

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta informačních technologií



Technická správa k projektu do predmetu IMS - Modelování a simulace

Zadanie: 4. Doprava zboží nebo osob

Autori: Ján Mochňak, xmochn00
Radovan Sroka, xsroka00

2. Decembra 2017

1.1. Autori práce	2
1.2. Overenie validity modelu	2
1.3. Zadanie projektu 4. “Doprava zboží nebo osob”	2
2. Rozbor témy a použitých metod/technologií	3
2.1. Použité postupy	9
3. Konceptia modelu	10
3.1. Konceptuálny model	10
3.2. Formy konceptuálneho modelu	11
4. Architektúra simulačného modelu	13
4.1. Prvky konceptuálneho modelu v simulačnom modeli	13
5. Podstata a priebeh simulačných experimentov	14
5.1. Postup experimentovania	14
5.2. Dokumentácia experimentov	15
5.2.1 Odobratie jednej koľaji	15
5.2.2 Pridanie jednej koľaji	16
5.2.3 Znižovanie počtu nástupíšť počas dennej špičky	17
5.2.4 Pripustnosť jednej koľaje	18
5.3. Závery experimentov	19
6. Zhrnutie simulačných experimentov a záver	20
Referencie	21

1. Úvod

Táto práca obsahuje simulačnú štúdiu, ktorá vznikla ako projekt do predmetu tretieho ročníka bakalárskeho štúdia - (IMS) Modelování a Simulace. Tento projekt sa zaoberá postupom vytvárania diskretného modelu[1](snímok 7) Hlavního nádraží v Brně a simuláciou[1](snímok 8) rôznych aspektov jeho správania. Pomocou vytvoreného modelu sme schopný simulovať dopady zmien vstupných podmienok na výsledné správanie tohoto modelu. Zmyslom projektu je ukázať na koľko je Hlavní nádraží[7] využité a kde sú limity a možnosti jeho rozšírenia.

1.1. Autori práce

Autormi tejto práce sú Radovan Sroka a Ján Mochňák.

1.2. Overenie validity modelu

Tento model sme postavili na čisto verejných dátach. Na overenie validity[1](snímok 37) modelu nám slúži obrovská množina dát. Tieto dáta pochádzajú z oficiálnych aj neoficiálnych webových stránok Českých dráh[6]. Validitu projektu sme testovali vzhľadom na štatistické údaje, ktoré sa vzťahujú väčšinou k celému dňu alebo ku konkrétnym hodinám daného dňa. Hodnoty vypočítané našim modelom sa zhodujú alebo sa reálne blížia k hodnotám reálneho modelovaného systému. Takže môžeme predpokladať, že reálny systém by sa pri rovnakých podmienkach choval rovnako alebo aspoň veľmi podobne ako náš model.

1.3. Zadanie projektu 4. “Doprava zboží nebo osob”

“Zvolte si problematiku v oblasti dopravy zboží (logistické firmy, distribuce, sklady) nebo osob (vlaková, automobilová, letecká, vodní, hromadná/individuální, elektromobily). Problematiku modelujte jako SHO. Experimenty zjist'ujte kritická místa a rizika ve své oblasti, možnosti rozvoje, ekonomické aspekty apod.”

Zadania pre akademický rok 2017/2018 sú dostupné na verejných stránkach predmetu[2].

2. Rozbor témy a použitých metod/technológií

Pre vytvorenie validného modelu vlakového nádraží v Brne bolo v prvom rade dôležité zistiť ako vlastne také nádraží funguje. Po dôslednom odsledovaní realnej prevádzky sme zistili niekoľko faktov.

Hlavní nádraží má celkovo 6 nástupišť.

- Nástupište č.1 pri ktorom je koľaj 1
- Nástupište č.2 pri ktorom je koľaj 2 a 3
- Nástupište č.3 pri ktorom je koľaj 4 a 5
- Nástupište č.4 pri ktorom je koľaj 6
- Nástupište č.5 pri ktorom je koľaj 5k a 9k
- Nástupište č.6 pri ktorom je koľaj 11k a 13k

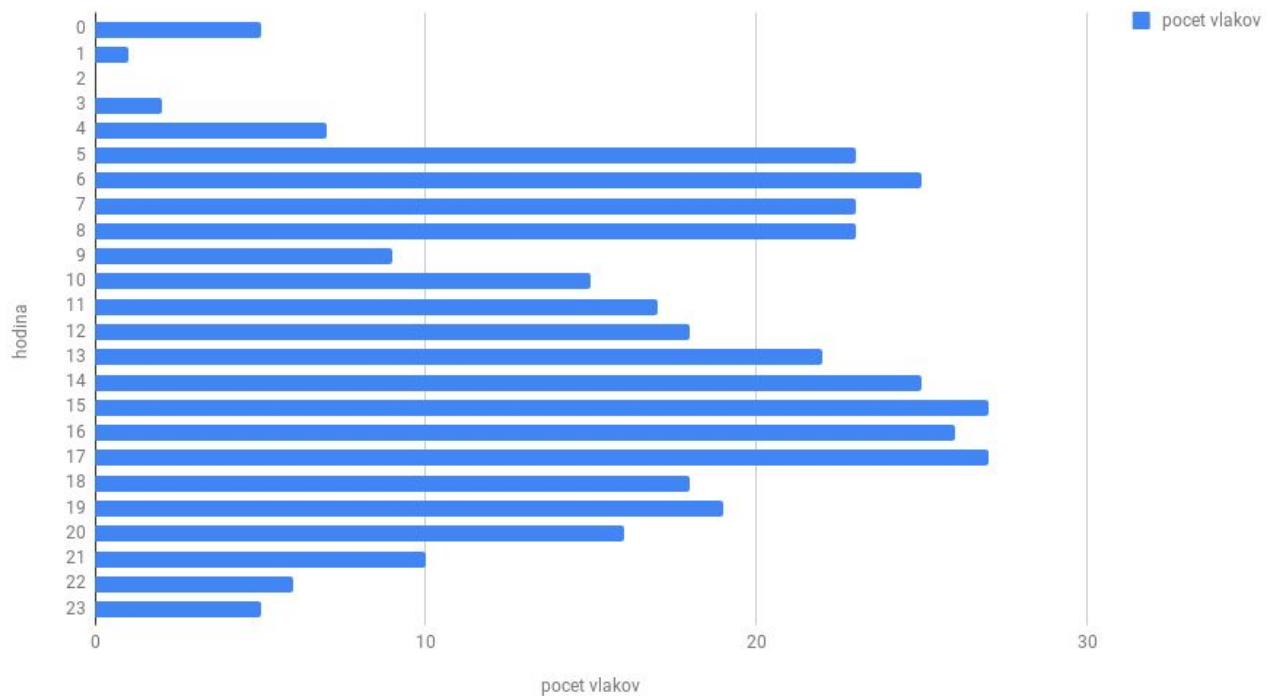
Celkovo je tak pre prevádzku osobných vlakov dostupných 10 koľají.

Na Hlavnom nádraží je presne 16 okienok v ktorých sa dajú kúpiť lístky. Ľudia začínajú prichádzať vcelku náhodne asi 30 minút pred príchodom vlaku. Okienka sú obsadzované podľa dĺžky fronty inak náhodne. Keď sa im podarí kúpiť lístok čakajú až príde vlak a nastúpia.

Vlaky prichádzajú počas dňa nepravidelne. Podľa rozloženia ktoré je vidieť na grafe:

Jedná sa predovšetkým o vlaky osobné.

Počet vypravených vlakov za hodinu



Z takéhoto grafu vieme vyčítať dosť veľa informácií. Tie budú obsiahnuté v nasledujúcej tabuľke[1].

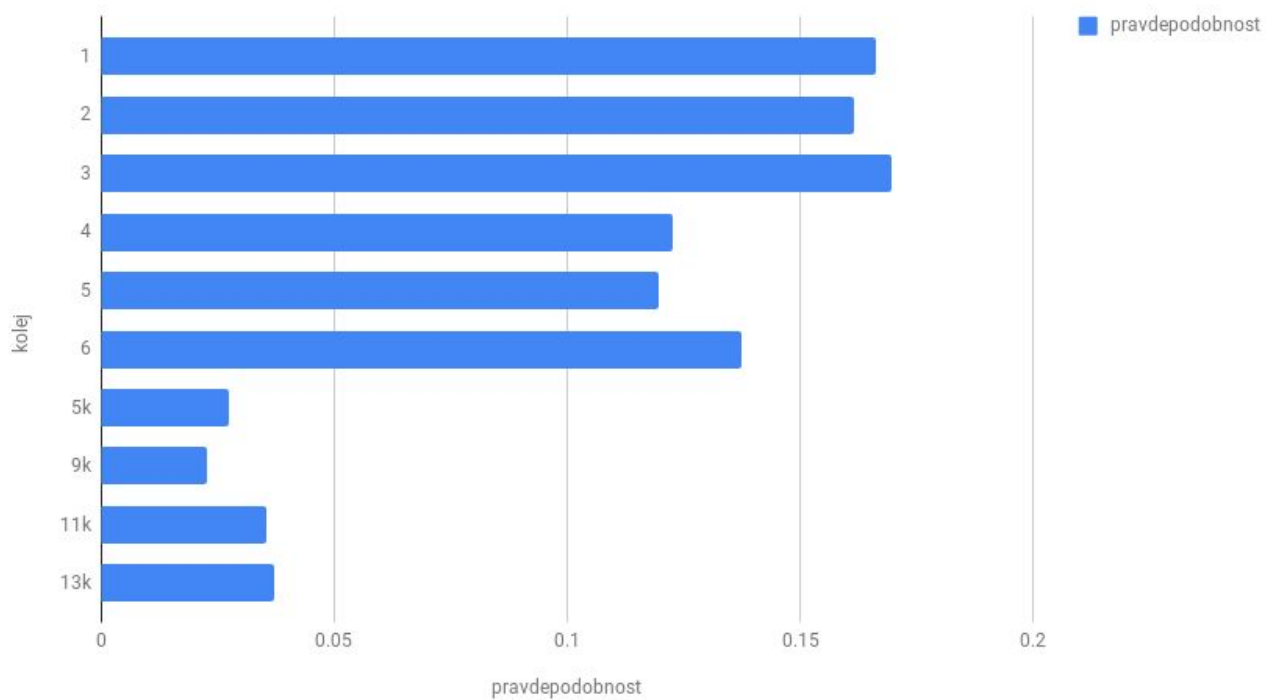
Od tejto charakteristiky sa dá odvodiť aj správanie ľudí. Ktorí prichádzajú práve aby stihli daný vlak.

Takže charakteristika je veľmi podobná.

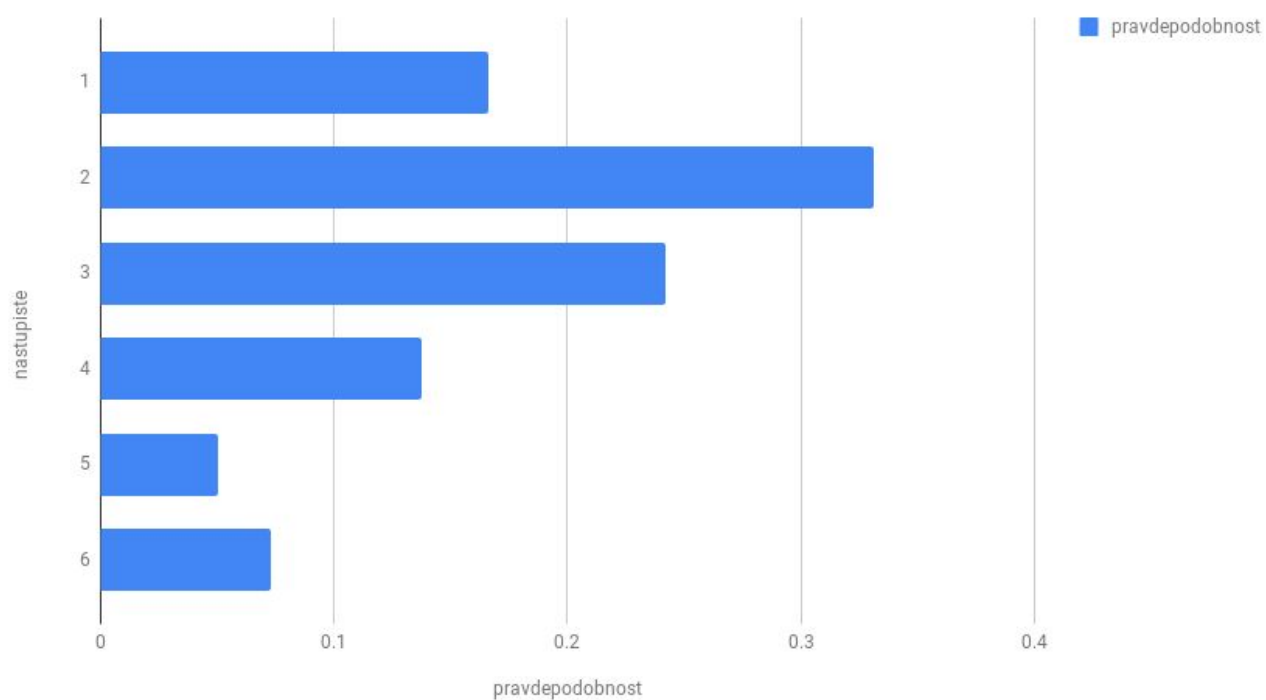
Podľa zdroja[8] vieme, že cez normálny pracovný deň prejde nádražím 475 nákladných aj osobných vlakov. Čo potvrdzuje našu už skôr zistenú hodnotu. Zaujímavé ale je ďalší údaj a to počet ľudí ktorí prejdú Hlavným nádražím denne čo je okolo 60000. Ak zanedbáme veľmi malé percento ľudí ktorí iba prechádzajú nádražím, tak tu máme asi 30000 ľudí ktorí pricestovali a 30000 ľudí ktorí odcestovali. Nás ale bude zaujíma iba časť ktorú treba odbaviť(tí čo pricestovali).

Obsadzovanie koľají vlakmi je celkom komplikovaná problematika. Z dlhodobej štatistiky vyplýva, že koľaje s nižším číslom sú obsadzované oveľa častejšie. Avšak tu nastáva problém toho, že existujú isté pravidlá a fyzické prekážky. Jedným z takýchto technických problémov je to, že nemusí existovať spôsob ako prepojiť danú koľaj pomocou výhybok na správny smer. Toto sme sa ale rozhodli ignorovať.

pravdepodobnosť obsadenia koleje



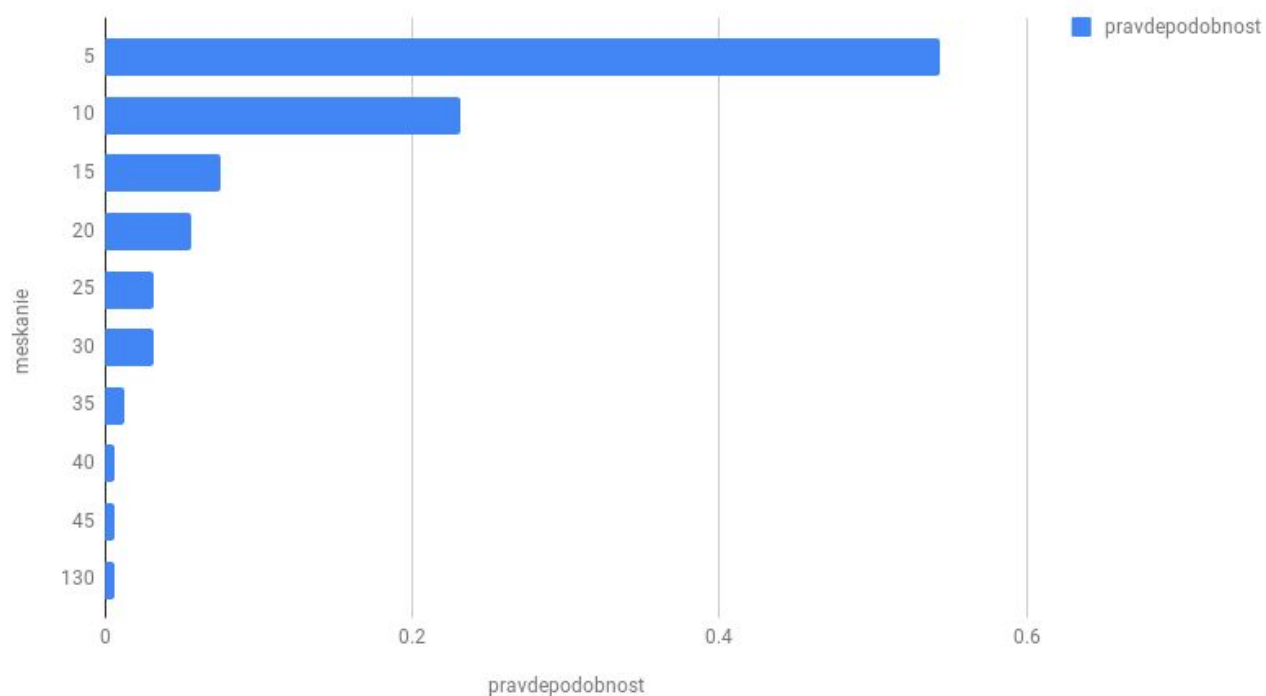
pravdepodobnosť obsadenia nástupištia



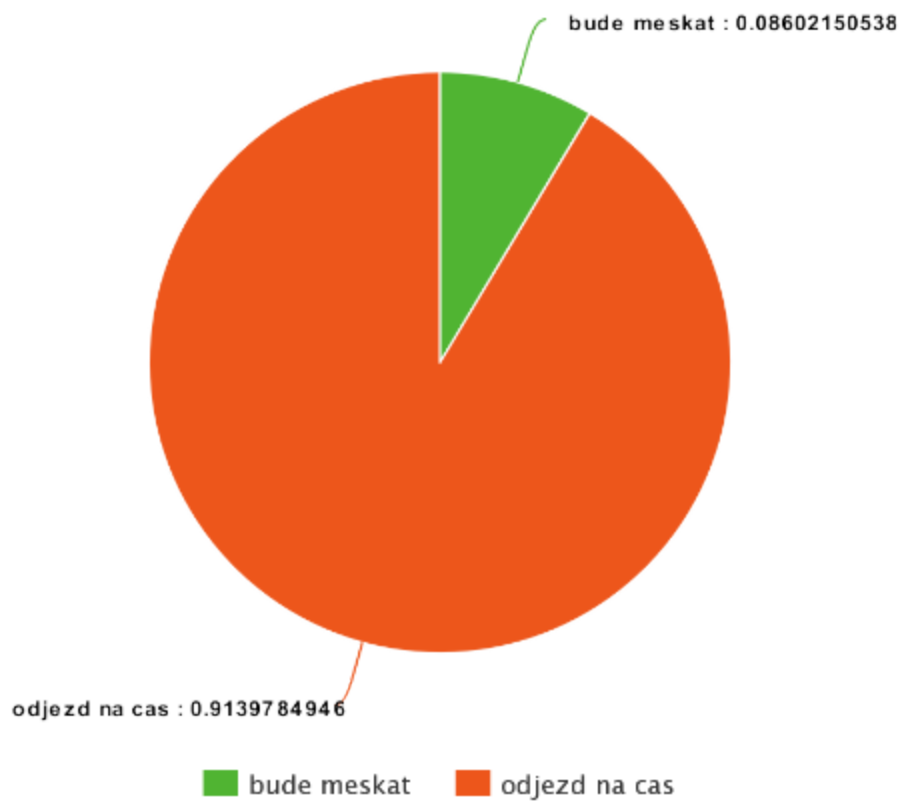
Ak sa na nádraží stane situácia že vlak nemá kam prísť tak čaká pred nádražím na “odstavnej koľaji”. To sa stáva predovšetkým v prípade kedy vlak meškajú a iný vlak mu medzitým obsadí koľaj. Ak je iná koľaj voľná tak ju použije. Ak nie tak tak čaká pred nádražím. Prichádzajúci rýchlik bude vždy uprednostnený v takejto situácii.

Meškanie vlakov je dané takýmto rozložením:

pravdepodobnosť daného meškania



Ale to či vlak vôbec mešká je ukázané na tomto koláčovom grafe.



meta-chart.com

Údaj	Hodnota
Počet osobných vlakov za deň	369
Počet vlakov za hodinu	15,35
Počet rýchlikov za deň	139
Počet odbavených ľudí denne	30000
Priemerný čas strávený na nástupišti	7,37 min
Stredná hodnota meškania	10.781
Pravdepodobnosť meškania	0.0860215
Pravdepodobnosť, že vlak pôjde na čas	0.924
Počet nástupíšť	6
Počet koľají	10

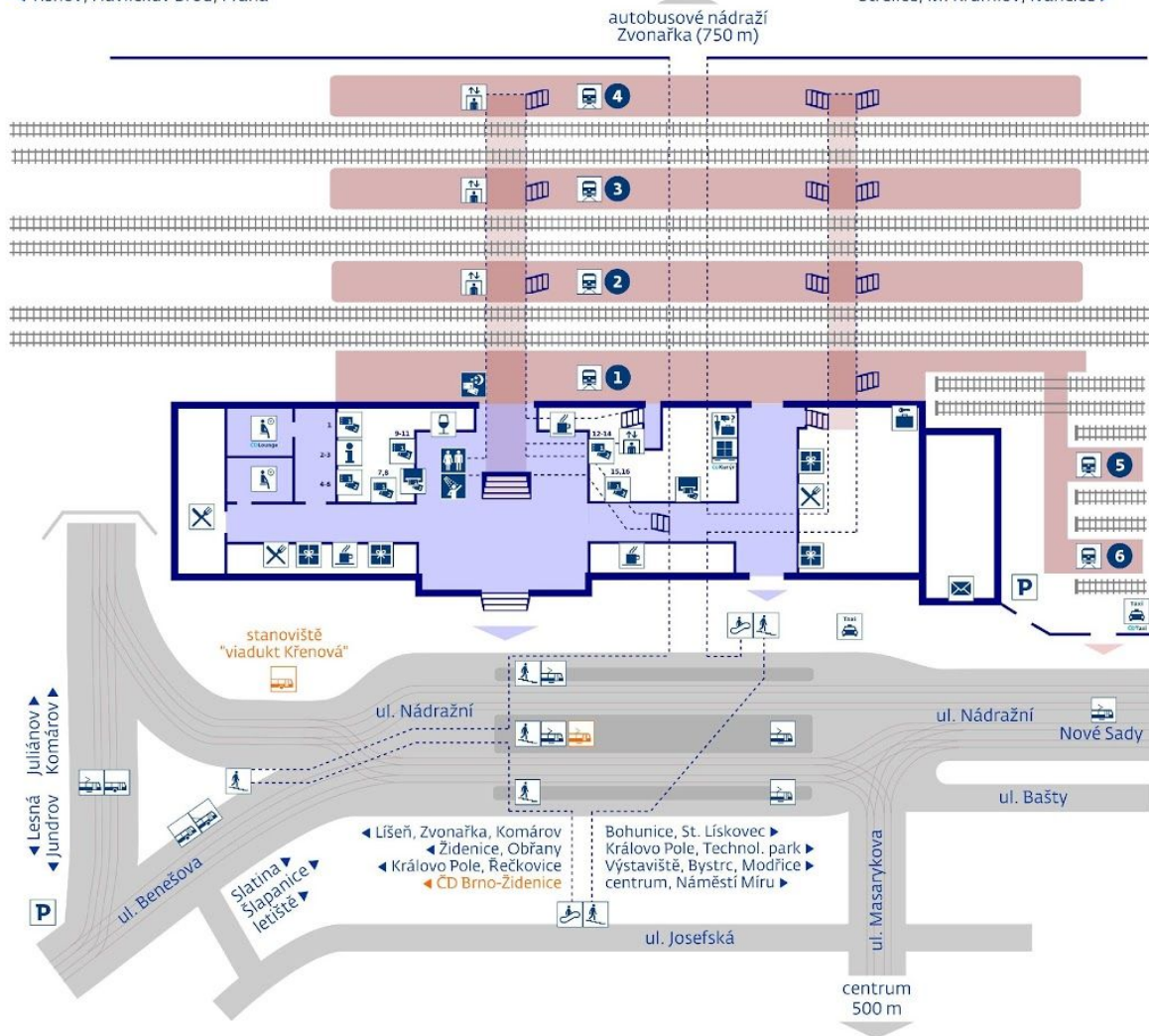
Tabuľka 1: Získané údaje

plánek železniční stanice

Brno hlavní nádraží

◀ Blansko, Česká Třebová, Praha
 ▶ Tišnov, Havlíčkův Brod, Praha

Křenovice hor.n., Vyškov n. M., Přerov ▶
 Slavkov u B., Kyjov, Veselí n/M ▶
 Břeclav, Bratislava, Wien ▶
 Střelice, Zastávka u B., Jihlava ▶
 Střelice, M. Krumlov, Ivančice ▶



Jízdenky a služby

vnitrostátní jízdenky
 mezinárodní jízdenky
 jízdenky SC
 jízdenky 1. třídy
 informace a služby
 průkazy na slevu
 pro imobilní cestující

Přepážky

4 - 16
 4 - 6
 1
 1
 2 - 3
 2 - 3
 1

zastávky MHD

autobus, tramvaj,
 trolejbus:
 Hlavní nádraží

**zastávky náhradní
 dopravy** v případě
 mimořádnosti



stav k 1. 9. 2015

České dráhy, Váš osobní dopravce

www.cd.cz 840 112 113



2.1. Použité postupy

Modelovaný systém vznikol, teda bol naprogramovaný v C++[9] a modelovaný pomocou knižnice SIMLIB[4]. SIMLIB bola zvolená vďaka jej vlastnostiam ktoré sú výhodné pre takéto zadanie. Na spracovanie a úpravu zložitých, virtuálnych strojov, ktorých samotná analýza, s cieľom získania štatistických výsledkov, trvá dlhú dobu, je SIMLIB prostriedkom, ktorý umožňuje simuláciu s potrebnými štatistikami bez nutnej zložitej analýzy. Samotná knižnica SIMLIB obsahuje množstvo tried a metód vhodných práve pre simuláciu a modelovanie systémov. Grafy sme vytvárali pomocou nástroja docs.google.com.

3. Koncepcia modelu

Cieľom tohoto projektu je modelovať[1](snímok 9) následne simulovať[1](snímok 9) model Hlavního nádraží v Brně. Tento model simuluje rôzne aspekty, ktoré sa odohrávajú počas obvyčajného pracovného dňa. Ako príchody a odchody ľudí a vlakov, či predaj lístkov. Taktiež popisuje procesy generovania vlakov a ľudí. Zameriava sa hlavne na obsadenosť a využívanosť nástupišť a optimalizáciu z toho naväzujúcich faktorov. Tento model zanedbáva fakt, že z danej koľaj sa nemusí dať pomocou výhybok prepojiť koľaj do správneho smeru. Všetky čakacie doby sú modelované podľa získaných dát a vhodných rozložení.

3.1. Konceptuálny model

Vstupom našej simulácie je sada premenných na ktorých náš model závisí.

V prvom rade sa jedná o veľkosť samotného nádraží. Takúto veľkosť určuje v prvom rade počet nástupíšť.

Počet ľudí, za deň, ktorí si cestujú a prídu si kúpiť lístok. Počet okienok kde sa lístok dá kúpiť.

Simulácia začína tak, že generátor vlakov sa spustí a začne generovať vlaky. Vlak je vždy vygenerovaný pol hodinu predtým ako by mal dôjsť na nádraží. Po vygenerovaní sa spúšťa ďalší generátor, ktorý generuje prichádzajúcich ľudí. Tento generátor je zastavený tesne pred tým ako vlak príde na nádraží. Keď vlak príde na nádraží stojí tam náhodnú dobu určenú z rozloženia, ktoré sme získali z dát. Vlak čaká kým cestujúci nastúpia a odchádza. Už počas vygenerovania cestujúceho sa určí kam vlastne chce ísť. Cestujúci nastúpi vždy do vlaku ktorý ho nepriamo vygeneroval.

Vlaky sú generované taktiež v intervaloch daných rozložením ktoré sme získali z dát. Vlaky môžu byť normálne osobné a rýchliky.

Vlaky obsadzujú koľaje tak, že najprv je vygenerované náhodné číslo ako hint. To generovanie čísla tiež odpovedá rozloženiu z dát. Ak je daná koľaj obsadená skúša prejsť všetky od nižších čísel po nižšie.

Ak nastane situácia, že všetky koľaje sú obsadené tak vlak sa radí na koniec fronty ktorá simuluje odstavnú koľaj. Táto fronta sa plní od zadu. Ak radiaci sa vlak je rýchlik tak je umiestnený do fronty do predu ako keby s prioritou. Po uvoľnení nejakej koľaje prvý vlak vo fronte obsadzuje túto koľaj.

Vlaky v tomto modele sú taktiež postihované meškaním. Meškanie môže byť v intervaloch od 5 do 45 minút a viac. Tabuľka pravdepodobností je daná rozložením z dát.

3.2. Formy konceptuálneho modelu

Abstraktný model zvozu odpadu je popísaný pomocou Petriho siete na obrázku dole:

4. Architektúra simulačného modelu

4.1. Prvky konceptuálneho modelu v simulačnom modeli

V implementácii modelu figurujú nasledovné entity. Bude uvedené o akú simlib triedu sa jedná.

1. Generátor vlakov

Typ Event.

Tento generátor generuje vlaky medzi príslušnými intervalmi. Tak tiež určuje typ vlaku normálny\rýchlik.

2. Vlak

Typ Process.

Tento proces popisuje správanie sa vlaku ako takého.

3. Generátor ľudí

Typ Event.

Tento generátor je spúšťaný pri vygenerovaní vlaku. Stará sa o to aby sa v v hale nádraží objavovali cestujúci. Tak isto rieši to aby cestujúci vedel na príchod ktorého vlaku má čakať.

4. Človek

Typ Process.

Tento proces rieši správanie sa človeka v hale Hlavného nádraží.

Zahŕňa to postavenie do najkratšej fronty, kúpa lístka a čakanie na vlak.

5. Koľaj

Typ Facility.

Je obsadzované vlakmi. Jednú koľaj smie naraz používať iba jeden vlak.

6. Okienko

Typ Facility.

Človek si tam vie kúpiť lístok. Môže používať len jeden človek súčasne.

5. Podstata a priebeh simulačných experimentov

5.1. Postup experimentovania

Naše experimenty vychádzajú z toho, že máme model, ktorý ma nejaké správanie. Tento model máme ako tak otestovaný a zvalidovaný. Tak skúsime tomu meniť vstupné parametre a budeme kontrolovať či sa výstupy zlepšili alebo zhoršili. Výstupy môžeme porovnávať s reálnym systémom alebo viacerými výstupmi zo simulácie.

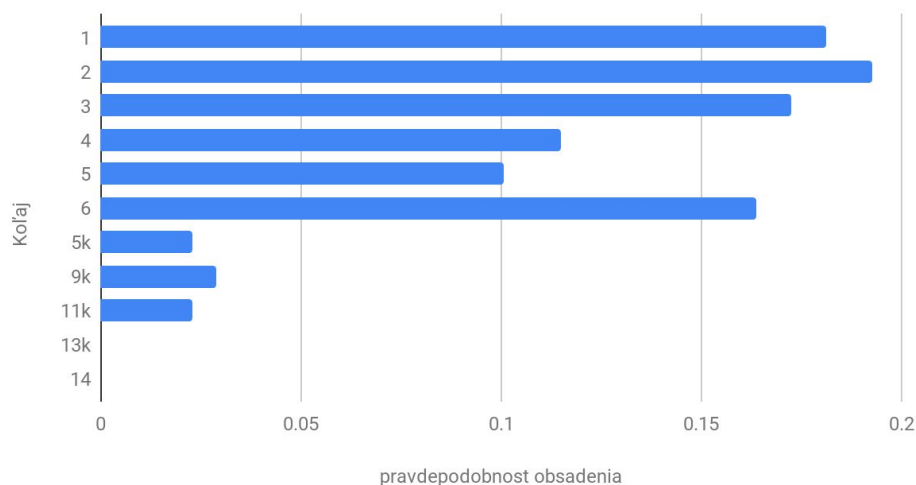
5.2. Dokumentácia experimentov

5.2.1 Odobratie jednej koľaj

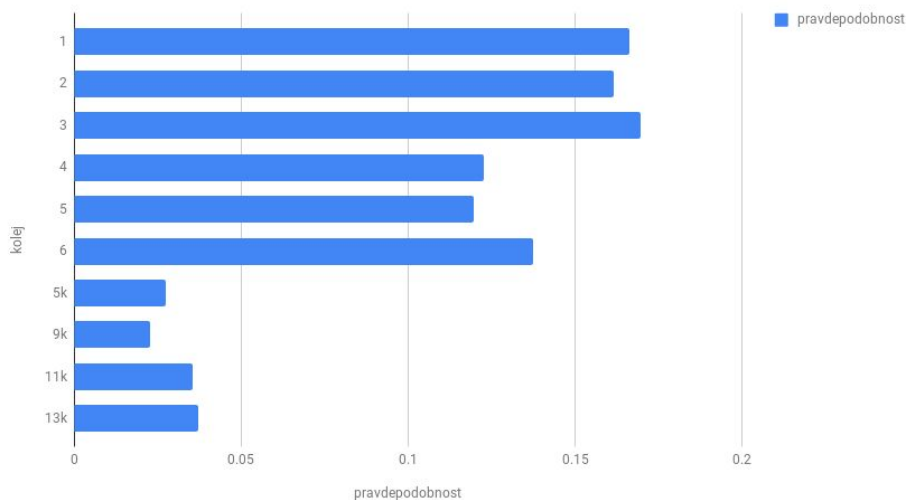
Experimentom chceme zistiť, aký vplyv má odstavenie jednej koľaj na charakter funkcie rozloženia pravdepodobnosti obsadenosti. Upravujeme konštantu, ktorá udáva počet koľají a sledujeme ich stav.

Experiment ukazuje, že odobratie koľaje, teda jej znepřístupnenie, nemení charakter funkcie rozloženia pravdepodobností obsadenia danej koľaje.

Experiment 1: Odobranie 13k koľaje



pravdepodobnosť obsadenia koleje



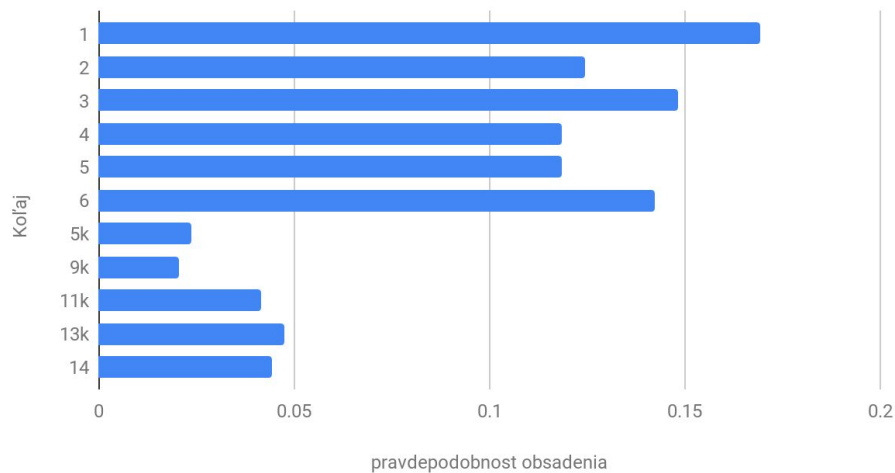
Na týchto dvoch grafoch vidíme, že po odobratí koľaje sa charakter funkcie obsadenosti nemení.

5.2.2 Pridanie ďalšej koľaj

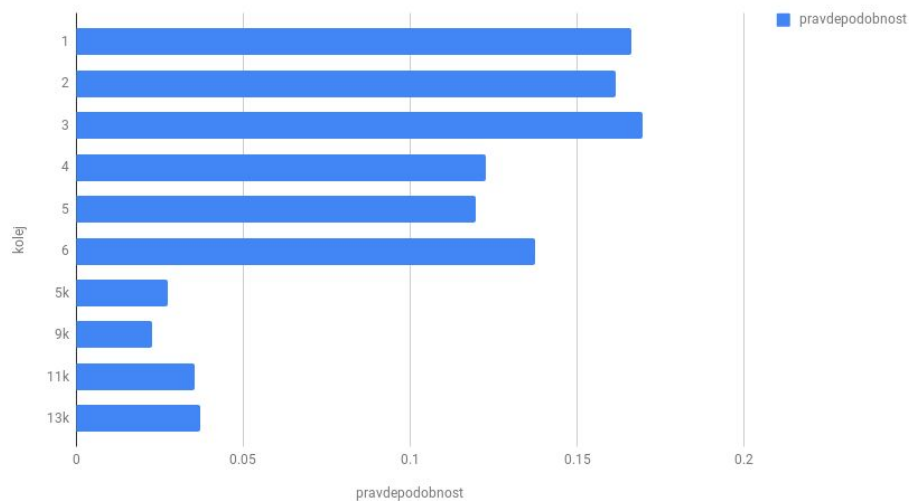
Obdobne ako v prvom experimente, tentokrát však chceme zistiť dopad pridania novej koľaje na zmenu funkcie rozloženia pravdepodobnosti obsadenia danej koľaje.

Pridaním ďalšej koľaje, by sme znížili obsadenosť na prvých nástupištiach, opäť, zmeny niesu veľmi razantné.

Experiment 2: Pridanie koľaje



pravdepodobnosť obsadenia koľaje

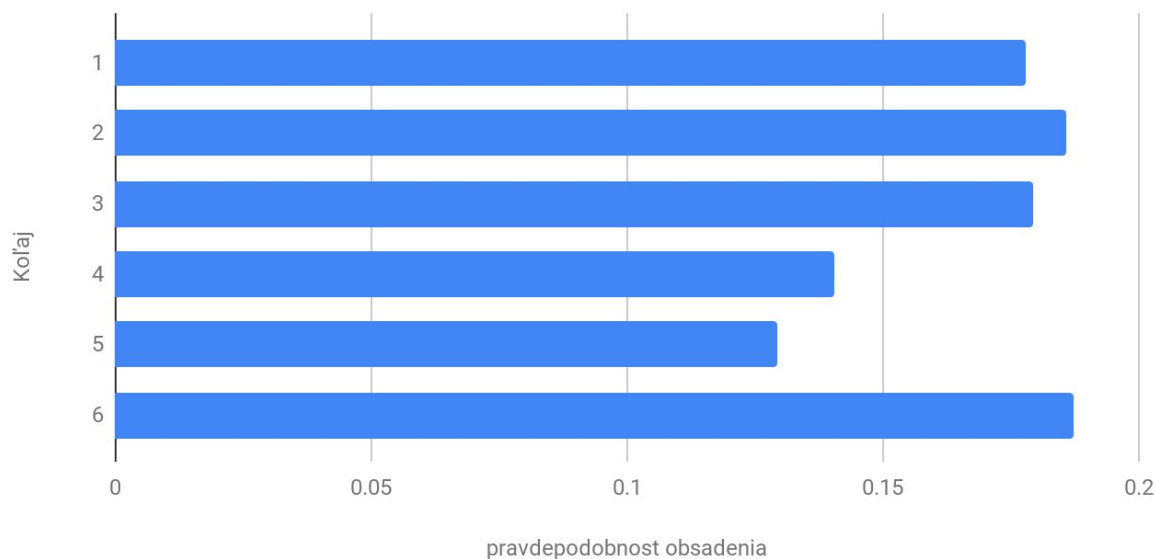


Na týchto dvoch grafoch vidíme, že po odobratí koľaje sa charakter funkcie obsadenosti nemení.

5.2.3 Znižovanie počtu nástupíšť počas dennej špičky

Počas dennej špičky je priemerný počet vlakov 27. Experimentom chceme sledovať, koľko nástupíšť by nám mohlo stačiť na plynulý chod vlakov, vlak by nemal blokovať iný vlak na jednej koľaji. Postupne sme znižovali počet koľají. Pri 5 koľajach sa začínajú vlaky blokovať. Môžeme teda usudzovať, že pri 6 aktívnych koľajach, by malo nádraží zvládať aktuálny cestovný poriadok. Zaujímavosťou je, že model sa choval inak, ak by sme nebrali do úvahy špičku, teda zvýšený počet vlakov za hodinu. V takomto prípade, by nám mali stačiť len 4 aktívne koľaje.

Experiment 3: Obsadenosť v špičke



5.2.4 Priepustnosť jednej koľaje

V tomto experimente sme sa rozhodli postupne znižovať konštantu ktorá udáva interval v ktorom by sa mali vlaky generovať. To znamená, že sa celkovo zníži počet vlakov.

Chceme nájsť hodnotu kde ktorá je optimálna. Použijeme algoritmus polenia intervalu.

Začíname na hodnote 30 vlakov za hodinu čo je hodnota v špičke.

30 -----> queue je preplnená až 680 vlakov v nej skončilo.

15 -----> queue je stále plná až 356 vlakov v nej skončilo.

7 -----> queue je stále plná až 170 vlakov v nej skončilo.

4 -----> queue je stále prázdna 0 vlakov v nej skončilo.

5 -----> queue je stále prázdna 20 vlakov v nej skončilo.

6 -----> queue je stále prázdna 59 vlakov v nej skončilo.

Takže sme nakoniec zistili že 4 jedná koľaj dokáže poňať 4 vlaky za hodinu aby vlak nemusel čakať v queue.

5.3. Závery experimentov

V experimentoch sa ukázalo a je vidieť, že tento sa model zhruba odpovedá očakávaniám a nenašli sme nič čo by nás prekvapilo. Tieto experimenty nám hlavne potvrdili, že niektoré aspekty nášho modelu sa tvária validne.

6. Zhrnutie simulačných experimentov a záver

V závere tohoto projektu by bolo treba zhodnotiť, že náš simulačný model nie je úplne vyladený ale charakteristiky odpovedajú reálnemu systému. Predpokladáme, že za simulačné odchýlky môže z veľkej časti málo dať a vyladenosť. Taktiež niekoľko zanedbaných faktov o reálnom systéme.

Referencie

- [1] PERINGER P. Slajdy k přednáškám modelování a simulace, Verze 15.9.2017 [online]. [cit. 2017-12-02].
Dostupné z: <https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/course-files-st.php/course/IMS-IT/lectures/IMS.pdf>
- [2] Stránka predmetu [online]. [cit. 2017-12-02].
Dostupné z: <http://perchta.fit.vutbr.cz:8000/vyuka-ims/24>
- [3] Petri net. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-12-02].
Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Petri_net
- [4] PERINGER P. SIMulation LIBrary for C++, 2011, [online]. [cit. 2017-12-02]
Dostupné z: <http://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>
- [5] České dráhy. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-[cit. 2017-12-02]
Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cesk%C3%A9_dr%C3%A1hy
- [6] České dráhy. [online] [cit. 2017-12-02]
Dostupné z: <https://www.cd.cz>
- [7] Brno hlavní nádraží. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-12-02].
Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Brno_hlavn%C3%AD_n%C3%A1dra%C5%BE%C3%AD
- [8] Dostupné z:
https://brno.idnes.cz/hlavni-nadrazi-v-brne-neni-nafukovaci-nektere-vlaky-proti-konci-v-zidenicich-1-vy-/brno-zpravy.aspx?c=A101214_1498652_brno-zpravy_bor
- [9] C++ In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-[cit. 2017-12-02].
Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>