



BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

IMS 07 URBANIZACE

IMS 07 URBANIZACE

INDIVIDUAL PROJECT

INDIVIDUÁLNÍ PROJEKT

AUTHOR

AUTOR PRÁCE

DANIEL PELÁNEK

BRNO 2025

Contents

1	Úvod	2
1.1	Podíl na práci a zdroje	2
1.2	Experimentální prostředí	2
2	Rozbor tématu a použitých metod/technologie	3
2.1	Postupy a zdůvodnění	3
2.2	Technologie	3
3	Koncepce modelu	4
4	Architektura simulačního modelu	5
4.1	Zpracování dat	5
4.2	Provedení simulace	6
5	Simulační experimenty	7
6	Shrnutí a závěr	9

Chapter 1

Úvod

V této práci je řešena implementace simulačního modelu urbanizace na základě buněčných automatů. Model slouží k simulaci růstu města v závislosti na různých geografických faktorech. Experimenty byly prováděny nad městem Brnem a jeho blízkým okolím. Výsledky simulace umožňují analyzovat, jak by se mohla městská zástavba šířit v čase a jaký vliv mají různé faktory.

Nemyslím si, že jsem byl extra úspěšný ve vytvoření přesného modelu urbanizace, ale tento projekt by mohl být velmi přínosný pro čtenáře, který chce pochopit problematiku nebo pro čtenáře, který chce programem získat dobré geografické data a jak s nimi pracovat.

1.1 Podíl na práci a zdroje

Na práci jsem pracoval samostatně. Pro zpracování dat jsem využil veřejně dostupné zdroje (OpenStreetMap, EU-DEM) a knihovny Pythonu (osmium, geopandas, rasterio, numpy). Také jsem se matně řídil modelem SLEUTH [?], který splňoval všechny moje předtím plánované funkce.

1.2 Experimentální prostředí

Model jsem ověřoval na datech pro oblast Brna. Experimenty jsem prováděl na mých datech s rozlišením 1000×1000 buněk. Validitu modelu jsem ověřoval porovnáním simulovaných a skutečných dat z let 2014–2025.

Chapter 2

Rozbor tématu a použitých metod/technologie

Model urbanizace je založen na buněčném automatu. Model má několik vstupních vrstev: budovy, silnice, sklon terénu(slope), možnost stavby, les. Vstupní data jsem získal z OSM (budovy, silnice, chráněná území, lesy), přesněji ze GEOFABRIK (<https://download.geofabrik.de/europe/czech-republic.html#>), kde jsou dostupná historická OSM data od roku 2014. Pro Digitální model terénu byl použit dataset EU-DEM, stažen ze stránky, která nabízí api na získávání převýšení (<https://www.gpxz.io/blog/eudem>). Pro rasterizaci a předzpracování dat jsem použil Python skripty.

2.1 Postupy a zdůvodnění

Model je inspirovaný modelem SLEUTH. Používá stejné vstupní data a také se kalibruje tím, že upravuje koeficienty modelu, provádí simulaci na historických datech a porovnává s reálným vývojem urbanizace.

2.2 Technologie

Na samotnou simulaci jsem napsal cpp kód. Je pro přenosnost a jednoduchost celý v jednom souboru. Pro extrakci dat z datasetů, zdrojových map a vizualizaci dat jsem použil Python s pomocí knihoven geopandas, matplotlib, osmium a dalších.

Chapter 3

Koncepce modelu

Konceptuální model vychází z předpokladu, že růst města je ovlivněn okolní zástavbou, vzdáleností od silnic, chráněnými územími, lesy a sklonem terénu. Každá buňka gridu má stav (zastavěná/nezastavěná) a její změna závisí na vstupních datech.

Další důležitá hypotéza modelu je, že se někdy vytváří nové osamělé osady na okrajích města.

Koncepce mi, ale nepřijde v tomto případě příliš důležitá. Je to prostě o získání dobrých zdrojových dat a efektivní extrakci dat z nich.

Chapter 4

Architektura simulačního modelu

Simulátor je rozdělen na dvě části: příprava dat (Python skripty v `extract_data/`) a vlastní simulace (`sleuth.cpp`).

4.1 Zpracování dat

Python skripty dostanou obdélník specifikovaný souřadnicemi a s pomocí přiložených zdrojových dat (mapy, převýšení) generují výslednou matici (data o n řádcích a n sloupcích s hodnotou 0 nebo 1) o specifikovaném rozlišení tak, že vzorkuje zpracované zdrojové data. V našem případě jsou nastavené na rozlišení 1000x1000 čtverečků/buněk.

budovy ('residential.py'), silnice ('roads.py'), chráněná území ('protected.py'), lesy ('forest.py'), sklon ('slope.py', 'slope_extract.py').

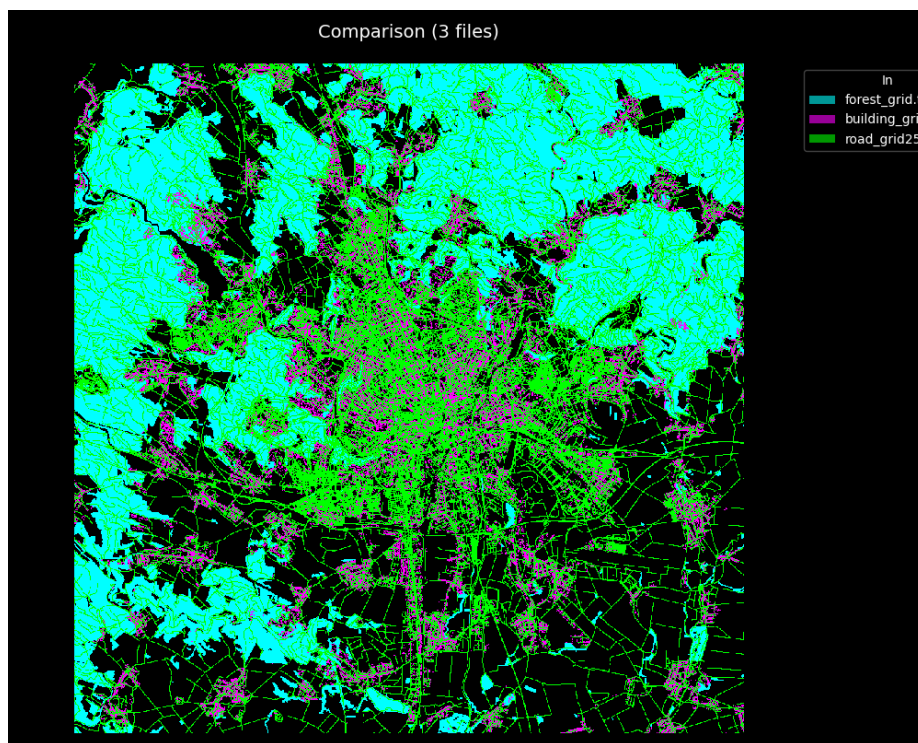


Figure 4.1: Kombinace některých matic do jedné

4.2 Provedení simulace

Simulace v C++ načte matice, provede iteraci podle pravidel a vypíše výslednou matici. Každá iterace také vytváří nové matice z matic cest a budov. V těchto maticích má každá buňka počet okolních budov, či silnic. Okolní znamená nějaký čtverec kolem buňky, v experimentech jsou to čtverce o straně 20.

Samotná simulace probíhá tak, že se prochází každá buňka a rozhoduje se, jestli se tam má postavit budova nebo ne. Rozhoduje se podle toho, jestli se tam vůbec dá vytvořit (voda, chráněné území, už je tam budova) a pak se skládají pravděpodobnosti, jestli se tam budova postaví. Skládají se z toho, jestli je na buňce les, kolik je v okolí dalších budov/cest, sklon terénu. Jak moc který působí, je dané koeficienty nabývajících hodnot 0 až 100:

- `coeff_diffusion` = 5; Kolik osad na mapě se vytvoří.
- `coeff_breed` = 15; Jestli se osada o něco zvětší.
- `coeff_spread` = 15; Dopad okolních budov na růst.
- `coeff_road` = 20; Dopad okolních cest na růst.
- `critical_slope` = 50; Dopad sklonu terénu na růst.

Za rovnítkem jsou jejich ručně nalezené ideální hodnoty.

Pro podobnost dvou map byla použita metoda Intersection over Union.

Chapter 5

Simulační experimenty

Součástí kódu je část, která automaticky hledá ideální parametry podle historických dat. Nestihl jsem ale model dostatečně vyladit natolik, aby toto fungovalo. Ideální parametry, podle podobnosti s reálným vývojem dat, byly nastaveny tak, že se změnilo jen tak 5 buněk na budovu. V historických datech se jich ale minimálně 100 za rok změnilo.

Proto jsem zkoušel parametry ručně a porovnával výsledky vzhledově přes vizualizační skripty.

Cílem experimentů bylo ověřit, jak model reaguje na různé parametry a vstupní vrstvy. Experimentoval jsem s různými hodnotami koeficientů růstu, vlivem chráněných území a sklonu terénu.

Experimenty pomohly nálezt mnoho chyb ve zpracování dat a nějaké v implementaci simulace.

Experiment od roku 2022 do 2025 a reálný růst od roku 2022 do roku 2025.

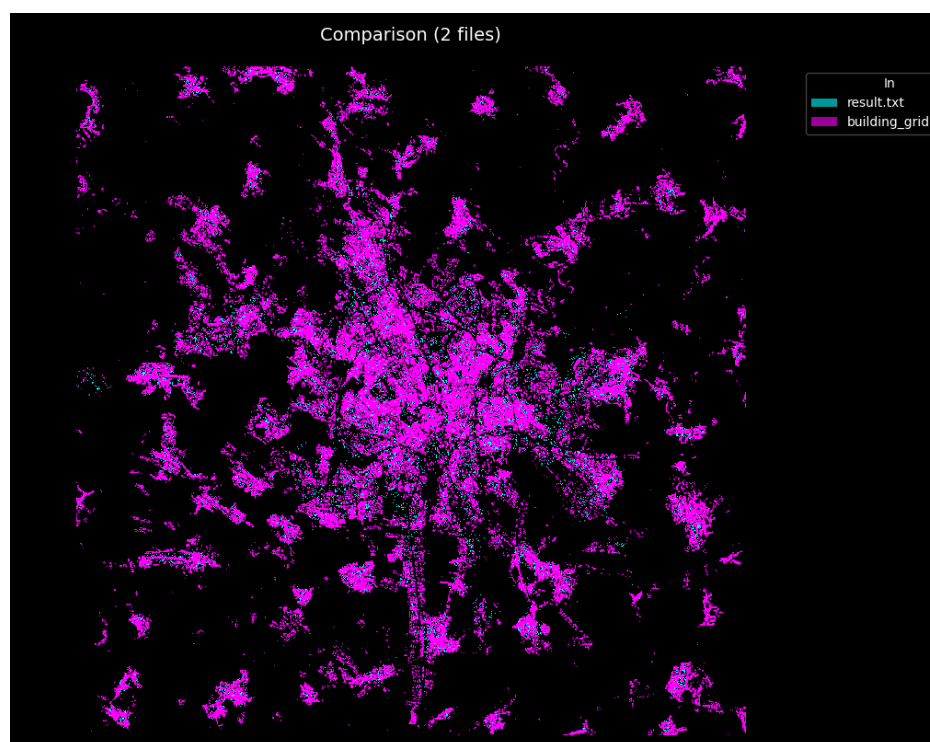


Figure 5.1: Experiment

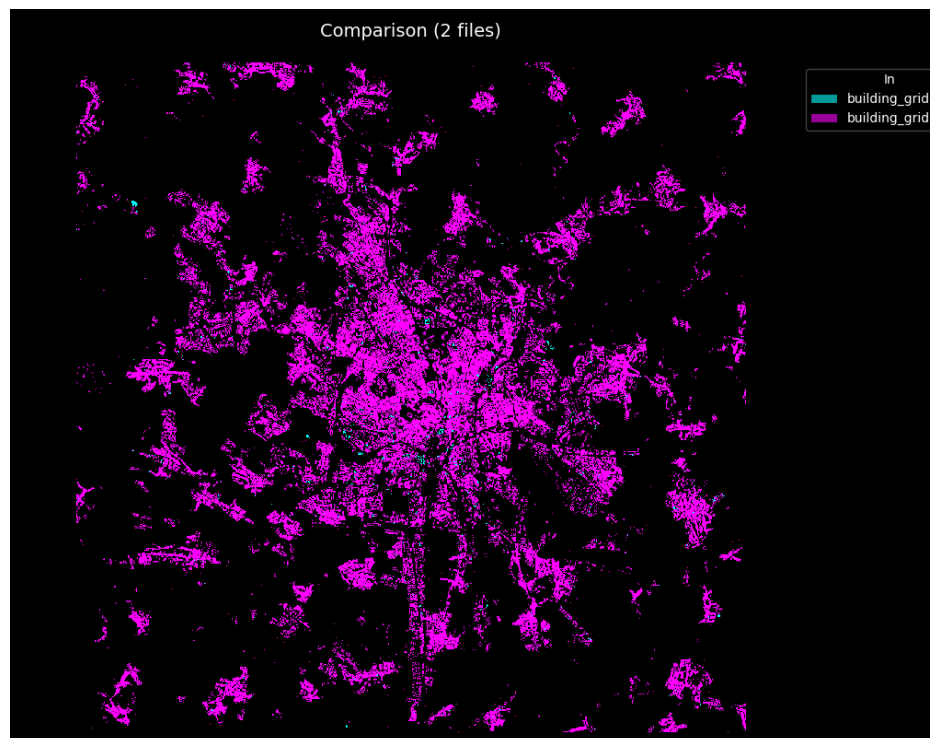


Figure 5.2: Reálný vývoj

Chapter 6

Shrnutí a závěr

Z výsledků experimentů vyplývá, že model na bázi buněčných automatů je vhodný pro simulaci urbanizace na úrovni města. Validita modelu byla ověřena porovnáním s reálnými daty. V rámci projektu vznikl nástroj, který umožňuje analyzovat vliv různých faktorů na růst města a může být dále rozšiřován o další vrstvy nebo pravidla.