

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra geoinformatiky**

**Markéta MACKOVÁ**

**APLIKACE PROGRAMU URBANSIM PRO  
MODELOVÁNÍ VÝVOJE REGIONU**

**Magisterská práce**

**Vedoucí práce: RNDr. Jaroslav Burian, PhD.**

**Olomouc 2014**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci magisterského studia oboru Geoinformatika vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Jaroslava Buriana, PhD.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 22. dubna 2014

---

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Jaroslavu Burianovi, PhD. za podněty a připomínky při vypracování práce.

Dále děkuji Ing. arch. Jakubovi Vorlovi, PhD. za podnětné konzultace a poskytnuté materiály.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Markéta MACKOVÁ**  
Osobní číslo: **R110042**  
Studijní program: **N1301 Geografie**  
Studijní obor: **Geoinformatika**  
Název tématu: **Aplikace programu UrbanSIM pro modelování vývoje regionu**  
Zadávající katedra: **Katedra geoinformatiky**

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

Cílem diplomové práce je otestovat možnosti využití programu/modelu UrbanSIM pro modelování vývoje regionu v ČR. Studentka se při řešení práce nejprve detailně seznámí s programem UrbanSIM, jehož podrobný popis bude součástí práce.

V teoretické části práce se zaměří na studium problematiky modelování a simulací vývoje území pomocí nástrojů a metod GIS.

V praktické části práce bude ve zvoleném území, s ohledem na dostupná data, model využit pro zpracování maximálního počtu analýz. Na základě výsledků bude zhodnocen možný vývoj zvoleného území. Výsledky a dílčí kroky budou také konzultovány s odborníky z praxe pro jejich další možné využití.

Studentka vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořila nebo získala v rámci práce, do Metainformačního systému katedry geoinformatiky a současně zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry.

O diplomové práci studentka vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry.

Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002). Na závěr diplomové práce připojí studentka jednostránkové resumé v anglickém jazyce.

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>1 CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>9</b>
<b>2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ</b> .....	<b>10</b>
2.1 Použitá data .....	10
2.2 Použité programy .....	10
2.3 Postup zpracování .....	10
<b>3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY</b> .....	<b>12</b>
3.1 Historie prostorového modelování .....	12
3.2 Situace v zahraničí .....	12
3.2.1 DRAM / EMPAL.....	13
3.2.2 MEPLAN .....	13
3.2.3 TRANUS .....	13
3.2.4 PECAS .....	14
3.2.5 METROSIM .....	14
3.2.6 SLEUTH .....	14
3.2.7 COSMIC .....	14
3.2.8 ARCADIA .....	14
3.2.9 EUNOIA .....	15
3.2.10 TALISMAN.....	15
3.2.11 MATSim .....	15
3.2.12 Aimsun.....	16
3.3 Situace v České republice .....	16
3.3.1 PTV VISION .....	16
3.3.2 MOTRAN Research .....	17
3.3.3 Urban Planner .....	17
3.3.4 URBANKA.....	17
<b>4 PROGRAM URBANSIM</b> .....	<b>18</b>
4.1 Instalace UrbanSim .....	19
4.2 Modely a komponenty UrbanSim .....	19
4.2.1 Druhy modelů UrbanSim.....	19
4.2.2 Druhy komponent UrbanSim.....	21
4.3 Územní jednotky .....	23
4.3.1 Gridy .....	23
4.3.2 Parcely .....	24
4.3.3 Zóny.....	24
4.4 Vzorové projekty UrbanSim .....	24

4.5	Příklady implementací UrbanSim ve světě .....	25
4.5.1	Případ Paříž (SIMAURIF) .....	25
4.5.2	Případ Lyon a Brusel .....	26
4.5.3	Případ Řím .....	26
4.5.4	Projekt SustainCity .....	27
<b>5</b>	<b>DATOVÉ POŽADAVKY URBANSIM .....</b>	<b>28</b>
5.1	Data o domácnostech (Household data) .....	29
5.1.1	Dataset household .....	29
5.1.2	Dataset annual_household_control_totals .....	29
5.1.3	Dataset annual_recolation_rates_for_households .....	29
5.2	Data o budovách (Buildings data) .....	30
5.2.1	Dataset buildings .....	30
5.2.2	Dataset building_types .....	31
5.3	Data o parcelách, zónách a jiných územních jednotkách .....	31
5.4	Data o dojížděce (Travel data) .....	32
5.5	Data o zaměstnání (Jobs data) .....	32
5.5.1	Dataset employment_sectors .....	32
5.5.2	Dataset jobs .....	32
5.5.3	Dataset job_building_types .....	32
5.5.4	Dataset annual_employment_control_totals .....	33
5.5.5	Dataset annual_relocation_rates_for_jobs .....	33
<b>6</b>	<b>PRÁCE S PROGRAMEM URBANSIM .....</b>	<b>34</b>
6.1	Obecné informace (General) .....	35
6.2	Data .....	36
6.2.1	Import českých dat .....	37
6.3	Modely .....	39
6.3.1	Modelování a predikce rozložení domácností .....	39
6.3.2	Modelování a predikce pracovních míst .....	40
6.3.3	Modelování a predikce ceny pozemků .....	40
6.4	Scénáře .....	40
6.5	Výsledky .....	42
<b>7</b>	<b>MOŽNOSTI APLIKACE V ČESKÉ REPUBLICĚ .....</b>	<b>46</b>
7.1	Mikro-simulační model stěhování obyvatel mikro-regionu Tábor .....	46
7.2	Projekt PopSIM .....	47
7.3	Možnosti aplikace UrbanSim v dalších regionech České republiky .....	48
<b>8</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>50</b>

<b>10 ZÁVĚR .....</b>	<b>52</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>55</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE</b>	
<b>SUMMARY</b>	
<b>PŘÍLOHY</b>	

# ÚVOD

Problematika modelování a simulací rozvoje měst a regionů je poměrně nová disciplína, která se díky zvyšujícímu výkonu počítačů a vzrůstajícímu nároku měst na individuální automobilovou dopravu dostala do popředí zájmů vědců i odborníků z praxe. První modely začaly vznikat na území Severní Ameriky, ze které se postupem času přesunuly do zbytku světa. Ve středoevropském prostředí nemá využití modelů pro simulaci rozvoje měst a regionů vybudovanou hlubší tradici a obecně je i velmi malé povědomí o praktických přínosech tohoto modelování.

Program 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 se snaží na základě dostupných dat o obyvatelstvu, budovách, dopravě a využití území předpovídat alternativní scénáře možného budoucího vývoje města. K předpovědi využívá poměrně složitých pravděpodobnostních modelů.

Tato diplomová práce je první česky psaná práce, která se zabývá komplexně problematikou prostorového modelování pomocí programu UrbanSim a praktickou prací s jeho grafickým rozhraním. Jedním z cílů práce bylo, aby zároveň sloužila jako česky psaný manuál pro budoucí práci s programem. V rešeršní části se práce snaží shrnout problematiku prostorového modelování a simulací v zahraničí i České republice, včetně nejdůležitějších softwarů s podobnou tematikou. Dále se zaměřuje na rozdílnost v přístupech ke sběru dat ve Spojených státech amerických a v České republice.



# 1 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce je otestovat možnosti využití programu UrbanSim pro modelování vývoje regionů v České republice. Po detailním nastudování potřebné literatury a seznámení se s programem bude program v práci podrobně popsán ve formě stručného manuálu. Důraz bude kladen i na srovnání potřebných dat pro modelování a jejich dostupnost v podmínkách České republiky. Teoretická část práce bude zaměřena na problematiku modelování a simulací vývoje území pomocí nástrojů a metod GIS a shrnutí důležitých softwarů zabývajících se podobnou tematikou jak v zahraničí tak v České republice.

V praktické části práce bude s ohledem na dostupná data v grafickém rozhraní programu UrbanSim zpracován maximální počet analýz pomocí dostupných modelů UrbanSim. Modely budou dále použity pro sestavení několika alternativních scénářů vývoje území.

O diplomové práci bude vytvořena webová stránka. Veškerá digitální data a všechny výsledky jsou dostupné na přiloženém DVD, které je součástí této práce. Na závěr diplomové práce bude připojeno jednostránkové resumé v anglickém jazyce.

## 2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

V úvodní části práce bylo provedeno rozsáhlé studování dostupné literatury o prostorovém modelování a především programu UrbanSim. Nejdůležitějším textovým dokumentem k nastudování byl především anglický manuál (Waddell, 2008) a další dokumenty dostupné ke stažení na stránkách [www.urbansim.org](http://www.urbansim.org). Součástí práce je i podrobná rešerše o trendech v prostorovém modelování v zahraničí i České republice.

### 2.1 Použitá data

Součástí této diplomové práce (kapitola 5) byl rozbor konkrétních dat, která jsou nezbytně nutná pro standardní aplikaci UrbanSim, a následně byla zkoumána jejich dostupnost v podmínkách České republiky. Bylo třeba zkoumat především data poskytovaná Českým statistickým úřadem a pod něj spadajícími databázemi a registry (Registr ekonomických subjektů, Registr osob, Registr sčítacích obvodů a budov). Dále pak Registr územní identifikace, adres a nemovitostí spadající pod Český úřad zeměměřický a katastrální.

Pro vlastní aplikování byla použita především vzorová data z USA – z oblastí Eugene-Springfield, Seattle a San Antonio. Podrobnosti o těchto datech jsou rozebrány v kapitole 4.4. Z českých dat byla pro aplikaci použita data o budovách v ORP Olomouc, která byla poskytnuta od Českého statistického úřadu ve formátu \*.shp.

### 2.2 Použité programy

Primárním programem používaným v této softwarové práci byl program UrbanSim verze 4.4.0. Další programy byly použity pouze pro konečnou grafickou úpravu výsledků. Pro zpracování analogových mapových výstupů byl použit software ArcGIS 10. Pro nahrání videa zobrazující průběh animace byl použit open-source software CamStudio verze 2.0.

### 2.3 Postup zpracování

Úvodní část práce započala rozsáhlým studiem dostupné literatury o programu UrbanSim, možnostech jeho využití nejen v USA, kde byl program vytvořen, ale i v evropských a českých podmínkách. Zároveň bylo třeba se důkladně seznámit se samotným programem a pochopit poměrně složité statistické zákonitosti agentově založených modelů, které jsou rozepsány v kapitole 4.2.

Zlomovým bodem práce byla konzultace s Ing. arch. Jakubem Vorlem, PhD. z Fakulty architektury ČVUT v Praze, jehož tým jako jediný v České republice doposud zkoušel UrbanSim aplikovat na česká data. Z jeho osobních zkušeností vyplynulo, že i

experimentální aplikace na vzorových českých datech je časově velmi náročná. Po uvážení, jakým směrem by se tato práce měla ubírat, bylo po diskuzi s vedoucím práce rozhodnuto pracovat převážně se vzorovými daty z oblasti Eugene-Springfield, San Antonio a Seattle, která jsou součástí balíčku UrbanSim po jeho stažení. Na těchto vzorových datech bylo vytvořeno 18 scénářů předpovídajících rozložení domácností, pracovních míst a vývoj cen nemovitostí.

Jedním z dalších přínosů této práce je, že zároveň slouží jako česky psaný manuál, jak zacházet s programem UrbanSim. Práce podrobně rozebírá datové požadavky UrbanSim, které se velmi liší od struktury dat v evropském a českém prostředí. V závěrečné kapitole jsou navrženy postupy, jakými by se UrbanSim mohl v budoucnu více využívat v českém prostředí.

## 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

### 3.1 Historie prostorového modelování

Počátky prostorového modelování se datují do 50. let 20. století na území Severní Ameriky, kdy začaly vznikat první studie zaměřené na problematiku územního plánování a dopravy. Tato doba se vyznačovala zvyšujícím se nárokem měst na individuální automobilovou dopravu, bylo tedy logické, že se vědci snažili popsat vazby mezi jednotlivými aktivitami (Batty, 1976). Druhým důležitým faktorem pro vznik počítačově založených modelů byl vzrůstající vývoj výpočetní techniky. Dle Maiera (2012) první simulační modely existovaly již před nástupem počítačů (Von Thunenův prostorový model o využívání zemědělské krajiny již z počátku 19. století), ale teprve výpočetní výkon počítačů umožňoval jejich praktické uplatnění. „První generace interakčních modelů se zaměřovala na alokaci bydlení a pracovních míst s ohledem na jejich vzájemnou dostupnost a na množství disponibilních ploch v území. Tyto modely byly statické a přísně hierarchické. Modely byly prostorově agregované, protože alokovaly aktivity do poměrně velkých prostorových jednotek. Modely rovněž ignorovaly některé další důležité mechanismy, které ovlivňují distribuci aktivit v území, především mechanismy trhu, tvorby cen a dopadu cen na formování a lokalizaci jednotlivých aktivit.“ (studie Útvaru hl. m. Prahy, 2010) Později nejenom díky zvyšujícímu výkonu počítačů, ale i se vzrůstajícím množstvím dostupných geodat začaly vznikat nové modely. Tyto modely integrovaly původní dopravní modely s novými modely o využití území, které se zaměřují na lidské chování z hlediska rozhodování o způsobu dopravy nebo lokalizaci aktivit v území (Waddell, 2008). Postupem času se z plánování měst a regionů stala velmi komplexní disciplína se širokým záběrem od socio-ekonomických aspektů přes dopravu, veřejné služby až po bydlení a rekreaci.

### 3.2 Situace v zahraničí

Dle Šťastného (2012) má prostorové modelování v zahraničních zemích mnohem širší využití. V praxi existuje celá řada programových řešení. I přes velké množství programů a nadstaveb však existuje bariéra pro jejich využívání v praxi. Proto je nutné vytvářet jednoduché a intuitivní nástroje usnadňující využívání těchto nástrojů konečnému uživateli.

Světově nejpoužívanější nástroje a nadstavby byly již v minulosti shrnuty v pracích Buriana (2011) a Šťastného (2012). Šťastný (2012) se ve své rigorózní práci věnuje softwarům LUCIS (Land-use Conflict Identification Strategy), What If?, LADSS (Land Allocation Decision Support System), Geogracom 5W, DUEM (Dynamic Urban Evolutionary Model) a MUSE (Method of Urban Safety Analysis and Environmental Design). Burian (2011) kromě výše uvedených zmiňuje software PLANalyst a SUDSS (Spatial Understanding and Decision Support System).

Vzhledem k obrovskému množství již existujících projektů a modelů budou v následujících podkapitolách popsány pouze další dosud nezmíněné projekty a také některé aktuálně řešené projekty britské University College London v rámci instituce CASA (Centre for Advanced Spatial Analysis).

### 3.2.1 DRAM / EMPAL

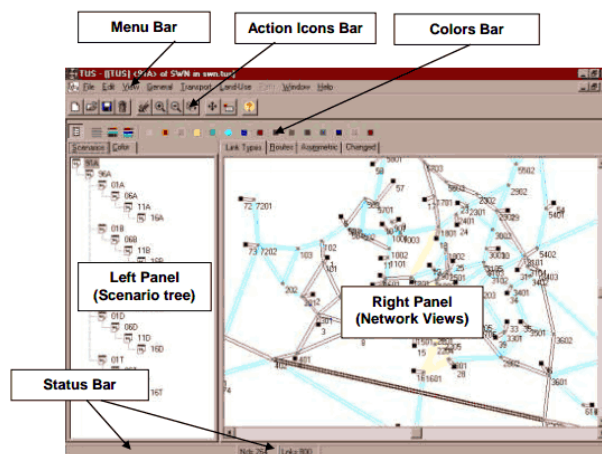
DRAM (Disaggregated Residential Allocation Model) a EMPAL (Employment Allocation Model) je jedním z prvních pokusů o vytvoření modelu zachycující vazbu mezi využitím území a dopravou. Model byl vyvíjen ve Spojených státech již od roku 1976 a dodnes je velmi využíván v mnoha metropolitních regionech (Puget Sound Regional Council, 2014).

### 3.2.2 MEPLAN

Tvůrcem modelu MEPLAN je společnost Marcial Echenique and Partners Ltd. Vývoj modelu začal v roce 1985 a byl aplikován v mnoha zemích Latinské Ameriky, Velké Británii, Itálii a Španělsku. Jedná se o model simulující ovlivňování trhu s nemovitostmi a trhu s dopravou (Abraham, 1998).

### 3.2.3 TRANUS

TRANUS je dalším z řady územně plánovacích a dopravních simulačních modelů. Začal být vyvíjen v roce 1982 venezuelskou společností Modelistica a postupně začal být aplikován i v dalších městech Latinské Ameriky, ale i v USA, Evropě a Asii. Model je velmi podobný předchozímu modelu MEPLAN. Je volně dostupný pod licencí Creative Commons. Model může být aplikován v různých měřítcích od malých územních celků až po celé státy. Všechny použité modely jsou založeny na logitových modelech diskrétní volby (discrete choice logit models). Software obsahuje i grafické uživatelské rozhraní s názvem TUS (TRANUS, 2014).



Obr.1 Ukázka grafického prostředí programu TRANUS

### **3.2.4 PECAS**

PECAS (Production, Exchange and Consumption Allocation System) je software vyvinutý pro simulaci územního plánování s použitím interaktivních dopravních modelových systémů a ekonomických modelů s nemovitostmi. PECAS začal být vyvíjen na univerzitě v kanadské Calgary jako náhrada za předchozí model TRANUS. Software byl implementován do jazyka Java. PECAS pracuje se čtyřmi moduly – Space Development Module, Activity Allocation Module, Transport Module a Economic Demographic Aggregate Forecasting Module (HBA Specto Incorporated, 2014).

### **3.2.5 METROSIM**

METROSIM je dalším z řady mikroekonomických modelů simulující vztahy mezi využitím území a dopravou. Model byl primárně vyvinut pro metropolitní území New York. Zaměřuje se primárně na simulaci trhu s nemovitostmi. Výstupu z programu METROSIM jsou podobné výstupům z programu UrbanSim (Wegener, 2013).

### **3.2.6 SLEUTH**

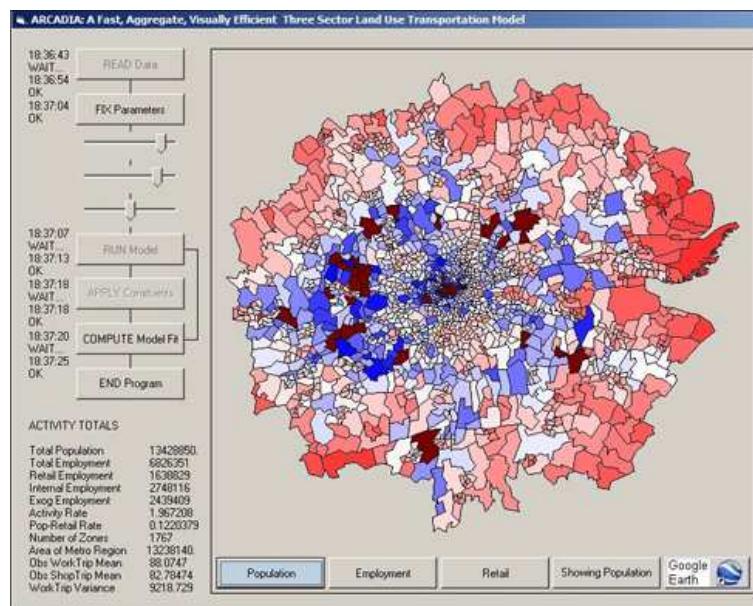
Model SLEUTH (Slope, Land use, Exclusion, Urban, Transportation, Hill shading) je založen na modelování pomocí buněčných automat (Cellular Automata), kdy je modelované území rozděleno do sítě pravidelných buněk, kdy se změna využití buňky odvíjí od změn s ní sousedících buněk (studie Útvaru hl. m. Prahy, 2010).

### **3.2.7 COSMIC**

Projekt COSMIC (COmplexity in Spatial dynAMICs) zkoumá dynamické urbánní procesy s použitím digitálních dat sbíraných v reálném čase – například data z mobilních telefonů a elektronických lístků (COSMIC, CASA, 2014).

### **3.2.8 ARCADIA**

Projekt ARCADIA (Adaptation and Resilience in Cities: Analysis and Decision making using Integrated Assessment) se zabývá především simulací dopadů klimatických změn na městské prostředí. Projekt je zaštiťován britskou agenturou pro vědecký výzkum – Engineering and Physical Sciences Research Council jako součást širšího konsorcia vedeném Jimem Hallem z Oxfordské Univerzity. Arcadia se snaží zachytit vzájemné vztahy mezi změnami klimatu a využitím území, a stejně jako UrbanSim i s dopravními a ekonomickými modely. Následně pracuje na vývoji možných nástrojů a scénářů pro modelování vývoje města (ARCADIA, CASA, 2014).



Obr.2 Ukázka prostředí ARCADIA

zdroj: <http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/research/current-projects/arcadia>

### 3.2.9 EUNOIA

EUNOIA (Evolutive User-centric Networks for Intraurban Accessibility) je výzkumný projekt financovaný v rámci Evropské unie. Cílem projektu EUNOIA je integrovat data z mobilních telefonů, osobních finančních transakcí a sociálních sítí pro navrhnutí lepší mobilní politiky. První studie budou zaměřeny na Londýn, Barcelonu a Zurich (EUNOIA, CASA, 2014).

### 3.2.10 TALISMAN

Projekt TALISMAN (geospaTial datA anaLysIS & SiMulAtioN) se snaží vyvinout nové metody prostorových analýz založených především na agentových modelech (ABM), celulárních automatech a mikrosimulačních metodách. Používá technologie webu 2.0 a 3.0 (TALISMAN, CASA, 2014).

### 3.2.11 MATSim

MATSim (Multi-Agent Transport Simulation Toolkit) je open source software umožňující dopravní simulace založené na agentovém modelování, kterým lze simulovat dopravní tok. Program je implementován do jazyku JAVA. Stejně jako UrbanSim jej lze volně šířit a modifikovat. MATSim je primárně vyvíjen odborníky z Berlínské technické univerzity a švýcarskými odborníky z Technické Univerzity v Curychu. Program prozatím nemá grafické rozhraní a je nutné pracovat se zdrojovým kódem (MATSim, 2014).

### 3.2.12 Aimsun

Aimsun je dalším z řady dopravních modelů vyvíjených společností Transport Simulation Systems sídlící v Barceloně. V současnosti se zaměřuje především aplikaci Aimsun Online, jedná se o systém rozhodující v reálném čase (Aimsun, 2014).



Obr.3 Ukázka prostředí Aimsun Online

zdroj: [http://www.aimsun.com/wp/?page\\_id=33](http://www.aimsun.com/wp/?page_id=33)

## 3.3 Situace v České republice

Dle Maiera (2012) nemá využití modelů pro simulaci rozvoje měst a regionů ve středoevropském prostředí hlubší tradici a obecně je i velmi malé povědomí o praktických přínosech tohoto modelování. Z oblasti socioekonomických modelů vzniká nejvíce modelů zaměřených převážně na oblast dopravy a územního plánování.

### 3.3.1 PTV VISION

Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy využívá pro dopravní modelování prostředí PTV VISION (program VISUM), jedná se o celosvětově užívaný dopravní modelovací software od německé firmy PTV Karlsruhe. Jedná se o velmi komplexní systém využívající nejen reálná dopravní data, ale i data o emisích aj. K vytvoření modelu bylo třeba velké množství dat získaných z dopravních průzkumů. Jedná se o data o intenzitě vozidel, počty osob v prostředcích hromadné dopravy, počty cyklistů a chodců i údaje o jejich chování – tj. odkud kam a proč a jak často se přepravují (Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy, 2014).



### 3.3.2 MOTRAN Research

Česká společnost MOTRAN Research se zaměřuje na modelování dopravy. Na makroskopické úrovni využívá software EMME (Équilibre Multimodal-Multimodal Equilibrium), který zvládá modelování složitých dopravních systémů ve velkých aglomeracích s komplikovanými socioekonomickými vazbami. Program je vyvíjen již od roku 1976 v Montrealu firmou INRO. Společnost MOTRAN dále vytváří své vlastní matematické modely zkoumající vztahy osobní, nákladní i veřejné dopravy (MOTRAN Research, 2014).



Obr.4 Ukázka mapového výstupu z modelu s názvem Park and Ride

zdroj: <http://www.motran.info/graficke-vystupy/#>

### 3.3.3 Urban Planner

Urban Planner je analytická nadstavba pro ESRI ArcGIS 10.x pro potřeby územního plánování. Vytvořená extenze slouží jako nástroj pro vyhodnocování územního potenciálu území a k detekci optimálních ploch vhodných pro územní rozvoj.

Extenze vznikla v roce 2013 na Katedře geoinformatiky v Olomouci jako součást rigorózní práce *Hodnocení optimální využitelnosti území pomocí analytické nadstavby GIS*, jejímž autorem je RNDr. Stanislav Šťastný (Urban Planner, 2014).

### 3.3.4 URBANKA

Projekt URBANKA – Urbanistická kalkulačka byl vytvořen pod záštitou brněnského Institutu regionálních informací. Jedná se o nástroj pro vyhodnocování potřeby zastavitelných ploch pro bydlení v územních plánech obcí. URBANKA obsahuje údaje o počtech obyvatel a obydlených bytů v obcích na začátku roku 2013, aktualizovanou prognózu vývoje ve všech obcích ČR do roku 2028, upravené koeficienty míry úbytku obydlených bytů a poklesu zalidněnosti bytů a nově přepočítané údaje o průměrné velikosti pozemků pro nové rodinné domy. URBANKA je určena především pořizovatelům územně plánovací dokumentace a územně analytických podkladů, orgánům ochrany půdního fondu a zpracovatelům územních plánů a studií (Institut regionálních informací, 2014).

## 4 PROGRAM URBANSIM

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. Tým je veden Paulem Waddellem a Alanem Bormingem na odboru dopravního plánování státu Oregon (Oregon Department of Transportation). Hlavním účelem modelu bylo simulovat změnami využití území vyvolanou poptávku po dopravě a zpřesnit tak vstupní informace do dopravního modelu. Druhým důvodem byl záměr testovat dopad politik a koncepcí na enviromentální, sociální a ekonomické aspekty území. (studie Útvaru hl. m. Prahy, 2010).

UrbanSim je distribuován jako opensource software pod GNU General Public License, to znamená, že umožňuje komukoliv používat, měnit a distribuovat zdrojový kód zdarma. Vše je dostupné na webových stránkách [www.urbansim.org](http://www.urbansim.org). Často je také používán název OPUS (Open Platform for Urban Simulation). V počátcích vývoje programu byl UrbanSim implementován do programovacího jazyku Java. Později v roce 2005 byl přeimplementován do jazyku Python. Program má i své vlastní grafické rozhraní (GUI) zjednodušující přístup k programu i pro uživatele neznalé programování. Pro správu dat využívá opensource databázové servery jako je MySQL nebo Postgres. Grafická data lze zpracovávat v programu QuantumGIS nebo ESRI ArcGIS.

Model UrbanSim explicitně reprezentuje interakci mezi domácnostmi, ekonomickými subjekty (firmami), developery a veřejnou správou v prostředí trhu s nemovitostmi. Je modelem multiagentovým – to znamená, že simuluje individuální rozhodování jednotlivých aktérů – domácností, firem a developerů. Developeri využívají pozemky k vytváření bytového a nebytového fondu na základě poptávky domácností a firem. Domácnosti se snaží prosadit preferované umístění a typ bydlení. Specifické rozhodovací procesy domácností jsou modelované v závislosti na počtu dětí, počtu pracujících členů domácnosti, věku, příjmu, počtu automobilů aj. (Waddell, 2008).



Obr.5 Logo programu UrbanSim

## 4.1 Instalace UrbanSim

UrbanSim je možno spouštět na platformách Windows, Linux a Macintosh OS. Ostatní platformy nebyly testovány, ale program by měl běžet na všech platformách, na kterých běží Python a jeho knihovny. Všechny instrukce a potřebné soubory ke stažení zdarma jsou dostupné online na <http://www.urbansim.org/download/>. Doporučuje se vždy pracovat s aktuální verzí programu. Pro účely této diplomové práce byla používána verze 4.4.0 na platformě Windows.

Po nainstalování programu UrbanSim se doporučuje otestovat, zda byl program nainstalován v pořádku včetně všech klíčových knihoven programu Python. Otestování je možno provést následujícím způsobem:

1. Otevřít příkazovou řádku. Ve Windows pomocí menu Start – cmd
2. Napsat `python` a potvrdit
3. Napsat `import numpy` pro naimportování numerické knihovny Numpy.
4. Opakovat předchozí krok s ostatními knihovnami – `scipy`, `matplotlib`, `sqlalchemy` a `PyQt4`. Pokud jsou všechny tyto knihovny naimportovány bez hlášení o chybě, všechny knihovny byly úspěšně nainstalovány.
5. Posledním krokem je napsání `import opus_core`. Pokud opět vše proběhne bez hlášení o chybě, UrbanSim by měl běžet v pořádku.

## 4.2 Modely a komponenty UrbanSim

### 4.2.1 Druhy modelů UrbanSim

Dle Waddela (2008) UrbanSim poskytuje několik typů modelů, které mohou být pomocí přednastavených šablon kopírovány a konfigurovány. Jedná se o tyto druhy modelů:

- Jednoduché modely (Simple Models)
- Vzorkovací modely (Samplings Models)
- Alokační modely (Allocation Models)
- Regresní modely (Regression Models)
- Výběrové modely (Choice Models)
- Lokačně-výběrové modely (Location Choice Models)

#### 4.2.1.1 Jednoduché modely

Jednoduché modely jak už jejich název napovídá jsou pouze jednoduchým vypočítáním proměnných a zapsáním jejich výsledků do datasetu. Příkladem jednoduchých modelů je například model pro výpočet věku osob pro každý rok (Aging Model).

#### 4.2.1.2 Vzorkovací modely

Tento složitější typ modelu porovnává pravděpodobnost s náhodným číslem. Pokud je náhodné číslo větší než daná pravděpodobnost, přiřadí výsledek k vybraným prvkům. Tato metoda nazývána jako Monte Carlo vzorkovací algoritmus. Model může být použit například pro predikci porodnosti, úmrtnosti, rozvodů, odchodů do důchodu apod.

#### 4.2.1.3 Alokační modely

Tyto modely pomocí nastavení procentuálních vah přiřazují úhrnné množství analyzovaného jevu menším jednotkám.

#### 4.2.1.4 Regresní modely

Regresní modely jsou určeny k případům, kdy je jedna veličina závislá na druhé veličině a jejich vztah lze vyjádřit pomocí jednoduché lineární rovnice.

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

$X_i$  - matice nezávislých proměnných

$\beta$  - vektor odhadovaných parametrů

Příkladem regresních modelů mohou být predikce spotřeby vody nebo elektřiny za domácnosti.

#### 4.2.1.5 Výběrové modely – Choice Models

Tyto modely jsou poměrně složité, protože výsledek vychází z možného výběru na sobě nezávislých proměnných. Součástí výběrových modelů je tzv. multinominální logitový model, který je využíván pro simulaci rozložení domácností a pracovních míst (*Household location choice model* a *Employment location choice model*).

Multinominální logitový model je definován jako:

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_j e^{V_j}} \quad (2)$$

$j$  – index všech možných alternativ

$V_i = \beta * x_i$  – lineární funkce, kde  $x_i$  je pozorovaný vektor a  $\beta$  je vektor  $k$  koeficientů estimovaných pomocí metody Maximálních pravděpodobností.

## **4.2.2 Druhy komponent UrbanSim**

Dle Waddela (2008) se model UrbanSim skládá z následujících komponent:

- Economic Transition Model – Model změn v ekonomických sektorech
- Demographic Transition Model – Model demografických změn
- Employment Relocation Model – Model relokace pracovních míst
- Household Relocation Model – Model relokace domácností
- Employment Location Choice Model – Model lokalizace pracovních míst
- Household Location Choice Model – Model lokalizace domácností
- Real Estate Price Model – Model cen nemovitostí
- Real Estate Development Model – Model územního rozvoje

Standardní implementace modelu UrbanSim předpokládá zahrnutí všech výše popsaných komponent. Toto aplikování je však velmi náročné na vstupních data.

### **4.2.2.1 Economic Transition Model – Model změn v ekonomických sektorech**

Agentově založený model, který lokalizuje pracovní místa do území bez ohledu na nabídkovou stranu. Model nebere do úvahy dostupnost stavebního fondu a aktivity umísťuje volně na pozemky. Rovněž nepočítá s relokací agentů a pracuje se zjednodušenými předpoklady o dostupnostech aktivit bez propojení s dopravním modelem. Pracovní místa jsou klasifikována do sektorů zaměstnanosti na základě agregace kódů z americké Standardní průmyslové klasifikace (SIC) nebo Severoamerické průmyslové klasifikace (NAICS).

### **4.2.2.2 Demographic Transition Model – Model demografických změn**

Jedná se o obdobu předchozího modelu. Na základě stejného algoritmu model do území lokalizuje domácnosti dle jejich preferencí opět bez ohledu na nabídkovou stranu. Model pracuje s daty o věku, porodnosti, úmrtnosti, migraci obyvatelstva, příjmu domácností aj.

### **4.2.2.3 Employment Relocation Model – Model relokace pracovních míst**

Ve skutečném životě jsou to celé firmy, které mění místo svého působiště, v UrbanSim se ale jako základní jednotky pro analýzu používají individuální pracovní místa. Model předpovídá pravděpodobnost, že zaměstnání určitého typu se přemístí ze své stávající pozice. Model předpokládá, že možnost přemístění odpovídá prostorovému uspořádání zaměstnání v sektoru.

#### **4.2.2.4 Household Relocation Model – Model relokace domácností**

Opět se jedná o obdobu předcházejícího modelu s použitím stejného početního algoritmu aplikovaného na různé typy domácností. Pravděpodobností přemístění jsou estimovány z dat z databází sčítání lidu.

#### **4.2.2.5 Employment Location Choice Model – Model lokalizace pracovních míst**

V tomto modelu je předpovídána pravděpodobnost, s jakou bude nově umístěné zaměstnání umístěno do konkrétní budovy. Každé zaměstnání má dané konkrétní požadavky na prostor, který potřebuje a podle toho je prováděn výpočet a zařazování. Model je specifikován jako multinominální logitový model s oddělenými rovnicemi pro každý pracovní sektor zvlášť.

#### **4.2.2.6 Household Location Choice Model – Model lokalizace domácností**

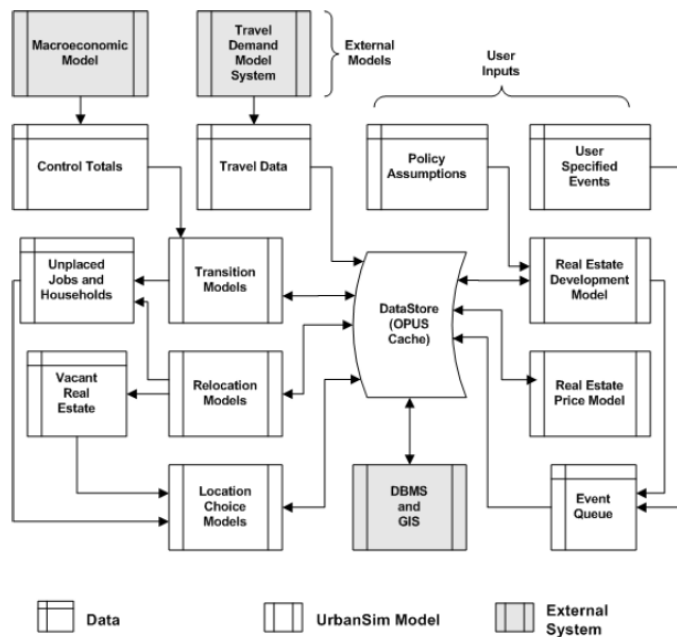
Stejně jako v předchozím modelu je předvídána pravděpodobnost s jakou si nová domácnost vybere konkrétní lokalitu definovanou residenční budovou. Opět se jedná o multinominální logit. Model je estimován na základě atributů o příjmu, počtu dětí, stáří budovy aj. Například jeden z modelových předpokladů je, že rodiny s větším příjmem se budou stěhovat do oblastí, kde už žijí rodiny v podobné příjmové kategorii.

#### **4.2.2.7 Real Estate Price Model – Model cen nemovitostí**

UrbanSim používá ceny nemovitostí jako indikátor nabídky a poptávky. Ceny nemovitostí jsou modelovány pomocí hedonické regrese. Model upravuje ceny nemovitostí v závislosti na míře neobsazenosti budov, vzdálenosti od centra aj.

#### **4.2.2.8 Real Estate Development Model - Model územního rozvoje**

Model územního rozvoje simuluje proces, při kterém developpeři hledají nejlepší možné lokality pro jejich budoucí stavební záměry. Podobně jako Modelu lokalizace domácností a pracovních míst se i zde předpovídá pravděpodobnost s jakou bude projekt postaven na konkrétní lokalitě. Model porovnává podobné lokality a na základě tohoto porovnání předpovídá pravděpodobnost nové výstavby.



Obr.6 Schéma propojení modelových komponent s daty (Waddell, 2008)

## 4.3 Územní jednotky

Až do roku 2005 byl pro většinu aplikací jako základní územní jednotka použit pravidelný grid položený na pozorované území. Postupem času se grid ukázal jako nedostatečný a začaly se využívat územní jednotky založené na parcelách nebo zónách. Všechny územní jednotky jsou v UrbanSim ve formátu \*.shp.

### 4.3.1 Gridy

Použití gridu spočívá v položení pravidelné mřížky na požadované území. Není stanovena žádná požadovaná velikost buňky, ale pro většinu aplikací byla ustanovena velikost 150 x 150 metrů jako kompromis mezi požadovaným rozlišením a výpočetní náročností. Hlavní výhodou použití gridu je možnost počítání s rastry, které je mnohem efektivnější. Naopak největší nevýhodou je umělé rozdělení do homogenních částí, které neodpovídá realitě, protože ve skutečném světě data nikdy nejsou takto jednotvárná.



Obr.7 Ukázka území rozdělení území pomocí gridu (Waddell, 2008)

### 4.3.2 Parcely

Všechny nevýhody gridu, který vytváří uměle rozdělené oblasti jsou při použití parcel odstraněny. Kromě parcel jsou využívána data o budovách. Na specifické parcele se nachází budova, se kterou jsou spojeny dále data o domácnostech a zaměstnání.

### 4.3.3 Zóny

Další možností je využití menšího prostorového detailu pomocí tzv. zón. Data o zaměstnání a domácnostech jsou stejně jako v předchozím případě lokalizována do budov a budovy jsou prostorově propojeny se zónami.

## 4.4 Vzorové projekty UrbanSim

Po stažení balíku UrbanSim jsou jeho součástí i již řešené vzorové projekty. Prvním z nich je projekt s názvem **Eugene Gridcell**, který obsahuje data z let 1980 – 1985 z oblasti Eugene-Springfield ve státě Oregon. Tento projekt jako územní jednotku používá síť buněk (gridcell) o rozlišení 150 x 150 metrů.

Druhý vzorový projekt **Seattle Parcel Project** pracuje s parcelami a budovami jako základními územními jednotkami. Projekt pracuje s daty pouze z oblasti města Seattle z roku 2000.

V třetím posledním projektu **San Antonio Zone Project** ze státu Texas jsou jako základní územní jednotky použity zóny. Projekt obsahuje data z roku 2005.



Obr.8 Poloha oblastí se vzorovými daty na mapě USA



## 4.5 Příklady implementací UrbanSim ve světě

UrbanSim byl v praxi nejvíce používán převážně v regionech Spojených států amerických. Jeho využití v USA je mnohem jednodušší než v ostatních zemích především díky lehké dostupnosti potřebných dat. Kromě výše zmíněných vzorových projektů z oblasti Oregonu, San Antonia a Seattlu byl použit dále pro plánování v oblasti Jihovýchodního Michigenu, kde se nachází město Detroit, na Havaii pro oblast hlavního města Honolulu, ve státu Arizona v oblasti hlavního města Phoenixu, město Salt Lake City ve státě Utah, v San Franciscu ve státě Kalifornie aj. (UrbanSim, 2014).

V Evropě byla aplikace značně ztížena chybějící datovou infrastrukturou. Veškeré dosud zhotovené aplikace byly prováděny jen na vědecké úrovni na univerzitních pracovištích. Pokusy o implementování se odehrály převážně na pracovištích ve Švýcarsku, Francii, Belgii a Itálii. Mnoho pokusů, které proběhly, není však dodnes dobře zdokumentováno (UrbanSim, 2014). Ve studii Útvaru hl. m. Prahy (2010) její autoři shrnuli nejdůležitější případy pokusu o aplikaci UrbanSim v Evropě, které budou popsány v následujících podkapitolách.

### 4.5.1 Případ Paříž (SIMAURIF)

Dle studie Útvaru hl. m. Prahy (2010) je případ modelování v oblasti Paříže (Simulation of the interaction between land use and transport in the Region Paris Ile-de-France) je jedinou komplexní implementací modelu UrbanSim v Evropě a zároveň do té doby aplikace modelu UrbanSim na největší území (12 000 km<sup>2</sup>) s největší žijící populací (11 miliónů obyvatel). V modelovaném území se nachází 4,5 miliónů domácností, 5 miliónů pracovních míst, 4,9 miliónů budov. Zároveň se jedná o v současnosti nejlépe zdokumentovanou aplikaci modelu UrbanSim. Projekt měl poměrně velkou podporu ze strany „French Ministry of Ecology and Sustainable Development“ a na implementaci se podílely dvě instituce – „Institute for Urban Planning and Development of Paris Ile-de-France (IAU)“ a laboratoř „University of Cergy-Pontoise“. Cílem projektu bylo propojit model UrbanSim, který předpovídá využití území v kombinaci s dopravním modelem Davisum-METROPOLIS. V době zpracování projektu se jednalo o první pokus aplikace integrovaného dopravního modelu ve Francii. Projekt se nejdříve zaměřil na oddělené vytváření jednotlivých komponent UrbanSim, ve většině případů bylo nutné vytvořit několik verzí jednotlivých komponent, které byly aplikovány na různá data s cílem vybrat komponentu s nejúspěšnější predikcí. Postup vytváření každé komponenty měl tři fáze – přípravu dat, kalibraci a validaci. Teprve po ustanovení jednotlivých komponent se řešila otázka jejich dalšího propojení a zkompletování modelu UrbanSim s dopravním modelem.

Projekt ukázal, že implementace tak komplexního modelu, jakým je UrbanSim vyžaduje inovativní přístup v mnoha oblastech. Především bylo třeba vypořádat se s tím, že UrbanSim je navržen na americkou datovou infrastrukturu, bylo třeba vytvořit nové postupy získávání dat – například neexistující data o příjmu obyvatelstva statisticky

vyhodnotit pomocí metody Monte Carlo na základě známé distribuce příjmů domácností v jednotlivých municipalitách.

Případ Paříže byl realizován s pracovní kapacitou odpovídající čtyřem plným pracovním úvazkům po dobu tři a půl roku, avšak nejedná se o typickou implementaci modelu UrbanSim, ale spíše o výzkum, v rámci kterého bylo vytvořeno velké množství alternativních dílčích implementací modelu UrbanSim.

I přes odlišnosti v datové infrastruktuře Francie a České republiky lze pařížskou implementaci modelu pokládat za jednu z možností, kterou se v budoucnu inspirovat pro aplikaci modelu v podmínkách ČR.

#### **4.5.2 Případ Lyon a Brusel**

Cílem projektu UrbanSim v Lyonu a Bruselu bylo zjistit, zda lze model UrbanSim implementovat na agregovaná data a dále popsat různé přístupy k disagregaci dat. Autoři zvolili města Brusel a Lyon z různých důvodů: v případě Bruselu byl důvodem již existující model TRANUS a jeho datové struktury na úrovni dopravních zón. V Lyonu hrálo roli velké množství dostupných dat na agregované úrovni. V případě Bruselu byla agregovaná data na úrovni dopravních zón disagregována na úroveň jednotlivých buněk o velikosti 150 x 150 m a následně byla využita datová struktura referenční implementace modelu UrbanSim v Eugene Springfield ve státě Oregon. V případě Lyonu byl gridový model přizpůsoben agregovaným datům a byla vytvořena verze zonálního modelu.

V případě Lyonu trvalo vytvoření první verze modelu osm měsíců. V případě Bruselu příprava dat vyžadovala dva pracovníky po dobu dvou měsíců, kalibrace modelu vyžadovala jednoho pracovníka po dobu dvou měsíců a ladění modelu a doplňování dalších dat do modelu vyžadovalo jednoho pracovníka po dobu 1,5 měsíce (Studie Útvaru Hl. m. Prahy, 2010).

#### **4.5.3 Případ Řím**

Cílem implementace modelu UrbanSim v oblasti Říma bylo předpovídat dekoncentraci aktivit v jednotlivých ekonomických sektorech. Celkový rozsah modelovaného území dosahuje rozlohy 1 500 km<sup>2</sup>, území trvale obývá 2 597 339 obyvatel. Za výchozí rok simulace byl zvolen rok 1991, byla aplikována gridová verze modelu o velikosti 250 x 250 m, kdy celé území pokrývalo 23 933 buněk. Implementace modelu UrbanSim by měla určitá specifika vázající se k italskému prostředí. Například vysoký podíl soukromého vlastnictví bytů a z toho vyplývající snížená míra migrace obyvatel. Domácnosti spíše dojíždějí za prací, než-li mění bydliště. Závěrem 90. let roste proces suburbanizace, s nímž se pojí velké dopravní zácpy.

V Případu Říma bylo třeba doplnit velké množství chybějících dat, k tomu bylo mimo jiné použito i geostatistických analýz v programu ArcGIS (Studie Útvaru Hl. m. Prahy, 2010).

#### **4.5.4 Projekt SustainCity**

SustainCity je projekt, který vznikl v roce 2010 jako iniciativa snažící se rozvíjet program UrbanSim pro evropské prostředí, které je historicky, kulturně i politicky velmi odlišné od prostředí amerického. Projekt je podporován v rámci 7. rámcového programu Evropské komise. Projekt navazuje na starší iniciativu pod názvem „European UrbanSim User Group“. V rámci projektu je vyvíjena nová platforma s názvem UrbanSimE, na které spolupracuje velké množství evropských univerzitních pracovišť převážně ze Švýcarska, Francie, Belgie, Itálie a Německa.

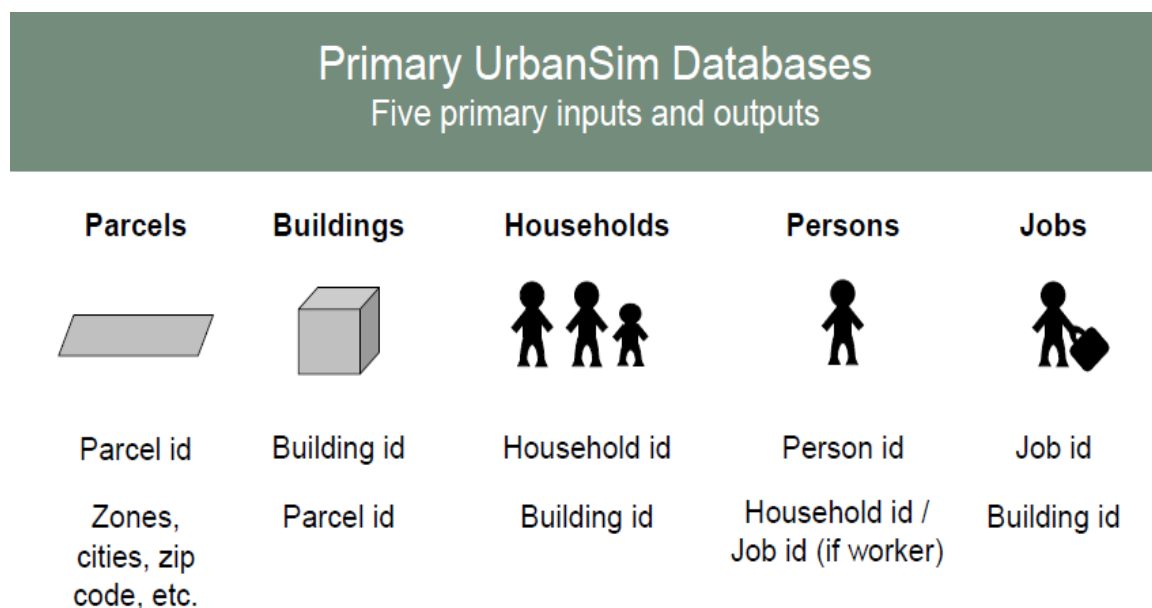
Předpokladem projektu je pořádání konferencí, na kterých budou probírány nové poznatky, jak v Evropě zdokonalit aplikaci programu UrbanSim a jiných podobných modelů. Hlavními tématy na které se projekt zaměřuje je zdokonalení metod kalibrace a validace, které povede ke zvýšení přesnosti modelu, doplnění simulace aktivit v časovém měřítku běžného dne, rozšíření modelu o environmentální modul a doplnění modelu o demografický modul (SustainCity, 2014).

## 5 DATOVÉ POŽADAVKY URBANSIM

UrbanSim byl primárně vyvíjen v USA a pracuje tedy s naprosto odlišnou datovou strukturou, než jaká existuje v evropském prostředí. Americká data jsou sbírána velmi odlišně na podrobné úrovni sahající až ke konkrétním osobám, o nichž je známo nejenom, kde bydlí, ale i v jaké budově pracují. Na obrázku č. 9 lze vidět, jak pomocí jednoznačných identifikátorů (ID) jsou jednotlivá data prostorově propojena – Osoba je součástí domácnosti, domácnost bydlí v budově, která se nachází na parcele, případně v zóně a zároveň osoba pracuje v další budově s jiným ID. Toto americké uspořádání je tedy naprosto nevyhovující pro aplikaci UrbanSim v evropských (českých) podmínkách.

Požadovaná data se liší i s prostorovou úrovní, na jaké je pracováno – odlišná data jsou vyžadována jak pro gridovou, parcelovou nebo zónovou verzi UrbanSim. Většina dat je ve formě tabulek ve specifickém ASCII formátu, ve formátu shapefile jsou dostupná pouze data o územních jednotkách (parcely, zóny, gridy).

V následujících podkapitolách bude podrobně rozebráno, jaká konkrétní data jsou nezbytně nutná pro standardní aplikaci UrbanSim a následně rozebrána jejich dostupnost v podmínkách České republiky.



Obr.9 Data nezbytná pro chod UrbanSim

## 5.1 Data o domácnostech (Household data)

Data o domácnostech jsou obsažena v několika datasetech se specifickými atributy:

### 5.1.1 Dataset household

household\_id – Jednoznačný identifikátor domácnosti

grid\_id, parcel id, zone\_id – Jednoznačný identifikátor umístění domácnosti

persons – Počet osob žijící v domácnosti

workers – Počet osob pracujících v domácnosti

age\_of\_head – Věk nejstarší osoby v domácnosti

income – Příjem domácnosti

children – Počet dětí žijící v domácnosti

race\_id – Jedinečný identifikátor rasy nejstaršího člena domácnosti

cars – Počet automobilů v domácnosti

### 5.1.2 Dataset annual\_household\_control\_totals

Tabulka obsahuje souhrnné hodnoty počtu domácností za určitý rok dělené podle výše uvedených atributů domácností. Příklad konkrétní tabulky je uveden v tabulce č. 1.

Tabulka 1: Ukázka tabulky s ročními celkovými počty domácností

year	race_id	persons	total_number_of_households
2005	1	1	2500
2005	1	2	4000
2005	1	3	8000
2005	2	1	1200
2005	2	2	1300
2005	2	3	2500

### 5.1.3 Dataset annual\_relocation\_rates\_for\_households

Tabulka obsahuje odhady pravděpodobností migrace domácnosti v rámci regionu za jeden rok rozdělené podle charakteristik domácnosti pomocí následujících atributů:

age\_min – minimální věk, pro který je platná pravděpodobnost

age\_max – maximální věk, pro který je platná pravděpodobnost

income\_min – minimální příjem, pro který je platná pravděpodobnost

income\_max - maximální příjem, pro který je platná pravděpodobnost

probability\_of\_relocation – pravděpodobnost přemístění v daném roce – mezi 0 a 1

Získat v České republice takto podrobná data na úrovni domácností je velký problém. V rámci Sčítání lidí, domů a bytů (SLDB) jsou data zaznamenána na úrovni Základních sídelních jednotek (ZSJ), ale neexistují žádná data o umístění domácností do konkrétní budovy.

Ze SLDB za Základní sídelní jednotky lze o domácnostech získat pouze data o počtu členů domácnosti a o počtu závislých dětí v domácnosti. Údaje o věku hlavy domácnosti, příjmu domácnosti, počtu aut na domácnost a rasové příslušnosti však nejsou za ZSJ dostupné. Údaje o věku hlavy rodiny a příjmu domácnosti jsou sčítány pouze v rámci *Výběrového šetření příjmů a životních podmínek domácností*, které zajišťuje Český statistický úřad (ČSÚ) pravidelně od roku 2005. Prostřednictvím tohoto statistického zjišťování jsou k dispozici dlouhodobě srovnatelná data o ekonomické a sociální situaci domácností. Veškerá data jsou ovšem přísně anonymizovaná a údaje jsou dostupné pouze za celou Českou republiku nebo jednotlivé kraje. Údaje o rasové příslušnosti se v českých podmínkách v rámci SLDB nachází jen jako informace o národnostní příslušnosti, nikoliv o rase. Je však otázkou, nakolik je tato informace v českém prostředí podstatná.

Problém se SLDB je také v tom, že jsou data sbírána pouze jednou za 10 let. Nabízí se možnost využití mikrocenzu nebo jiných statistických šetření, které budou aproximovány na všechny domácnosti.

## 5.2 Data o budovách (Buildings data)

Data o budovách mají vždy své specifické ID určující jejich umístění v gridu, parcele nebo zóně. Data o budovách nejsou dostupná ve formátu \*.shp, ale pouze jako tabulky s jedinečnými identifikátory, které je propojují s prostorovou složkou. Budovy jsou stejně jako domácnosti popsány více daty:

### 5.2.1 Dataset buildings

building\_id – jedinečné ID budovy

building\_type\_id - jedinečný identifikátor typu budovy (propojený s datasetem building\_types)

improvement\_value – hodnota budovy

land\_area – rozloha budovy

non\_residential\_sqft – rozloha neobydlených částí budovy

parcel\_id, zone\_id, grid\_id – jedinečný identifikátor parcely, zóny nebo gridu, na kterém stojí budova

residential\_units – počet obydlí v budově

year\_built – rok postavení budovy

### 5.2.2 Dataset building\_types

building\_type\_id – jedinečný identifikátor typu budovy

building\_type\_name – název typu budovy

is\_residential – hodnota 1, pokud je budovy obydlená, hodnota 0, pokud není

V České republice jsou data o budovách dostupná v Registru sčítacích obvodů a budov (RSO). V registru se eviduje soustava územních prvků a územně evidenčních jednotek, budov nebo jejich částí (vchodů) s přidělenými popisnými nebo evidenčními čísly a počtu bytových jednotek. Bylo realizováno napojení na základní registr RÚIAN (Registr územní identifikace, adres a nemovitostí) (Registr sčítacích obvodů a budov, ČSÚ, 2014). Registr obsahuje údaje o počtu bytových jednotek v budově od roku 2001, ale tento atribut obsahuje velké množství chybějících údajů. Přesto jsou ale tato data relativně dobrá a použitelná pro další použití. Tato data jsou volně dostupná ke stažení z Veřejného dálkového přístupu k datům Registru územní identifikace, adres a nemovitostí. Data o budovách v českém prostředí obsahují programem UrbanSim požadované atributy.

### 5.3 Data o parcelách, zónách a jiných územních jednotkách

Není nutné mít model založený přímo na parcelách, ale každá použitá územní jednotka musí mít následující atributy:

parcel\_id – jedinečný identifikátor parcely

zone\_id – jedinečný identifikátor zóny, ve které se nachází parcela

city\_id – jedinečný identifikátor města, ve kterém se nachází parcela

parcel\_sqft – rozloha parcely (ve stopách čtverečných)

land\_value – cena pozemku

centroid\_x – souřadnice x středu parcely

centroid\_y – souřadnice y středu parcely

Tato data jsou jediná, která jsou dostupná ve formátu \*.shp. Za zóny jsou v USA považována území o velikosti v řádech jednotek km<sup>2</sup>, tato velikost přibližně odpovídá velikosti obcí České republiky. Geometrická data ve formátu \*.shp jsou v České republice zdarma dostupná ke stažení například z Veřejného dálkového přístupu k datům Registru územní identifikace, adres a nemovitostí.

## 5.4 Data o dojížděci (Travel data)

Dojížděková data jsou definovaná v datasetu travel\_data časem potřebným k dojetí z jedné zóny do druhé pomocí následujících atributů

from\_zone\_id – zóna, ze které se vyjíždí

to\_zone\_id – zóna, do které se dojíždí

travel\_time – čas jízdy vozidlem

Dojížděková data jsou v České republice dostupná ze Sčítání lidí, domů a bytů za Základní sídelní jednotky. Kromě délky trvání dojíždění a druhu dopravního prostředku jsou zjišťovány i charakteristiky dojíždějících osob ilustrující pohlaví osob, věk nebo odvětví ekonomické činnosti.

## 5.5 Data o zaměstnání (Jobs data)

Data o zaměstnání se nachází v následujících datasetech a attributech:

### 5.5.1 Dataset employment\_sectors

sector\_id – jedinečný identifikátor pracovního sektoru

name – jméno pracovního sektoru

### 5.5.2 Dataset jobs

job\_id – jedinečný identifikátor zaměstnání

sector\_id – jedinečný identifikátor pracovního sektoru

home\_based – hodnoty 0 a 1 – 1, pokud se práce uskutečňuje z domova, 0, pokud ne

grid\_id, building\_id – jedinečný identifikátor gridu nebo budovy, v které se pracuje

building\_type – kód typu budovy, ve které se pracuje

### 5.5.3 Dataset job\_building\_types

id – jedinečný identifikátor

name – jméno typu budovy (například komerční, průmyslová, vládní, pracuje se z domu)

home\_based – hodnota 0 a 1 - 1, pokud se pracuje z domu, 0 pokud ne



#### **5.5.4 Dataset annual\_employment\_control\_totals**

sector\_id – jedinečný identifikátor pracovního sektoru

year – rok

total\_home\_based\_employment – celkový počet pracovních míst vykonávaných z domu

total\_non\_home\_based\_employment – celkový počet pracovních míst vykonávaných mimo domov

#### **5.5.5 Dataset annual\_relocation\_rates\_for\_jobs**

sector\_id – jedinečný identifikátor sektoru

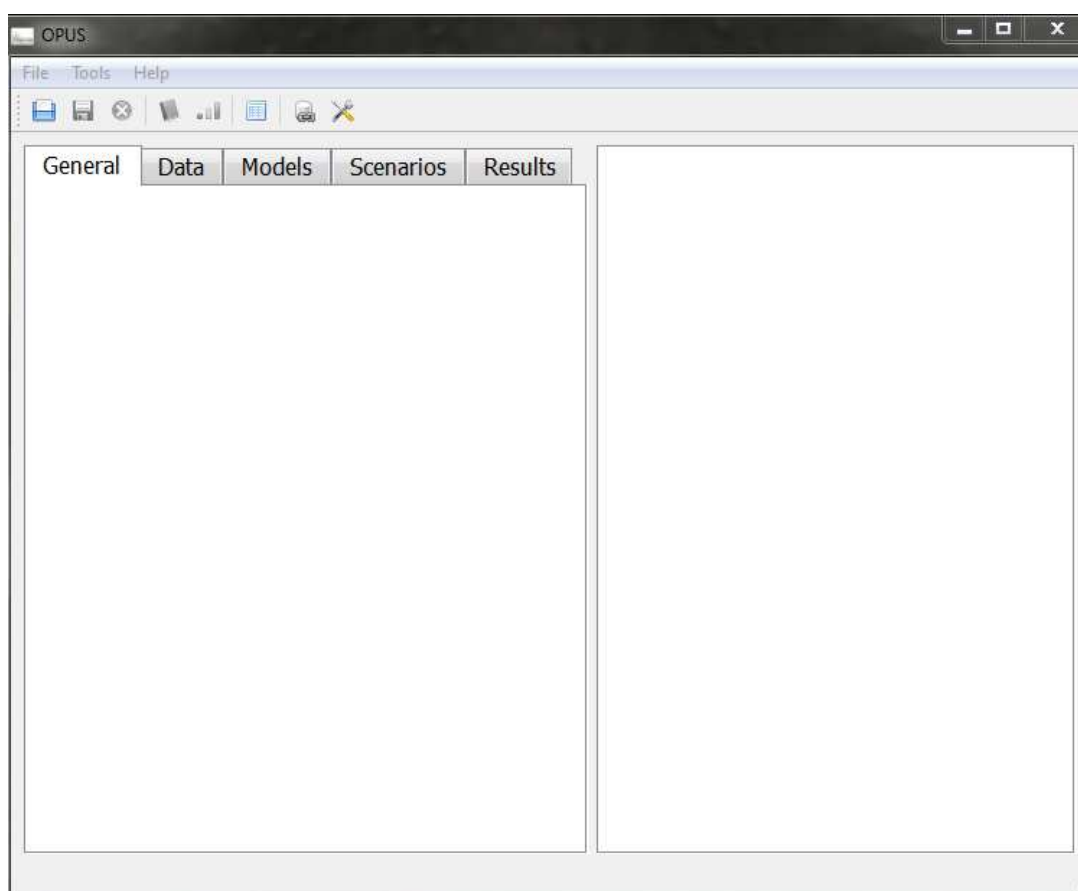
job\_relocation\_probability – pravděpodobnost, s jakou se v jednom roce pracovní místo přemístí ze své stávající pozice

Data o zaměstnaneckých sektorech jsou v České republice dostupná ze SLDB, kde jsou členěna do kategorií podle Klasifikace ekonomických činností CZ-NACE. Počet zaměstnanců v jednotlivých sektorech je v Registru ekonomických subjektů (RES) dostupný pouze za ZSJ a neexistují žádná data o umístění pracovních míst v jednotlivých budovách. Taktéž neexistují žádná stávající data o přemístění pracovních míst.

## 6 PRÁCE S PROGRAMEM URBANSIM

UrbanSim byl původně vyvinut jen pro práci s programovým kódem v jazyce Python, avšak od verze 4.2 bylo pro snazší zacházení s programem vytvořeno i grafické rozhraní (GUI).

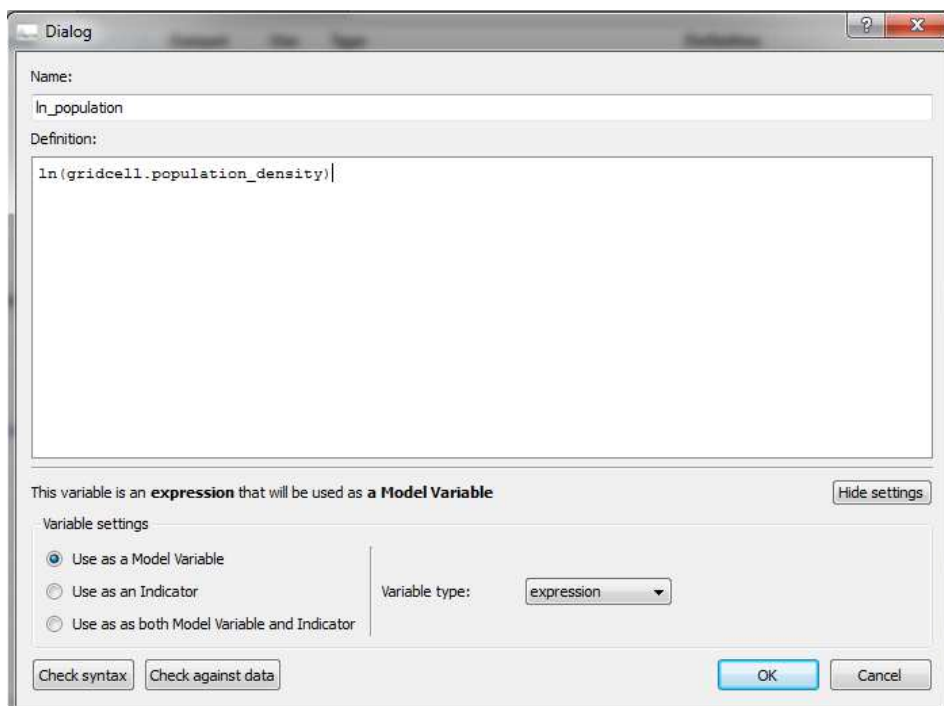
Pro potřeby této diplomové práce bylo pracováno převážně se vzorovými americkými daty dostupnými po stažení programu UrbanSim, která jsou popsána v kapitole 4.4. S ohledem na to, že část dat nezbytná pro zpracování analýz v České republice chybí, byla česká data použita pouze pro demonstrativní ukázkou, jak a v jaké podobě se dají naimportovat (kapitola 6.2.1).



Obr.10 Ukázka grafického rozhraní UrbanSim

Na obrázku č. 10 lze vidět, že grafické prostředí se skládá z pěti hlavních částí – Obecných informací o projektu, Dat, Modelů, Scénářů a Výsledků. Důležitou součástí UrbanSim je tzv. knihovna proměnných (Variable Library). Proměnnou může být primární atribut nebo výraz s pevně danou strukturou. Lze vytvářet nové proměnné, například pokud již máme proměnnou `population_density`, z které je třeba udělat její

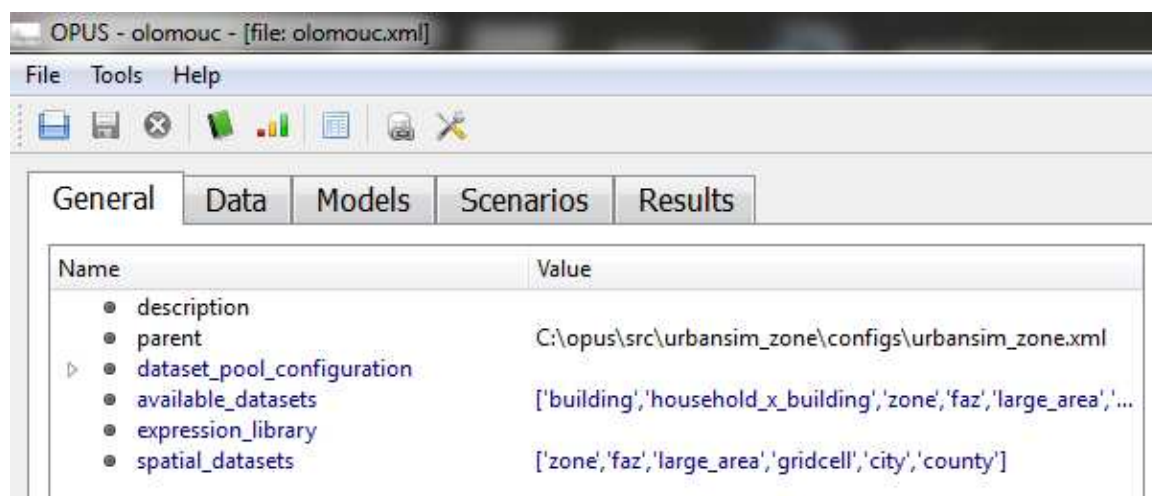
logaritmus – po otevření okna Add new variable se jednoduše vyplní tabulka s výrazem `ln(gridcell.population_density)`.



Obr.11 Přidání proměnné do seznamu proměnných

## 6.1 Obecné informace (General)

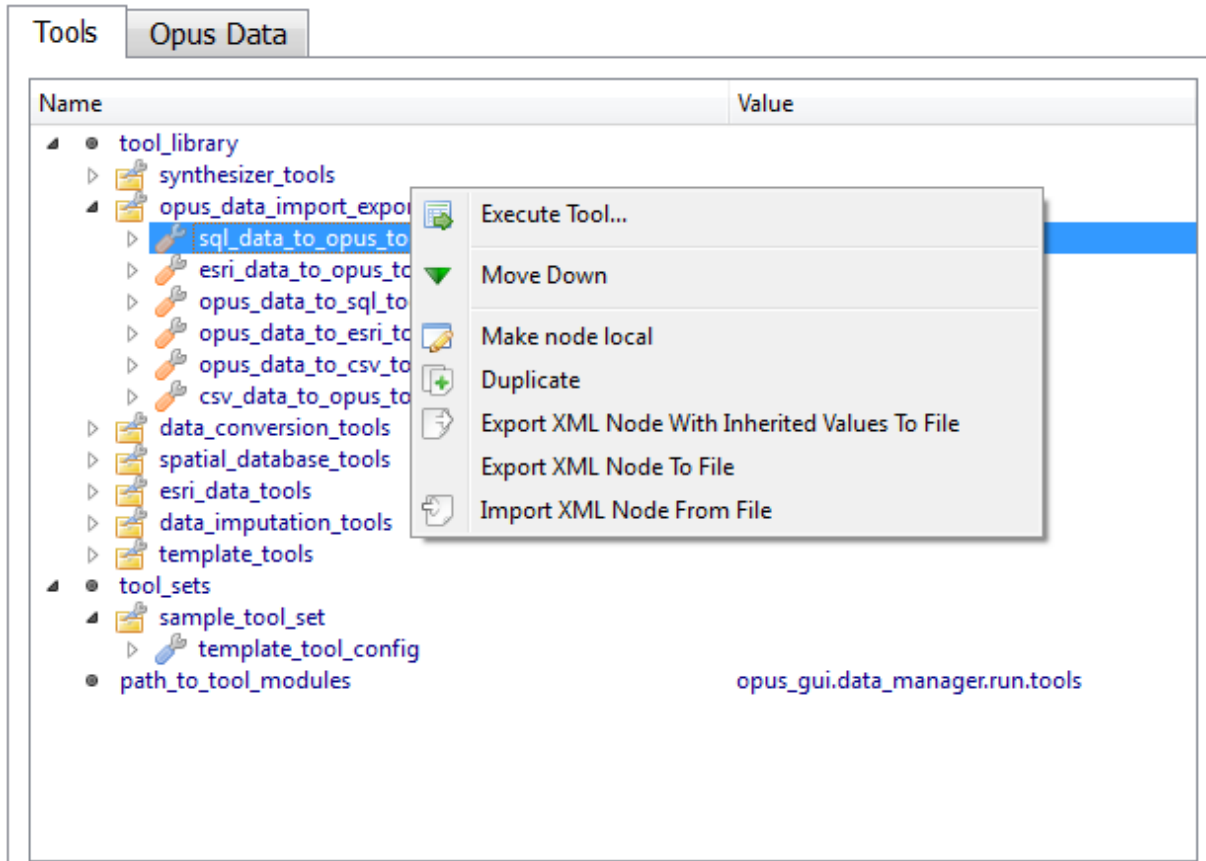
V sekci obecné informace jsou zobrazeny informace o aktuálním načteném projektu – jeho jméno, cesta ke konfiguračnímu souboru ve formátu `*.xml`, cesta ke konfiguračnímu souboru projektu, kterým je projekt inspirován (tzv. parent project) a seznam dostupných datasetů. Na obrázku č. 12 je ukázán nově vytvořený projekt s názvem „olomouc“. Všechny použité konfigurační soubory se nachází na přiloženém DVD, které je součástí této diplomové práce.



Obr.12 Ukázka nově načteného projektu s názvem Olomouc

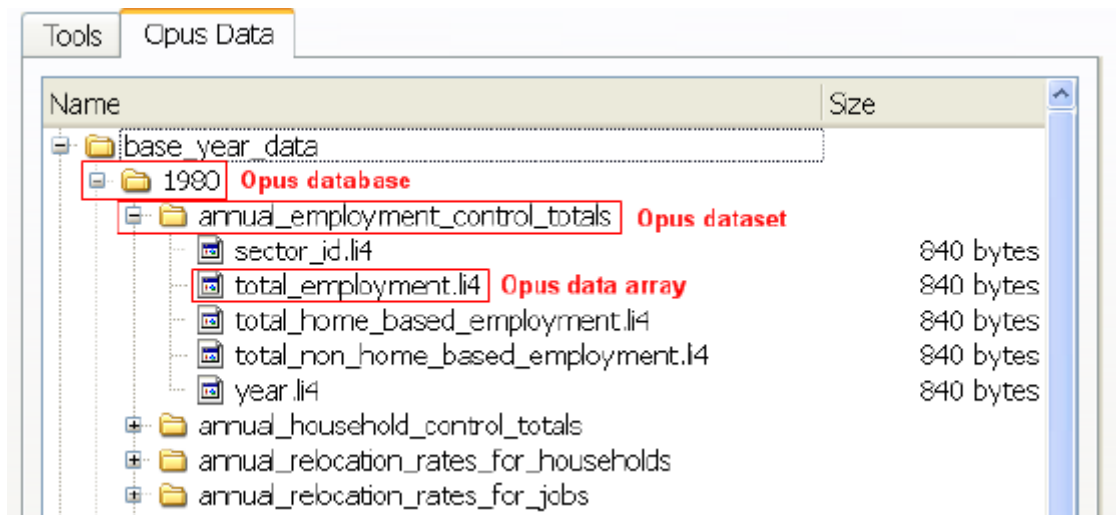
## 6.2 Data

Sekce Data je rozdělena na dvě části – Nástroje (Tools) a Opus Data. Nástroje jsou jednoduché skripty napsané v jazyce Python. Lze zde nalézt již předpřipravené nástroje na konverzi mezi různými datovými formáty, nástroje pro import a export dat z / do programu UrbanSim aj.



Obr.13 Ukázka sekce Data - Tools

Každý projekt má danou strukturu, ve které jsou uložena data. Například, pokud je program nainstalován na 'c:/opus', složka s daty pro tento projekt bude uložena jako 'c:/opus/data/jmeno\_projektu'. V této složce může být libovolné množství dalších podsložek, ale přednastaveny jsou složky 'base\_year\_data', 'shapefile' a 'runs'. Ve složce 'base\_year\_data' se nachází tzv. databázová složka, která je pojmenovaná jako rok, ze kterého pochází data. Databázová složka obsahuje dataseť, což jsou jednotlivé tabulky, které obsahují sloupce s atributy v ASCII formátu \*.li4 (opus data array). Ukázka struktury dat je zobrazena na obrázku č. 14.

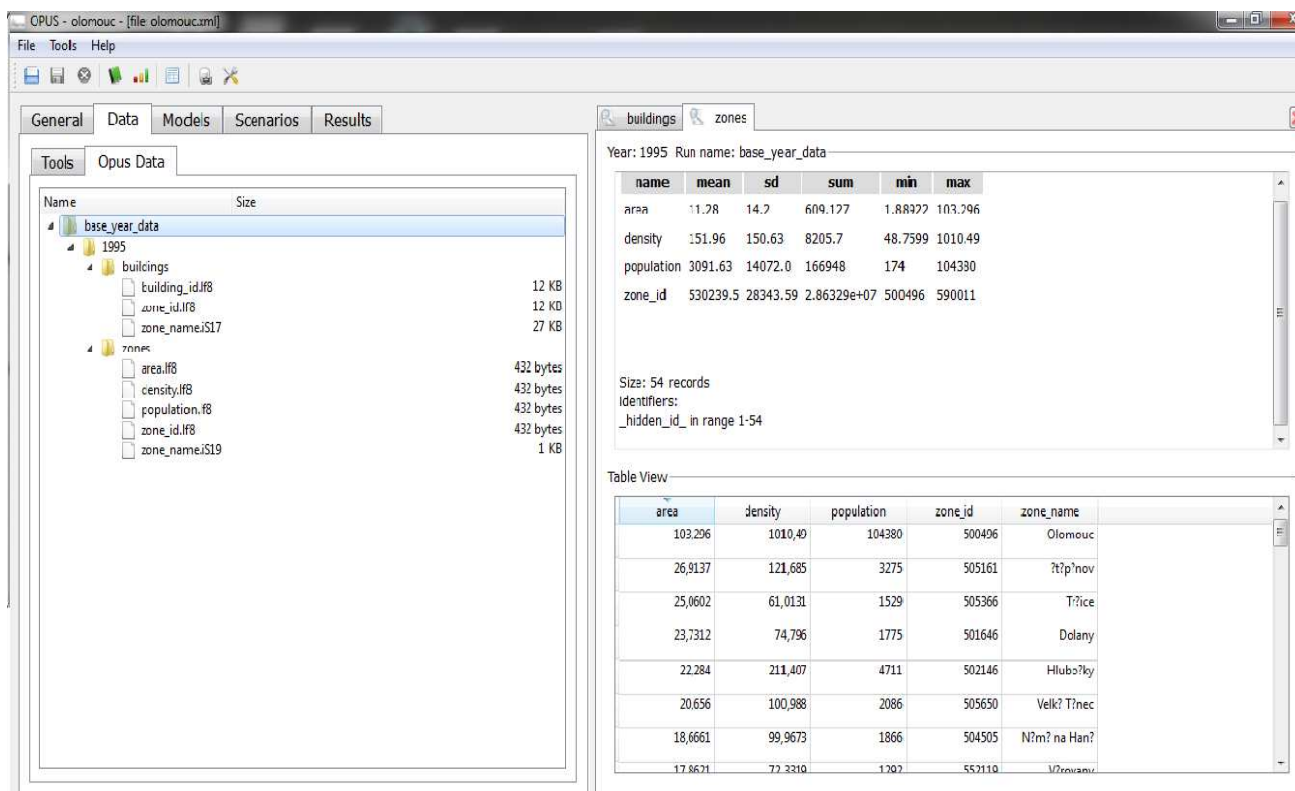


Obr.14 Ukázka struktury dat z projektu Eugene gridcell

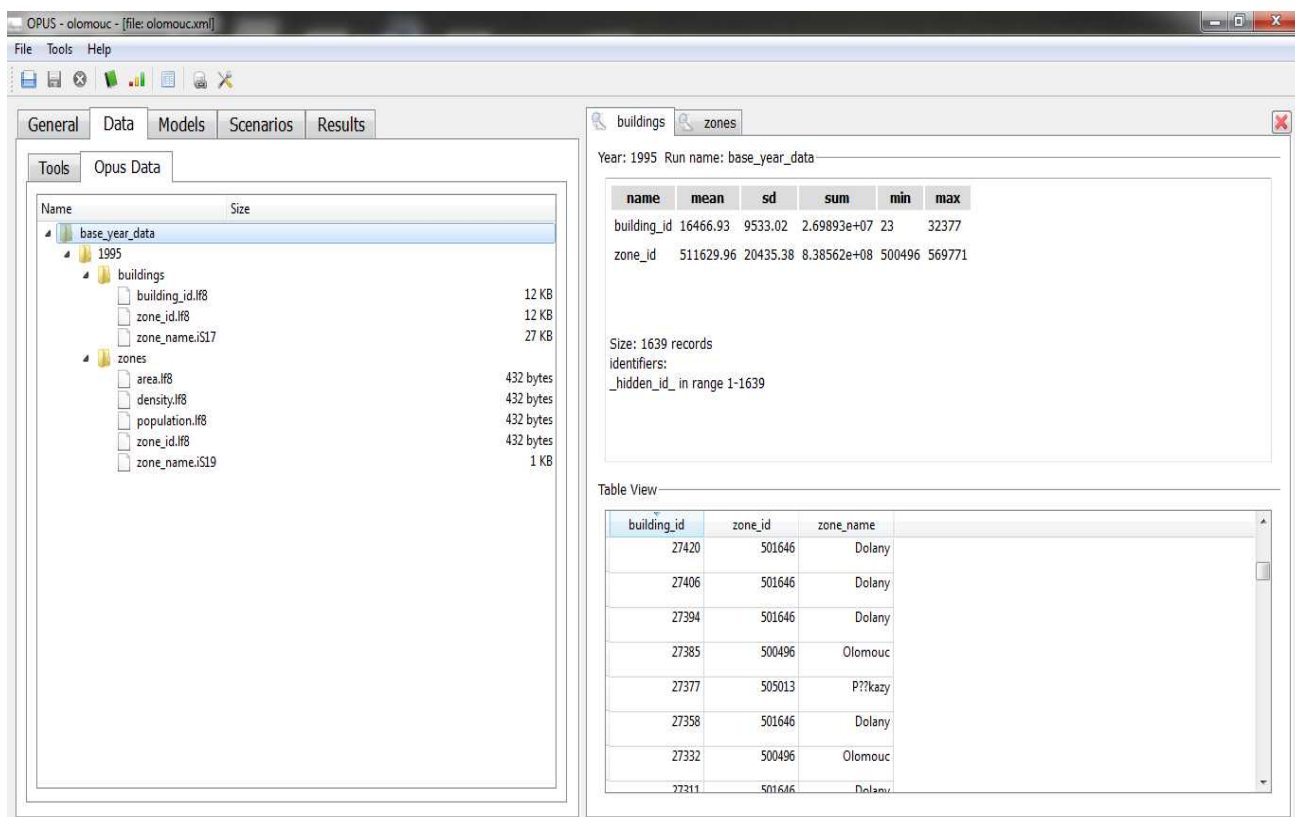
### 6.2.1 Import českých dat

V rámci této diplomové práce byla k demonstraci importování dat do programu UrbanSim použita data o budovách, která byla prostorově propojena se zónami, ve kterých se budovy nachází. Jako zóny byly použity obce správního obvodu ORP Olomouc. Pro konverzi dat do formátu, který podporuje program UrbanSim byl v sekci Tools vybrán nástroj `csv_data_to_opus_tool`. Bylo tedy třeba připravit dvě tabulky – „zones“ a „buildings“, které byly navzájem pomocí jedinečného identifikátoru prostorově propojeny. Po uložení tabulek do formátu `*csv` mohly být jednoduše převedeny do formátu, který podporuje program UrbanSim. Ukázka tabulek se nachází ve vázaných přílohách č. 1 a 2, které jsou součástí této diplomové práce.

Poté bylo třeba uložit data do složky se stejným jménem jako je název projektu – tedy `´c:/opus/data/olomouc/base_year_data/1995´`. Při vytváření projektu si OPUS automaticky načte tato data, pokud jsou správně uložena a pojmenována. Po načtení dat do programu UrbanSim lze tato data prohlížet v přehledném náhledu v sekci Data – OPUS Data. Na obrázcích č. 15 a 16 lze vidět, jak vypadají do programu načtená data. V levé části programu se nachází dostupné tabulky se svými atributy, pro podrobné prohlížení dat je třeba kliknout pravým tlačítkem na tabulku a zvolit volbu „View dataset“. Poté se v pravé části programu objeví podrobné statistické informace o daných datech – Název, Střední hodnota (mean), Směrodatná odchylka (sd), Suma (sum), Minimální hodnota a Maximální hodnota a celkový počet záznamů. Pro zóny (obce ORP Olomouc) byly použity atributy `zone_id`, `zone_name`, `population`, `density`, a `area`. Pro budovy byly kromě `building_id` přidány údaje o názvu (`zone_name`) a ID zóny (`zone_id`), ve které se budova nachází. Je důležité dbát na správné pojmenování atributů s jedinečnými identifikátory, aby byly jejich názvy totožné v obou datasetech.



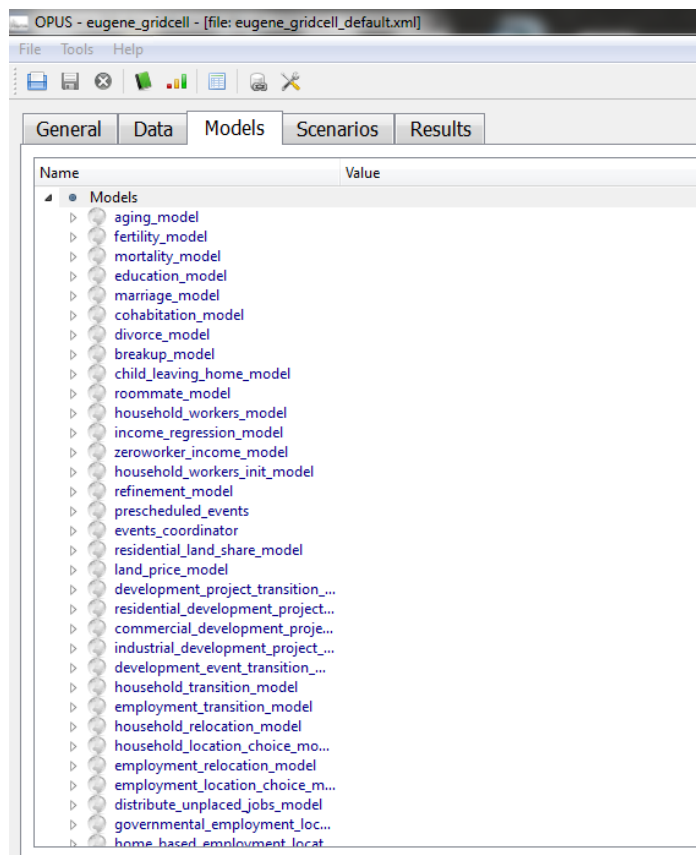
Obr.15 Ukázka naimportovaných zón - obcí z ORP Olomouc



Obr.16 Ukázka naimportovaných budov z ORP Olomouc

## 6.3 Modely

V sekci Modely se nachází velké množství již předpřipravených modelů. Podrobné informace o typech modelů byly popsány v kapitole 4.2. V nabídce dostupných modelů se nachází více než 30 modelů – velké množství z nich je ale stále ve fázi testování, proto bylo rozhodnuto zaměřit se pouze na základní modely zabývající se rozložením domácností, pracovních míst a model předpovídající cenu pozemků. Modely jsou popsány v následujících podkapitolách. Jak již bylo řečeno v předchozích kapitolách, bylo zjištěno, že v grafickém rozhraní GUI je díky absenci potřebných dat (data o domácnostech a pracovních místech lokalizovaná do konkrétní budovy) nemožné spustit modely na českých datech. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto zaměřit se na analýzy na cvičných datech z oblastí Eugene-Springfield, San Antonio a Seattle.



Obr.17 Ukázka dostupných modelů

### 6.3.1 Modelování a predikce rozložení domácností

Pro modelování a predikci rozložení domácností jsou využívány tři hlavní modely – *Household transition model (HTM)*, *Household relocation model (HRM)* a *Household location choice model (HLCM)*. Tyto modely jsou si velmi podobné, HTM předpovídá pravděpodobnost nové domácnosti stěhující se do regionu nebo naopak ztrátu těch domácností, které se stěhují pryč z regionu. HRM předpovídá pravděpodobnost přemístění domácností uvnitř regionu a následně HLCM předpovídá umístění těchto nově vzniklých domácností (nebo těch, které se stěhují) do konkrétní residenční budovy.

Jakmile se domácnost přemístí do nové lokality, lokalita se stane automaticky nedostupnou pro ostatní dosud neumístění domácnosti. Všechny modely jsou specifikovány jako tzv. multinominální logitové modely, které jsou popsány v kapitole 4.2.1.5 – Výběrové modely. Modely pracují s estimací na základě atributů o příjmu, počtu dětí, stáří budov aj. Například jeden z modelových předpokladů je, že rodiny s větším příjmem se budou stěhovat do oblastí, kde už žijí rodiny v podobné příjmové kategorii.

### **6.3.2 Modelování a predikce pracovních míst**

Na stejném principu jako modelování rozložení domácností funguje i modelování pracovních míst. V tomto modelování jsou taktéž využívány tři hlavní modely – *Employment transition model – ETM*, *Employment relocation model – ERM* a *Employment location choice model – ELCM*. Ve skutečném životě jsou to celé firmy, které mění místo svého působiště, v UrbanSim se ale jako základní jednotky pro analýzu používají jednotlivá pracovní místa. Modely jsou opět specifikovány jako multinominální logitové modely (kapitola 4.2.1.5) počítající pravděpodobnost, s jakou se pracovní místa přemístí ze své stávající lokality.

### **6.3.3 Modelování a predikce ceny pozemků**

Pro modelování cen pozemků se používá model s názvem Real estate price model – REPM. Ceny nemovitostí jsou modelovány pomocí hedonické regrese – vícenásobné regrese (kapitola 4.2.1.4). Pro estimaci používá metodu Nejmenších čtverců. Model upravuje ceny nemovitostí v závislosti na míře neobsazenosti budov, vzdálenosti od centra aj.

## **6.4 Scénáře**

V sekci scénáře se vybírají modely z předcházející sekce, které mají vstupovat do predikce. Dále je nutno vybrat počáteční a konečný rok simulace. Je možné tvořit několik různých na sobě nezávislých scénářů. Pro rozjetí vybraného scénáře je třeba na něj kliknout pravým tlačítkem, vybrat možnost „Run This Scenario“ a v pravé části programu se objeví další možnosti - přejmenování scénáře, informace, zda zpracování proběhlo úspěšně či nikoliv a dále jednoduché zobrazení výsledků ve formě tabulky.

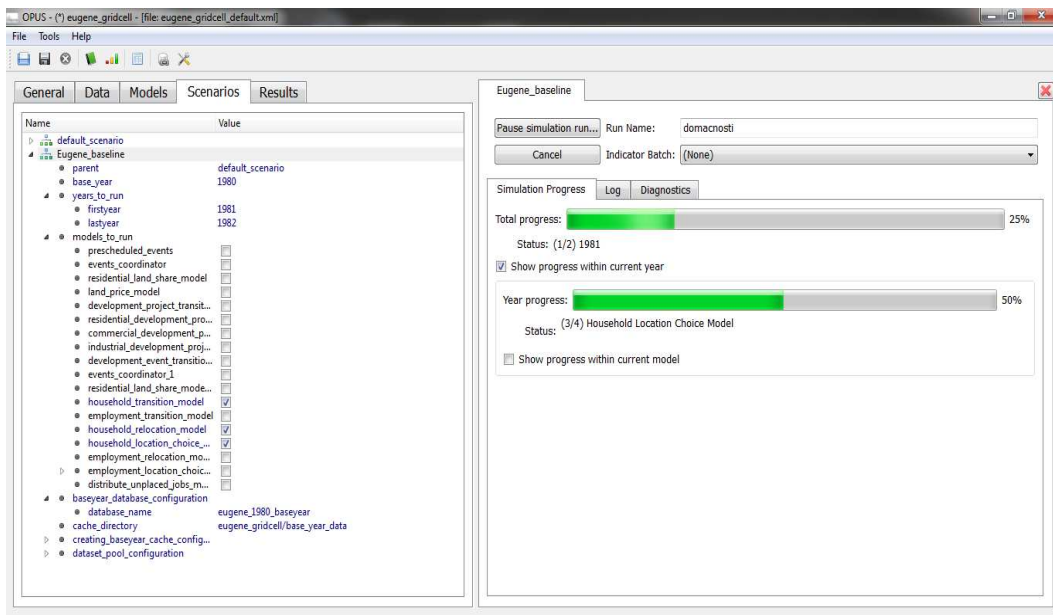
V rámci této diplomové práce bylo vyzkoušeno celkem 18 různých scénářů. Pro každou z oblastí se vzorovými daty (Eugene Springfield, Seattle a San Antonio) bylo vytvořeno šest alternativních scénářů v různých letech. Pro každou oblast tedy vznikly dva scénáře zaměřené na predikci rozložení domácností, dva scénáře o predikci rozložení pracovních míst a dva scénáře o cenách nemovitostí. Konkrétně se tedy jedná o tyto scénáře:



- Eugene-Springfield
  - Domácnosti – 1981 – 1982
  - Domácnosti – 1983 – 1984
  - Pracovní místa – 1981 – 1982
  - Pracovní místa – 1983 – 1984
  - Ceny nemovitostí – 1981 – 1982
  - Ceny nemovitostí – 1983 – 1984
  
- San Antonio
  - Domácnosti – 2006 - 2007
  - Domácnosti – 2009 - 2010
  - Pracovní místa – 2006 - 2007
  - Pracovní místa – 2009 - 2010
  - Ceny nemovitostí – 2006 - 2007
  - Ceny nemovitostí – 2009 - 2010
  
- Seattle
  - Domácnosti – 2001 - 2002
  - Domácnosti – 2003 - 2004
  - Pracovní místa – 2001 - 2002
  - Pracovní místa – 2003 - 2004
  - Ceny nemovitostí – 2001 - 2002
  - Ceny nemovitostí – 2003 - 2004

Roky pro simulace byly vybrány podle subjektivního uvážení autorky této diplomové práce po dvouletých intervalech, kdy počáteční rok simulace je vždy následujícím rokem, pro který jsou k dispozici vzorová data. Například v oblasti Eugene-Springfield dostupná vzorová data končí rokem 1980, a proto je prvním rokem simulace rok 1981.

Na obrázku č. 18 je zachycen průběh simulace pro predikci rozložení domácností v oblasti Eugene-Springfield pro roky 1981 a 1982. Výpočet jedné simulace trval v průměru kolem tří minut.

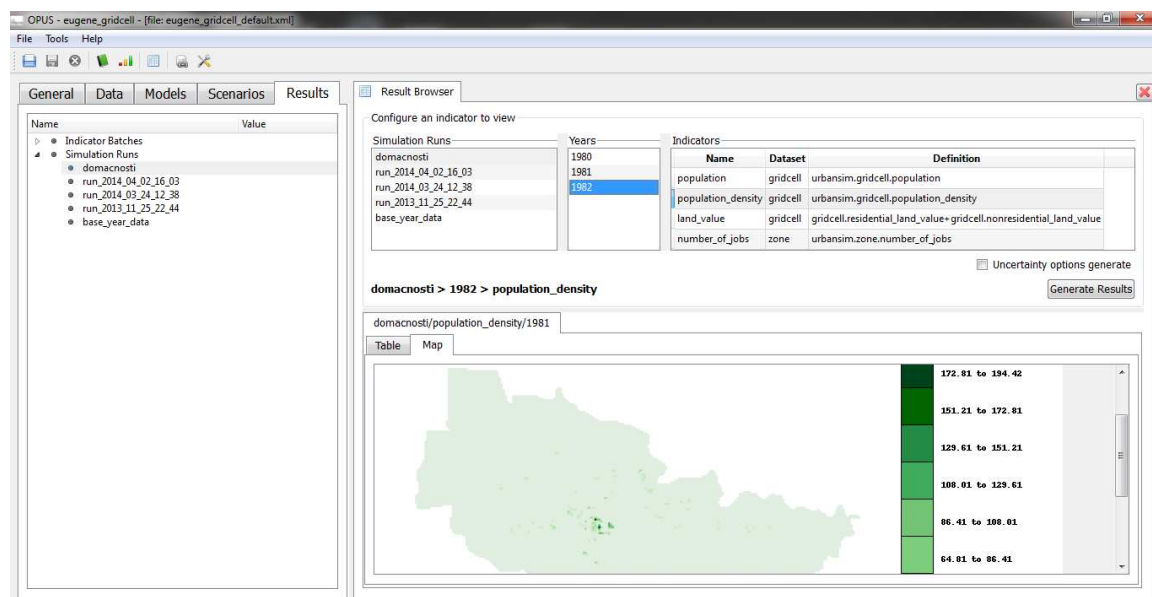


Obr.18 Ukázka průběhu simulace pro predikci rozložení domácností

Po vytvoření scénáře je v této sekci po kliknutí na tlačítko „Diagnostics“ možnost ukázání výsledků ve formě tabulky, ale lepší interpretace a vizualizace výsledků je v následující sekci Výsledek – Results.

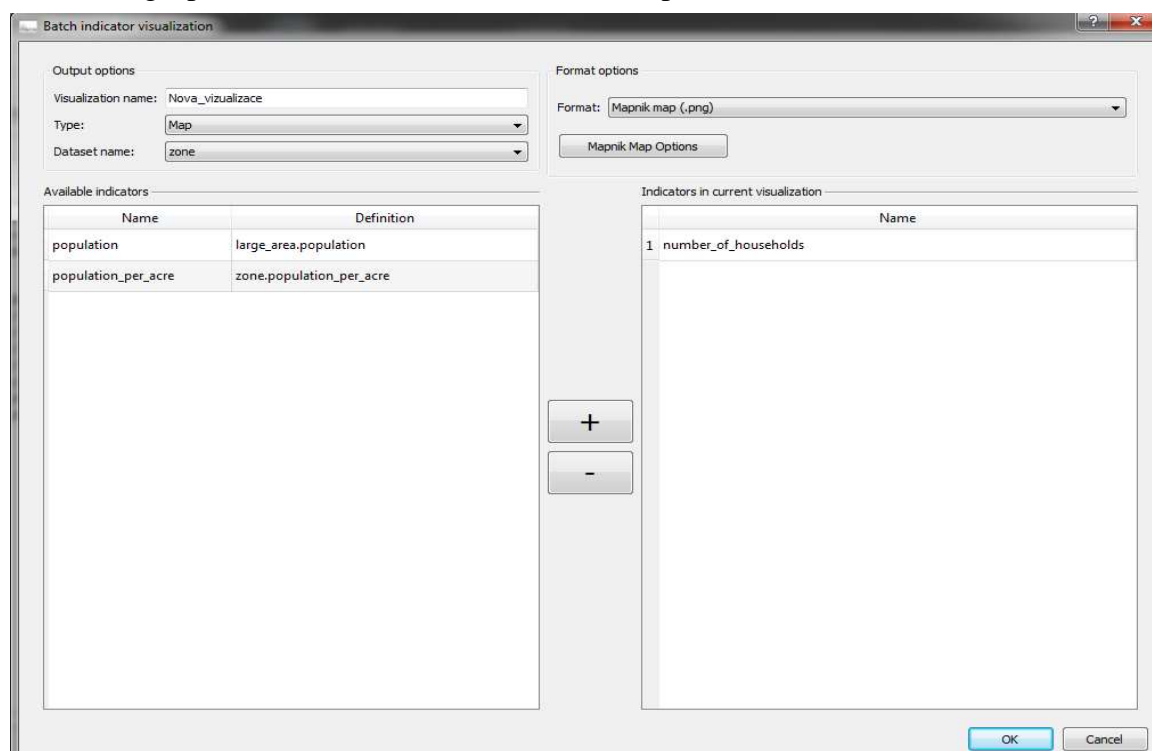
## 6.5 Výsledky

Po úspěšném proběhnutí scénáře se výsledky objeví v levé části sekce Results. Pro zobrazení výsledků je třeba zvolit možnost Tools/Result Browser, po které se v pravé části programu objeví možnost volby roků a atributů, pro které mají být výsledky zobrazeny. Po kliknutí na tlačítko „Generate Results“ se vygeneruje tabulka a jednoduchá mapa.



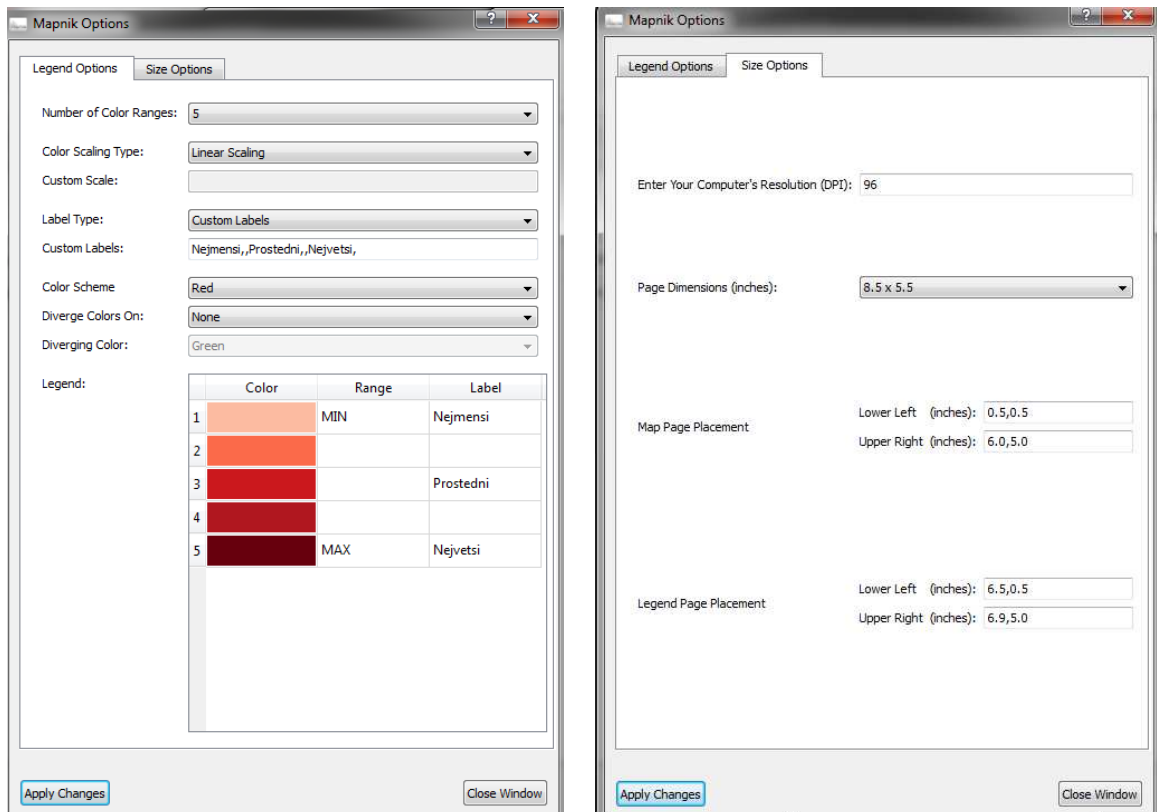
Obr.19 Ukázka generování výsledků

Podobu grafických výstupů lze přímo v této sekci upravovat pomocí tzv. Indicator Batches. Je třeba kliknout pravým tlačítkem a zvolit „Add new indicator batch“ a poté „Add new indicator visualization“. Objeví se dialogové okno, ve kterém je možnost volit požadované zobrazení výsledků. Na výběr je ze tří možností výstupů – Tabulka, Mapa a Animace. Tabulku lze zobrazit ve čtyřech formátech - \*.tab, \*.dat, \*.ESRI database a export do SQL Database. Mapu lze zobrazit pouze ve formátu \*.png přímo v GUI, bohužel neexistuje možnost exportu. To samé v případě animace, kterou lze zobrazit ve formátu \*.gif přímo v GUI, taktéž bez možnosti exportu.



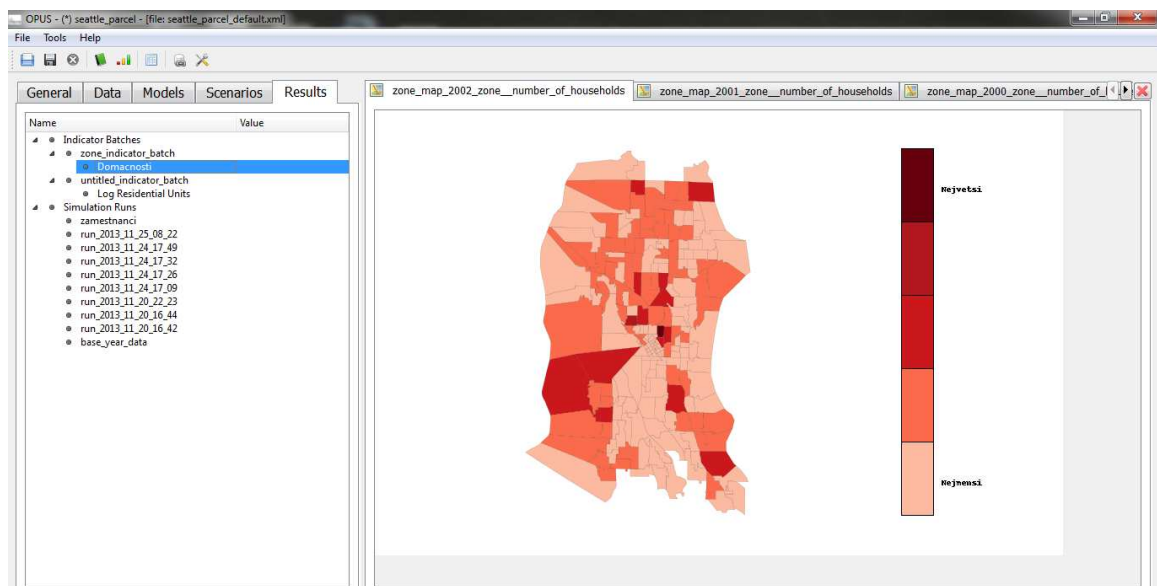
Obr.20 Dialogové okno pro výběr formátu zobrazení

V dialogovém okně se nachází tlačítko Mapnik Map Options. Po kliknutí na něj se objeví další dialogové okno s možnostmi úpravy mapového pole. Toto okno se skládá ze dvou částí – Legend Options a Size Options. V legendě lze změnit počet intervalů, barvy a názvy jednotlivých intervalů. Taktéž lze měnit hranice jednotlivých intervalů, zda se jedná o kvantitativní nebo kvalitativní data aj. V druhé části lze měnit nastavení velikosti mapy a umístění kompozičních prvků v nich. Z kompozičních prvků konečná mapa obsahuje pouze mapové pole a legendu, chybí název mapy, měřítko i tiráž.



Obr.21 Ukázka vizuálního nastavení

Po uložení vizuálního nastavení se pravým kliknutím zvolí volba „Run indicator batch on“ a scénář, pro který chceme výsledky zobrazit. Výsledkem je jednoduchá mapa, kterou lze prohlížet, ale nelze s ní dále nijak manipulovat – například uložit ji.



Obr.22 Výsledná jednoduchá mapa zobrazující počet domácností v Seattlu v roce 2002

Stejným způsobem jako byla vytvořena tato mapa (Obr. č. 22) byla vytvořena i animace ve formátu \*.gif zobrazující Počet obyvatel v oblasti Seattlu v letech 2000 – 2002. Nově vytvořenou animaci bohužel taktéž nelze uložit, ale lze ji pouze prohlížet. Proto bylo pro ukázkou pomocí programu CamStudio vytvořeno video zachycující tuto animaci. Video s názvem „animace\_pocet\_obyvatel.avi“ se nachází na příloženém DVD. Z animace je patrné, že během dvou let se počet obyvatel v severní a jižní části oblasti snížil. V ostatních částech však nedochází k výraznějšímu přírůstku obyvatel, tudíž došlo k odstěhování obyvatel z oblasti.

Primárními výstupy z programu UrbanSim ovšem nejsou mapové výstupy nýbrž série velkého množství tabulek v ASCII formátu UrbanSim pro každý simulovaný rok zvlášť. Všechny tabulkové výstupy z vytvořených 18 scénářů jsou uloženy na příloženém DVD, které je součástí této diplomové práce. Výsledné indikátory dostupné k prezentaci ve formě mapy se pro každou oblast se vzorovými daty liší a některé indikátory, které by bylo vhodné pomocí mapy zobrazit, bohužel nejsou k dispozici. Například pro oblast San Antonio nejsou pro zobrazení v mapě dostupné výsledky o cenách pozemků, počtu domácností ani počtu pracovních míst za zónu. K mapové prezentaci jsou v případě scénářů o domácnostech k dispozici pouze údaje o celkovém počtu automobilů za zónu, v případě scénářů o zaměstnání pouze údaje o času potřebném k dostání se do zaměstnání a v případě scénářů o ceně nemovitostí údaj o logaritmu průměrné ceny residenční jednotky přepočítaném na zónu. Z mapové vizualizace viditelný vývoj za simulovaná časová období lze spatřit pouze v indikátoru *Počet automobilů*. Tento mapový výstup se nachází ve vázané příloze č. 3. Z výstupů je zřetelné, jak v průběhu let docházelo k postupnému zvyšování počtu automobilů především v zónách vzdálených od centra. V případě oblasti Eugene-Springfield nelze zobrazit údaje o Počtu domácností za územní jednotku. K mapové vizualizaci byly vybrány údaje *Počet pracovních míst* za zónu a *Průměrná cena nemovitostí* přepočítané na územní jednotku gridu. Tyto mapové výstupy jsou zobrazeny ve vázaných přílohách č. 4 a 5. V případě ceny pozemků docházelo v průběhu let k mírnému poklesu cen, naopak v případě celkového počtu pracovních míst docházelo k postupnému navyšování především v centru oblasti. Pro poslední oblast Seattle nejsou k dispozici žádné indikátory zobrazující počet pracovních míst nebo cenu pozemků, proto byl k vizualizaci vybrán údaj o *počtu domácností* v jednotlivých zónách. Tento výstup se nachází ve vázané příloze č. 6. Z výstupu je patrné zvyšování celkového počtu domácností v jednotlivých zónách. Není však patrná žádná tendence vystěhovávat se pryč z centra oblasti nebo naopak přistěhovávat se do centra.

## 7 MOŽNOSTI APLIKACE V ČESKÉ REPUBLICE

Jak již bylo řečeno v předcházejících kapitolách, aplikace UrbanSim v evropských podmínkách je pořád soustředěna především na pokusnou, vědeckou činnost s nepříliš výraznými výsledky pro praktické využití. V České republice je situace ještě horší než v západních zemích. Důvodem kromě chybějící datové infrastruktury je i to, že prostorové modelování tu nemá vybudovanou tradici. Lidé z praxe zodpovědní za územní plánování nevěří v sofistikované modelování, protože je příliš složité a modely jsou často tzv. „black-box“ založené – to znamená, že konečný uživatel nevidí do komplikovaných statistických výpočtů probíhajících uvnitř modelu.

Pro aplikaci prostorových modelů je navíc potřeba mít k dispozici tým lidí s různými zaměřením. Urbanista je sice schopen zhodnotit možnosti vývoje území, ale obvykle už nerozumí složitým statistickým modelům, k jejichž pochopení a aplikaci je potřeba statistického vzdělání. Většina modelů nemá uspokojivé grafické prostředí, do kterého by se dalo vstupovat bez znalosti programování, proto je třeba spolupráce i s programátory, experty na správu databází. Jak bylo shrnuto v kapitole 4.4, pro aplikování UrbanSim v evropském prostředí je třeba obrovské množství času věnovaného nejen nastudování problematiky modelování a pochopení architektury UrbanSim, ale především sběru potřebných dat, testování modelů, jejich vyhodnocování atd. Například v případě aplikace UrbanSim na území francouzského Lyonu trvalo vytvoření první verze osm měsíců, v případě belgického Bruselu 8,5 měsíců.

V České republice se kromě této diplomové práce aplikací programu UrbanSim zabýval pouze tým lidí z Českého vysokého učení technického z Fakulty architektury v Praze. Tým sestával ze tří lidí – Ing. arch. Jakuba Vorla, PhD., Prof. Ing. arch. Karla Maiera a Mgr. Stanislava Grilla. V následujících podkapitolách bude stručně shrnuto jakým způsobem UrbanSim využívali v oblasti ORP Tábor a naznačeno, jak by se v budoucnu tímto modelováním dalo inspirovat i pro jiná území České republiky.

### 7.1 Mikro-simulační model stěhování obyvatel mikro-regionu Tábor

Dle Vorla (2013) se model snažil simulovat stěhování na krátkou vzdálenost v rámci spádového území mikro-regionu Tábor (ORP Tábor). UrbanSim byl použit pouze jako referenční model, kterým se tvůrci inspirovali – převážně v použití jeho logitových modelů. K modelování používali tzv. zahnížděné logitové modely (Nested logit models). V modelu testovali, jak vybrané charakteristiky ovlivňují stěhování jedinců.

Jako testované charakteristiky byly vybrány:

- Osobní charakteristiky jedinců
- Poloha současného bydliště a vzdálenost stěhování
- Charakteristiky vlastního obydlí

- Charakteristiky sousedství
- Globální dostupnost

Do modelu vstupovala data ze stěhování obyvatel s údaji za každého jedince (kód obce původního bydliště a nového bydliště, rok stěhování, věk, pohlaví, vzdělání, rodinný stav, důvod stěhování). Vzhledem k tomu, že v České republice nejsou dostupná data o stěhování celých domácností, byly vytvořeny sub-modely, ve kterých jsou věkové skupiny obyvatel sdružené dohromady podle jejich subjektivní úvahy, v jaké se obvykle vyskytují ve společné domácnosti:

- sub-model 1 věk 0 - 9 a 25 - 34
- sub-model 2 věk 10 – 24 a 35 – 54
- sub-model 3 věk 55 a více

Z testovaných charakteristik vyšly následující závěry:

- Mladí jedinci jsou méně vázaní současným bydlištěm při rozhodování o poloze nového bydliště v porovnání se skupinou středního věku.
- Podíl bytů v bytových domech se pozitivně uplatňuje při výběru populačně velkých obcí (> 1 600 obyvatel) a negativně u malých obcí (< 1 600 obyvatel).
- Pozitivní vliv na výběr má charakteristika Počet nových bytů postavených v letech 1999 – 2006. Naopak charakteristika Míra neobydlenosti v obcích negativně ovlivňuje pravděpodobnost výběru.
- Byl prokázán pozitivní vliv přítomnosti základní školy v obci, přítomnost železniční zastávky a počet veřejných služeb.
- Počet pracovních míst v obci zvyšuje atraktivitu obce pro mladé jedince a jedince středního věku a nemá žádný vliv na rozhodování jedinců staršího věku.
- Podíl území pokrytý lesním porostem se pozitivně uplatňuje při výběru obce především u jedinců středního věku.

## 7.2 Projekt PopSIM

Pro aplikaci programu UrbanSim pro ORP Tábor byl vytvořen i skript s názvem PopSIM napsaný v jazyce Python využívající volně dostupné knihovny programu UrbanSim. PopSIM je agentovým, mikro-simulačním modelem, který replikuje vnitřní migraci obyvatel v rámci územního obvodu ORP Tábor. Model simuluje rozhodování jednotlivých agentů o výběru obce k přestěhování v závislosti na charakteristikách obce. Model využívá dat z Registru sčítacích obvodů ČSÚ, dat o stěhování obyvatel ČSÚ a dat ÚAP ORP Tábor.

Do skriptu vstupují data o obcích se svými atributy (průměrná vzdálenost obce od centrálního sídla, průměrná vzdálenost obce od nejbližšího sekundárního centra, hustota

obyvatel v zastavěném území, průměrná vzdušná vzdálenost z obce k železnici) a tabulka agentů (obyvatel), kteří se přistěhovali do obce v období 2001 – 2010.

Skript k predikci využívá multinominální logitový *Household location choice model*, který na základě vstupních dat počítá pravděpodobnost, s kterou si agent (obyvatel) vybere obci k přestěhování. Výsledkem programu je tedy tabulka obcí, která obsahuje souhrnný údaj o počtu přistěhovaných obyvatel a dále tabulka koeficientů multinominálního modelu (PopSIM, 2011).

### **7.3 Možnosti aplikace UrbanSim v dalších regionech České republiky**

Jedním ze způsobu, jak aplikovat UrbanSim i v jiných regionech České republiky, je nechat se inspirovat výše zmíněnými postupy z oblasti Táborska. Autorka této diplomové práce konzultovala možnosti využití UrbanSim s tvůrcem výše zmíněných projektů Ing. arch. Jakubem Vorlem, PhD. Dle jeho osobních zkušeností je pro první pokusy o aplikaci třeba týmu lidí skládající se především z odborníka na statistiku, odborníka na práci s databázemi a odborníka schopného pracovat v jazyce Python.

Časově méně náročným způsobem aplikace se zdá být především druhá možnost – inspirovat se skriptem PopSIM. Autoři skriptu uvádějí, že je skript přenositelný i na jiná území České republiky. Skript je napsaný v jazyce Python. Nicméně i přes přenositelnost skriptu je třeba časově náročného nastudování fungování UrbanSim knihoven, numerických a statistických knihoven a také samotné nastavení prostředí Pythonu. Dle ústního sdělení Vorla (Fakulta architektury ČVUT, Thákurova 9, Praha 6) dne 24. ledna 2014 je poměrně náročná i interpretace statistických výsledků skriptu, ke které je třeba přizvat zkušeného statistika. Z výše uvedených důvodů bylo po konzultaci s vedoucím práce rozhodnuto v této diplomové práci pouze nastínit možné budoucí využití v českých podmínkách.



## 8 VÝSLEDKY

Hlavním výsledkem této diplomové práce je, analýza využitelnosti modelu UrbanSim v České republice. S ohledem na skutečnost, že model byl v ČR testován pouze v rámci výzkumu na Fakultě architektury ČVUT v Praze, jedná se o první českou práci, která se zabývá komplexně problematikou prostorového modelování pomocí programu UrbanSim. Výsledkem je tedy vůbec první česky psaný text věnovaný popisu hlavních komponent programu, fungování dostupných modelů, instalaci programu, práci v grafickém rozhraní aj. Práce tedy může sloužit jako česky psaný manuál o programu UrbanSim.

V práci jsou podrobně popsána data nezbytná pro správné fungování programu a především jejich srovnání s datovou situací v České republice, která je velmi odlišná od datové struktury ve Spojených státech amerických, kde byl software vyvinut. V práci je popsáno, která konkrétní česká data jsou k dispozici a naopak, která se v českém prostředí nesbírají. V případě, že jsou česká data k dispozici, je popsáno v jaké podobě jsou sbírána, kdo je jejich poskytovatelem a jakým způsobem lze data získat.

Praktická část práce je věnována práci s grafickým rozhraním programu UrbanSim, implementaci českých dat, která bylo třeba převést do ASCII formátu vyžadovaném programem a především práci se vzorovými daty ze Spojených států amerických z oblastí Eugene-Springfield, Seattle a San Antonio. Bylo rozhodnuto zaměřit se na základní modely zabývající se rozložením domácností, pracovních míst a modely předpovídající ceny pozemků. Tyto modely jsou definovány jako tzv. multinominální logitové modely a pracují s výpočtem pravděpodobností, že se daná domácnost nebo pracovní místo přemístí ze své stávající lokality. Na vzorových datech bylo vytvořeno celkem 18 alternativních scénářů. Pro každou z oblastí se vzorovými daty bylo vytvořeno šest scénářů v různých letech. Pro každou oblast tedy vznikly dva scénáře zaměřené na predikci rozložení domácností, dva scénáře o predikci rozložení pracovních míst a dva scénáře o cenách nemovitostí. Výsledky ze scénářů se nachází na příloženém DVD a ve vázaných přílohách této diplomové práce.

Dalším výsledkem této diplomové práce je shrnutí dosud dosažených výsledků, které s programem UrbanSim vytvořil tým lidí z Českého vysokého učení technického z Fakulty architektury v Praze. Tento tým se jako první v České republice pokusil aplikovat UrbanSim v oblasti ORP Tábor. V práci je naznačeno, jakým způsobem by se jejich modelování v budoucnu dalo inspirovat i v jiných regionech České republiky.

## 9 DISKUZE

Tato diplomová práce je jedním z prvních pokusů o aplikaci programu UrbanSim v českém prostředí. Na samém začátku vzniku této práce byl předpoklad, že práce bude zaměřena na pokus o aplikaci programu v oblasti města Olomouc. V průběhu studování dostupné literatury a po konzultaci s Ing. arch. Jakubem Vorlem, PhD. z Fakulty architektury ČVUT v Praze bylo bohužel dle jeho osobních zkušeností z předchozích pokusů o aplikaci programu v českých podmínkách zjištěno, že i pro základní aplikaci programu UrbanSim je třeba velké množství času a týmu lidí skládajícího se z odborníků na statistiku, práci s databázemi a pokročilé programování v jazyce Python. Po diskusi s Dr. Vorlem a vedoucím práce bylo s ohledem na absenci značného množství datových sad zhodnoceno, že od původního záměru aplikace modelu ve zvoleném prostředí bude upuštěno. Jen tvorba a sběr potřebných dat, která navíc v některých případech ani neexistují by byla značně časově náročná a překročila by tak rozsah diplomové práce. Z tohoto důvodu byla data z ORP Olomouc využita pouze pro demonstraci importování dat do grafického prostředí programu UrbanSim a další analýzy byly zaměřeny na práci se vzorovými daty ze Spojených států amerických z oblastí Eugene-Springfield, San Antonio a Seattle.

Program UrbanSim obsahuje přes 30 různých přednastavených modelů možných k aplikování. Velké množství z nich (převážně modely zabývající se demografickými faktory jako je modelování porodnosti a úmrtnosti) je stále ve fázi testování, a proto bylo rozhodnuto zaměřit se pouze na modely zabývající se rozložením domácností, pracovních míst a modely předpovídající ceny pozemků. Tyto modely byly vybrány proto, že se jedná o základní modely, s kterými UrbanSim pracoval již v začátcích svého vývoje. Subjektivní výběr autorky této diplomové práce byl uplatňován i pro vytváření scénářů vývoje území. Pro každé simulované území byla nutnost nastavit počáteční a konečný rok simulace. Byly vybrány dvouleté intervaly, kdy počáteční rok simulace je vždy následujícím rokem, pro který jsou k dispozici vzorová data. Například v oblasti Eugene-Springfield dostupná vzorová data končí rokem 1980, a proto byl prvním rokem simulace rok 1981.

Pro možnou aplikaci modelu UrbanSim v České republice autorka spatřuje především tato východiska:

Je nutné zajistit potřebná socioekonomická data na úrovni menší než jsou základní sídelní jednotky, ideálně na úrovni jednotlivých budov. Z dat o domácnostech jsou nezbytné údaje o věku hlavy rodiny, počtu vozů ve vlastnictví domácnosti a příjmu domácností. Z ekonomických dat chybí údaje o pracovních místech, která jsou vykonávána v místě bydliště za každou ekonomickou činnost. Dále je třeba zhodnotit pravděpodobnosti přemístění domácností i pracovních míst v závislosti na charakteristikách domácností nebo na ekonomickém sektoru pracovního místa.

Jedním z dalších způsobů využití UrbanSim je modifikace skriptu PopSIM na jiná území České republiky. Pomocí skriptu by bylo možné předpovídat migraci obyvatelstva v rámci správního obvodu vybrané ORP. Skript využívá volně dostupná data z Registru sčítacích obvodů ČSÚ a data o stěhování obyvatel. K modifikaci skriptu je potřeba značné zkušenosti s prací v programovacím jazyku Python a zkušenost s interpretací statistických koeficientů. PopSIM k predikci využívá multinominální logitový model *Household Location Choice Model (HLCM)*, který na základě vstupních dat počítá pravděpodobnost, s kterou si agent (obyvatel) vybere obci k přestěhování. Tento model je velmi podobný dalším třem modelům, které UrbanSim využívá - *Employment Location Choice Model (ELCM)*, který počítá pravděpodobnost, s kterou se pracovní místo přemístí do stávající lokality. *Residential Development Project Location Choice Model (RDPLCM)* – který počítá pravděpodobnost, se kterou se projektanti rozhodnou postavit nové **obyvatelné** budovy na konkrétním místě. A poslední *Non Residential Development Project Location Choice Model (NRDPLCM)*, který je kopií předchozího, pouze se jedná o stavbu nových **neobytných** prostor. Po sběru potřebných dat o pracovních místech v případě ELCM a dat o využití území v případě RDPLCM a NRDPLCM by tedy mohl být skript modifikován i pro tyto predikce.

Implementace modelu UrbanSim je z části výzkumnou a z části aplikací již ověřených postupů. Z tohoto důvodu by bylo ideální spojit spolupráci akademické sféry s územně plánovacími pracovišti státní správy a vytvořit tým sestávající z expertů v oblastech územního plánování, demografie, statistiky, informatiky a dopravního inženýrství. Dle Studie Útvaru Hlavního m. Prahy (2010) ze zkušeností z evropských pracovišť vyplývá, že první interpretaci modelu lze vytvořit již za 5-10 měsíců. Je ovšem nutné vytvořit nové inovativní přístupy v oblasti získávání dat, která nejsou dostupná v malých měřítcích, dále vypořádat se s problémy s chybějící dokumentací o kalibraci a validaci modelu, ale především přizpůsobit model evropským datovým podmínkám.

## 10 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo otestovat možnosti využití programu UrbanSim pro modelování vývoje regionů v České republice. Program UrbanSim je open-source software vyvinutý v polovině 90. let na University of Washington za účelem vytvořit otevřený simulační systém, který by sloužil plánovacím agenturám metropolitních regionů ve Spojených státech amerických. UrbanSim modeluje interakci mezi domácnostmi, ekonomickými subjekty a veřejnou správou v prostředí trhu s nemovitostmi. Program byl v praxi nejvíce používán v regionech Spojených států amerických, jeho aplikace v Evropě byla značně ztížena především chybějící datovou infrastrukturou. Veškeré dosud zhotovené aplikace byly v Evropě prováděny jen na vědecké úrovni na univerzitních pracovištích. V České republice byl program testován pouze v rámci výzkumu na Fakultě architektury ČVUT v Praze. Tato diplomová práce je tedy první česky psanou prací, která se zabývá komplexně problematikou prostorového modelování pomocí programu UrbanSim a může sloužit jako česky psaný manuál o programu.

Součástí práce bylo podrobně popsat problematiku prostorového modelování a simulací v zahraničí i v České republice, včetně shrnutí nejdůležitějších softwarů zabývajících se podobnou tematikou jako program UrbanSim. Velký důraz byl kladen na popsání datové problematiky v České republice, která je velmi odlišná od datové struktury ve Spojených státech amerických. V praktické části práce bylo pracováno s grafickým rozhraním programu UrbanSim, ve kterém bylo pracováno s modely zabývajících se rozložením domácností, pracovních míst a s modely, které předpovídají cenu pozemků. Na vzorových datech ze Spojených států amerických bylo vytvořeno celkem 18 alternativních scénářů předpovídající rozložení domácností, pracovních míst a ceny nemovitostí ve třech oblastech Spojených států amerických. Závěrečná kapitola diplomové práce byla věnována shrnutí dosud dosažených výsledků, které s programem UrbanSim vytvořil tým lidí z Fakulty architektury ČVUT v Praze. V práci je naznačeno, jakým způsobem by se jejich modelováním dalo inspirovat i v jiných regionech České republiky.

## POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- 1) ABRAHAM, John. A review of the MEPLAN modelling framework from a perspective of urban economics. [online]. 1998 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.41.1128&rep=rep1&type=pdf>>.
- 2) Aimsun. [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.aimsun.com>>.
- 3) ARCADIA. CASA [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/research/current-projects/arcadia>>.
- 4) BATTY, Michael. *Urban Modelling: Algorithms, Calibrations, Predictions*. Cambridge: Cambridge University Press, 1976. ISBN 0 521 20811 4. Dostupné z: <<http://www.casa.ucl.ac.uk/urbanmodelling/UrbanModelling.pdf>>.
- 5) BURIAN, Jaroslav. *Implementace geoinformačních technologií do modelování geoinformačních procesů při strategickém plánování rozvoje měst*. Praha, 2011. Disertační práce. Univerzita Karlova v Praze.
- 6) COSMIC. CASA [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/research/current-projects/cosmic>>.
- 7) DRAM-EMPAL. *Puget Sound Regional Council* [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.psrc.org/data/models/dramempal/>>.
- 8) EUNOIA. CASA [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/research/current-projects/eunoia>>.
- 9) HBA Specto Incorporated. [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.hbaspecto.com/pecas/>>.
- 10) Institut plánování a rozvoje Hlavního města Prahy. [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.iprpraha.cz/cs/clanek/572/o-dopravnim-modelu>>.
- 11) MAIER, Karel a kolektiv autorů. *Udržitelný rozvoj území*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-4198-7.
- 12) MATSim. [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.matsim.org/impressum>>.
- 13) MOTRAN Research. [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.motran.info/>>.

- 14) PopSIM. *GIS ČVUT* [online]. 2011 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.gis.cvut.cz/software/2011/PopSIM/>>.
- 15) Registr sčítacích obvodů a budov. *Český statistický úřad* [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <[http://www.czso.cz/csu/rso.nsf/i/registr\\_scitacich\\_obvodu](http://www.czso.cz/csu/rso.nsf/i/registr_scitacich_obvodu)>.
- 16) SustainCity. [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.sustaincity.org>>.
- 17) ŠŤASTNÝ, Stanislav. *Hodnocení optimální využitelnosti území pomocí analytické nadstavby GIS*. Olomouc, 2012. Rigorózní práce. Univerzita Palackého.
- 18) TALISMAN. *CASA* [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.bartlett.ucl.ac.uk/casa/research/current-projects/talisman>>.
- 19) TRANUS. [online]. [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <[www.tranus.com](http://www.tranus.com)>.
- 20) URBANKA. [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.iri.cz/urbanka/>>.
- 21) Urban Planner. [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.urbanplanner.cz/>>.
- 22) UrbanSim. [online]. 2014 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://urbansim.org/>>.
- 23) VOREL, Jakub, Daniel FRANKE a Karel MAIER. Ústav prostorového plánování, Fakulta architektury ČVUT v Praze. *Studie možností realizace simulačního modelu územního rozvoje v podmínkách hl. m. Prahy*. Praha, 2010.
- 24) VOREL, Jakub. Ústav prostorového plánování, Fakulta architektury ČVUT v Praze. *Mikro-simulační model stěhování obyvatel mikro-regionu Tábor*. Praha, 2013.
- 25) VOREL, Jakub. 2014. Ústní sdělení
- 26) WADDELL, Paul. *Puget Sound UrbanSim Application* [online]. University of Washington, 2008 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <[http://www.psrc.org/assets/2830/CUSPA\\_UrbanSim\\_Doc.pdf](http://www.psrc.org/assets/2830/CUSPA_UrbanSim_Doc.pdf)>.
- 27) WEGENER, Michael. Overview of land-use transport models. [online]. 2013 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <[http://www.spatialcomplexity.info/files/2013/11/MW\\_Handbook\\_in\\_Transport.pdf](http://www.spatialcomplexity.info/files/2013/11/MW_Handbook_in_Transport.pdf)>.

## **SUMMARY**

**Title of the thesis:** Application of UrbanSim software for region development modeling

The aim of this thesis was to test the possibility of using the UrbanSim software for modeling the development of regions in the Czech Republic. Program UrbanSim is open source software developed in the mid 90s at the University of Washington in order to create an open simulation system that would serve the planning agencies of metropolitan regions in the United States. UrbanSim models the interaction between households, enterprises and public administrations in the real estate market environment. The program was used mostly in the regions of the United States of America, its application in Europe was considerably more difficult especially due to missing data infrastructure. All applications in Europe have been made only on the scientific level at universities. In the Czech Republic, the program was only tested in a survey of Faculty of Architecture of Czech Technical University in Prague. This thesis is the first work about UrbanSim software written in Czech language and can serve as the Czech written manual of the program.

One part of this thesis was to describe in detail the issue of spatial modeling and simulations abroad and in the Czech Republic, including a summary of the most important softwares dealing with similar topics as program UrbanSim. Important part was to describe data structure in the Czech Republic, which is very different from the data structure in the United States. In the practical part was worked with a graphical user interface of program UrbanSim where the models dealing with the distribution of households, jobs and models that predict the price of land were used. The sample data from the United States of America was used for creating the 18 alternative scenarios predicting the distribution of households, jobs and real estate prices in the three regions of the United States of America. The final chapter of the thesis was devoted to a summary of the results achieved so far by a team of people from the Faculty of Architecture, Czech Technical University in Prague. The thesis describes how their modeling could be inspiring for future modeling in other regions of the Czech Republic.

# **SEZNAM PŘÍLOH**

## **Vázané přílohy**

Příloha 1 Tabulka: Obce správního obvodu ORP Olomouc, které byly naimportovány do programu UrbanSim

Příloha 2 Tabulka: Budovy ve správním obvodu ORP Olomouc, které byly naimportovány do programu UrbanSim

Příloha 3 Mapa: Vývoj počtu automobilů v letech 2006 – 2009 v oblasti San Antonio

Příloha 4 Mapa: Vývoj ceny pozemků v letech 1981 – 1984 v oblasti Eugene-Springfield

Příloha 5 Mapa: Vývoj počtu pracovních míst v letech 1981 – 1984 v oblasti Eugene-Springfield

Příloha 6 Mapa: Vývoj počtu domácností v letech 2001 – 2004 v oblasti Seattlu

## **Volné přílohy**

Příloha 7 DVD



Obce ORP Olomouc, které byly naimportovány do programu UrbanSim **Příloha 1**

zone_name	zone_id	population	area	density
Samotíšky	547077	917	1,88922	485,39
Tovéf	552089	439	2,06715	212,37
Mrsklesy	554944	505	2,55062	197,99
Luběnice	552216	417	2,75302	151,47
Svésedlice	552429	174	3,02839	57,46
Olbramice	552259	198	3,06279	64,65
Bukovany	552402	378	3,15978	119,63
Dubčany	552071	226	3,44202	65,66
Suchonice	569771	190	3,44881	55,09
Bystrovany	547026	659	3,55448	185,40
Senice na Hané	505081	1796	3,82462	469,59
Hlušovice	552020	255	4,24147	60,12
Liboš	569003	571	4,29441	132,96
Ústín	552364	327	4,39648	74,38
Křčmaň	552437	465	4,98052	93,36
Loučany	552232	617	4,98109	123,87
Senička	552267	326	5,68187	57,38
Střeň	547018	542	5,71783	94,79
Daskabát	552445	586	5,81992	100,69
Kožušany-Tážaly	503304	789	6,27413	125,75
Blatec	500801	593	6,59965	89,85
Velký Újezd	505668	1047	6,79923	153,99
Přáslavice	552411	1284	7,26807	176,66
Slatinice	505111	1371	7,78993	176,00
Křelov-Břuchotín	554901	1213	7,89898	153,56
Skrbeň	552151	1027	7,91204	129,80
Bystročice	500879	560	8,0124	69,89
Slatinky	590011	392	8,0394	48,76
Doloplazy	568392	1150	8,04915	142,87
Lutín	503657	3241	8,18964	395,74
Charvátý	568872	737	8,87646	83,03
Velká Bystřice	505609	2873	9,20444	312,13
Majetín	503738	1009	9,51909	106,00
Štarnov	552011	576	9,87071	58,35
Olšany u Prostějova	589829	1412	11,0231	128,09
Náklo	504441	1354	11,4418	118,34
Hněvotín	502235	1105	11,7421	94,11
Horka nad Moravou	502545	2027	11,9473	169,66
Těšetice	505269	1178	12,467	94,49
Bohuovice	500852	2317	12,5962	183,94
Grygov	501841	1397	12,7256	109,78
Drahanovice	501751	1683	13,5466	124,24
Přikazy	505013	1163	13,9779	83,20
Dub nad Moravou	501794	1350	15,1996	88,82
Bělkovice-Lašťany	500526	1802	15,2975	117,80
Senice na Hané	505081	1796	15,4947	115,91
Věrovany	552119	1292	17,8621	72,33
Náměšť na Hané	504505	1866	18,6661	99,97
Velký Týnec	505650	2086	20,656	100,99
Dolany	501646	1775	23,7312	74,80
Tršice	505366	1529	25,0602	61,01
Štěpánov	505161	3275	26,9137	121,69
Olomouc	500496	104380	103,296	1010,49
Hlubočky	502146	4711	22,284	211,41

Budovy v ORP Olomouc, které byly naimportovány do programu UrbanSim **Příloha 2**

building_id	zone_name	zone_id
6350	Lutín	503657
6374	Lutín	503657
6402	Lutín	503657
6416	Daskabát	552445
6435	Velký Újezd	505668
6453	Olomouc	500496
6461	Olomouc	500496
6567	Olomouc	500496
6595	Daskabát	552445
6620	Lutín	503657
6661	Daskabát	552445
6685	Olomouc	500496
6698	Olomouc	500496
6724	Daskabát	552445
6740	Olomouc	500496
6776	Lutín	503657
6784	Lutín	503657
6796	Olomouc	500496
6802	Daskabát	552445
6814	Daskabát	552445
6818	Velký Újezd	505668
6848	Olomouc	500496
6872	Olomouc	500496
6885	Daskabát	552445
6900	Olomouc	500496
6902	Olomouc	500496
6904	Olomouc	500496
6909	Velký Újezd	505668
6913	Olomouc	500496
6931	Olomouc	500496
6934	Olomouc	500496
6977	Lutín	503657
7003	Olomouc	500496
7024	Lutín	503657

Pozn.: Ukázka byla zkrácena