

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Modelování a simulace projekt - téma číslo 5
Svoz různých typů odpadů ve městě Praha

Petr Křehlík (xkrehl04)
Martin Klobušický (xklobu03)

8. prosince 2019

Obsah

1	Úvod	2
1.1	Zdroje faktů	2
1.2	Ověření validity	2
2	Fakta	2
3	Konceptuální model	4
4	Model	4
5	Simulace a experimenty	5
5.1	Simulace	5
5.2	Experimenty	5
5.3	Závěry experimentů	6
6	Závěr	7
7	Zdroje	8

1 Úvod

Odpadky jsou v dnešní době čím dále tím větší problém, protože jich je čím dál tím víc, a proto jsme se rozhodli simulovat a pokusit se zlepšit svoz a likvidaci odpadu konkrétně ve městě Praha. Na základě modelu a simulačních experimentů bude ukázáno chování systému. V aktuálních podmínkách a v situacích které můžou každou chvíli nastat. Smyslem experimentů je demonstrovat, že pokud by byl jeden z ovlivňujících faktorů svozu náhle zhoršen, jaké by to mělo důsledky na provoz města a ekologii. Správnost koncepce byla ověřena simulačním modelem.

1.1 Zdroje faktů

Autoři projektu jsou Petr Křehlík (xkrehl04) a Martin Klobušický (xklobu03), studenti 3. ročníku bakalářského studia na Fakultě informačních technologií VUT v Brně. Fakta byla získána z různých zdrojů na internetu jako například články a různé správy. Použili jsme taky Diplomovou práci s názvem "Studie složení a produkce domovních odpadů v ČR" kterou vypracoval pan Jakub Šmíd.

1.2 Ověření validity

Validita byla ověřena odbornými fakty, které jsme zjistili z dostupných zdrojů na internetu a ze simulace která se shodovala s dostupnými informacemi. Pomocí shody různých zdrojů a naší simulace jsme mohli prohlásit model za validní.

2 Fakta

Sběr odpadu v Praze se neřídí přesným časovým harmonogramem, protože je systém příliš velký a nebylo by možné zajisti dodržení přesného harmonogramu, a proto se popelářské vozy pohybují průběžně. Pro zjednodušení modelu, se nepracuje s kilogramy odpadu, ale s tunami, čemuž jsou samozřejmě přizpůsobeny časy v simulaci.

Časy přesunu z depa k dané čtvrti je vypočítán pomocí normálního rozdělení, kdy jsme použili průměrnou vzdálenost depa a městských čtvrtí, kterou jsme zjistili z Map Google, za jak dlouho je v Praze možné tuto vzdálenost zvládnout, a poté takovou odchylkou, aby se vozy dostaly jak do nejbližších čtvrtí tak do nejvzdálenější. Z toho nám vyšly hodnoty 30 minut s odchylkou 7, což dostatečně pokryje veškeré dojezdové vzdálenosti v Praze. Stejný postup jsme aplikovaly na cestu vozidla ke skládce, kde nám vyšly hodnoty 40 minut s odchylkou 10, pro odjezd k třídící stanici je to 30 minut s odchylkou 8.

Časové hodnoty, jak dlouho trvá přesun vozu od jednoho sběrného místa k druhému jsme zjistili přímým pozorováním podobného systému při sběru odpadu v Brně. Přesun vozu od jednoho sběrného místa k druhému trvá průměrně 1 minutu u komunálního odpadu a 3 minuty u tříděného odpadu. Jelikož model pracuje s tunami, tak jsou hodnoty přepočítány na vyhovující hodnoty, podle průměrné nosnosti kontejnerů, která je 168 Kg. Z toho vyplývá, že aby vozidlo naložilo jednu tunu, musí průměrně naložit odpad z 6 kontejnerů. Takže potřebný přesun pro naložení jedné tuny komunálního odpadu je 6 minut s odchylkou 0.2 a tříděného odpadu 18 minut s odchylkou 0.2.

Naložení kontejneru trvá v obou případech průměrně 1.5 minuty s odchylkou 0.3, tedy pro jednu

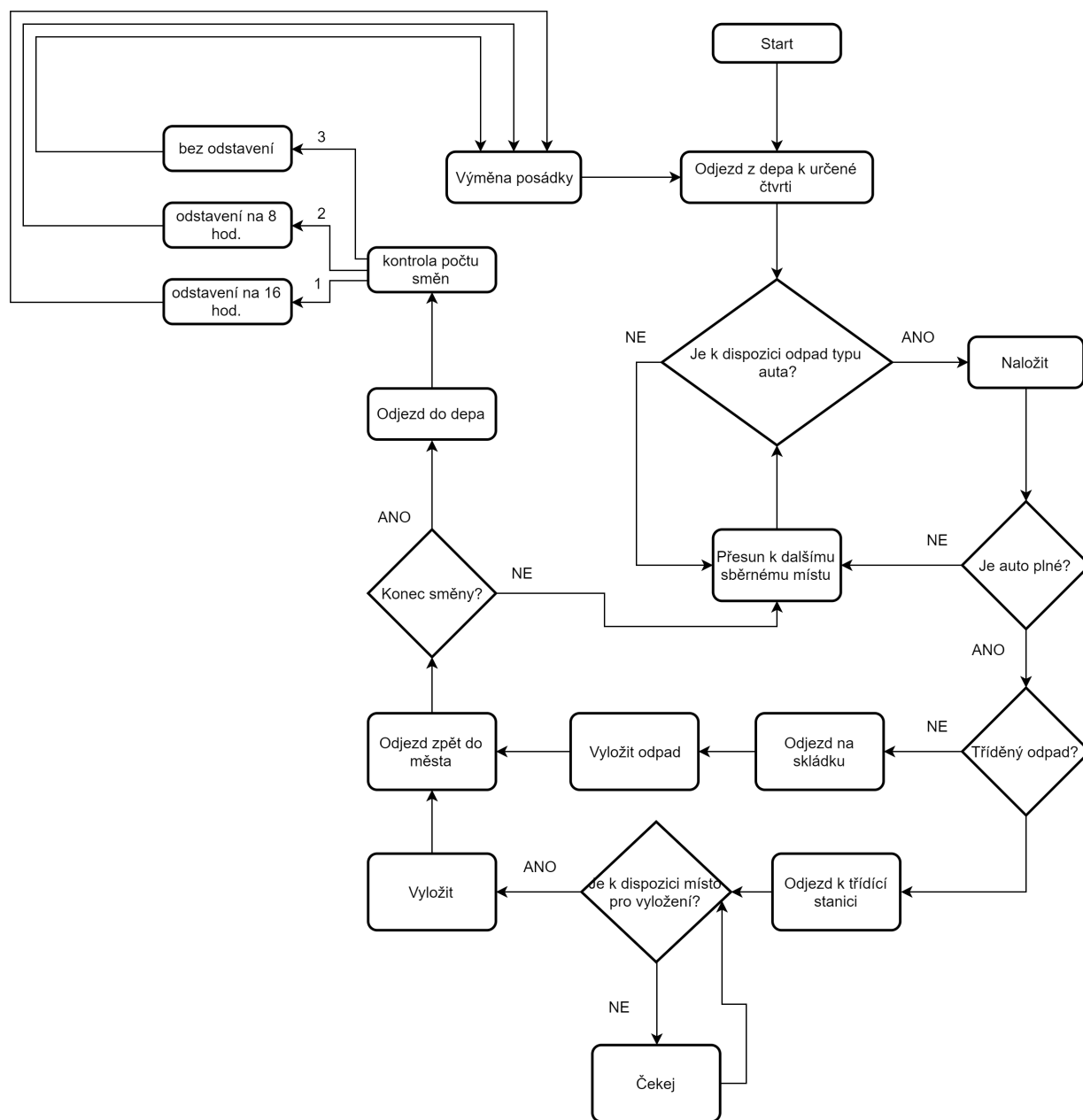
tunu 9 minut s odchylkou 0.3. Ostatní hodnoty jsou průměrem vůči vzdálenostem získaným z mapy.

Z zdrojů na internetu jsem zjistili, že v Praze je k dispozici 105 popelářských vozů, vyprodukuje se 314 726 tun odpadu za rok, což je 6052 tun za týden, z toho 260 600 tun není tříděno a 54 126 tun lidé vytrídí. Z toho vyplývá, že 17.2% veškerého odpadu lidé vytrídí. V Praze se tříděný odpad skládá z 41,5% papíru, 30,7% skla, 25,7% plastu a 2,1% ostatního tříditelného odpadu.

3 Konceptuální model

Nepodařilo se nám zjistit přesnou situaci a rozdělení aut v Praze a tak jsme auta dělili procenticky podle odpadu. Když je ale aut málo a nevytvoří se žádná auta na některý tříděný odpad pak se zjistí jestli jsou nějaká auta na komunální odpad a jestli ano tak se z auta na komunální odpad stane auto na konkrétní tříděný odpad.

Vývojový diagram průběhu životního cyklu auta představuje, jak se proces v modelu chová.



4 Model

Pro modelování jsme zvolili programovací jazyk C++ a pomoci knihovny SIMLIB. Projekt byl testován na serveru Merlin.

5 Simulace a experimenty

5.1 Simulace

Simulace probíhá na úseku jednoho týdne a přijímá tyto argumenty:

- -h ... Zobrazí nápovědu
- -o ... Počet odpadu na týden v tunách - volitelný argument - implicitně 6052
- -a ... Počet svozových aut - volitelný argument - implicitně 105
- -d ... Modifikátor dopravní situace - volitelný argument - implicitně 1 - ovlivňuje dopravní situaci, čím vyšší číslo tím větší zhoršení situace
- -s ... Nastavení vícesměnného provozu - volitelný argument - implicitně 3 - určuje počet směn na den

Příklady použití:

```
./xkrehl04_xklobu03 -o 1000 -a 20 -d 1.5 -s 2
```

```
./xkrehl04_xklobu03 -h
```

Pro překlad využijte přiložený makefile, který podporuje:

- make - Překlad projektu
- make run - Překlad a spuštění s reálnými hodnotami
- make clean - Vyčištění

5.2 Experimenty

1. experiment: Reálné hodnoty dle faktů

Vstup	Hodnota	Výstup	Hodnota
Počet odpadu	6052 t	Počet zbylého tříděného odpadu	0 t
Počet aut	105	Počet zbylého komunálního odpadu	0 t
Modifikátor dopravy	1	Byl odvezen všechen odpad?	ANO
Počet směn na den	3		

Simulace reálných hodnot dokazuje správnost simulace.

2. experiment: Zvýšení dopravy 3x

Vstup	Hodnota	Výstup	Hodnota
Počet odpadu	6052 t	Počet zbylého tříděného odpadu	84 t
Počet aut	105	Počet zbylého komunálního odpadu	0 t
Modifikátor dopravy	3	Byl odvezen všechen odpad?	NE
Počet směn na den	3		

Experiment zvýšení dopravy simuluje zvýšený problém s dopravou ve městě a vliv na svoz odpadu.

3. experiment: Zvýšení odpadků na 15000

Vstup	Hodnota	Výstup	Hodnota
Počet odpadu	15000 t	Počet zbylého tříděného odpadu	0 t
Počet aut	105	Počet zbylého komunálního odpadu	0 t
Modifikátor dopravy	1	Byl odvezen všechen odpad?	ANO
Počet směn na den	3		

Experiment simuluje nárůst produkce odpadu domácností a k jak velkému může dojít nárůstu, než se systém přehltí.

4. experiment: Kombinace všech faktorů

Vstup	Hodnota	Výstup	Hodnota
Počet odpadu	10000 t	Počet zbylého tříděného odpadu	346 t
Počet aut	105	Počet zbylého komunálního odpadu	0 t
Modifikátor dopravy	1.3	Byl odvezen všechen odpad?	NE
Počet směn na den	2		

Experiment simuluje nárůst obyvatel ve městě což má za vliv větší produkci odpadu a zvýšenou dopravu ve městě.

5.3 Závěry experimentů

Experimenty bylo zjištěno, že systém dokáže čelit nárůstu odpadu o zhruba 250% nebo 2x většímu nárůstu dopravy ve městě. Při dosažení hraničních hodnot je největší problém odvoz tříděného odpadu, kdy je třeba pro každý druh odpadu samostatné vozidlo.

Jako další experimenty navrhuji snížení počtu aut a směn, aby se zjistili jak moc lze ušetřit na provozu.

6 Závěr

Studii provedenou na našem modelu bylo jednoznačně prokázáno, že systém odvozu odpadu v Praze je navržený s dostatečně velkou rezervou. V rámci experimentů bylo zjištěno, že průměrné zatížení systému odvozu odpadu v Praze je 40%. Z experimentů vyplývá jednoznačné doporučení, aby byl provozovatel připraven na rozšíření vozů pro sběr tříděného odpadu.

7 Zdroje

- https://www.irozhlas.cz/zpravy-domov/praha-odpad-plasty-papir-sklo-za-rok-pocet-tun_1801161811_rez?
- <https://www.google.com/maps>
- <https://www.komwag.cz/>
- <https://www.psas.cz/>
- https://cs.wikipedia.org/wiki/Pra%C5%BESk%C3%A9_sl%C5%BEby
- <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/145293/>