

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta informačních technologií



Simulace produkce uhlíkové stopy v brně

9. prosince 2019

Aleš Tetur (xtetur01)

Šimon Matyáš (xmatya11)

Obsah

1 Úvod	4
1.1. Autoři	4
1.2. Ověření modelu	4
2 Shrnutí relevantních faktů, zdroje informací	5
2.1 Fakta	5
3 Konceptci metody, přístupu, modelu	6
3.1 Popis modelu	6
4 Architektura simulačního modelu/simulátoru	7
4.1 Třídy	7
5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh	8
5.1 Experiment 1	8
5.2 Experiment 2	9
5.3 Experiment 3	10
5.4 Experiment 4	11
5.5 Experiment 5	12
5.6. Závěr experimentů	12
6. Shrnutí simulačních experimentů a závěr	13
7. Zdroje	13

1. Úvod

Práce se zaměřuje na produkci uhlíkové stopy města Brna způsobená dopravou. Popisuje simulační[10, slide: 8] model[10, slide: 7] dopravy a experimenty s využitím hromadné dopravy. Výsledky simulací slouží ke zjištění vlivu využití Brněnské hromadné dopravy na uhlíkovou stopu v Brně. Účelem našich experimentů bude zjištění o kolik procent se dá snížit tvorba uhlíkové stopy, při zvýšení využití prostředků městské hromadné dopravy.

1.1. Autoři

Oba autoři Šimon Matyáš (xmatya11) i Aleš Tetur (xtetur01) se pohybují denně po Brně a často využívají Brněnské hromadné dopravy mají tedy zkušenosti se zaplněním vozů hromadné dopravy a aut, dále jsme se zeptali přátel bydlících v Brně pro zjištění průměrné vzdálenosti do práce.

1.2. Ověření modelu

Ověření jestli je model validní [10, slide: 37] jsme provedli pomocí porovnání výsledků experimentu s reálnými hodnotami uvedenými v kapitole 2.

2. Shrnutí relevantních faktů, zdroje informací

2.1 Fakta

Dle českého statistického úřadu v Brně bydlí 380 681 obyvatel[1].

Z toho jezdí[2]:

- 43% prostředky MHD
- 38% jede autem
- 18% chodí pěšky

V Brně jezdí tři typy hromadné dopravy a to tramvaje, trolejbusy a autobusy.

V roce 2018 měl Dopravní Podnik města Brna k dispozici[3]:

- 299 tramvají
- 142 trolejbusů
- 332 autobusů

Využití vozů hromadné dopravy[4]:

- tramvaje 54%
- trolejbusy 13%
- autobusy 33%

Průměrná kapacita[5]:

- tramvaj 162 cestujících
- trolejbus 112
- autobusů je kapacita 112.

Produkce uhlíkové stopy:[6]

- auta 144.1g/km
- tramvaj 35.1g/km
- trolejbus 35.1g/km
- autobus 104.7g/km

Průměrná délka trati hromadné dopravy je 10.59 km[7].

4. Architektura simulačního modelu/simulátoru

Model je implementován v jazyce c++ pomocí knihovny SIMLIB.

4.1 Třídy

Cestovatel - Kvůli délce simulace jsme museli počet osob v systému vydělit stovkou jeden cestovatel v systému tedy reprezentuje 100 reálných osob. Každý cestovatel se rozhodne jestli pojede hromadnou dopravou nebo se bude rozhodovat až na základě aktuálního počasí, pokud se bude rozhodovat podle počasí tak je pro něj vygenerována tolerance při které se rozhodne vyrazit do práce autem a kdy už využije hromadnou dopravu.

Pokud se rozhodne pro jízdu hromadnou dopravou, vybere si nejprve vozidlo a po nastoupení do MHD zabere místo a místo je zabrané až do jeho vystoupení. Délka zabraní místa je simulována exponenciálním rozložením[10,slide: 91] 40min (součet cesty do práce a zpět). Pokud není žádné volné místo dostupné tak se do systému přidá vozidlo hromadné dopravy.

NovýDen - Generuje cestovatele systému a začátku dne také generuje počasí na aktuální den.

Rok - Generuje nové dny.

5. Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Cílem experimentů je zjištění vlivu hromadné dopravy na produkci uhlíkové stopy města Brna. Experimenty simulují dobu jednoho roku a sledují údaje o počtu využitých vozů MHD a aut ze kterých nakonec vypočítají produkci uhlíkové stopy za simulovaný rok.

5.1 Experiment 1

Na prvním experimentu jsme se snažili simulovat reálné hodnoty.

Vstupy:

- Počet cestovatelů neovlivnitelným počasím: 57 %
- Délka simulace: 365 dní
- Počet cestovatelů: 3 800
- Koeficient zaplnění prostředků MHD: 20 %

Výstupy:

- Auto: 20 108 266
- Tramvaje: 82 125
- Trolejbus: 63 875
- Autobus: 111 325
- Cestujících: 110 960 000
- Uhlíková stopa na 365 dní: 349.489172 kt

Interpretace:

Z výsledků vidíme že se z vozů hromadné dopravy nejčastěji používají autobusy ikdyž dle statistik uvedených v kapitole 2 jezdí více cestovatelů tramvají. Je to způsobeno tím že kapacita autobusů je nižší než kapacita tramvají, je jich proto potřeba více. Výsledná nasimulovaná uhlíková stopa se liší od předpokládané aktuální hodnotě o 30,51 kt, což je 8,03%. Tato odchylka nám přišla dostačující, pro další postup v experimentování.

5.2 Experiment 2

Na druhý experiment jsme se snažili simulovat, jaká by byla změna v uhlíkové stopě, kdyby všichni lidé z Brna jezdili do práce a z práce pouze prostředky městské hromadné dopravy a to se stejným koeficientem zaplnění jako v reálné simulaci.

Vstupy:

- Počet cestovatelů neovlivnitelných počasím: 0 %
- Délka simulace: 365 dní
- Počet cestovatelů: 3800
- Koeficient zaplnění prostředků MHD: 20 %

Výstupy:

- Auto: 0
- Tramvaje: 85 775
- Trolejbus: 69 350
- Autobus: 118 625
- Cestujících: 110 960 000
- Uhlíková stopa na 365 dní: 1.891896 kt

Interpretace:

U tohoto experimentu pokles počet cest aut na 0, počet jízd tramvají se zvedl z 82 125 na 85 775, tj. o 3 650 jízd více. Zato u trolejbusů se změnil z 63 875 na 69 350, což je o 5 475 jízd více. U autobusů ze počet jízd zvedlo o 7 300.

Dále je z výsledků experimentu jasně vidět, že tvorba uhlíkové stopy by se zásadním způsobem zmenšila. Jde konkrétně o 99,45% snížení oproti dnešnímu stavu.

5.3 Experiment 3

V tomto experimentu jsme simulovali změnu uhlíkové stopy, při stejných podmínkách jako v Experimentu 2 s tím rozdílem, že koeficient zaplnění kapacity prostředků MHD je na 100%. To znamená, že všechny prostředky jezdí plné.

Vstupy:

- Počet cestovatelů neovlivnitelných počasím: 0 %
- Délka simulace: 365 dní
- Počet cestovatelů: 3800
- Koeficient zaplnění prostředků MHD: 100 %

Výstupy:

- Auto: 0
- Tramvaje: 17 155
- Trolejbus: 13 870
- Autobus: 23 725
- Cestujících: 110 960 000
- Uhlíková stopa na 365 dní: 0.378379 kt

Interpretace:

Z výsledku experimentu je vidět, že se počet jízd prostředků městské hromadné dopravy velmi snížil. A to konkrétně u tramvají o 68 620 jízd, u trolejbusů o 55 480 jízd a u autobusů o 94 900 jízd. Díky tomu se snížila uhlíková stopa o dalších 80% oproti předchozímu experimentu což je snížení o 99,89% oproti reálné situaci.

5.4 Experiment 4

Ve čtvrtém experimentu sledujeme produkci uhlíkové stopy pokud by všichni cestující jezdili po dobu celého roku do práce pouze autem.

Vstupy:

- Počet cestovatelů neovlivnitelných počasím: 101 %
- Délka simulace: 365 dní
- Počet cestovatelů: 3800
- Koeficient zaplnění prostředků MHD: 20 %

Výstupy:

- Auto: 73 973 333
- Tramvaje: 0
- Trolejbus: 0
- Autobus: 0
- Cestujících: 110 960 000
- Uhlíková stopa na 365 dní: 1 279.146874 kt

Interpretace:

Počet cest autem by vzrostl o 53 865 067 ročně a produkce uhlíkové stopy by se zvýšila na 366% reálné hodnoty.

5.5 Experiment 5

V posledním experimentu simulujeme případ s reálnými hodnotami ovšem s tím že vozidla MHD budou zcela zaplněna.

Vstupy:

- Počet cestovatelů neovlivnitelných počasím: 57 %
- Délka simulace: 365 dní
- Počet cestovatelů: 3800
- Koeficient zaplnění prostředků MHD: 100 %

Výstupy:

- Auto: 20 108 266
- Tramvaje: 16 425
- Trolejbus: 12 775
- Autobus: 22 265
- Cestujících: 110 960 000
- Uhlíková stopa na 365 dní: 348.067543 kt

Interpretace:

Oproti prvnímu experimentu se produkce uhlíkové stopy sníží o pouhé 0,4%. Počet potřebných vozů MHD by se ovšem snížil o 80%.

5.6. Závěr experimentů

Na provedených experimentech jsme simulovali 4 scénáře. Po analýze výsledků jsme se shodli na tom, že pokud by se zvýšilo využití městské hromadné dopravy na přepravu do práce a zpět domů, produkce uhlíkové stopy by se zásadním způsobem snížila.

6. Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Při experimentech vyšlo najevo, že automobilní doprava má zdaleka největší vliv v rámci produkce uhlíkové stopy v dopravě města Brna. Pokud by automobilní doprava byla zcela odstraněna došlo by ke snížení produkce uhlíkové stopy v dopravě o 99,45% bylo by potřeba zvýšit dostupné počty vozidel o pouhé 4.44%. Kdyby byla vozidla hromadné dopravy zaplněna na maximální kapacitu bylo by k dosažení zhruba stejného výsledku potřeba pouze 20% vozidel.

7. Zdroje

- [1] Počet obyvatel v obcích - k 1.1.2019 | ČSÚ. Český statistický úřad | ČSÚ [online]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-za0wri436p>
- [2] DATA.BRNO [online]. Copyright © [cit. 09.12.2019]. Dostupné z: <https://data.brno.cz/wp-content/uploads/2018/05/ZOSM-2018-CZ.pdf>
- [3] Početní stavy vozidel | Statistika | Vozový park | MHD Brno. MHD Brno [online]. Copyright © BMHD 2002 [cit. 09.12.2019]. Dostupné z: <https://www.bmhd.cz/evidence-dpmb/statistika/?co=stavy>
- [4] Dopravní Podnik města Brna[online]. Dostupné z: <https://www.dpmb.cz/cs/firma-vyrocní-zpravy>
- [5] Dopravní Podnik města Brna [online]. Dostupné z: <https://www.dpmb.cz/cs/vozidla>
- [6] Carbon Footprint Calculator [online]. Dostupné z: <https://calculator.carbonfootprint.com/calculator.aspx?tab=6>
- [7] [online]. Copyright © [cit. 09.12.2019]. Dostupné z: https://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/ORG/materialy-zmb/ZMB_Z7-33/MMB2017000001567.pdf
- [8] [online]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADkov%C3%A1_stopa#/media/Soubor:CO2_emissions_per_capita_2016_\(Our_World_in_Data\).svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%ADkov%C3%A1_stopa#/media/Soubor:CO2_emissions_per_capita_2016_(Our_World_in_Data).svg)
- [9] Jasna Flamiková: Brno schválilo Akční plán udržitelné energetiky a klimatu. To už ale nestačí - Deník Referendum. Deník Referendum [online]. Copyright © Vydavatelství Referendum s.r.o. 2019 [cit. 09.12.2019]. Dostupné z: <http://denikreferendum.cz/clanek/30244-brno-schvalilo-akcni-plan-udrzitelne-energetiky-a-klimatu-to-uz-ale-nestaci>
- [10] Petr Peringer, Martin Hrubý: Modelování a simulace.[Online][cit. 09.12.2019]. Dostupné z: <https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>