byl zadán.



**Obr. 13: Nově přidané části v Indexu konektivity (vyznačeno červeně)**

## 6 VÝPOČET A VIZUALIZACE INDEXŮ

### 6.1 Úprava dat

Před zahájením výpočtů bylo nezbytné data pro všechna města upravit. Data byla získána z projektu IGA, pro který byla stažena z Open Street Map (OSM) v roce 2016. Data bylo nutné pro použití výpočtu Indexu chodeckosti nejprve topologicky upravit. Prvním krokem v úpravě dat bylo vytvoření topologického pravidla pro uliční síť. Na data uliční sítě byly použita topologická pravidla Must Not Overlap, které odstraňuje překrývající se prvky, a Must Not Have Pseudo Nodes, které je používáno ke spojení pseudo uzlů. Řada ulic byla rozdělena na dílčí samostatné segmenty, které byly spojeny v souvislé linie. Pokud by nedošlo k odstranění pseudo uzlů a překrývajících se prvků, skript pro výpočet Indexu konektivity by v těchto místech vytvářel křižovatky, které by následně odstranil. Tudíž by docházelo ke zbytečnému výpočtu a prodlužování celkového času pro výpočet Indexu.

Následujícím krokem bylo v datech uliční sítě odmazání úseků, které byly kratší než 10 m. Tyto úseky zpravidla nejsou silnice, ale jen vjezdy k pozemkům. Tyto krátké úseky by byly při výpočtu Indexu konektivity spojeny do jednoho velkého uzlu, neboť index slučuje křižovatky do 15 m, a opět by tedy docházelo k prodloužení výpočtu.

Pro příklad, počet záznamů v neupravených datech uliční sítě Ostravy byl 17 608. V upravených datech je nově jen 13 809 záznamů. Řádově šlo tedy o tisíce chyb, které byly upraveny.

Dále byl v datech uliční sítě, v atributové tabulce, vytvořen sloupec Type. Do tohoto sloupce byla následně vložena hodnota „H“ u záznamů, které představují dálnice (původní kód z OSM: motorway, motorway\_line). Ty jsou následně při výpočtu Indexu konektivity eliminovány.

Došlo také k úpravě dat landuse. V atributové tabulce byl vytvořen nový sloupec Landuse a do něj vloženy hodnoty, které navrhl T. Křivka ve své diplomové práci (Tab. 1). Nové kódy byly přiřazovány na základě původních hodnot z OSM. Například atributy s hodnotou residential byly nově označeny jako L, industrial jako I nebo basin jako W.

Posledním krokem v úpravě dat bylo převedení všech potřebných dat do souřadnicového systému EPSG: 3857, WGS 1984 Web Mercator (auxiliary sphere). Toto zobrazení bylo zvoleno s ohledem na to, že zachovává úhly, tudíž je vhodné pro vizualizace.

**Tab. 1: Doporučené označení jednotlivých kategorií landuse**

<b>ČESKÝ NÁZEV KATEGORIE</b>	<b>ANGLICKÝ NÁZEV KATEGORIE</b>	<b>DOPORUČENÝ KÓD</b>
Obytný	Living	L
Komerční	Commercial	C
Služby	Services	S
Industriální	Industrial	I
Institucionální	Institutional	T
Rekreační	Recreational	R
Ostatní	Other	O
Vodní plochy a toky	Water	W

## 6.2 Výpočet indexů

Celkový čas potřebný pro výpočet Indexu chodeckosti, v urbanistických obvodech Olomouce, na notebooku s parametry, které jsou uvedeny v tabulce níže (Tab. 2), činí 11 minut a 17 sekund v ArcGIS 10.X a asi 32 minut a 38 sekund v ArcGIS Pro. Jednotlivé časy pro výpočet dílčích indexů jsou uvedeny níže (Tab. 3 a Tab. 4). Řádově se čas potřebný pro výpočet Indexu pohybuje v desítkách minut. Nejdéle trvá výpočet Indexu konektivity.

**Tab. 2: Parametry notebooku použitého pro výpočet Indexu chodeckosti**

Procesor	Intel Core i5-4200U
CPU	2.30 GHz
RAM	8 Gb
Operační systém	Windows 10 Home x64

**Tab. 3: Čas potřebný pro výpočet všech indexů v ArcGIS 10.X**

<b>INDEX</b>	<b>ČAS</b>
Index konektivity – s eliminací parkovišť	10 min 47 s
Index konektivity – bez eliminace parkovišť	10 min 22 s
Index entropie	9 s
Index Floor area ratio	11 s
Index sídelní hustoty	9 s
Index chodeckosti	1 s
<b>CELKEM (s eliminací parkovišť)</b>	<b>11 min 17 s</b>

**Tab. 4: Čas potřebný pro výpočet všech indexů v ArcGIS Pro**

<b>INDEX</b>	<b>ČAS</b>
Index konektivity – s eliminací parkovišť	32 min 15 s
Index konektivity – bez eliminace parkovišť	31 min 24 s
Index entropie	7 s
Index Floor area ratio	8 s
Index sídelní hustoty	7 s
Index chodeckosti	1 s
<b>CELKEM (s eliminací parkovišť)</b>	<b>32 min 38 s</b>

### 6.3 Vizualizace

Vizualizace měly být původně provedeny na šesti městech, Olomouc, Ostrava, Krakow, Lipsko, Košice a Székesvehérvár. V plánu bylo vytvořit mapy, které by v urbanistických obvodech ukazovaly výsledné indexy pro všechny tato města. Data OSM neposkytují detailní dělení měst na územní jednotky, proto byly použity hexagony. Bohužel pro výpočet FAR indexu ve všech městech by byla potřebná vrstva, ve které by byly údaje nejen o poloze všech obchodů, ale také jejich obchodní ploše. Pro výpočet Indexu sídelní hustoty by byla potřeba vrstva, ve které je údaj o počtu domácností v každém polygonu. Ani jednu z těchto vrstev není přímo dostupná v OSM. Projekt IPEN dokonce na svých stránkách udává, že vrstva s rozlohou podlažní plochy je, až na malé výjimky, neexistují ani v placených datech. Proto mohl být spočten jen Index konektivity a Index entropie, pro všechna města (Tab. 5).

Velikost hexagonů byla zvolena 1 km<sup>2</sup>.

**Tab. 5: Vizualizace Indexu chodeckosti a dílčích indexů v hexagonech**

<b>MĚSTO</b>	<b>INDEX KONEKTIVITY</b>	<b>INDEX ENTROPIE</b>	<b>INDEX FAR</b>	<b>INDEX SÍDELNÍ HUSTOTY</b>	<b>INDEX CHODECKOSTI</b>
OLOMOUC	✓	✓	×	×	×
OSTRAVA	✓	✓	×	×	×
KATOWICE	✓	✓	×	×	×
KOŠICE	✓	✓	×	×	×
LIPSKO	✓	✓	×	×	×
SZÉKESVEHÉRVÁR	✓	✓	×	×	×

Pro vizualizace byly využity hodnoty decilů, které každý index počítá. Rozptyl intervalů byl zvolen stejně jako u T. Křivky, s ohledem na to, že toto rozdělení doporučuje i projekt IPEN.

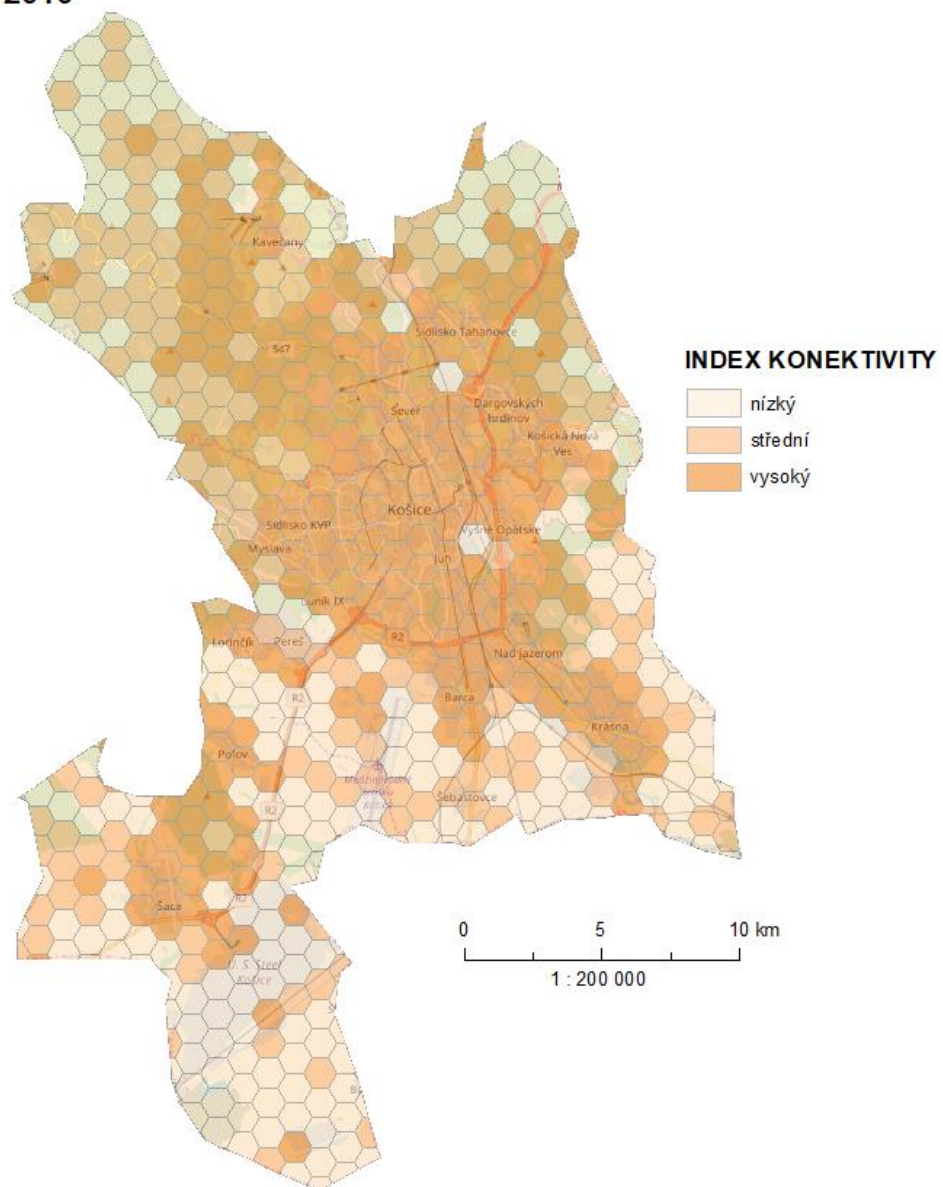
**Tab. 6: Interval hodnot decilů pro vizualizace**

<b>KATEGORIE</b>	<b>INTERVAL</b>
nízký	<1,3>
střední	(3,6>
vysoký	(6,10>

Všechny vizualizace jsou dostupné v příloze č. 1 v plné velikosti. Zde je uvedena jen ukázka některých vizualizací v hexagonech.



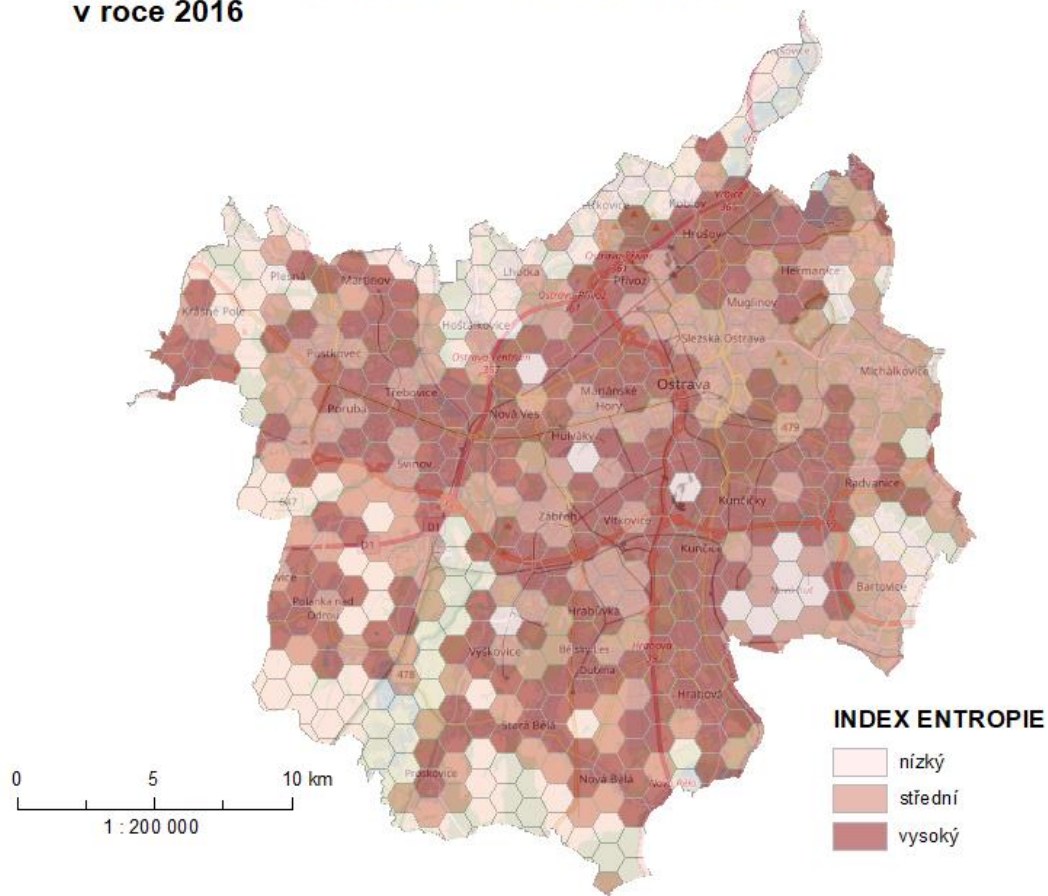
# INDEX KONEKTIVITY V KOŠICÍCH v roce 2016



**Obr. 14: Vizualizace Indexu konektivity v Košicích v hexagonech**

# INDEX ENTROPIE V OSTRAVĚ

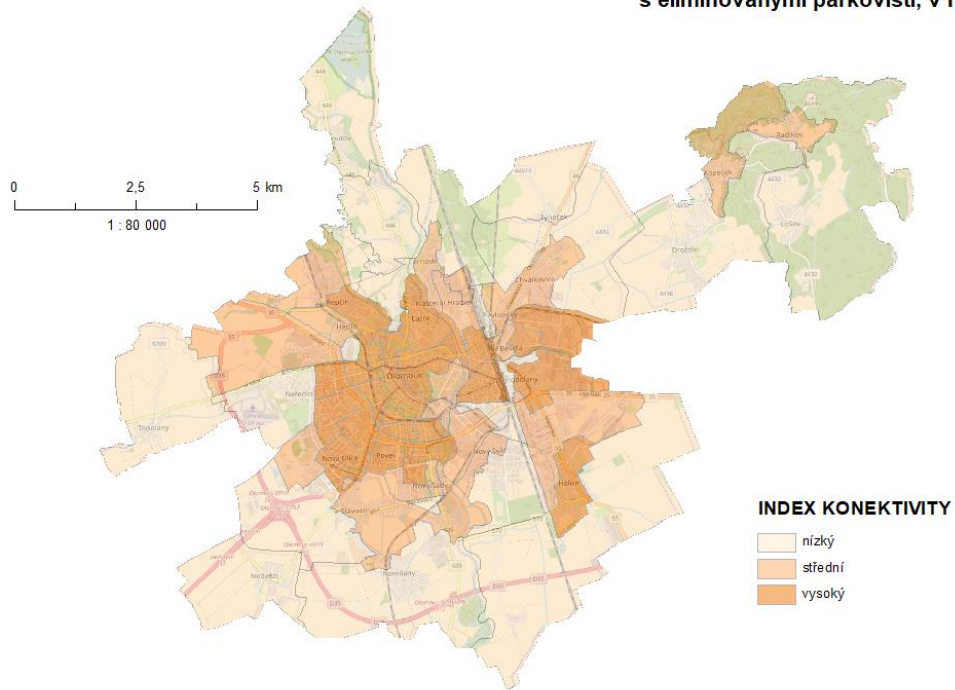
v roce 2016



**Obr. 15: Vizualizace Indexu entropie v Ostravě v hexagonech**

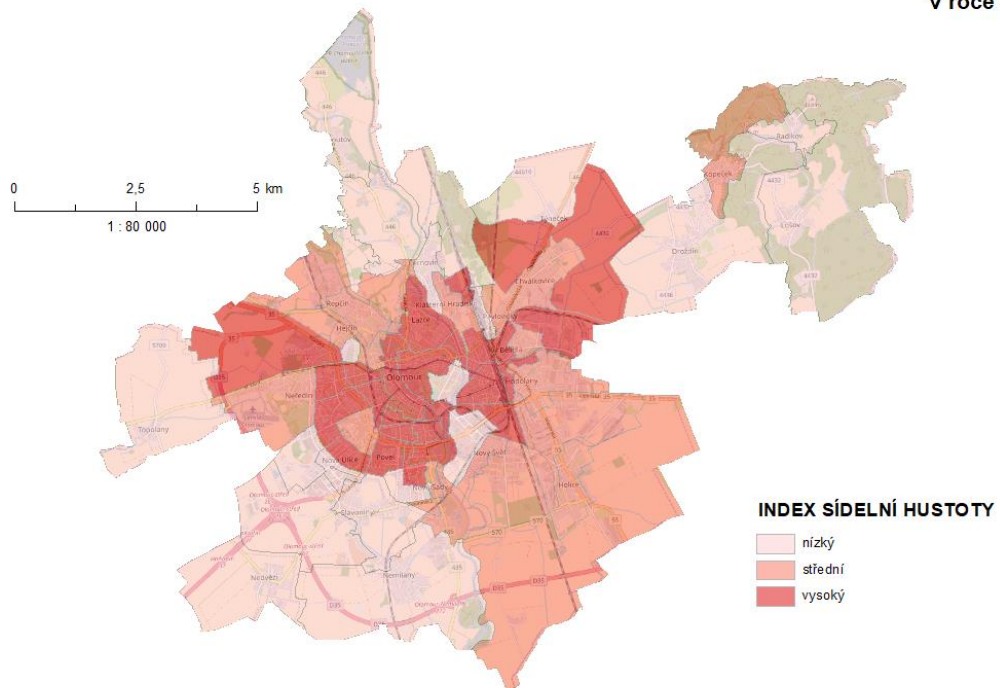
Výpočet celého Indexu chodeckosti byl možný pouze pro Olomouc, a to v urbanistických obvodech. Pro Olomouc byla dostupná data jak o poloze a rozloze obchodních ploch, tak o počtu domů v každém urbanistickém obvodu. Vizualizace pro Index konektivity s eliminací parkovišti a bez eliminace parkovišť vypadá na první pohled téměř shodně. Největší rozdíl mezi těmito vizualizacemi je v atributové tabulce, kde jsou některé hodnoty rozdílné, avšak ve vizualizaci spadají do stejného intervalu (Tab. 7). Rozdíl je v osmi urbanistických obvodech. Ve čtyřech obvodech se hodnota zvýšila o jeden decil, ve čtyřech se hodnota snížila o jeden decil. Všechny vizualizace jsou dostupné v plné velikosti v příloze č.2.

## INDEX KONEKTIVITY V OLOMOUCI s eliminovanými parkovišti, v roce 2010



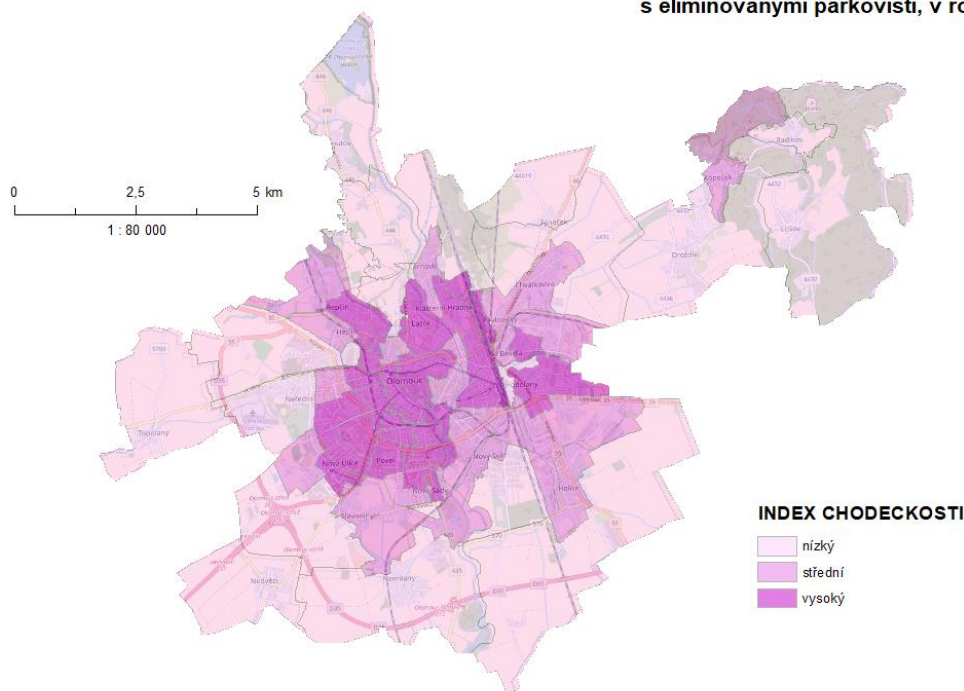
**Obr. 16: Vizualizace Indexu konektivity s eliminovanými parkovišti v Olomouci**

## INDEX SÍDELNÍ HUSTOTY V OLOMOUCI v roce 2010



**Obr. 17: Vizualizace Indexu sídelní hustoty v Olomouci**

## INDEX CHODECKOSTI V OLOMOUCI s eliminovanými parkovišti, v roce 2010



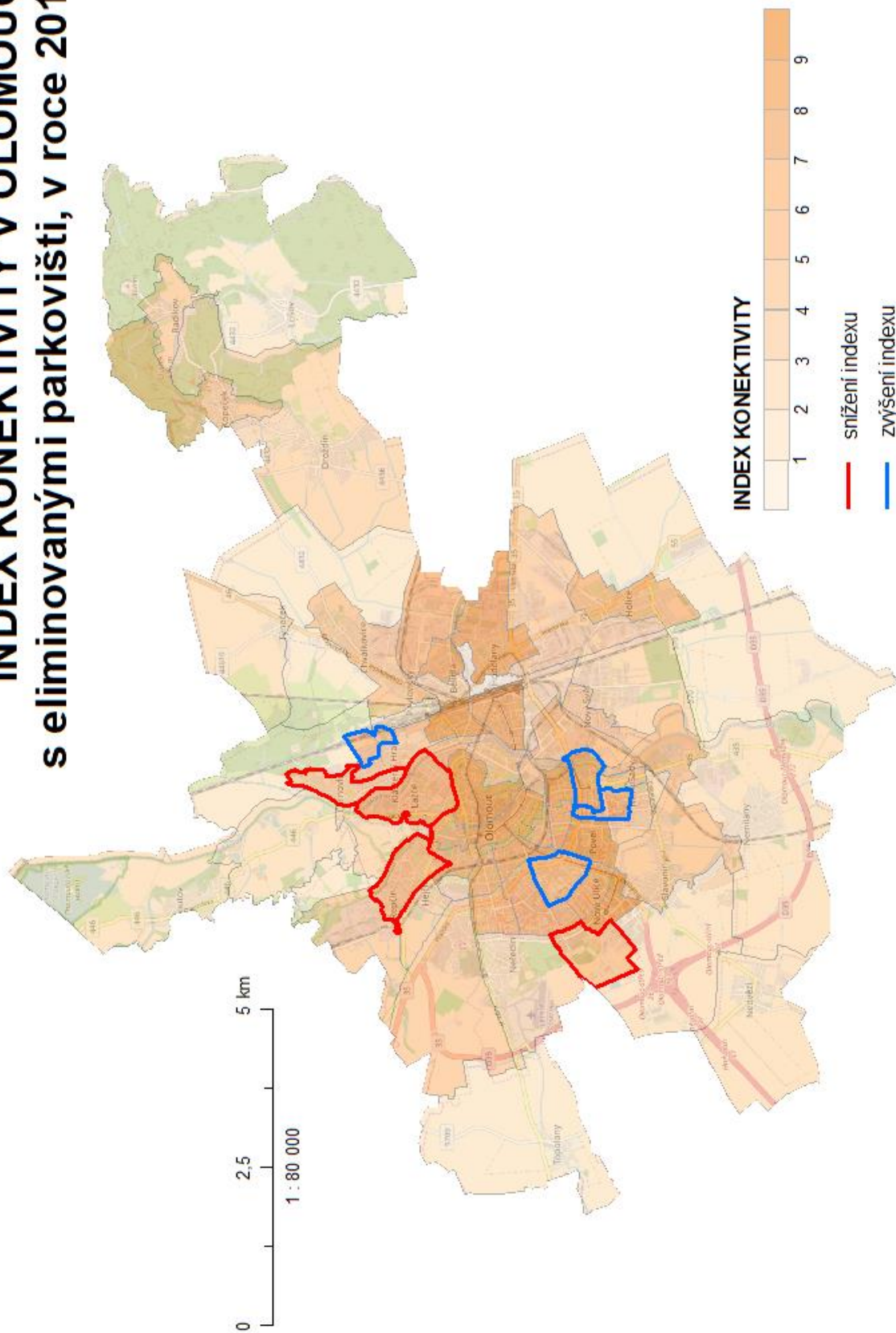
**Obr. 18: Vizualizace Indexu chodeckosti s eliminovanými parkovišti v Olomouci**

**Tab. 7: Ukázka rozdílných hodnot Indexu konektivity v Olomouci (Zvýrazněny největší rozdíly)**

FID	NAZEV	INDEX KONEKTIVITY S ELIMINOVANÝMI PARKOVIŠTI			INDEX KONEKTIVITY BEZ ELIMINOVANÝCH PARKOVIŠŤ		
		conn	conn_z_sc	conn_dec	conn	conn_z_sc	conn_dec
0	CHOMOUTOV	0,000028033	-0,909065472	2	0,000028033	-0,954468114	2
1	SVATY KOP	0,000131213	-0,297055554	5	0,000126242	-0,319265809	5
2	LOSOV	0,000019415	-0,960181563	1	0,000019209	-1,011534969	1
3	HADKY	0,000008597	-1,024350052	1	0,000008597	-1,080176835	1
4	JEZIRKA	0,000021120	-0,950066284	2	0,000021120	-0,999176258	2
5	RADIKOV	0,000074962	-0,630706443	4	0,000074962	-0,650939597	4
6	TYNECEK	0,000020627	-0,95299416	2	0,000020627	-1,002368875	2
7	DROZDIN	0,000056288	-0,741471568	3	0,000055987	-0,773661849	3
8	U CHVALKO	0,000014509	-0,989279225	1	0,000014509	-1,041934871	1
9	NA OHRADE	0,000020016	-0,956613056	1	0,000020016	-1,006314996	1
10	POD KOUPA	0,000083211	-0,581773667	4	0,000081422	-0,609156365	4
11	CERNOVIR	0,000160533	-0,123144027	5	0,000160533	-0,097482903	6
12	PAVLOVICK	0,000112464	-0,408261524	5	0,000112464	-0,408380995	5
13	NA VLCINC	0,000172590	-0,051625574	6	0,000131981	-0,282151780	5
14	KLASTERNI	0,000132201	-0,2911922	5	0,000132201	-0,280726152	5
15	LAZCE	0,000283934	0,608805135	8	0,000283934	0,700649800	9
16	HEJGIN	0,000244699	0,376088327	7	0,000244699	0,446890516	8
17	PRVNI PET	0,000083699	-0,578883495	4	0,000081979	-0,605554333	4
18	TOPOLANY	0,000015146	-0,985503501	1	0,000015146	-1,037817742	1
19	OVESNISKA	0,000111969	-0,411199608	4	0,000111969	-0,411584744	4



# INDEX KONEKTIVITY V OLOMOUCI s eliminovanými parkovišti, v roce 2010



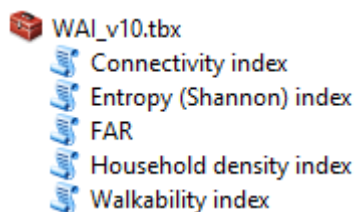
Obr. 19: Index chodeckosti s eliminovanými parkovišti

## 7 VÝSLEDKY

### 7.1 Aktualizace toolboxu

Hlavním cílem práce byla aktualizace toolboxu pro výpočet Indexu chodeckosti do programu ArcGIS 10.X. Jednotlivé skripty tohoto toolboxu byly tedy přepsány a upraveny do nové podoby tak, jak si žádá syntaxe a nový způsob volání funkcí pomocí knihovny arcpy. Skript byl také aktualizován do nejnovější verze programu ArcGIS Pro 2.1.

Byla také opravena a nově sestavena nápověda pro všechny čtyři dílčí indexy, Index konektivity, Index entropie, Index FAR, Index sídelní hustoty a poslední výsledný Index chodeckosti. Skripty byly doplněny o mazání proměnných a také o podrobnější komentáře k jednotlivým vstupním proměnným.



Obr. 20: Nový toolbox

### 7.2 Nová funkcionalita

Skript pro výpočet Indexu konektivity byl rozšířen o novou možnost eliminace parkovišť. Uživatel se nyní může rozhodnout, zdali chce parkoviště eliminovat nebo ne. Je doporučeno parkoviště eliminovat, neboť v místech, kde se nacházejí je valence, která se používá pro výpočet Indexu konektivity, velmi zvyšovaná křižovatkami na parkovištích, a to vede k nepřesnosti výsledků.

Skript Indexu konektivity byl také rozšířen o možnost odstranit plochy s průmyslovými areály, neboť tyto areály nejsou z pravidla veřejnosti přístupné, tudíž je nelogické v nich valenci, která je součástí Indexu konektivity počítat.

### 7.3 Testování toolboxu

Nový výsledný toolbox byl testován především na datech Olomouce, ale také na dostupných datech měst Ostrava, Katowice, Lipsko, Košic a Székesvehérvár. Bohužel mohl být celkový Index chodeckosti spočten jen pro Olomouc, protože k výpočtu Indexu FAR jsou potřeba data s vrstvou obchodů a jejich obchodní plochou. Bohužel pro ostatní města tyto data neexistují. Pro výpočet Indexu sídelní hustoty jsou potřebné data, které obsahují informaci o počtu domácností v dané územní jednotce. Bohužel ani tyto data pro města, kromě Olomouce, se nepodařilo získat. Příloha č. 1 zobrazuje vizualizace, které bylo možné spočítat (Index konektivity s eliminovanými parkovišti a Index entropie) pro města Košice, Ostrava, Lipsko, Székesvehérvár, Katowice a Olomouc v hexagonech. Příloha č. 2 zobrazuje všechny indexy pro město Olomouc v urbanistických obvodech.

## 8 DISKUZE

Při aktualizaci skriptů bylo nejobtížnější správné použití a porozumění syntaxi volaných funkcí z knihovny arcpy. V tomto kroku byla velmi nápomocná nápověda na webu ArcGIS k jednotlivým funkcím, ale také k převodu mezi verzí 9, 10 a Pro. Předpokládám, že z důvodu jen jedné správné syntaxe v programovacím jazyce nemohl výsledek aktualizace vypadat jinak. Cesta, kterou se k tomuto výsledku došlo, ovšem může být jiná u každého uživatele.

### 8.1 Aktualizace nápovědy

Aktualizace nápovědy proběhla použitím původní nápovědy a převedením do nové verze. Aktualizace spočívala v přidání nových poznatků, které byly zjištěny během testování a na základě komunikace s německým studentem. Je velice pravděpodobné, že tato nápověda není úplně kompletní a je možné, že budoucí uživatelé skriptu narazí na další problémy, které budou potřebovat odstranit a nebudou uvedeny v nápovědě, protože jsem na ně já během mého testování nenarazil.

### 8.2 Eliminace parkovišť

Parkoviště jsou eliminovány pomocí nově vytvořených buffer zón a následně ze spočtení jejich plochy jsou velká parkoviště eliminovány. Toto řešení je, dle mého názoru, nejjednodušší a mělo by být nejlépe funkční. Další myšlenka na to, jak eliminovat parkoviště byla pomocí pravidelné čtvercové sítě a následně ve čtverci, kde by byl velmi vysoký počet křižovatek by byly křižovatky z výpočtu odstraněny. Toto řešení mi nepřišlo jako velmi moudré, neboť by mohlo dojít i k odstranění některých větších a složitějších křižovatek v centrech měst. Také by zde byl pravděpodobně problém s určením velikosti čtverce. Ano mohl by si ji uživatel volit sám, ale myslím, že už by to bylo pro uživatele příliš komplikované a musel by se až moc zabývat daným výpočtem. Cílem bylo udělat pro uživatele výpočet také co nejjednodušší.

### 8.3 Vizualizace

Vizualizace jsem chtěl původně udělat pro všechny indexy ve všech šesti městech. Ovšem po důkladném prozkoumání dostupných dat bylo zjištěno, že to nebude možné. Ve všech městech, tedy kromě Olomouce, chyběly údaje o rozloze a poloze obchodních ploch a o počtu domů v každém urbanistickém obvodu. Proto byly vizualizace vytvořeny jen tam, kde byla dostupná data a urbanistické obvody byly nahrazeny hexagony, neboť každý urbanistický obvod je jinak velký, ovšem hexagony mají všechny jednu velikost.

### 8.4 ArcGIS online

Oba dva toolboxy, jak pro ArcGIS 10.X, tak ArcGIS Pro, byly nahrány na ArcGIS online za účelem rozšíření těchto toolboxů mezi uživatele programů ArcGIS. Toolboxy jsou volně dostupné a volně stažitelné na těchto adresách:

<http://www.arcgis.com/home/item.html?id=85085b20ad634c5aa781f2f981ec2fa2>

<http://www.arcgis.com/home/item.html?id=cd104884b23a43bc94383311dd4d8183>

## 9 ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo aktualizovat skripty pro výpočet Indexu chodeckosti. Skripty byly přepsány do funkční podoby do programu ArcGIS 10.X a navíc i do ArcGIS Pro. Všem indexům byla také doplněna a rozšířena nápověda a v samotných skriptech byly také doplněny komentáře k proměnným.

Skript pro výpočet Indexu konektivity byl rozšířen o novou funkcionalitu. Největší rozšíření se týká možnosti eliminace parkovišť, které v největší míře ovlivňují výsledky indexu. Původně mělo být toto rozšíření novou a samostatnou součástí celého toolboxu, ovšem při programování a testování se ukázalo, že nejlepší bude vložit jej do výpočtu Indexu konektivity. Dalším rozšířením je možnost eliminace průmyslových ploch. Bohužel díky těmto rozšířením došlo také k nárůstu času, potřebného pro výpočet Indexu konektivity.

Vizualizace indexů proběhla v rámci měst Olomouc, Ostrava, Katowice, Lipsko, Košice a Székesvehérvár. Bohužel nemohl být spočítán výsledný Index chodeckosti pro všechny města z důvodu neexistence dat s obchodními plochami a dat s počtem domácností v jednotlivých správních obvodech.



## POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

Adams, M.A., Frank, L.D., Schipperijn, J., Smith, G., Chapman, J., Christiansen, L.B., Coffee, N., Salvo, D., du Toit, L., Dygrýn, J., Hino, A.A.F., Lai, P.-c., Mavoa, S., Pinzón, J.D., Van de Weghe, N., Cerin, E., Davey, R., Macfarlane, D., Owen, N., Sallis, J.F.: International variation in neighborhood walkability, transit, and recreation environments using geographic information systems: the IPEN adult study. *International Journal of Health Geographics*, Vol. 13, pp. 43 (2014)

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

Dobesova, Z., Křivka, T. (2012): Walkability index in the urban planning: A case study in Olomouc city. Burian J. (ed.): *Advances in Spatial Planning InTech*, Rieka, Croatia, 179-196 s., ISBN 978-953-51-0377-6

Esri: Python migration from 10.x to ArcGIS Pro [online], [cit. 2018-02-06] Dostupné <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/arcpy/get-started/python-migration-for-arcgis-pro.htm>

Esri: ArcGIS for desktop geoprocessing tool references [online], [cit. 2018-01-16] Dostupné <<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/main/tools/a-quick-tour-of-geoprocessing-tool-references.htm>>

IPEN project [online]. [cit. 2017-10-25]. international physical activity and environment network. Dostupné z WWW: <<http://www.ipenproject.org/>>.

Křivka, T. (2011): *Prostorové vyhodnocení pohybových aktivit v zastavěném území*, [online]. [cit. 2017-05-19]. Diplomová práce. Univerzita Palackého, Olomouc, Přírodovědecká fakulta. Dostupné z: <<http://theses.cz/id/0ukmos/>>.

Mitáš, J., Dygrýn, J., & Frömel, K. (2008). Využití geografických informačních systémů při sledování ukazatelů pohybové aktivity. *Česká kinantropologie*, 12(4), 21–29. Owen, N., et al.

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

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

## **PŘÍLOHY**

# SEZNAM PŘÍLOH

## Volné přílohy

Příloha 1: Index konektivity a entropie v Košicích, Katovicích, Lipsku, Ostravě, Olomouci a Székesvehérváru, formát A1

Příloha 2: Index chodeckosti a jeho dílčí indexy v Olomouci v roce 2010, formát A1

Příloha 3: CD

Příloha 4: Poster ve formátu A2

## Popis struktury CD

- Krejsa\_BP\_poster.pdf
- Toolbox
  - WAI\_v10.rar
  - WAI\_PRO.rar
- Web
- Data
- Krejsa\_BP\_text.pdf
- Krejsa\_příloha\_1.pdf
- Krejsa\_příloha\_2.pdf