

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Bc. Ekaterina Koshkina

**Simulace provozu segway v Praze**

Diplomová práce

**2016**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní  
děk a n  
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K617 ..... Ústav logistiky a managementu dopravy

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Ekaterina Koshkina**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – LO – Logistika, technologie a management dopravy**

Název tématu (česky): **Simulace provozu segwayů v Praze**

Název tématu (anglicky): The Simulation of Segway Operation in Prague

### Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Systém provozu dopravních prostředků segway v Praze
- Analýza legislativy provozu segway v ČR/Praze
- Zkušenosti a informace o provozování segway dopravy v jiných metropolích Evropy/světa
- Analýza zatížení městských komunikací historického jádra provozováním segway
- Průzkum názorů veřejnosti na provozování segway dopravy v historickém centru města
- Výhody/nevýhody segway dopravy, rizikové faktory
- Návrh na zlepšení provozu segwayů
- Možnosti simulace provozu
- Vyhodnocení experimentů a možnosti využití v praxi

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Jablonský, J. Modely operačního výzkumu. 3. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 2002

Volek, J. Teorie grafů - aplikace v dopravě a veřejné správě. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Josef Volek, CSc.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2015**

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **1. června 2016**

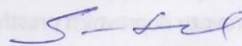
- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
- b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph.D.

vedoucí

Ústavu logistiky a managementu dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.

děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.



Bc. Ekaterina Koshkina

jméno a podpis studenta

V Praze dne .....30. června 2015

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu práce doc. Ing. Josefu Volkovi, CSc. za cenné rady a vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce.

## **Prohlášení**

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 30. května 2016



.....

Podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

SIMULACE PROVOZU SEGWAY V PRAZE

Diplomová práce

Červen 2016

Bc. Ekaterina Koshkina

#### ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce „Simulace provozu segway v Praze“ je studie současného stavu provozování osobních přepravníků v České republice a jiných zemích světa. Odborná práce se zabývá analýzou legislativy, návrhem nových tras a simulací provozu osobních přepravníků.

#### ABSTRACT

The subject of the master thesis „The simulation of segway operation in Prague“ is a study of the current situation of operation of personal transporters in Czech Republic and other countries. The work deals with analysis of legislation, designing new routes and traffic simulation.

#### KLÍČOVÁ SLOVA

Segway, simulace, teorie hromadné obsluhy, Kendallova klasifikace, Matlab, Simulink, Simevents, cost benefit analýza, model.

#### KEY WORDS

Segway, simulation, Queueing Theory, Kendall's Notation, Matlab, Simulink, Simevents, cost benefit analysis, model.

## Obsah

Úvod .....	9
1 Segway .....	11
1.1 Historie Segway .....	11
1.2 Technické parametry segway .....	12
1.3 Použití .....	14
1.4 Modely segway .....	14
2 Teorie hromadné obsluhy .....	17
2.1 Historie .....	17
2.2 Simulační metody .....	18
2.3 Metoda Monte Carlo .....	19
2.4 Pojmy v SHO .....	20
2.5 Kendallova klasifikace .....	25
2.6 Klasifikace systému hromadné obsluhy .....	26
2.7 Charakteristiky efektivity systému hromadné obsluhy .....	27
2.8 Optimalizace nákladů systému hromadné obsluhy .....	27
2.9 Maximalizace zisku systému hromadné obsluhy .....	29
3 Systém provozu segway v hlavním městě ČR Praze .....	31
4 Analýza legislativy provozu segway v ČR .....	35
5 Zkušenosti a informace o provozování segway dopravy v jiných metropolích světa .....	39
6 Průzkum názorů veřejnosti na provozování segway dopravy v centru města .....	42
7 Výhody/nevýhody segway dopravy, rizikové faktory .....	44
8 Analýza zatížení městských komunikací historického jádra provozováním segway .....	47
8.1 PragueOnSegway.com .....	47
8.2 Segway Experience, s. r. o. ....	48
8.3 PSH RENT, s. r. o. ....	49
8.4 Prague Segway Tours .....	50

8.5	SG Point .....	51
8.6	Analýza zatížení .....	52
8.7	Navržení tras .....	53
9	Návrh na zlepšení provozu segway .....	57
10	Možnosti simulace provozu .....	59
10.1	Formulace úlohy .....	59
10.2	Použité nástroje .....	59
10.3	Charakteristiky systému $D, U/D/10/\infty/P - FIFO$ .....	60
10.4	Modelování .....	61
10.5	Podsystem zdroj požadavků .....	61
10.6	Podsystem fronta .....	63
10.7	Podsystem kanál obsluhy .....	64
10.8	Podsystem přijímač požadavků .....	64
10.9	Menu .....	65
11	Vyhodnocení experimentů a možnosti využití v praxi .....	66
11.1	Analýza modelu .....	66
11.2	Cost benefit analýza .....	70
	Závěr .....	73
	Použitá literatura .....	76
	Seznam obrázků .....	79
	Seznam tabulek .....	81
	Seznam příloh .....	82
	Příloha A .....	83
	Příloha B .....	85
	Příloha C .....	87
	Příloha D .....	88

## **SEZNÁM POUŽITÝCH ZKRATEK:**

ČR – Česká republika

HP – Horsepower (koňská síla)

PT – Personal Transporter

SHO – systém hromadné obsluhy

SPZ – státní poznávací značka

THO – teorie hromadné obsluhy



## Úvod

Prohlídky na segway jsou populární atrakcí pro turisty v historickém centru města. Nicméně provoz osobních přepravníků zatěžuje úzké a přeplněné ulice Prahy a chodci se obávají střetů se segway. Aktuální problém se řeší na úrovni státu, který se snaží provoz osobních přepravníků regulovat.

Cílem diplomové práce je navržení zlepšení provozu segway v centru Prahy tak, aby chodci a uživatelé osobních přepravníků byli v bezpečí a zároveň aby nedocházelo k výraznému zatížení provozovatelů osobních přepravníků.

Pro tyto účely byla provedena analýza současné situace provozu segway v Praze a legislativy provozu segway v České republice. Na základě informací o provozování segway v jiných městech světa, analýzy zatížení městských komunikací historického jádra provozem segway a průzkumu názorů veřejnosti byly navrženy možnosti zlepšení provozu segway v Praze. Pro zpracování současné situace byly použity mapové podklady, které umožnily znázornit současnou situaci provozu segway, najít nejvíce zatížené úseky a označit problematická místa.

Práce se zabývá simulací provozu osobních přepravníků v prostředí Matlab a vyhodnocuje tyto simulované experimenty. Pro simulaci provozu segway byly použity metody teorie hromadné obsluhy, které umožnily simulovat příchody zákazníků, jejich odmítnutí, čekací fronty a výstup jednotek. V práci s ohledem na obsáhlou problematiku teorie hromadné obsluhy byla pozornost zaměřena na pojmy a metody, které byly použity při simulaci provozu.

Cílem diplomové práce je určit variantu provozu, která by vyhovovala chodcům i provozovatelům. Pro tyto účely bylo provedeno dotazování obyvatel města Prahy a byly zjištěny problémy provozu segway. Pomocí simulace bylo zjištěno, jak funguje podnikání v této oblasti.

Aktuálnost diplomové práce spočívá v navržení prostředí, které může být použito provozovateli segway pro zhodnocení toku zákazníků a popřípadě ke změnám doby obsluhy, počtu linek či dalších ukazatelů tak, aby bylo dosaženo nejlepších ekonomických výsledků.

Struktura práce je podmíněna předmětem, účelem a cílem odborné práce. Skládá se z úvodu, teoretické části, praktické části a závěru. V úvodu jsou popsány cíle práce, aktuálnost a metody výzkumu. Teoretická část je rozdělena na dvě podkapitoly. První seznamuje s pojmem segway, popisuje historii a technické charakteristiky jednotlivých modelů. Druhá podkapitola je zaměřena na teorii hromadné obsluhy a jsou v ní popsány pojmy a metody THO, klasifikace

systemů hromadné obsluhy, možnosti ekonomického zhodnocení. V praktické části je provedena analýza zatížení městských komunikací, popsány možnosti zlepšení současné situace, provedena simulace provozu a její zhodnocení. V závěru jsou shrnuty výsledky práce a zformulovány závěry zkoumání.

# Teoretická část

## 1 Segway

Diplomová práce se zabývá simulací provozu segway v Praze. V teoretické části je popsána historie osobního přepravníku, rozebrány modely segway, charakteristiky a technické vlastnosti.

### 1.1 Historie Segway

Podle zákona č. 48/2016 Sb. je segway osobním technickým prostředkem neboli osobním přepravníkem [37]. Segway PT (Personal Transporter) je samovyvažujícím elektrickým vozidlem s dvěma koly umístěnými po obou stranách. Segway připomíná válečný vůz.

Vynálezcem je Dean Kamen. Vývoj a důkladné propracování projektu Segway trvalo Deanu Kamenovi deset let. Historie jeho společnosti je uvedena níže:

1999	Vynálezce Dean Kamen založil společnost, která se později stala známou jako Segway Inc.
2001	Segway Inc. začala připravovat výrobu v továrně v Bedfordu ve Velké Británii.
2002	Výroba první série Segway PT a začátek prodeje Segway PT v internetovém obchodě Amazon.com.
2003	Segway RMP podepsal smlouvu s DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) <sup>1</sup> .
2004	Koncept segway se 4 koly byl vyhlášen za „Nejlepší vynález roku 2004“ časopisem „Time“.
2005	Společnost zveřejnila svůj první Segway Cross-Terrain Transporter (XT), který se mohl pohybovat nejen po asfaltu, ale i v terénu.
2006	Segway představil druhou generaci Segway PT, s novou technologií LeanSteer a bezdrátovým systémem InfoKey.
2008	Během letních olympijských her 2008 v Pekingu bylo využito více než 100 Segway PT. Nová technologie byla použita kvůli nulovým emisím a šetrnosti k životnímu prostředí.

---

<sup>1</sup> Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA – Agentura Ministerstva obrany pro pokročilé výzkumné projekty) je agentura amerického Ministerstva obrany, která investuje do průlomových technologií pro národní bezpečnost [1].

2009	Segway Inc. zavedla dva nové modely „Patroller“ pro policejní službu veřejnosti (Community policing). James Heselden přebírá vlastníctví společnosti Segway.
2011	Segway Inc. rozšířila svůj obchodní model a vytvořila „Segway Experience Center Program“. Nový program nabízí turistické exkurze ve spolupráci s firmou Segway Inc., která je autorizovanou cestovní kanceláří s možností prodávat Segway PT.
2012	Společnost uvedla na trh ARTI, svůj nejnovější Robotics Mobility Platform (RMP).
2014	Segway Inc. představila aktualizované modely i2 SE a x2 SE pro osobní přepravu. Došlo k vylepšení světel a nožní podložky. Kromě toho firma uvedla na trh svůj první tříkolový segway SE-3 Patroller a anti-tip technologii (protiskluzovou technologii).
2015	Došlo ke sloučení společností Segway a Ninebot, Inc. Nová společnost se zaměřuje na výzkum, vývoj, výrobu, prodej a servis prostředků určených k přepravě na krátké vzdálenosti. Představení prvního společného produktu Segway a Ninebot miniPRO, který je revolučním prostředkem a nepotřebuje manuální ovládání (hands-free) [13].

## 1.2 Technické parametry segway

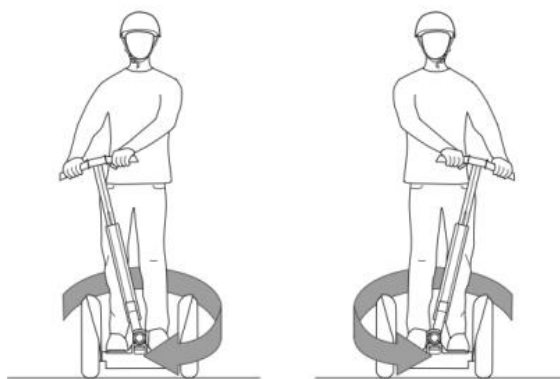
Segway má dvě kola. Osobní přepravník automaticky balancuje při pohybu těla jezdce. Pro tento účel používá osobní přepravník stabilizační systém. Signály z hydrokopických snímačů sklonů vstupují do mikroprocesorů produkujících elektrické signály, které mají vliv na motory a ovládání pohybů. Každé kolo je poháněno vlastním elektromotorem, který reaguje na změnu rovnováhy.

Při naklonění těla dopředu, jak je to uvedeno na obrázku 1-1, se segway začne pohybovat dopředu, při zvětšení úhlu sklonu těla se zvyšuje i rychlost segway. V případě odklonu těla dozadu se prostředek zpomalí, zastaví nebo začne couvat.



Obrázek 1-1 Řízení segway [35]

Pohybem řídek doprava či doleva se prostředek začne otáčet po nebo proti směru hodinových ručiček, jak ukazuje obrázek 1-2.



Obrázek 1-2 Otáčení segway [35]

Segway dosahuje maximální rychlosti 50 km/h, váží 40 kg (bez baterie), má šířku 60 cm a nosnost 140 kg. Baterie vydrží až na vzdálenost 39 km. V závislosti na modelu se tyto parametry mohou lišit. Zařízení je kompaktní a má silné elektromotory – přibližně 2 HP. Segway se může pohybovat nejen po rovném povrchu, například po asfaltu, ale i po členitějším terénu díky technologii Segway Cross-Terrain Transporter.

Segway stanoví následující hmotnostní limity pro bezpečnost jezdce a snížení rizika úrazu. Jezdec nesmí být lehčí než 45 kg a jeho maximální váha by neměla přesáhnout 117 kg. Celková hmotnost nákladu na řídicích nesmí překročit 4,5 kg.

Každý Segway PT je vybaven dvěma operačními nastaveními: „začátečnick“ neboli režim „želvy“ a „standardní“ režim. Nastavení začátečnick je seřízeno na rychlost 13 km/h, standardní na 20 km/h.

Segway typu i2 SE umožňuje ujet maximálně 38 km, zatímco model x2 může ujet pouze 19 km. Počet ujetých kilometrů závisí na hmotnosti nákladu, stylu jízdy a terénu.

Doba provozu segway je omezena dobou nabíjení baterie. Pro úplné nabití baterie je potřeba 8 až 10 hodin. Provoz segway nevyžaduje opětovné 100% nabití baterie po každém použití.

Každý osobní přepravník má přístrojovou desku regulátor InfoKey. Každá z nich je unikátně naprogramována tak, aby spustila a popř. zamkla konkrétní segway. Kromě toho InfoKey poskytuje v reálném čase informace o stavu nabití, rychlosti a výkonu systému. Do osobního přepravníku je nainstalován bezpečnostní systém, který poskytuje ochranu proti krádeži. Funkce je určena pro použití v oblastech a místech, kde je možné reagovat na alarm.

Každý ovladač InfoKey lze zablokovat v režimu „začátečnick“ stisknutím speciální posloupnosti tlačítek. Kromě toho je možné pro začátečnicka nastavit limitní rychlost, kdy se v případě

překročení limitu zařízení vypne. Speciální naprogramování ovladače InfoKey se řeší pro jednotlivé zákazníky zvlášť a přímo v továrně Segway [13].

V České republice se pojištění osob užívajících segway považuje za pojištění sportovních aktivit. Hodnota pojištění může mít rozsah od 100 000 Kč až 10 000 000 Kč.

### 1.3 Použití

V současné době v USA používají segway poštovní doručovatelé, hráči golfu a další. Kromě toho osobní přepravníky nakoupila i hlídková policejní služba, které vyhovuje rychlost a ovladatelnost zařízení. Osobní přepravníky se využívají i ve skladech a logistických centrech Amazon, Michelin a GE Plastics. Zkušení kameramani se Steadicam<sup>2</sup> používají segway pro rychlý pohyb bez vibrace na místě natáčení. Možnosti využití segway jsou představeny v příloze A.

Dnes se řeší problémy spojené s ekologií a ochranou životního prostředí. Jak je známo z environmentální křivky S. Kuznětsova, s neustále rostoucím příjmem obyvatel se zvyšuje jejich zájem o ekologické prostředí, a tím začíná klesat úroveň znečištění [30]. V souladu s konceptem „město bez aut“ segway je prostředkem šetrným k životnímu prostředí.

V Rusku je segway používán jako turistická atrakce a jako policejní vozidlo ve městech Petrohrad a Moskva.

V České republice se segway používá stejně jako ve většině států, tzn. jako turistická atrakce. Firmy, které mohou provádět prohlídky, jsou určeny Asociací Segway v Praze. Kromě toho segway využívá i Městská policie v Praze a Plzni. V roce 2014 začala využívat segway na kulturních akcích i soukromá záchranná služba Trans Hospital.

Většímu využití segway brání cena, která je srovnatelná s cenou levného automobilu, což vede k postupnému poklesu zájmu veřejnosti o toto inovační zařízení.

### 1.4 Modely segway

Modely segway (obrázek 1-3) se rozdělují na tři kategorie: e série – expeditor (série určena pro náklad), i série – industrial (série určena pro podniky) a p série – personal (série určena pro zákazníky). Při turistických prohlídkách v Praze se používají modely typu i2 a x2.

---

<sup>2</sup> Steadicam – systém stabilizace kamery pro natáčení v pohybu.



Obrázek 1-3 Modely Segway PT [29]

## I. generace

Model P133 je nejlehčím typem segway. Byl navržen tak, aby mohl být využíván na komunikacích (rušných ulicích, chodnicích) a přepravován ve vlaku nebo v metru.

Modely Segway I167/170/e167 jsou určeny k jednoduché přepravě ve městě.

Model XT je vybaven terénními pneumatikami, má vylepšený design blatníků, novou lithiovou baterii s dlouhodobou výdrží a speciálně vyladěné počítačové programy. Tento model není určen pro použití na chodnicích. Segway XT je první vozítko, které má lithiové baterie.

Segway HT i180 je vybaven kvalitnějšími blatníky, koly a bateriemi. Osobní přepravník má delší výdrž baterie, lepší stabilitu a nosnost. Model i180 je jedním z prvních modelů, který je vybaven dodatečnými safi-lithiovými bateriemi. Program optimalizace výkonu umožňuje snadno vyjet a sjet po schodech. Délku nosné tyče je možné nastavit podle potřeb jezdce. Segway se vejde do kufru většiny automobilů. Pro snížení rizika krádeže je segway vybaven sadou klíčů, které jsou šifrovány unikátním 64-bitovým kódem. Model i180 je vybaven mechanickým parkovacím systémem.

I. generace segway (p133, i67, i170, e167, XT a i180/GT) se již nevyrábí.

## II. generace

Druhá generace osobních přepravníků je dnes nejrozšířenější verzí, kterou je možné vidět v ulicích.

Model i2 je schopen na jedno nabití urazit vzdálenost 39 km. Segway i2 je možné použít pro přemístění ve městech (prohlídky měst, zábavní a reklamní akce), na výstavách, letištích, skladech, v zábavních parcích nebo při práci policie. Byly vyrobeny tyto modely: i2 SE, i2 SE Military, i2 SE Commuter, i2 SE Commercial Cargo, i2 SE Logistics, i2 SE Logistics POWER.

Speciální pneumatiky modelu X2 jsou určeny pro pohyb v terénu. Segway X2 se může použít pro hlídkové služby, údržbu lesů, procházky v přírodních rezervacích, údržbu domácností, zábavu a reklamní projekty. Jedná se o modely: x2 SE, x2 SE Commuter, x2 SE Military, x2 SE Adventurers.

Strážníci při výkonu své služby v městských čtvrtích a nebytových prostorech používají model i2 Patroller.

Segway x2 Patroller se také používá při práci policie, avšak díky své schopnosti jízdy v terénu se s ním může jezdit nejen ve městech, ale i v parcích, na pláži či v lese.

Technické parametry jednotlivých modelů jsou uvedeny v tabulce 1-1.

Tabulka 1-1 Technické parametry modelů segway. *Vlastní zpracování.*

	Váha [kg]	Průměr pneumatik [cm]	Maximální rychlost [km/h]	Maximální ujetá dráha [km]	Nosnost [kg]
<b>I. generace</b>					
<b>p133</b>	32	48	16	16	95.3
<b>i167/i170/e167</b>	38	48	20	19	110
<b>XT</b>	45.4	48	20	16	118
<b>II. generace</b>					
<b>I2</b>	47.7	48	20	39	117
<b>X2</b>	54.4	20	20	19 (nesjízdnost)	117
<b>i2 Patroller</b>	47.7	48	20	39	117
<b>x2 Patroller</b>	47.7	48	20	39	117



## 2 Teorie hromadné obsluhy

Teorie hromadné obsluhy neboli teorie front je „disciplína, která analyzuje a řeší procesy, ve kterých se vyskytují proudy jednotek procházející určitými zařízeními, od nichž vyžadují obsluhu“ [10].

Cílem teorie hromadné obsluhy je sestava matematických modelů, které spojují pracovní podmínky systému obsluhy (počet kanálů, charakter fronty) a jeho charakteristiky, popisující schopnost systému zvládat tok jednotek, zákazníků. Teorie hromadné obsluhy je založena na principech teorie pravděpodobnosti a statistiky.

Prof. Ing. Dr. Jaroslav Vlček, DrSc. definoval systém jako:

$$S = \left( \frac{A}{F}, \frac{R}{P}, M, \gamma, \delta, I \right), \quad (1)$$

kde  $A$  – množina prvků  $A = \{a_k\}$ , kde  $k = 1, \dots, n$ ,

$F$  – množina funkcí,  $F = (\alpha_k, \beta_k)$ ,

$R/P$  – množina relací mezi prvky,

$M$  – mohutnost systému,

$\gamma$  – druhové chování,

$\delta$  – cílové chování,

$I$  – identita systému [8].

Systém hromadné obsluhy je tvořen souhrnem kanálů obsluhy, do kterých náhodně nebo nenáhodně vstupují požadavky na obsluhu. Nejjednodušším příkladem SHO může být železniční stanice, kde zákazníci tvoří fronty před pokladnami, nebo telefonní síť, kde volající čekají na spojení.

### 2.1 Historie

Teorie hromadné obsluhy je velice významnou částí teorie pravděpodobnosti. Za vznikem disciplíny stojí praktické úkoly spojené s reálnými situacemi v lidském životě, kde se pravidelně opakují podobné kroky a činnosti, které mají náhodný začátek a odlišné trvání.

V roce 1908 dánský matematik Agner Krarup Erlang řešil úkol zkracování čekací doby vybavování telefonních hovorů ve firmě Copenhagen Telephone. V této úloze bylo potřeba

určit kapacitu telefonní ústředny, při které pravděpodobnost její obsazenosti bude mít určitou, předpokládanou úroveň. A. K. Erlang založil principy teorie hromadné obsluhy na začátku XX. století. Většina těchto pravidel se používá i v současné době.

Teorie hromadné obsluhy zaujala hodně matematiků a byla objektem velkého počtu výzkumů. Kvůli složitosti reálných systémů zájem o tuto oblast klesal. Jakmile se začala vyvíjet počítačová technika, zvětšil se počet úspěšných řešení praktických úkolů pomocí teorie hromadné obsluhy. THO se používá pro analýzu a dimenzování výpočetní techniky, proto je oprávněný zájem dnešních inženýrů a vědců.

V roce 1969 John Little popsal vztah mezi vstupním tokem, střední hodnotou počtů požadavků ve frontě a střední čekací dobou. Dnes je vztah známý jako Littleův vzorec. Střední počet požadavků v systému se rovná součinu intenzity vstupního toku a střední čekací doby ve frontě.

Významným rokem pro rozvoj teorie hromadné obsluhy stal rok 1986, ve kterém vyšlo první číslo odborného časopisu „The Journal of Queueing Systems“. V roce 1995 se uskutečnilo první mezinárodní symposium teorie hromadné obsluhy.

Velké množství aktuálních problémů se formuluje na základě teorie hromadné obsluhy a metody jejich řešení jsou použitelné v praxi.

## 2.2 Simulační metody

**Simulace** je imitace procesů a jevů maximálně přiblížená realitě. Pomocí simulace je možné sledovat v reálném čase procesy probíhající v systému, jeho stavy a následky provedených změn. Simulace pomáhá zobrazit věcný svět v reálném měřítku pomocí počítačového programu.

**Deterministický model** je parametrický model, pomocí kterého předpovídané hodnoty mohou být přesně nalezeny. Příkladem je výkon vozidla nebo produkce výrobní linky.

**Stochastický model** je model, ve kterém předpovídané hodnoty jsou závislé na pravděpodobnostním rozdělení. Příkladem jsou nejistoty měření, čas obsluhy zákazníka atd.

### Výhody simulačních modelů

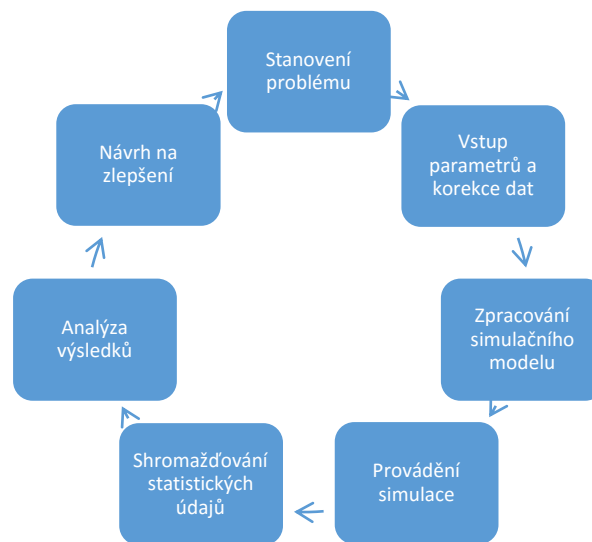
- Analýza systému v reálném čase;
- Možnost jednoduše měnit vstupní údaje a externí parametry;
- Řešení komplikovaných úkolů velkým objemem dat;
- Názorné výsledky, které je možné zobrazit pomocí grafů;

- Nízké náklady v případě změn, nemusí se experimentovat v praxi.

### Nevýhody simulačních modelů

- Časová náročnost programování;
- Je potřeba počítat s nejistotou;
- Těžké hledání případných chyb v relativně komplexním modelu;
- Velké množství vstupních dat, která jsou potřebná pro přesnější odhad.

Na obrázku 2-1 je zobrazeno schéma, jak pracovat se simulací.



Obrázek 2-1 Realizace simulace. *Vlastní zpracování.*

### 2.3 Metoda Monte Carlo

Metoda Monte Carlo byla poprvé zmíněna v článku Nicholase Constantina Metropolis a Stanisława Marcin Ulama „Metod Monte-Carlo“ v roce 1949. Metoda nese jméno města v Monackém knížectví, které je známo velkým množstvím kasin. Hlavně se jedná o ruletu, která je totiž jedním z nejznámějších generátorů náhodných čísel. Metoda umožňuje řešit složité úlohy, ve kterých se vyskytují náhodné parametry, například počet čekajících cestujících na vlakový spoj.

Nejjednodušším příkladem je výpočet obsahu rovinného útvaru. Do čtverce, uvnitř kterého je umístěn geometrický útvar, se náhodně hází tečky, tj. každé tečce se přidělují souřadnice pomocí generátoru náhodných čísel. Poměr počtu teček, které leží uvnitř geometrického útvaru k celkovému počtu teček ve čtverci, se přibližně rovná poměru obsahu geometrického útvaru k obsahu čtverce. Čím je větší počet "házených" teček, tím lepší je výsledek.

Při řešení úloh metodou Monte Carlo se používají algoritmy, které pomocí rekurentních vzorců generují náhodná čísla rovnoměrně rozdělená na intervalu  $(0, 1)$ . Matlab používá pro tyto účely standardní funkci Random Number Generation (rand).

Podstata metody Monte Carlo je následující: při použití počítačového programu se  $n$ -krát provede ten samý experiment a dále se určí množství pozitivních výsledků a ocení se pravděpodobnost kladného pokusu.

## 2.4 Pojmy v SHO

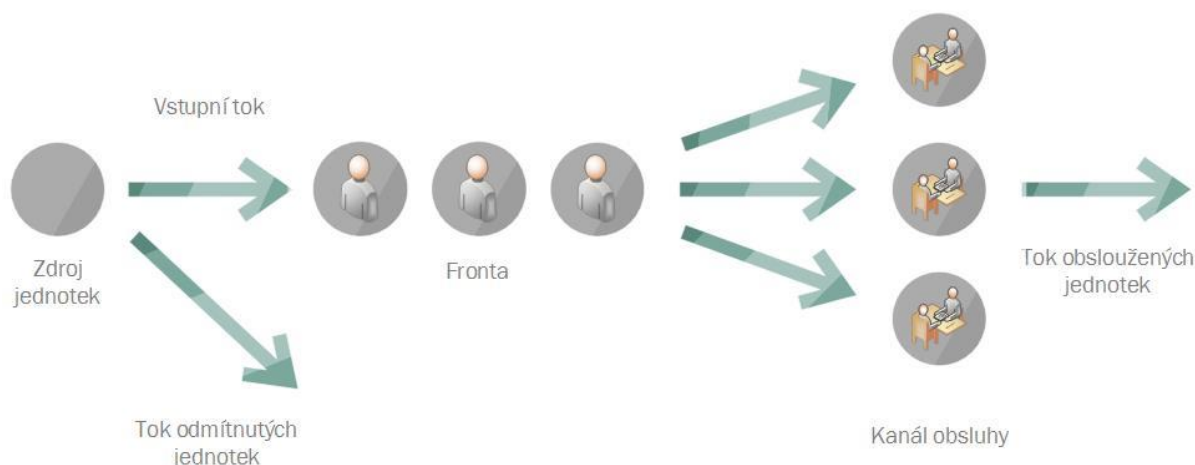
„Cílem zkoumání systému hromadné obsluhy je často její analýza s ohledem na efektivní fungování celého systému, tzn. s ohledem na to, aby se před obslužnými linkami nevytvářely příliš velké fronty čekajících požadavků a na druhé straně aby nedocházelo k neefektivním postojům při práci obslužných linek“ [9].

Jednotka, kterou je potřeba obsloužit, se nazývá **požadavkem**. Jako požadavky vystupují zákazníci, návštěvníci, dokumenty, zboží. Například cestující, kteří čekají na odbavení. Prostředky vyřizující požadavky se nazývají **kanály**. Kanálem mohou být pokladní, různí odborníci, telefonní kanály, počítače, sklady. Požadavky vstupují do systému hromadné obsluhy obvykle náhodně, čímž tvoří **vstupní toky**. Vyřizování požadavků může trvat určitý nebo náhodný čas.

Náhodný charakter toku požadavků a doby obsluhy vede k tomu, že systém hromadné obsluhy je nerovnoměrně vytížen: někdy se shromáždí velký počet požadavků, které buď čekají ve frontě, nebo odchází; někdy má systém malou poptávku, a kvůli tomu i malý výkon.

Grafické zobrazení systému hromadné obsluhy je uvedeno na obrázku 2-2.

## System hromadné obsluhy



Obrázek 2-2 System hromadné obsluhy. *Vlastní zpracování*

Na předchozím obrázku je vidět, že systém hromadné obsluhy zahrnuje:

- Vstupní tok požadavků,
- frontu,
- kanály obsluhy,
- výstupní tok požadavků.

Každá z těchto komponent systému má své charakteristiky, podle kterých se dá popsat systém hromadné obsluhy.

**Vstupní tok** je souhrn požadavků vstupujících do systému. Pokud do systému může jednotlivě vstoupit konečný počet jednotek, tok se nazývá omezený, jinak – neomezený. Například automat na jízdenky může vytisknout 100 lístků, to znamená, že maximální počet požadavků nemůže přesáhnout 100 cestujících. Naopak vstupní tok do telefonní ústředny je možné pokládat za neomezený (při zanedbání nepatrného časového rozdílu), protože může obsloužit neomezené množství klientů.

Hlavní charakteristikou vstupního toku je intenzita vstupu, která se označuje  $\lambda$ . Pod pojmem se rozumí počet požadavků, které vstoupí do systému za časovou jednotku. Kromě toho je obvykle sledován interval mezi příchody  $\frac{1}{\lambda}$ , který uplyne mezi vstupy dvou po sobě jdoucích požadavků.

Obě charakteristiky jsou buď deterministické (fixní) nebo pravděpodobnostní. Typickým příkladem deterministického příchodu jsou intervaly mezi vstupy součástek na výrobní lince. Pro vyjádření procesu vstupu požadavků do SHO jsou využívány pravděpodobnostní

charakteristiky: hustota pravděpodobnosti, střední hodnota, rozptyl (viz níže). Nejčastěji se vyskytuje exponenciální rozdělení.

### Poissonovo rozdělení (P)

Pravděpodobnostní funkce

$$P(X = k) = \frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda} \quad (1)$$

Střední hodnota

$$E(X) = \lambda \quad (2)$$

Rozptyl

$$D(X) = \lambda \quad (3)$$

### Exponenciální rozdělení (M)

Distribuční funkce

$$F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x}, & \text{když } x \geq 0 \\ 0, & \text{jinak} \end{cases} \quad (4)$$

Hustota rozdělení

$$f(x) = \begin{cases} \lambda \cdot e^{-\lambda x}, & \text{když } x \geq 0 \\ 0, & \text{jinak} \end{cases} \quad (5)$$

Střední hodnota

$$E[x] = \frac{1}{\lambda} \quad (6)$$

Rozptyl

$$D[x] = \frac{1}{\lambda^2} \quad (7)$$

### Erlangovo rozdělení (Ek) k-tého řádu

Distribuční funkce

$$F_k(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x} \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(\lambda x)^i}{i!}, & \text{když } x \geq 0 \\ 0, & \text{jinak} \end{cases} \quad (8)$$

Hustota rozdělení

$$f_k(x) = \begin{cases} \lambda \cdot e^{-\lambda x} \frac{(\lambda x)^{k-1}}{(k-1)!}, & \text{když } x \geq 0 \\ 0, & \text{jinak} \end{cases} \quad (9)$$

Střední hodnota

$$E[x] = \frac{k}{\lambda} \quad (10)$$

Rozptyl

$$D[x] = \frac{k}{\lambda^2} \quad (11)$$

### Deterministické rozdělení D

Distribuční funkce

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{když } x < x_p = \frac{1}{\lambda} \\ 1, & \text{jinak} \end{cases} \quad (12)$$

Střední hodnota

$$E[x] = \frac{1}{\lambda} \quad (13)$$

Rozptyl

$$D[x] = 0 \quad (14)$$

### U-rovnorné rozdělení

Distribuční funkce

$$F(x) = \begin{cases} 0, & \text{když } x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{když } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{jinak} \end{cases} \quad (15)$$

Hustota rozdělení

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & \text{když } a \leq x \leq b \\ 0, & \text{jinak} \end{cases} \quad (16)$$

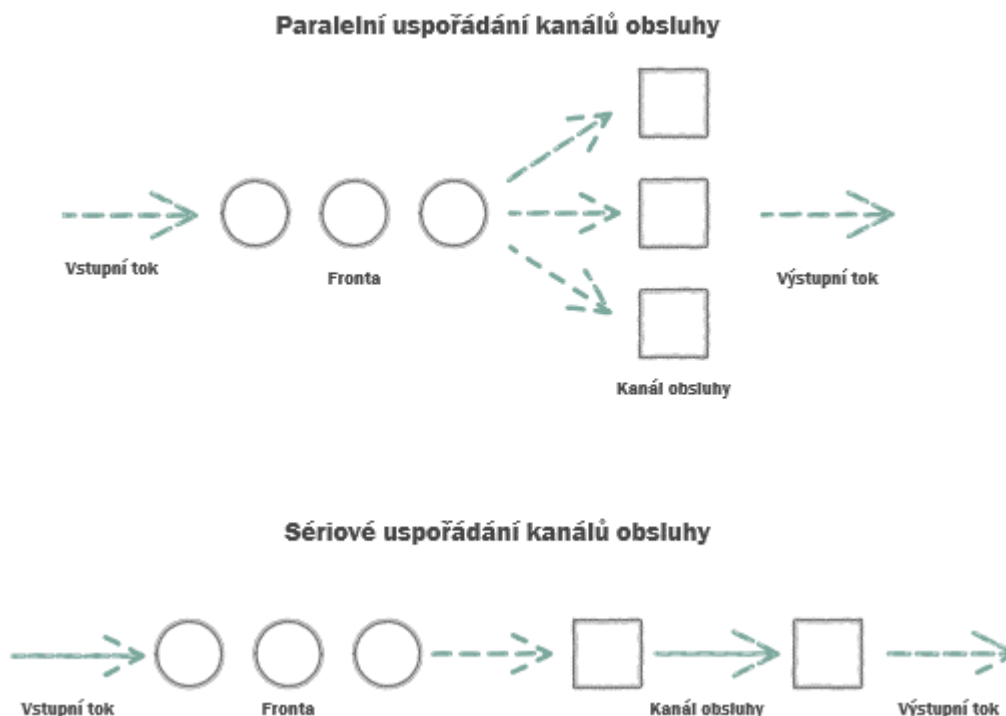
Střední hodnota

$$E[t] = \frac{a+b}{2} \quad (17)$$

Rozptyl

$$D[t] = \frac{1}{12}(b-a)^2 \quad (18)$$

Pro **kanál obsluhy** v SHO sledujeme 2 charakteristiky: počet kanálů a kapacitu fronty. Počet obslužných linek je charakteristikou modelu, která může nabývat hodnot od 1 do nekonečna  $0 \leq n \leq \infty$ . Totéž platí pro další charakteristiku – kapacita fronty  $0 \leq r \leq \infty$ . Kanály obsluhy mají sériové nebo paralelní uspořádání (viz obrázek 2-3).



Obrázek 2-3 Uspořádání kanálů obsluhy. *Vlastní zpracování.*

**Frontový režim** se rozděluje na:

- FIFO (First In First Out) – první dovnitř, první ven. Ten, kdo přijde první, bude obslužen jako první, další čeká, až bude ukončena obsluha prvního, a tak dále. Příkladem je klasická fronta v obchodě nebo na poště;
- P-FIFO (Priority first in first out) – režim s předností. Vstupní tok se rozdělí na 2 nebo více skupin. Prioritní jednotky vstupují první (prioritně). Jednotky z ostatních skupin přijdou na řadu, až když je fronta prioritních jednotek prázdná. Příkladem je fronta v zábavním parku, kde zákazníci, kteří si koupili speciální lístek za vyšší cenu, budou mít přednost před ostatními. Nebo sanitka, která zapne sirénu a pojedje po silnici bez fronty;
- LIFO (Last In First Out) – poslední dovnitř, první ven. Ten, kdo přijde poslední, bude obslužen jako první, předposlední čeká, až bude ukončena obsluha posledního, a tak



dále. Režim LIFO je možné vysvětlit na příkladu hromady talířů. Aby bylo možné vzít druhý talíř, je potřeba nejdřív odstavit horní;

- Random – náhodně. Jednotky, které vstoupí do obslužného kanálu, jsou vybírány náhodně. Například kontrola domácích úkolů ve škole. Učitel náhodně vybere žáka, který odpoví jako první, zatím vybere dalšího studenta a tak dále;
- SJF (Shortest Job First) – nejkratší práce první. První je obsluhována jednotka, jejíž čas obsluhy trvá nejkratší dobu, tj. nejrychlejší jde jako první, například počítačové procesy.

**Výstupní tok** je souhrn obslužených požadavků vystupujících ze systému. Stejně jako vstupní tok je možné výstupní tok popsat pomocí intenzity obsluhy  $\mu$  a doby obsluhy  $\frac{1}{\mu}$ .

## 2.5 Kendallova klasifikace

V roce 1953 David George Kendall zavedl klasifikaci SHO, která se skládá z pěti znaků, kde každé má svůj zvláštní význam:

$$A/B/C/D/E$$

*A* – vstupní tok požadavků,

*B* – doba obsluhy zákazníka,

*C* – počet obslužných linek,

*D* – kapacita fronty,

*E* – frontový režim.

Parametry *A*, *B* mohou nabývat hodnot, které jsou uvedeny v tabulce 2-1.

Tabulka 2-1 Možné hodnoty vstupního toku a délky obsluhy. *Vlastní zpracování*

<b><i>M</i></b>	Markovovský proces (Poissonovo rozdělení příchodu, exponenciální rozdělení doby obsluhy)
<b><i>E<sub>k</sub></i></b>	Erlangovo rozdělení <i>k</i> -tého řádu
<b><i>X<sub>n</sub><sup>2</sup></i></b>	Hyperexponenciální rozdělení <i>k</i> -tého řádu
<b><i>D</i></b>	Deterministické rozdělení (konstantní příchody, doba obsluhy)
<b><i>U</i></b>	Rovnoměrné rozdělení
<b><i>G</i></b>	Obečné rozdělení (general)

Někdy se používá zkrácený zápis Kendallovy klasifikace *A/B/C*, kde jsou použity pouze 3 první znaky standardní klasifikace. V takovém případě se režim fronty považuje za FIFO, kapacita systému a zdroj jednotek nejsou omezené.

## 2.6 Klasifikace systému hromadné obsluhy

Na obrázku 2-4 je uvedena klasifikace systémů hromadné obsluhy.

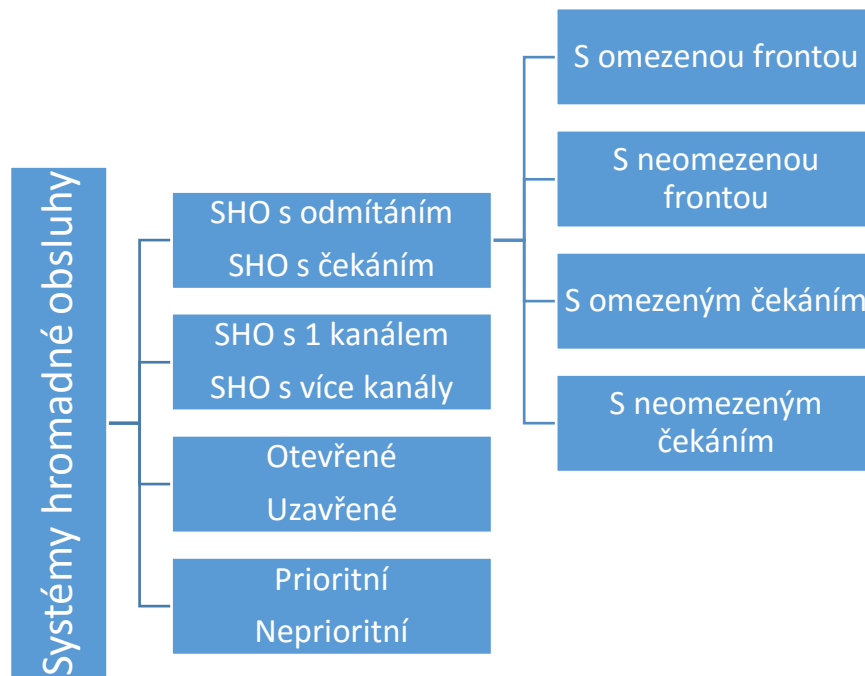
Podle času, který stráví požadavek před obsluhou, se systémy dělí na SHO s odmítnutím (např. dálková autobusová doprava, kde každý cestující musí mít určené místo. V případě plného obsazení bude další zákazník odmítnut.) a SHO s čekáním – požadavek, který přišel v době, kdy jsou všechny kanály obsazené, neodchází, ale zařadí se do fronty (například čekání ve frontě u pokladen na nádraží).

Dále se systémy rozdělují na SHO s omezenou frontou a neomezenou frontou, SHO s omezenou čekací dobou (při překročení času čekání požadavek opouští systém) a s neomezenou čekací dobou.

Podle počtu kanálů obsluhy se rozdělují na SHO s jedním kanálem a s více kanály.

Dalším druhem systémů hromadné obsluhy jsou uzavřené systémy, kde se požadavky do systému vracejí opakovaně. Příkladem může být prodejní automat na výdej jízdenek, který neustále generuje požadavek vyměnit barvu, vložit papír atd. Otevřený systém je SHO s nekonečným tokem zákazníků (např. neomezený příchod cestujících na zastávku).

SHO se rozdělují na systémy s prioritními a neprioritními zákazníky. Příkladem systému s prioritními zákazníky může být letiště, kde cestující business třídy mají prioritu na check-in.



Obrázek 2-4 Klasifikace systému hromadné obsluhy. *Vlastní zpracování.*

## 2.7 Charakteristiky efektivity systému hromadné obsluhy

Charakteristiky efektivity fungování systému se rozdělují do 5 skupin:

### Časové

- Čas, který stráví jednotky v systému;
- Čas, který stráví jednotka ve frontě.

### Jednotkové

- Počet jednotek v systému;
- Počet jednotek ve frontě.

### Pravděpodobnostní

- Pravděpodobnost, že systém je v provozu;
- Pravděpodobnost, že zákazník bude čekat;
- Pravděpodobnost, že v systému je  $n$  požadavků;
- Pravděpodobnost ztráty zákazníka.

### Efektivní

- Využití systému;
- Vytíženost linek obsluhy.

## 2.8 Optimalizace nákladů systému hromadné obsluhy

„V některých případech lze prostoje obslužných linek, jejich provoz nebo i čekání požadavků nákladově ohodnotit, a v takových případech lze celý systém hromadné obsluhy optimalizovat

vzhledem k jeho celkovým nákladům“ [9]. Když se hovoří o optimalizaci nákladů, používá se podobné označení jako u Kendallove klasifikace model  $A/B/C$ , ale  $C$  na rozdíl od výše zmíněné klasifikace označují náklady. Při optimalizaci je třeba mít přesnou představu o nákladech na provoz obslužných linek a nákladech spojených s pobytem jednotek v systému.

Optimalizace nákladů systémů hromadné obsluhy podle Mgr. Šárky Voráčové, Ph. se liší podle toho, jestli je model nákladově orientovaný, nebo není [16].

**Nákladově orientované modely** se optimalizují účelovou funkcí.

$$Z(n) = V(n) - (C_{volno}(n) + C_w(n) + C_{obsluha}(n) + C_{odmítnutí}(n)) \quad (17)$$

Celkové náklady se skládají z:

1. Nákladů na neobsazené kanály

$$C_{volno}(n) = c_{volno}(n - E[S]), \quad (18)$$

2. Nákladů na prostoje zákazníka při čekání

$$C_w(n) = c_w E[F], \quad (19)$$

3. Nákladů na obsluhu zákazníka

$$C_{obsluha}(n) = c_{obsluha} E[S], \quad (20)$$

4. Nákladů, které jsou způsobené odmítnutím zákazníka

$$C_{odmítnutí} = c_{odmítnutí} \cdot \lambda \cdot p_{ztrata} \quad (21)$$

kde  $E[S]$  – střední počet obsazených linek,

$E[F]$  – střední počet zákazníků ve frontě,

$c_{volno}$  – náklady na jeden volný kanál za časovou jednotku,

$c_w(n)$  – náklady na čekání jednoho zákazníka za časovou jednotku,

$c_{obsluha}$  – náklady na obsluhu 1 požadavku za časovou jednotku,

$c_{odmítnutí}$  – ušlý zisk způsobený odmítnutím jednoho zákazníka.

**V nenákladově orientovaných modelech** se určuje počet obslužných linek, při kterých následující charakteristiky nepřesahují hodnoty:

1. Kritické délky fronty  $F_k$ ;
2. Kritické doby čekání  $W_k$ ;
3. Kritické hodnoty prostoje linek  $P_k$ .

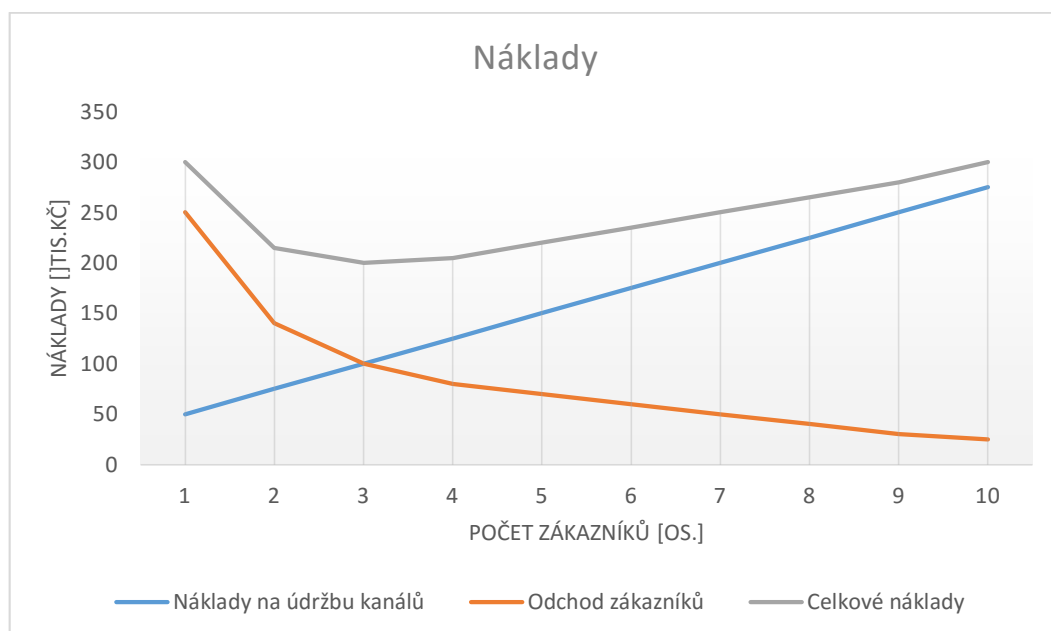
$$E[P] = \left(1 - \frac{E[S]}{n}\right) \quad (22)$$

Kde  $E[P]$  – očekávaná hodnota prostoje linek vyjádřená v závislosti na  $n$  je funkce rostoucí,

$E[S]$  – střední počet obsazených linek,

$E[S]/n$  – využití.

Na obrázku 2-5 jsou znázorněny náklady, které vzniknou v důsledku klesajícího počtu zákazníků a rostoucí hodnoty prostoje linek.



Obrázek 2-5 Náklady v nenákladově orientovaném modelu. *Vlastní zpracování.*

Pro optimalizaci systému hromadné obsluhy je potřeba najít rovnovážný bod mezi klesajícím ziskem a rostoucími náklady. Protože na jedné straně je malá intenzita obsluhy, která vede ke zvýšení počtu jednotek ve frontě, a následně ke snížení zisku. Proti tomu stojí vysoká intenzita, která s sebou nese nevyužité kapacity linek obsluhy a rostoucí náklady. Proto je potřeba optimalizovat kapacitu linek a jejich počet, čímž se maximalizuje zisk a minimalizují náklady.

## 2.9 Maximalizace zisku systému hromadné obsluhy

Jak je známo ze základů ekonomie, aby zisk byl maximální, je potřeba mezní příjem přirovnat k mezním nákladům, viz vzorec 23 [7].

$$\pi(Q) = TR(Q) - TC(Q) \quad (23)$$

$$\frac{d\pi}{dQ} = 0$$

$$\begin{aligned}\frac{d\pi}{dQ} &= \frac{dTR}{dQ} - \frac{dTC}{dQ} \\ \frac{dTR}{dQ} - \frac{dTC}{dQ} &= 0 \\ \frac{dTR}{dQ} &= \frac{dTC}{dQ} \\ MR &= MC\end{aligned}$$

Na stejném principu je založena metoda, kterou uvedl Miroslav Žižka ve své knize [10].

Tržby se rovnají součinu intenzity vstupu, tržeb na jednotku a pravděpodobnosti, že do systému vstoupí  $n$  jednotek. Náklady se rovnají součinu intenzity obsluhy a nákladů na jednu obsluhu. Zisk se rovná rozdílu mezi tržbami a náklady:

$$Z = \lambda \cdot R \cdot (1 - p_N) - \mu \cdot c, \quad (24)$$

Pro maximalizaci zisku je potřeba derivovat tuto funkci podle intenzity obsluhy  $\mu$ .

$$\frac{dZ}{d\mu} = \frac{\lambda \cdot R \cdot (1 - p_N)}{d\mu} - \frac{\mu c}{d\mu} = 0 \quad (25)$$

# Praktická část

## 3 Systém provozu segway v hlavním městě ČR Praze

V historickém jádru hlavního města je velké množství památek a kulturních objektů, které se nachází v přiměřených vzdálenostech, a proto je Praha velice atraktivním místem pro provoz segway. V roce 2016 bylo v hlavním městě registrováno 13 provozovatelů segway – 10 z nich je členy Asociace Segway ČR. Asociace Segway ČR, o. s., je sdružení provozovatelů a majitelů osobních přepravníků Segway v ČR [31]. Asociace sídlí na Praze 2 v ulici Plavecká 2.

V roce 2013 byly zveřejněny výsledky studie „Provoz segway na chodnicích“, která byla zpracována na Fakultě dopravní ČVUT v Praze [32]. Zástupce starosty Městské části Praha 1 se snažil vyřešit problém rostoucího počtu osobních přepravníků v centru města. Obrátil se proto na Fakultu dopravní, konkrétně na vedoucího ústavu doc. ing. Jindřicha Šachla, CSc., aby zpracoval nezávislou studii. Tato studie se stala podkladem žádosti podané na Magistrát hlavního města Prahy s cílem úpravy legislativy provozu segway. Studie řeší otázky bezpečnosti osobního přepravníku a jeho využití. Výsledkem práce je tvrzení, že segway je bezpečným dopravním prostředkem, který se řídí na intuitivní úrovni a pro jeho bezpečné využití je potřeba dodržovat stanovená pravidla. Tato pravidla jsou akceptována Asociací Segway ČR a jsou umístěna na oficiálních stránkách Asociace. Dále je uvedeno jejich stručné znění:

1. Před použitím segway se každý účastník zúčastní školení, po kterém podepíše smlouvu o seznámení s pravidly provozu.
2. Každý uživatel segway musí respektovat chodce a prostředí, jízdu musí přizpůsobit povětrnostním podmínkám a okolní situaci.
3. Každý uživatel musí respektovat pravidla silničního provozu a dodržovat instrukce průvodce, popř. jiné odpovědné osoby.
4. Každý uživatel musí respektovat světelné a akustické signály a dopravní značky.
5. Je zakázáno používat segway na Karlově mostě a na Pražském hradě.
6. Rychlost segway je omezena na 10 km/h.
7. Účastník provozu musí respektovat chodce a při předjíždění se držet v přímé linii za průvodcem a snižovat rychlost přepravníku.
8. Řidič segway nemá přednost před chodcem.
9. Uživatel segway se musí držet na chodnicích vpravo.

10. Během jízdy není dovoleno kouřit, jíst, pít.
11. Uživatel segway nesmí být pod vlivem alkoholu nebo jiných omamných látek.
12. Segway smí používat pouze jeden uživatel.
13. Segway průvodce musí mít nainstalovaný zvonek.
14. Segway je dopravním prostředkem, proto je nutné věnovat jízdě pozornost a respektovat pravidla provozu.
15. Každý osobní přepravník musí být označen logem přepravce.
16. Policie má pravomoc skupinu zastavit a zkontrolovat průvodce a turisty.
17. Průvodce nebo provozovatel smí zakázat použití segway osobě, která může ohrožovat sebe a okolí.
18. Váha cestujícího a příslušného zavazadla musí být v rozmezí od 30 kg do 117 kg.
19. Každý účastník dopravy musí mít během jízdy na segway helmu.

V Praze je celkem 10 společností, které spolupracují s Asociací Segway ČR, o. s. Každý člen Asociace má stanoveny časy a trasy, které využívá v centru Prahy k prohlídkám. V následujícím uvedeme podmínky provozu každé registrované společnosti.

### **Segway Trip**

Společnost nabízí 6 prohlídkových tras: „Hollywoodské hvězdy v Praze“ (2 hodiny), „Noční diamanty“ (2 hodiny), „Naučte se“ (30 minut), „Nejoblíbenější“ (1 hodina), „Nejkrásnější“ (2 hodiny), „Nejúžasnější“ (3 hodiny). Začíná se vždy na Ovocném trhu 15 na Starém Městě [26].

Internetové stránky: <http://segwaytrip.cz/>

### **PragueOnSegway.com**

Firma nabízí vyjížďky pro 2 osoby. Prohlídky jsou v anglickém jazyce. Na výběr je celkem 5 tras: „Viewpoints tour“ (3 hodiny), „Grande tour of Prague“ (3 hodiny), „Design your own tour“ (3 hodiny), „Magical morning tour“ (1,5 hodiny), „Prague by night“ (1,5 hodiny). Časy odjezdů jsou pevně stanoveny. Společnost sídlí v ulici Vlašská 364/2 na Malé Straně [25].

Internetové stránky: <http://www.pragueonsegway.com/>

### **Segway Experience s. r. o.**

Společnost má 3 prohlídkové trasy po Praze: „Ranní projížďka“ (1 hodina), „Grand City projížďka“ (3 hodiny), „Noční projížďka“ (3 hodiny) a 1 trasu na Karlštejně „Výlet na Karlštejn“ (5 hodin). Kromě prohlídek nabízí společnost i zábavní hru na segway. Sídlo je na Malé Straně v ulici Mostecká 4. Prodejní místa jsou u Staroměstské radnice, Malostranské mostecké věže a v ulici Rytířská [14]. Internetové stránky: <http://www.segwayfun.eu/cz/>



### **PSH RENT s. r. o.**

Firma nabízí 3 různé trasy: „Na zkoušku“ (1,5 hodiny), „Tak akorát“ (2 hodiny), „Dlouhá zábava“ (3 hodiny), individuální túry, teambuildingové túry a půjčování segway mimo Prahu. Centrálu mají v ulici Benediktská 7, startovní místo vedle OD Kotva na adrese Revoluční 1, Praha 1. Prohlídky jsou každou hodinu [19]. Internetové stránky: <http://www.segway-psh-rent.cz/>

### **Segway Point Praha, GSI Distribution s. r. o.**

Firma má v nabídce 5 tras po Praze: „Na segway přes Vltavu“ (1 hodina), „Na segway na Letnou“ (1,5 hodiny), „Na segway na Pražský hrad“ (2 hodiny), „Ultimate city tour“ (2,5 hodiny), „Na segway magickou noční Prahou“ (2 hodiny). Půjčovna segway a start tras jsou na Staroměstském náměstí u Mikulášské ulice, centrála se nachází na Novém Městě, Rašínovo náměstí 4, Praha 2 [23]. Internetové stránky: <http://www.segway-point.cz/cs/>

### **Green Lemon s. r. o.**

Společnost nabízí 3 trasy: „Královská jízda“ (3 hodiny), „Přes pražské kopečky“ (3 hodiny), „Rytíři noci“ (2 hodiny). Nachází se na adrese Myslíkova 22 na Novém Městě. Firma nabízí nejen vyhlídky na segway, ale i na kolech a pěšky [5]. Internetové stránky: <http://www.greenlemon.cz/cz>

### **Prague Segway Tours**

Firma nabízí 4 varianty soukromých projížděk po Praze: „Kampa Park Ride“ (1 hodina), „Old Town Tour“ (2 hodiny), „Prague Castle Viewpoints“ (2 hodiny), „Grand City Tour“ (3 hodiny) a 3 skupinové projížďky: „City Segway Tour“ (3 hodiny), „Sunset Segway Tour“ (1,5 hodiny), „Spring Segway Tour“ (2 hodiny). Sídlo a start je na Malé Straně na Maltézském náměstí 7. Maximální počet lidí ve skupině je 8 [27]. Společnost nabízí individuální prohlídky. Internetové stránky: <http://www.prague-segway-tours.com/cz/>

### **SG Point, Sg-point.info s. r. o.**

Firma nabízí 3 trasy: „30-ti minutová jízda“, „90-ti minutová jízda“, „120-ti minutová jízda“. Výchozí místo je na Starém Městě před Prašnou bránou, sídlo je na adrese Královská 5. Prohlídky jsou každých 15 minut [28]. Internetové stránky: <http://www.sg-point.info/>

### **Segway Rent, VPROV s. r. o.**

Společnost má v nabídce 5 tras: „Výuková trasa na segway“ (30 minut), „Na Pražský hrad na segway“ (1,5 hodiny), „Romantika na segway“ (1 hodina), „Vyhlídkový okruh na segway“ (2

hodiny), „XXL pražský okruh na segway“ (3 hodiny) [34]. Internetové stránky: <http://www.pujcovna-segway.cz/>

### **I love segway**

Společnost se nachází na Velkopřevorském náměstí 4 a nabízí pouze 1 trasu „Downtown tour“ (1,15 hodiny) [24]. Internetové stránky: <http://iloveseaway.com/>

Osobní přepravník je nejvíc používán jako turistická atrakce, proto se společnosti snaží vyhovět potřebám zákazníků. Každá firma má místo, kde se nachází centrála neboli kancelář, a tzv. „reklamní místo“, kde pracovníci provádějí marketingové akce a získávají zákazníky. Není nutné, aby reklamní kampaň probíhala vedle centrály společnosti. Většinou se vyskytuje tam, kde je velký počet turistů (Václavské náměstí, Staroměstské náměstí, okolí Karlova mostu).

Prvním a nejnákladnějším krokem při založení společnosti je nákup segway. Existují dvě varianty koupě osobních přepravníků: nové segway a „ojeté“ segway. Nové přepravníky mají baterie s delší výdrží a lepší výkonnost. Náklady na zakoupení „ojetých“ segway jsou nižší než při koupi nového modelu.

Dále společnosti vybírají památky a místa, o které mají návštěvníci Prahy zájem, a sestavují trasy vyjížděk. Firmy volí časy a četnosti jednotlivých spojů.

Doba pronájmu segway skupinám se pohybuje od 30 minut do 3 hodin. Je možnost objednat i individuální pronájem. Většina provozovatelů nabízí pronájem segway na různé akce, jako jsou teambuilding, narozeniny, reklamní akce a tak dále. Pronájem osobního přepravníku na celý den stojí přibližně 5000 Kč. Velkou výhodou tohoto podnikání je, že pronájem funguje za jakéhokoli počasí.

Večer nebo i během dne je zapotřebí segway nabít. Délka nabíjení segway závisí na stáří osobního přepravníku. Nový segway se nabíjí 6 až 8 hodin, starší model potřebuje více času.

## 4 Analýza legislativy provozu segway v ČR

V průběhu zpracování diplomové práce se měnily podmínky provozu segway. V únoru 2016 nabyl účinnosti dodatek k zákonu č. 361/2000 Sb., o užívání osobního přepravníku. Je zajímavé sledovat, jak nový zákon vznikal.

Segway je velice těžké zařadit do určité kategorie. Osobní přepravník se pohybuje omezenou rychlostí, a proto se řidič segway nachází v nebezpečí na silnici, zároveň ale nemá uživatel dopravní prostředek<sup>3</sup> ve smyslu předepsaném zákonem. Někteří lidé si myslí, že segway na chodnících ohrožuje chodce. Existují proto zákony omezující použití segway. Pravidla se liší v každém státě, proto nejde obecně říct, jestli je segway „automobil,“ nebo „chodec“.

Do roku 2016 v České republice neexistovala jasná definice Segway PT. Legislativa nevymezovala pojem segway, neboli osobní přepravník, a proto se považovalo zařízení za chodce. Význam pojmu „chodec“ v zákoně č. 361/2000 Sb. v § 2 písm. j) zůstává otevřený. Pravidla pro chodce vymezuje stejný zákon v § 53, 54, 55 a 56.

Podle obyvatel Prahy 1 je segway vozidlo s elektrickým pohonem, které může dosahovat rychlosti až 20 km/h, a proto by měl být provoz na segway na pěších zónách zakázán. Občané se vyhýbají osobním přepravníkům na chodnících a mluvčí Prahy 1 Veronika Blažková uvádí, že dostávají desítky stížností na segway od rozčilených chodců [15].

Ministerstvo dopravy připravovalo od roku 2014 novelu zákona o silničním provozu, která by konkretizovala pojem „segway“. Ministerstvo se domnívalo, že segway nemůže být přirovnáván ke kolu, neboť se jedná o zcela jiné vozidlo.

Třetí stranou, která zastupuje jednotlivé provozovatele, je Asociace Segway ČR. Sdružení věří, že omezení a pravidla, která podniky dodržují v dnešní době, jsou postačující. Jedná se o omezení rychlosti ve městě (maximální rychlost je 10 km/h), školení účastníků před vyhlídkou a test na alkohol.

Ministerstvo dopravy zpracovalo závěrečnou zprávu RIA, ve které se řešily změny zákonů č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, č. 247/2000 Sb., o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel, a č. 200/1990 Sb., o

---

<sup>3</sup> Dopravní prostředek – vozidlo, jiný prostředek nebo zařízení, které jsou určeny k přepravě osob nebo zboží z jednoho místa na jiné a které jsou obvykle konstruované pro použití k přepravě a mohou k ní být skutečně použity. Za dopravní prostředek se nepovažuje vozidlo, které je trvale znehybněno, ani kontejner [17].

přestupcích. Závěrečná zpráva se zaměřuje hlavně na tři problémy: viditelnost chodců na pozemních komunikacích, zadržení osvědčení o registraci vozidla a provoz samohybných osobních přepravníků.

Hlavním přínosem studie zabývající se provozem osobních přepravníků je podrobné zhodnocení pěti různých možností provozu segway.

**Nulová varianta** je stav do roku 2016 – segway nebyl v zákonu nijak řešen. Varianta A již sice není od února 2016 aktuální, avšak pro úplnost ji zde uvádím.

**Varianta A** navrhuje změnit status „chodec“ na „motorové vozidlo“, čímž by se měl osobní přepravník přesunout na silnice. Možnost přesouvá nebezpečí kolizí z chodníků na vozovku. Je pravdou, že tato varianta uspokojí chodce, kteří se nebudou obávat střetu se segway. Tím by ale mohl vzniknout problém, který může mít mnohem větší následky, a to střet segway s autem.

**Varianta B** nabízí nechat právo rozhodování na jednotlivých obcích. V této variantě hrozí, že obec zakáže používání segway na svém území. Nejvíce to ovlivní firmy působící na Praze 1. Městská část řeší problém regulace pravidel provozu osobních přepravníků segway a snaží se zakázat používání osobních přepravníků. Firmám, které segway pronajímají, tak hrozí úpadek a snížení zisku, protože všechny trasy vedou převážně přes Prahu 1.

**Varianta C** je demokratickou variantou umožňující volný pohyb segway po chodnicích, ale zároveň možnost zakázat je v jednotlivých částech obce. Tato možnost vede ke spolupráci obce a společnosti. Je důležité, aby firmy nebyly pod tlakem velkých omezení provozu a aby obyvatelé byli ve svém městě spokojeni. Předpokládá se, že nebude žádný náhlý nárůst nákladů spojených s přijetím tohoto zákona. Bude potřeba umístit dopravní značení omezující provoz v jednotlivých úsecích a kontrolovat plnění norem a pravidel. Poslední zadání již dnes patří mezi úkoly Městské policie.

**Varianta D** navrhuje zakázat použití segway v celém státě, ale nechat právo jednotlivým obcím umožnit provoz osobních přepravníků na svém území. Při přijetí této možnosti by logicky byla položená otázka – z jakého důvodu by měly obce povolit provoz segway na svém území a hradit s tím spojené náklady. Při přijetí této varianty hrozí úplná likvidace podnikání se segway [3].

V rámci studie bylo provedeno přibližné zhodnocení nákladů v případě přijetí jedné z variant. Výsledky hodnocení jsou představeny v tabulce 4-1.

Tabulka 4-1 Souhrnné srovnání variant z pohledu předpokládaných ročních nákladů (v tis. Kč) [3]

	<b>0</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Náklady</b>	<b>0</b>	<b>104875</b>	<b>18600</b>	<b>9300</b>	<b>23588</b>
<b>Náklady obcí (instalace dopravního značení)</b>	0	0	3750	1875	1313
<b>Náklady provozovatelů technicky nezpůsobilých vozidel</b>	0	104875	14850	7425	22275
- <b>Náklady na ušlý zisk</b>	0	37125	14850	7425	22275
- <b>Náklady na zmařenou investici</b>	0	55000	0	0	0
- <b>Náklady spojené se zánikem pracovních míst</b>	0	12750	0	0	0

Dále podle výše uvedené analýzy jednotlivých variant bylo provedeno kvalitativní zhodnocení pěti možností. Výsledky je možné vidět v tabulce 4-2.

Tabulka 4-2 Souhrnné srovnání variant ve smyslu kvalitativního hodnocení [3]

	<b>0</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Předpokládaná efektivita z pohledu přínosů k naplnění cílů</b>	0	-5	3	4	3
<b>Předpokládaná efektivita z pohledu implementace</b>	0	3	-3	-2	-1
<b>Předpokládaná efektivita z pohledu vymahatelnosti</b>	0	2	0	0	1
<b>Předpokládaná efektivita z pohledu přizpůsobení se</b>	0	-5	-3	3	-4
<b>Souhrn dosažených bodů varianty</b>	<b>0</b>	<b>-5</b>	<b>-5</b>	<b>5</b>	<b>-1</b>

Výsledky studie ukazují, že nejlepší variantou pro regulaci provozu segway v České republice je možnost C umožňující volný pohyb segway na chodnících, ale zákaz provozu v jednotlivých částech obce.

Na základě výše uvedené studie bylo zpracováno nové znění zákona 361/2000 Sb. o silničním provozu. Užívání segway reguluje § 60a. Pravidla pro provoz osobních přepravníků se samovyvažovacím zařízením byla přijata 13. ledna 2016 a nabyly účinnosti od 20. února 2016. Plné znění zákona je možné najít ve Sbírce zákonů a na stránkách <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361#cast2>.

Nové znění zákona se zaměřuje hlavně na obce, které mohou zakázat použití segway na určitých úsecích, a to umístěním dopravního značení. Dále se zaměřuje na společnosti, které mají novému zákonu porozumět a přizpůsobit se novým pravidlům. Zákon se snaží zvýšit bezpečnost chodců vymezením pojmu „segway“ a vyhrazením místa pro provoz segway [18].

Nové znění v podstatě přirovnává uživatele segway k osobě na bruslích. Nejvyšší povolená rychlost pro bruslaře je 10 km/h.

Spolu s novým zákonem od ledna 2016 vstoupily v platnost nové dopravní značky omezující provoz segway, které jsou zobrazeny na obrázku 4-1.



A 12c Osoby na osobních  
převavnících



B 30a Zákaz vjezdu osob na  
osobních převavnících



IZ 8a Zóna s dopravním  
omezením

Obrázek 4-1 Dopravní značení omezující provoz segway [37]

## 5 Zkušenosti a informace o provozování segway dopravy v jiných metropolích světa

Osobní přepravník segway je určen k pohybu na soukromém pozemku se souhlasem vlastníka, na pěších zónách, chodnicích, cyklistických stezkách, silnicích a účelových komunikacích po celém světě. Nicméně ne všechny země dovolují provoz osobních přepravníků na výše zmíněných místech.

V Evropě se používají segway většinou během turistických prohlídek. Jejich použití na veřejných ulicích je povoleno ve většině zemí, ale leckde s omezeními. Několik zemí vyžaduje pojištění vozidla a SPZ.

### **Rakousko**

Použití segway v Rakousku se liší podle modelu osobního přepravníku. Model i2, který má šířku 63 cm, je přirovnán k elektrickému kolu a může být provozován na cyklostezkách. Model x2, který má šířku 84 cm, je považován za elektrický vůz, a proto potřebuje licenci a pojištění. Ve Vídni je zakázáno používat segway na chodnicích a pěších zónách. Kromě turistických atrakcí je osobní přepravník používán městskou policií.

### **Dánsko**

V Dánsku je segway klasifikován jako moped, proto vozidlo musí mít světla, SPZ a mechanické brzdy. Vláda chce nicméně změnit zákon a přirovnat prostředek k jízdnímu kolu.

### **Francie**

Francie přirovnává řidiče segway k chodcům, platí pro něj stejné zákony. Pravidla dovolují používat osobní přepravník na chodnicích.

### **Německo**

Použití modelu i2 je všeobecně povoleno na cyklostezkách a veřejných komunikacích. Jízda na segway na chodnicích a pěších zónách za účelem turistických prohlídek vyžaduje zvláštní povolení. Vozítka segway musí být vybavena předním a zadním osvětlením a zvonkem. Kromě toho uživatel musí mít řidičský průkaz typu M (moped).

### **Itálie, Polsko, Rusko**

V Itálii, Polsku a Rusku není na rozdíl od Německa použití segway omezeno žádnými pravidly. A může se na nich jezdit po chodnicích, cyklostezkách atd.

## **Nizozemsko**

Do roku 2007 v Nizozemsku platil zákon, který zakazoval použití segway na veřejných komunikacích. Zákaz se netýkal nemocných pacientů, kteří využívají osobní přepravník k přemístění. Ministerstvo dopravy nemohlo zařadit prostředek do určité kategorie „chodec“ nebo „vozidlo“. Od 1. července 2008 je povoleno jezdit na segway na silnicích lidem starším 16 let. Policie Nizozemska aktivně využívá dopravní prostředek v Amsterdamu a Rotterdamu.

## **Norsko**

V Norsku je klasifikován segway jako moped, protože může dosáhnout rychlosti až 20 km/h. Od 1. července 2014 je dovoleno použití osobních přepravníků na všech veřejných komunikacích pro věkové skupiny starší 16 let, aniž by byla nutná registrace nebo pojištění.

## **Velká Británie**

Ve Velké Británii patří segway mezi motorová vozidla. Kvůli tomu, že segway nesplňuje požadované bezpečnostní normy, je dovoleno používat osobní přepravník jenom na soukromém pozemku se souhlasem vlastníka.

## **Kanada**

Každá provincie Kanady stanovuje vlastní pravidla pro použití segway. V provincii Alberta nelze provozovat segway na veřejných komunikacích včetně chodníků. V Calgary nelze jezdit na osobním přepravníku po cyklostezkách. V Britské Kolumbii jsou stejné podmínky provozu jako ve Velké Británii, tzn. je povolen provoz pouze na soukromých pozemcích.

## **USA**

V současné době provoz segway je povolen na chodnicích ve většině států USA, avšak místní orgány mají právo zakázat provoz na určitých úsecích. Mnoho států umožňuje provoz na cyklostezkách a silnicích při maximální rychlosti 40 km/h.

Manažeři doufají, že růst ceny benzínu povede ke zvýšení prodeje osobních přepravníků. Na opačné straně jsou organizace, které chrání práva chodců a obávají se, že z chodníků se stanou dopravní komunikace ohrožující chodce.

## **Austrálie**

V Austrálii je na státní úrovni zakázáno používat segway na veřejných místech a na silnicích. Na územní úrovni se ale pravidla liší. V Teritoriu hlavního města je použití segway nezákonné



na silnicích a na dalších veřejných místech. Použití osobních přepravníků k turistickým účelům je povoleno na vymezených trasách při dodržení určitých podmínek: školení účastníků a omezení rychlosti. V Novém Jižním Walesu je možné používat segway pouze na soukromém pozemku. V Západní Austrálii zákon umožňuje používat osobní přepravníky k turistickým účelům na zodpovědnost pronajímatele.

## 6 Průzkum názorů veřejnosti na provozování segway dopravy v centru města

V rámci diplomové práce byl proveden průzkum mezi obyvateli města Prahy. Vzor dotazníku je možné najít v příloze D.

Cílem dotazníku bylo zjištění názorů obyvatel města Prahy na provoz segway, zda jim vadí nebo nevadí zvětšující se počet těchto dopravních prostředků v pražských ulicích. Záměrem práce je zjistit, je-li možné vybudovat lepší vztahy mezi chodci a uživateli segway. Zjištěná data jsou použita k návrhu nových tras pro segway a možných řešení a zlepšení stávajících systémů provozu v Praze. Dotazník je zaměřen na obyvatele Prahy. Věk respondentů se pohybuje v rozmezí od 16 do 45 let.

Pomocí kontingenční tabulky 6-1 byla zjištěna závislost mezi zkušenostmi obyvatelů se segway a nepřijetím segway na chodcích. Ani na 40% hladině významnosti nelze zamítnout nulovou hypotézu o nezávislosti názorů. Zjištěné četnosti rozdělení jsou blízké očekávaným četnostem.

Tabulka 6-1 Kontingenční tabulka. *Vlastní zpracování.*

Počet	Vadí Vám segway na chodnících		Součet
	Ano	Ne	
Jeli jste někdy na segway			
Ano	6	3	9
Ne	56	15	71
Součet	<b>62</b>	<b>18</b>	<b>80</b>

Pomocí dotazníku bylo zjišťováno, proč většina obyvatel má negativní názor na provoz osobních přepravníků ve městě. Mezi hlavní příčiny patří nebezpečí pro chodce, bezohlednost jezdců a jejich nezkušenost, komplikace provozu kvůli nedostatku místa a vhodných tras, rychlá jízda a špatně definované vztahy vůči silničnímu provozu. Mimo jiné respondenti uváděli chybějící značení tras, příliš velké skupiny na segway, tichý provoz osobních přepravníků a materiální škody.

Mezi hlavní výhody provozu v centru města patří atraktivita pro turisty, snazší přesun v centru města díky rychlosti a ekologičnosti osobních přepravníků. Hodně lidí však nevidí na segway žádné výhody.

Podle většiny obyvatel segway nepatří na chodník, ale na cyklostezky. Respondenti uvažují o možnosti provozování na silnicích nebo na speciálně vyhrazených místech, například v parcích nebo na méně frekventovaných ulicích města.

Z výše uvedeného vyplývají zlepšení, která navrhuji obyvatelé. Patří mezi ně definování jasných pravidel provozu segway, určení plánu přístupových cest a vymezení nových tras pro jízdy na segway.

Při dotazování byl pozorován negativní postoj k provozu segway. Při sestavování dotazníku záměrně nebyla uvedena současná situace provozu osobních přepravníků, proto každý dotazovaný odpovídal na otázky podle svého názoru a zkušenosti. Někteří respondenti uváděli, že segway nemůže být bezpečný, protože „jak je známo, vynálezce přepravníku zemřel na segway“. Kromě toho dotazovaní mají čerstvé vzpomínky na kolizi, která se stala na 15. mistrovství světa v atletice v Pekingu, kde nešikovný čínský kameraman srazil sportovce Usaina Bolta. Atletovi se sice nic nestalo, ale pro diváky a fanoušky zůstal segway navždy nebezpečným osobním přepravníkem.

Velký počet respondentů uvádí, že při omezení provozu segway a regulaci pravidel bude možné pozorovat pozitivní postoj obyvatel k osobním přepravníkům. Většina lidí chápe, že segway nepatří na silnici, ale nepatří ani na chodník, proto by byli rádi, kdyby segway měly určená místa provozu. Dotazované osoby chtějí mít větší pocit bezpečnosti ve městě, ale zároveň podporovat vývoj cestovního ruchu v Praze.

## 7 Výhody/nevýhody segway dopravy, rizikové faktory

Osobní přepravník má mnoho výhod. Segway je velice zajímavou formou dopravy. Dnes se používá hlavně pro zábavu.

Výhody provozu segway jsou zřejmé. Zaprvé je to přemístění s minimálním vynaložením sil a energie, z toho vyplývající přemístění do větších vzdáleností. Další silnou stránkou je, že umožňuje řidičům manévrovat jak ve městě a v parku, tak i v místnosti. Tento typ přepravy je vhodný na asfaltovém i antukovém povrchu a na zámkové dlažbě. Je to způsobeno tím, že má velmi výkonný elektromotor. Mnoho lidí preferuje segway proto, že má malé rozměry, a s nimi spojenou snadnou manipulaci.

Segway může dosáhnout rychlosti až 20 km/h, což je rychlejší než běh průměrného člověka. Nicméně Asociace segway doporučuje omezovat rychlost osobních přepravníků na 10 km/h.

V ČR k ovládní segway není zapotřebí vlastnit řidičský průkaz, proto osobní přepravník může využít většina lidí. Segway má snadné ovládní, které zvládne v podstatě kdokoli, ale z bezpečnostních důvodů se nedoporučuje jeho řízení dětem mladším 13 let. Řízení dopravního prostředku je velmi jednoduché a intuitivní.

Osobní přepravník nezpůsobuje nepohodlí během jízdy a pracuje v tichém režimu, což je výhodnou technickou charakteristikou osobního přepravníku. Na druhou stranu tato vlastnost není dobrá pro chodce, kteří přibližující se segway neslyší.

Segway nevyžaduje žádné palivo. Aby vozidlo pracovalo, je potřeba ho jednou za čas nabít. Úspornost a šetrnost k životnímu prostředí segway můžeme doložit třeba souvislostí prudkého růstu cen benzínu v roce 2006 a současně zaznamenaným nárůstem prodeje segway. Lidé se zamýšleli nad nákupem ekologického a ekonomického dopravního prostředku. Podle Agentury pro ochranu životního prostředí<sup>4</sup> Američané denně podniknou 900 milionů jízd automobilem. Z toho je 400 milionů jízd na vzdálenost kratší než 8 kilometrů, přičemž v automobilu je většinou pouze jeden člověk – řidič. Jestliže by bylo 10 procent cest automobilem nahrazeno jízdou na segway, spotřeba benzínu by klesla o 6,2 milionů litrů za den [2].

---

<sup>4</sup> Environmental Protection Agency (Agentura pro ochranu životního prostředí) – agentura federální vlády USA, vytvořená s cílem ochrany životního prostředí a lidského zdraví, která zpracovává a kontroluje plnění norem na základě zákonů přijatých Kongresem [2].

Režim „blokování“ chrání segway proti krádeži. V tomto režimu není možné zvednout osobní přepravník, který váží pouhých 50 kilogramů. Co se týče bezpečnosti jízdy, pevná kostra a ochrana proti pádu zaručuje dlouhou životnost zařízení.

Výše uvedené výhody jsou k dispozici převážně vlastníkům osobních přepravníků. Cena segway se pohybuje od 100 000 Kč až po 300 000 Kč, což je slabou stránkou marketingu samotné společnosti Segway Inc. Tento fakt je však zároveň výhodou pro firmy zabývající se pronájmem segway. Ne každý člověk si může dovolit koupit dopravní prostředek, ale většina převážně mladých lidí si ráda zpestří den jízdou po krásném městě. Zajímavý a zvláštní osobní přepravník láká hodně turistů.

Slabým místem segway je četnost dobíjení baterie. I přesto, že se jejich konstrukční charakteristiky neustále zlepšují, časté nabíjení snižuje jejich životnost. Při jejich vysoké ceně je to jednoznačné minus.

Hlavním nedostatkem provozu segway v centru města je nebezpečí zranění chodců a uživatelů osobních přepravníků. Ačkoli v posledních letech byl zaznamenán pouze 1 případ střetu segway s chodcem, lidé se obávají bezhlučného dopravního prostředku.

Výstižné shrnutí je uvedeno v tabulce 7-1, která názorně rozděluje silné a slabé stránky provozu, příležitosti a hrozby.

Tabulka 7-1 SWOT analýza provozu segway. *Vlastní zpracování.*

Silné stránky	Slabé stránky
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Šetrnost k životnímu prostředí;</li> <li>• Manévrování na různých površích;</li> <li>• Malé rozměry a hmotnost;</li> <li>• Flexibilita;</li> <li>• Tichý režim;</li> <li>• Stabilizační systém;</li> <li>• Bezpečnost dopravního prostředku;</li> <li>• Lokalita firem;</li> <li>• Intuitivní ovládání;</li> <li>• Přátelský a inteligentní průvodce;</li> <li>• Jedinečnost a zajímavost atrakce;</li> <li>• Ziskové podnikání;</li> <li>• Nízké režijní náklady;</li> <li>• Rozmanitá časová a trasová nabídka výletu na segway;</li> <li>• Dobře známá a spolehlivá značka Segway;</li> <li>• Jednoduchá organizace a údržba;</li> <li>• Záruka na všechny produkty Segway.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strach chodců;</li> <li>• Výdrž baterie;</li> <li>• Tichý motor;</li> <li>• Je těžké přilákat nové zákazníky;</li> <li>• Nestačí lokální reklama;</li> <li>• Nižší možnosti pro rozvoj a ovládnutí nových oblastí na trhu;</li> <li>• Cena samotného segway;</li> <li>• Legislativa.</li> </ul>

Příležitosti	Hrozby
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Využití partnerství s ostatními místními podniky;</li> <li>• Využití nových technologií;</li> <li>• Reklama na internetu může být spolehlivým zdrojem nových zákazníků;</li> <li>• Malý počet místních konkurentů, kteří mají licenci na pronájem segway;</li> <li>• Sponzorství a reklama na různých akcích;</li> <li>• Podpora ekologického druhu přepravy médii a lidmi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vládní omezení a budoucí právní předpisy, které omezují provoz segway;</li> <li>• Nedostatek zájmu místních obyvatel;</li> <li>• Nedostatečný přístup k cílovým skupinám a památkám;</li> <li>• Možný nedostatek finančních prostředků;</li> <li>• Nové technologie;</li> <li>• Podobné podniky umístěné v blízkém okolí;</li> <li>• Špatná ekonomická situace;</li> <li>• Nárůst nákladů na vybavení;</li> <li>• Věková, váhová a další ohraničení pro řízení segway.</li> </ul>

Hlavní problémy v provozování segway vidím v „legitimitě“ a „zákaznících“. Nelze jednoznačně říct, kam patří segway – na chodník, nebo na silnici. Je potřeba definovat jasná pravidla a dodržovat je. Neurčitost může odradit obyvatele velkých měst a způsobit problémy uživatelům segway.

Kromě toho běžní spotřebitelé o tento produkt nemají zájem. Společnost Segway by měla zlepšit cenovou politiku a zaměřit se na marketing. Segway je reprezentován jako ekologický produkt, který by měl nahradit auta a zlepšit kvalitu životního prostředí. Ovšem jen málo lidí si může segway koupit. Proč spotřebitel má kupovat osobní přepravník, jestliže cena přepravníku je srovnatelná s cenou osobního automobilu?

## 8 Analýza zatížení městských komunikací historického jádra provozováním segway

Pro analýzu zatížení hlavního města Prahy byl použit program Autodesk AutoCAD 2016, který nabízí možnost dvoj- a trojrozměrného kreslení na různých vrstvách.

Podkladem pro kreslení je mapa ze stránek <http://praha.suricata.cz/prazske-mapy-pruvodce.aspx>. Z finančních důvodů nebyla použita digitální mapa Prahy<sup>5</sup>, ale při detailnějším zpracování problému se doporučuje aplikace výše zmíněné mapy.

V Praze je deset provozovatelů osobních přepravníků segway zaregistrovaných v Asociaci Segway ČR. K analýze zatížení městských komunikací byly vybrány společnosti, které mají největší nabídku tras a časů prohlídek na Starém Městě, Novém Městě, na Hradčanech, Malé Straně a Josefově. Těmto kritériím odpovídá 5 společností: PragueOnSegway.com, Segway Experience, s. r. o., PSH RENT, s. r. o., Prague Segway Tours a SG Point.

### 8.1 PragueOnSegway.com

První analyzovanou společností je firma **PragueOnSegway.com**, která nabízí vyjížděky pro 2 osoby. Prohlídky jsou pouze v anglickém jazyce. Na výběr je celkem 5 tras. Časy odjezdů jsou pevně stanoveny. Firma sídlí na Malé Straně v ulici Vlašská 364/2 [25].

Na obrázku 8-1 jsou uvedeny trasy „Viewpoints tour“ (červená), „Grande tour of Prague“ (modrá) a trasa, která má 2 názvy: „Magical morning tour“ či „Prague by night“ (růžová).

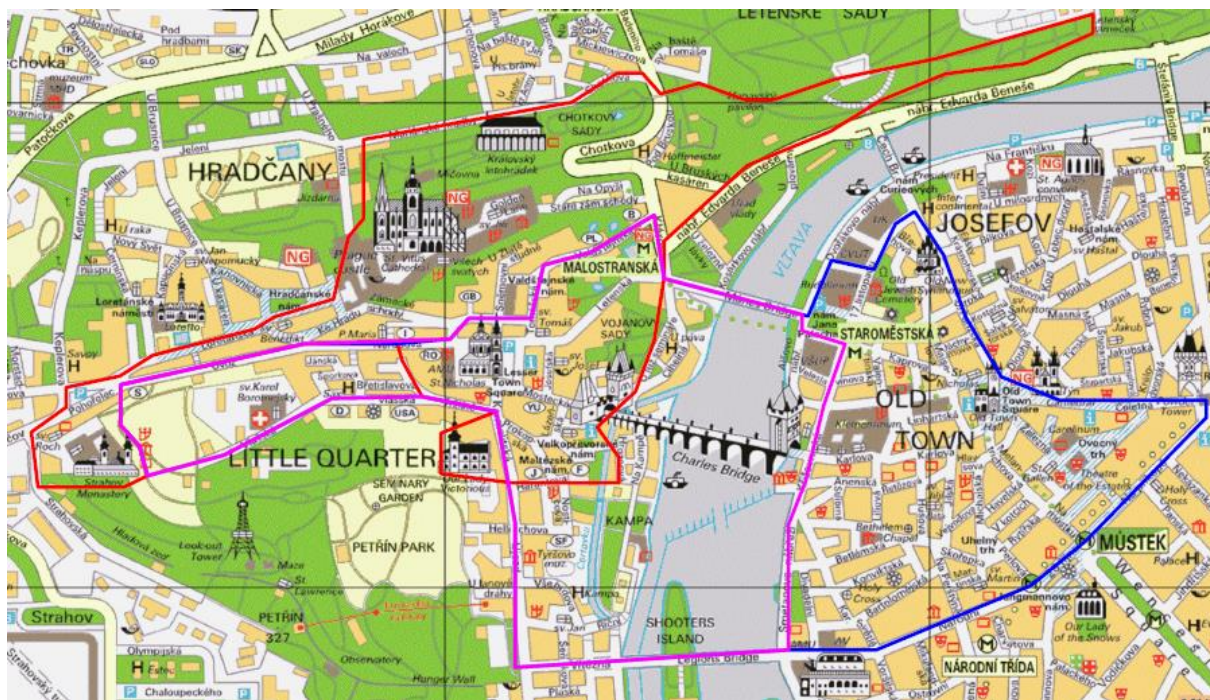
Prohlídka „Viewpoints tour“ trvá 3 hodiny a je určena pro 2 lidi. Časy odjezdu jsou v 8:15, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 a 18:00. Linka vede kolem kostela svatého Mikuláše, Nerudovou ulicí, přes Pražský hrad, Belveder, Malou Stranu, kolem domu premiéra, metronomu, přes park na Letné, prezidentskou rezidenci, Kampu, můstek zamilovaných až k Lennonově zdi.

Trasa pod názvem „Grande tour of Prague“ trvá stejně dlouho, tj. 3 hodiny, a je určena pro 2 lidi. Časy odjezdů jsou v 8:15, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 a 18:00. Linka vede od kostela Pražského Jezulátka k Národnímu divadlu, dále na Václavské náměstí, kolem Obecního domu, Prašné brány, Domu U Černé Matky Boží, přes Staroměstské náměstí, orloj, Pařížskou ulici, Josefov, Rudolfinum až na Malou Stranu.

---

<sup>5</sup> <http://www.geoportalpraha.cz/> Jednotná digitální mapa Prahy je stále se aktualizující mapa hlavního města, která obsahuje data katastrální mapy a digitální technické mapy města.

Prohlídka, která trvá 1,5 hodiny a je určena pro dva lidi „Magical morning tour“ v 8:00 a „Prague by night“ v 21:30, vede od kostela Pražského Jezulátka přes Národní divadlo, nábřeží podél Vltavy, Karlův most, Rudolfinum, Malou Stranu až ke kostelu svatého Mikuláše.



Obrázek 8-1 Trasy nabízené PragueOnSegway.com. *Vlastní zpracování.*

## 8.2 Segway Experience, s. r. o.

Další vybranou společností je **Segway Experience, s. r. o.** Společnost má 3 prohlídkové trasy po Praze, které jsou zobrazeny na obrázku 8-2, a 1 trasu na Karlštejně. Kromě výše uvedených prohlídek nabízí společnost zábavní hru na segway. Sídlo je na Malé Straně v ulici Mostecká 4. Prodejní místa jsou u Staroměstské radnice, Malostranské mostecké věže a v ulici Rytířská [14].

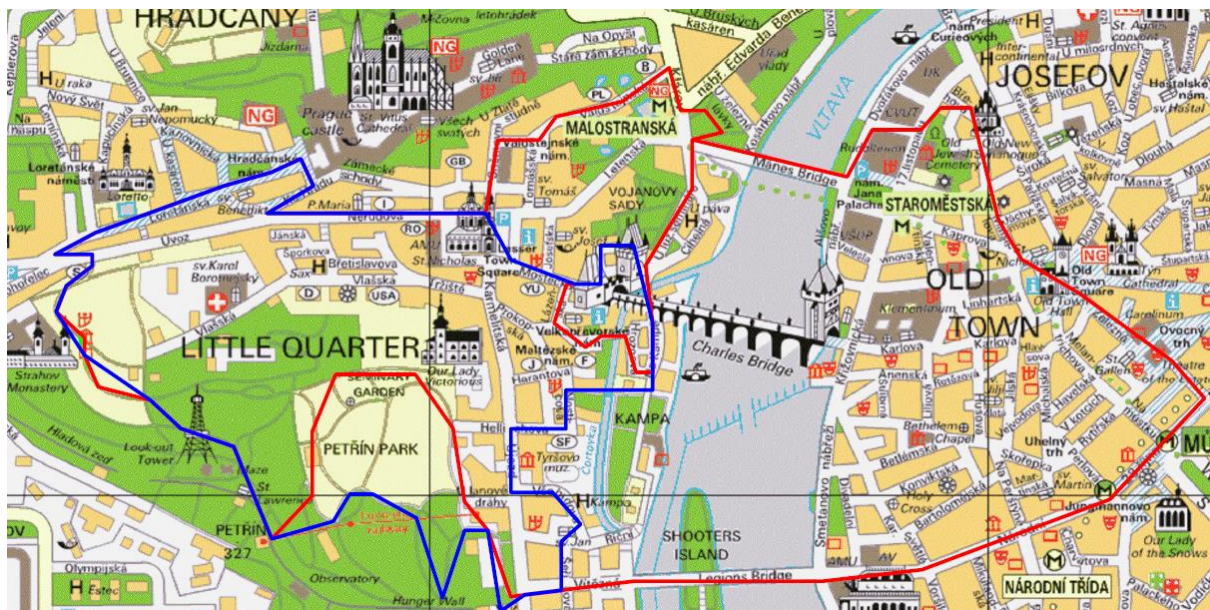
„Grand city tour“ (červená) začíná v 11:00 a 15:00 hodin, trvá 3 hodiny a je určena maximálně pro 16 lidí. Linka vede přes Karlův most, ostrov Kampa, Lennonovu zeď, Muzeum Franze Kafky, kostel sv. Mikuláše, Pražský hrad, Strahovský klášter, Petřín, Národní divadlo, Václavské náměstí, Staroměstské náměstí, orloj a židovskou čtvrť.

Prohlídka „Morning Tour“ (modrá) začínající v 9:00 a trvající 1 hodinu je určena maximálně pro 16 lidí. Trasa vede přes Karlův most, Kampu, Lennonovu zeď, Muzeum Franze Kafky, kostel sv. Mikuláše, Pražský hrad, Strahovský klášter a Petřín.

„Panoramatická noční projížďka“ (růžová) je stejně jako předešlé nabídky určena maximálně pro 16 lidí. Prohlídka začíná ve 20:00 a trvá 3 hodiny. Trasa vede přes Karlův most, Kampu,



Lenonovu zed', Muzeum Franze Kafky, Expo 58, metronom, Pražský hrad, Strahovský klášter a Petřín.



Obrázek 8-2 Trasy nabízené společností Segway Experience, s. r. o. *Vlastní zpracování.*

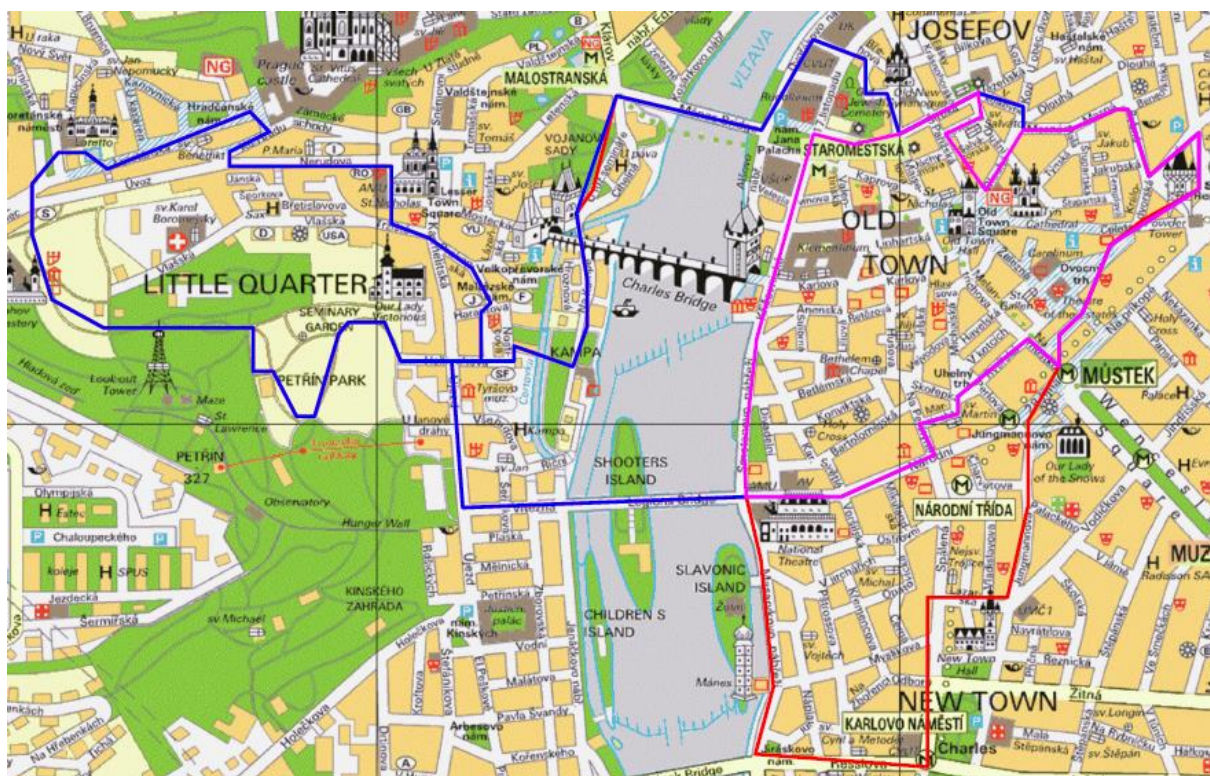
### 8.3 PSH RENT, s. r. o.

Třetí vybranou společností je **PSH RENT, s. r. o.** Firma nabízí 3 různé trasy, které jsou uvedeny na obrázku 8-3. Společnost nabízí individuální túry, teambuildingové túry a půjčování segway mimo Prahu. Centrála je na Benediktské 7. Startovní místo je vedle OD Kotva, Revoluční 1, Praha 1. Vyhlídky jsou každou hodinu [19].

„Tajemná trasa Franze Kafky“ (červená) začíná každou hodinu od 9 až do 19, trvá 3 hodiny a je určena pro 10 lidí. Trasa vede přes Staroměstské náměstí, židovské město, Španělskou synagogu, Pařížskou ulici, Rudolfinum, muzeum Franze Kafky, Karlův most, Kampu, Strahovský klášter, Loretu, Pražský hrad, Nerudovu ulici, kostel sv. Mikuláše, Pražské Jezulátko, Národní divadlo, Tančící dům, Karlovo náměstí, Václavské náměstí, Jeruzalémskou synagogu, Stavovské divadlo, Karlovu univerzitu, Prašnou bránu a Obecní dům.

Prohlídka „Praha působivá“ (modrá) trvá 2 hodiny a je určena maximálně pro 10 lidí. Jízda se uskutečňuje každou hodinu od 9:00 až do 20:00. Linka vede přes Staroměstské náměstí, orloj, židovské město, Rudolfinum, Muzeum Franze Kafky, Karlův most, Strahovský klášter, Pražský hrad, Nerudovu ulici, kostel sv. Mikuláše, Pražské Jezulátko, Národní divadlo, Václavské náměstí, Prašnou bránu a Obecní dům.

Turistická prohlídka „Praha – Staré město“ (ružová) trvá 1,5 hodiny a je určena maximálně pro 10 lidí. Začíná každou hodinu od 9:00 do 20:00 a vede přes Staroměstské náměstí, orloj, Židovské město, Španělskou synagogu, Pařížskou ulici, Rudolfinum, Národní divadlo, Václavské náměstí, Prašnou bránu a Obecní dům.



Obrázek 8-3 Trasy nabízené společností PSH RENT, s. r. o. *Vlastní zpracování.*

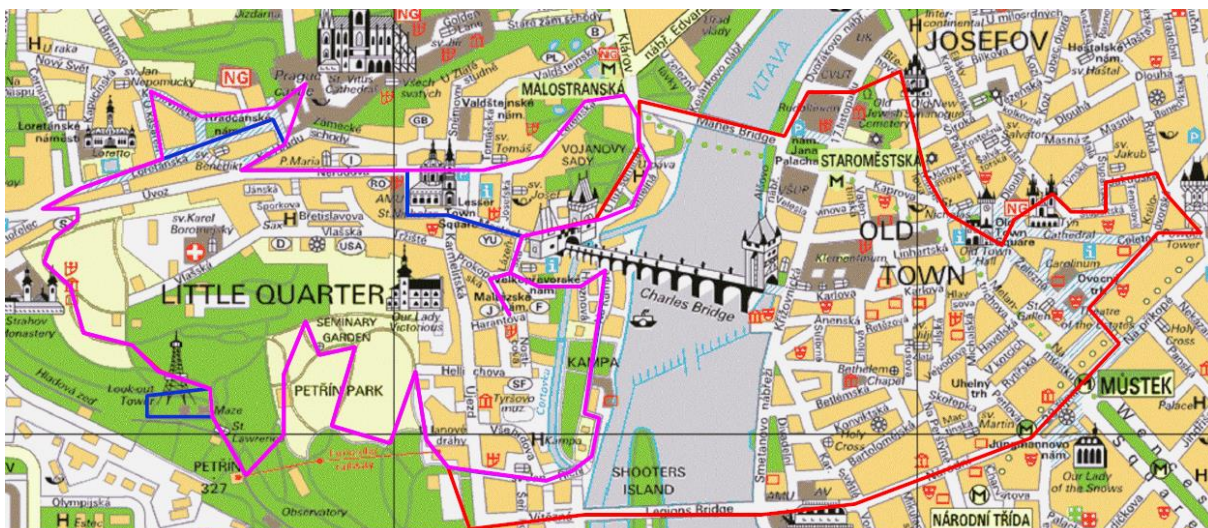
#### 8.4 Prague Segway Tours

Další vybranou společností je **Prague Segway Tours**. Firma nabízí větší počet variant projížděk po Praze, které jsou uvedeny na obrázku 8-4. Sídlo a začátek tras je na Malé Straně na Maltézském náměstí 7. Maximální počet lidí je 12 [27].

„Velký městský okruh“ (červená) začíná v 14:00 a trvá 3 hodiny. Prohlídka je určena maximálně pro 12 lidí. Trasa vede přes Staré Město, Malou Stranu, Lennonovu zeď, Pražský hrad, Národní divadlo, Tančící dům, kostel svatého Mikuláše, Staroměstské náměstí, staré židovské město a Prašnou bránu.

Trasa „Sunset Segway Tour“ (modrá) trvá 1,5 hodiny a je určena maximálně pro 12 lidí. Začátek je každý den v 18:30. Trasa vede přes Staré Město, Malou Stranu, Petřín, Pražský hrad, Národní divadlo, Tančící dům, Staroměstské náměstí, staré židovské město a Prašnou bránu.

„Spring Segway Tour“ (růžová) trvá 2 hodiny, stejně jako minulé trasy je určena maximálně pro 12 lidí. Prohlídka začíná v 10:00 a vede přes Staré Město, Karlův most, Malou Stranu, Petřín a Pražský hrad.



Obrázek 8-4 Trasy nabízené společností Prague Segway Tours. *Vlastní zpracování.*

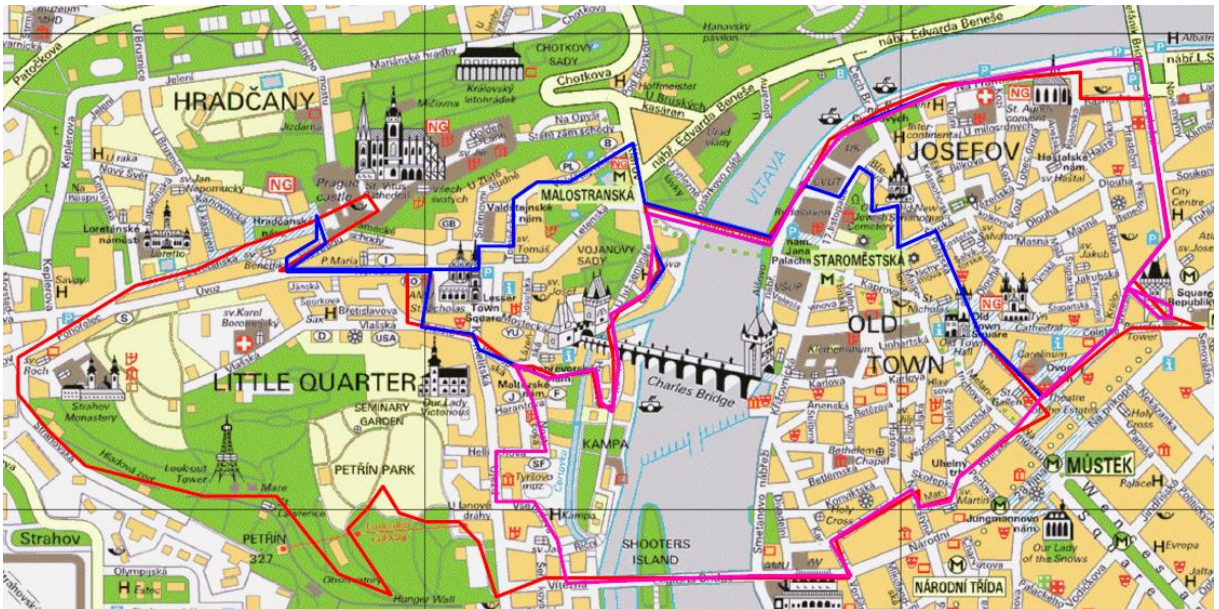
## 8.5 SG Point

Poslední společností je **SG Point**. Nabízí 3 trasy, které jsou zobrazeny na obrázku 8-5. Výchozí místo je na Starém Městě před Prašnou bránou, sídlo je na adrese Královodvorská 5. Vyhlídky jsou každých 15 minut [28].

„První linka“ (červená) trvá 120 minut a maximální počet lidí je 8. Prohlídka začíná každých 15 minut od 8:00 do 15:30 hodin a vede přes Rudolfinum, Pražský hrad, Muzeum Franze Kafky, Karlův most, můstek zamilovaných, Lennonovu zeď, kostel svatého Mikuláše, Nerudovu ulici, Schwarzenberský palác, Strahovský klášter, Petřín, Národní divadlo, Stavovské divadlo, Staroměstské náměstí, Prašnou bránu a Obecní dům.

„Druhá linka“ (modrá), která trvá 90 minut a je určena pro 8 lidí, začíná každých 15 minut od 8:00 do 15:30 hodin a vede přes Rudolfinum, Josefov, Pražský hrad, Muzeum Franze Kafky, Karlův most, můstek zamilovaných, Lennonovu zeď, kostel svatého Mikuláše, Nerudovu ulici, Stavovské divadlo, Staroměstské náměstí, Prašnou bránu a Obecní dům.

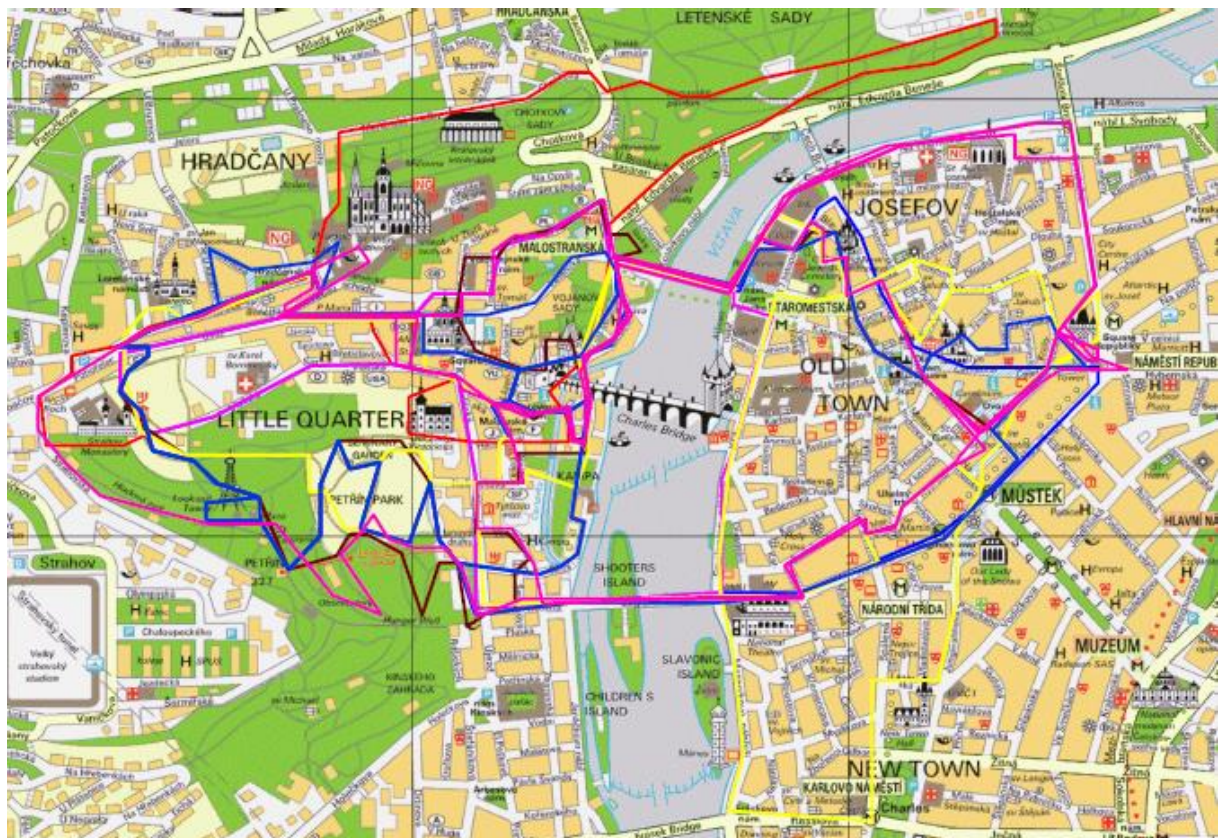
„Třetí linka“ (růžová) trvá 60 minut a stejně jako předešlé je určena pro 8 lidí a začíná každých 15 minut od 8:00 do 15:30 hodin. Prohlídka vede přes Rudolfinum, Pražský hrad, Muzeum Franze Kafky, Karlův most, můstek zamilovaných, Lennonovu zeď, Národní divadlo, Stavovské divadlo, Staroměstské náměstí, Prašnou bránu a Obecní dům.



Obrázek 8-5 Trasy nabízené společností SG Point. *Vlastní zpracování.*

## 8.6 Analýza zatížení

Na schématu 8-6 je zobrazena mapa po spojení všech tras.



Obrázek 8-6 Aktuální trasy turistických prohlídek pěti největších společností pronajímajících segway. *Vlastní zpracování.*

Na mapě jsou vidět místa s největším zatížením. Jsou to takzvaná úzká místa, která je potřeba odstranit. K nejfrekventovanějším úsekům patří: most Legií, Mánesův most, Smetanovo nábřeží, Masarykovo nábřeží, Hradčanské náměstí a Staroměstské náměstí. Ulice: Pařížská, Nerudova, Vlašská, Tržiště, Na Kampě (pěší zóna na náměstí), Národní, Újezd, Loretánská, Jungmannova, Železná, Královská, Mostecká. Na ulici Karmelitská je mnoho aut, tramvají a chodců.

Velký počet turistů a obyvatel Prahy v Celetné, na Ovocném trhu, Havířské, Na Příkopěch, na Staroměstském a Václavském náměstí vyvolává negativní postoj k jakémukoli dopravnímu prostředku v této oblasti.

Není možné zanedbat problematické úseky: zúžení vedle Karlových lázní, nebezpečný přechod na nábřeží Edvarda Beneše, pěší zóna před chrámem svatého Mikuláše. Areálem Pražského hradu není dovoleno projíždět na kole. Mimoto je zde velká frekvence chodců.

Kromě velkého počtu lidí a aut komplikuje situaci jednosměrný provoz v ulici Husova, Kaprova, Platněnská a Dlouhá. Na Dvořákově nábřeží, v ulici Břehová a Na Rejdišti, kde teď nejčastěji zatáčejí segway, je jednosměrný provoz.

## 8.7 Navržené tras

Nová trasa musí vést přes pamětihodnosti, které zajímají turisty.

Podle nabízených tras byly vybrány památky a kulturní objekty, které nejvíc zajímají turisty. To jsou takové pamětihodnosti města, které se vyskytují v nabídce turistických prohlídek nejčastěji. Jejich polohu je možné vidět na obrázku 8-7.

1. Josefov neboli židovské město – pražská čtvrť, nejmenší katastrální jednotka Prahy. Je součástí staré Prahy a spadá pod Prahu 1.
2. Kostel svatého Mikuláše – barokní kostel na Malostranském náměstí.
3. Kampa – ostrov na řece Vltavě na Malé Straně
4. Karlův most – středověký most v Praze přes Vltavu, který spojuje historickou Malou Stranu a Staré Město.
5. Lennonova zeď – ohrada Maltéžské zahrady na Malé Straně.
6. Pražský metronom – památník nacházející se na kopci ve čtvrti Holešovice v Praze.
7. Můstek zamilovaných – most přes Čertovku, který vede z Hroznové ulice na Kampě k Velkopřevorskému náměstí.

8. Muzeum Franze Kafky – dlouhodobá výstava „Město K. – Franz Kafka a Praha“ na Malé Straně.
9. Národní divadlo – hlavní divadlo v České republice i v Praze.
10. Obecní dům – budova v Praze nacházející se na náměstí Republiky.
11. Pražský orloj – středověká věž s hodinami, která se nachází na jižní stěně věže Staroměstské radnice na Staroměstském náměstí.
12. Pařížská – nejdražší ulice Prahy, která spojuje Staroměstské náměstí a náměstí Curieových.
13. Petřín – kopec v centru Prahy na levém břehu řeky Vltavy. Nejznámější vyvýšenina hlavního města Prahy.
14. Prašná brána – gotická věž, která se nachází na náměstí Republiky vedle Obecního domu.
15. Pražský hrad – hrad v Praze, který se táhne od Petřínského kopce, na jihu se napojí na Malou Stranu a na severu je ohraničen Jelením příkopem.
16. Rudolfinum – koncertní a výstavní sál v centru Prahy na náměstí Jana Palacha.
17. Strahovský klášter neboli Královská kanonie premonstrátů na Strahově. Nachází se na Hradčanech, v Praze 1.
18. Tančící dům – administrativní budova v Praze, která se skládá ze dvou válcových věží: normální a destruktivní.
19. Klášter Pražského Jezulátka nebo taky kostel Panny Marie Vítězné a svatého Antonína Paduánského – římskokatolický kostel na Malé Straně.
20. Pražská Loreta – název pro katolický kostel Narození Páně stojící na východní straně Loretánského náměstí na Hradčanech.

Po vyhodnocení úzkých míst a určení prioritních pamětihodností byly navrženy 2 trasy.

Podle logických předpokladů nově navržená cesta by měla být cestou s maximální kapacitou, pro kterou platí  $K(m^*(u, v)) = \max_{m(u, v) \in M} \{K(m(u, v))\}$  [52]. Nicméně není možné přesně ohodnotit každou ulici v centru Prahy a vybrat optimální variantu. Výběr byl udělán podle logických předpokladů. Nová trasa se vyhýbá cestám s nízkou průchodností a s jednosměrným provozem.

**I. linka** je zobrazená na obrázku 8-7 červenou barvou. Trasa vede přes většinu památek a má dvě zastávky: na parkovišti vedle Kampy a na Staroměstském náměstí.

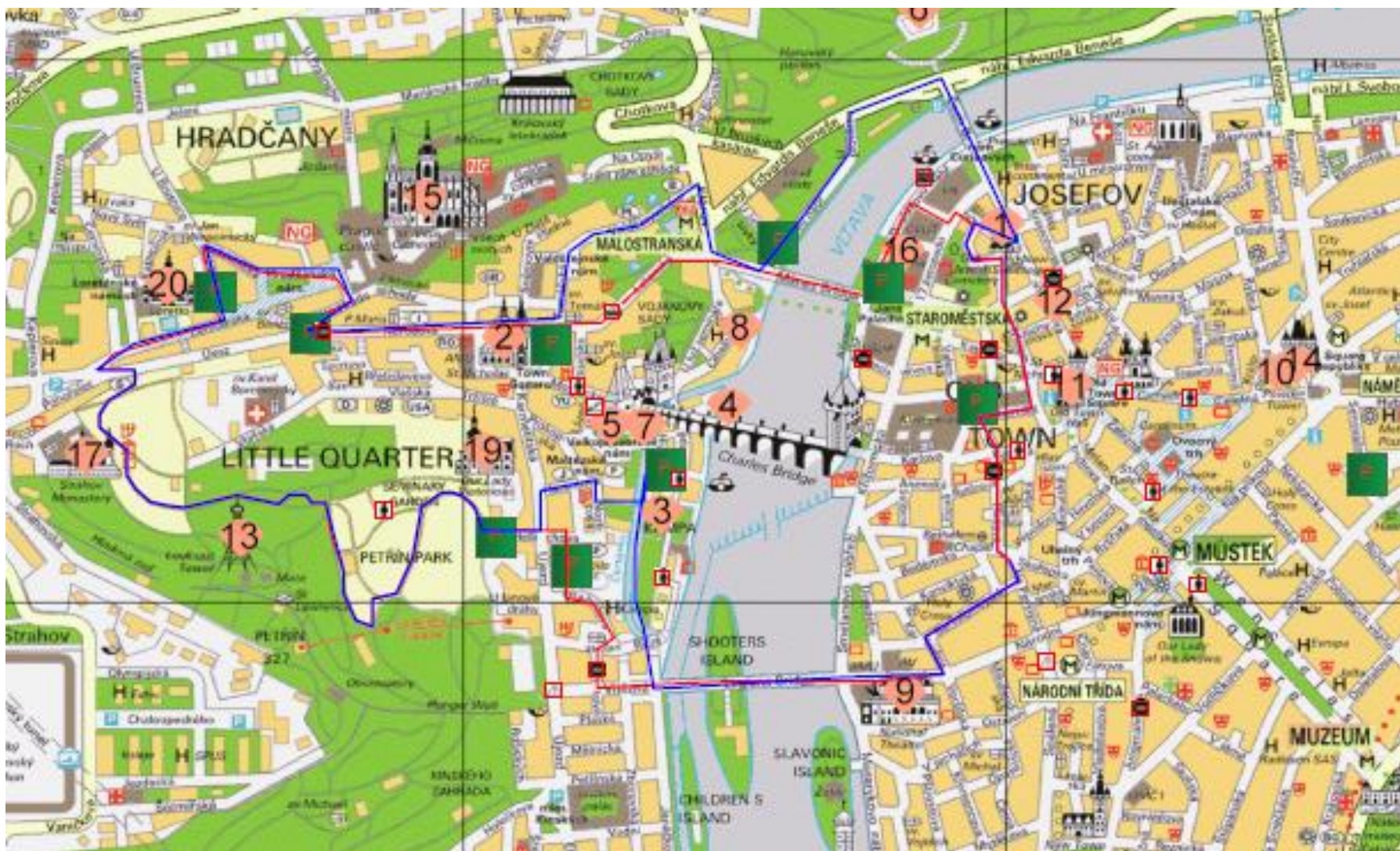
Z parkoviště vedle Klementina přes Maiselovu oklikou do zatížené Pařížské do čtvrti Josefov k Staronové synagoze a ke starému židovskému hřbitovu v Praze-Josefově. Dále přes Břehovou na Dvořákovo nábřeží a zatím na Mánesův most. Linka pokračuje přes ulici Letenská kolem

kostela svatého Mikuláše. Ulicí Nerudovou po cyklostezce X150, kde se otevírá výhled na Pražský hrad. Provoz na Pražském hradě je zakázán. Pokračování provozu je po cyklostezce X150 po ulici U Kasáren na Loretánskou a dále několik metrů po ulici Úvoz. Pak vede trasa kolem Strahovského kláštera po cyklostezce X32 k Petřínské rozhledně. Od Petřínského parku po cyklostezce X140, kde je prudké klesání vozovky, kolem kostela Pražského Jezulátka.

Pak by bylo dobré nechat segway na parkovišti před Kampou a projít se po Karlově mostě, kolem Lennonovy zdi a po Kampě. Po malé přestávce pokračuje prohlídka ulicí Všehrdova přes most Legií k Národnímu divadlu, kde prochází cyklostezka A24. Aby se vyhnula zatížené ulici Národní, je potřeba zatočit na Bartolomějskou kolem Betlémské kaple. Přes Husovu, která se využívá namísto zatíženého Smetanova nábřeží, k parkovišti na Jalovcové. Zde je možnost nechat segway a projít se ke Staroměstskému náměstí, Palladiu, Obecnímu domu a Prašné bráně.

**II. Linka** (modrá) vede z parkoviště vedle Klementina přes Maiselovu oklikou kolem zatížené Pařížské. Ve směru na Josefov přes Čechův most k pražskému metronomu. Po cyklostezce A1 s krásným výhledem na Vltavu až k Mánesovu mostu. Přes Valdštejnskou a Tomášskou ke kostelu svatého Mikuláše. Nerudovou po cyklostezce X150 kolem Pražského hradu a Lorety.

Ulicí Loretánskou stejně jako v prvním návrhu kolem Strahovského kláštera po cyklostezce X32 k Petřínské rozhledně. Z Petřínského parku po cyklostezce X140, kde je prudké klesání vozovky, kolem kostela Pražského Jezulátka. Několik metrů po Újezdu přes Harantovu ke druhé přestávce. Po cyklostezce A7 k mostu Legií, kolem Národního divadla, kde prochází cyklostezka A24. Aby se trasa vyhnula zatížené ulici Národní, je potřeba zatočit na Bartolomějskou kolem Betlémské kaple. Přes Husovu, která se využívá místo zatíženého Smetanova nábřeží, k parkovišti na Jalovcové. Zde je možnost nechat segway a projít se k Staroměstskému náměstí, Palladiu, Obecnímu domu a Prašné bráně.



Obrázek 8-7 Navržení tras. *Vlastní zpracování.*



## 9 Návrh na zlepšení provozu segway

Uživatel segway je účastníkem dopravy, který se považuje za chodce, a proto se musí chovat zodpovědně, a to tak, aby nedocházelo k ohrožení života, zdraví a majetku sebe a ostatních účastníků dopravy.

Novela zákona stanovuje, že rychlost osobního přepravníku nesmí překročit 10 km/h. Společnosti dodržují rychlostní limity, nicméně chodci vidí nebezpečí v prostředku, který se pohybuje rychleji, než je průměrná rychlost chůze (cca 5 km/h). Pro zvýšení bezpečnosti provozu osobních přepravníků je nutné, aby řidič dodržoval pravidla silničního provozu. K tomu potřebuje mít řidičský průkaz alespoň kategorie AM, tj. motorová vozidla s maximální rychlostí 45 km/h [21].

Je nutné, aby uživatel respektoval dopravní značky, akustické a světelné signály a bral na vědomí chování ostatních účastníků.

Navíc řidič nesmí být pod vlivem alkoholu, proto není možné, aby turistická cesta vedla přes bary a restaurace s alkoholickými nápoji.

Je potřeba striktně dodržovat pravidla, která budou sledována jak provozovateli společností, tak i samotným řidičem. Není možné, aby uživatel segway během jízdy kouřil, pil, telefonoval nebo fotil.

Pro komfortní sousedství segway a chodců je potřeba definovat úzká místa provozu: ulice, mosty, náměstí, křižovatky, kde šířka úseku neodpovídá průchodnosti chodců a segway. Kromě toho je potřeba omezit provoz v rekreačních zónách a v centru města, kde je větší počet lidí.

Navrhuje se taky stanovit dozorčí orgán, který by stanovoval pravidla pro provoz osobních přepravníků a nesl odpovědnost za provoz segway v centru města. Asociace Segway ČR se už teď snaží spolupracovat s větším počtem společností, které pronajímají segway, a navazovat kontakt s obyvateli Prahy (přijímají stížnosti a návrhy). Bylo by dobré, kdyby Asociace Segway ČR měla větší vliv na tuto oblast podnikání. Je potřeba přesně dodržovat pravidla stanovená Asociací a vysvětlovat skupině před začátkem projížďky, jak se mají chovat.

Technicky levným řešením je instalace zvonku nebo jiného zvukového signálu, který by upozorňoval chodce na přibližující se segway. Zatím ve většině případů má zvonek pouze průvodce.

Pro optimalizaci provozu a sledování dráhy osobních přepravníků se doporučuje instalace GPS navigace. Pomocí obdržených výsledků by bylo možné sledovat aktuální lokaci segway. Kromě

toho operátor provozu by mohl monitorovat trasu linek a v případě potřeby optimalizovat dobu jízdy tak, aby skupina stihla vrátit segway v určitý čas. Navíc v případě potřeby společnost by mohla poskytnout záznamy pro sledování statistik a dodržování pravidel provozu.

Je zapotřebí navázat kontakt mezi Městskou policií, obyvateli Prahy a Asociací Segway. Logickým uvažováním lze zjistit, že úplný zákaz provozu nebude mít kladné výsledky ani pro společnost, ani pro cestovní ruch. Kromě toho hrozí, že se objeví další novinka, která dlouhou dobu nebude zachycena zákonem, a nastane stejný problém. Už teď existují nové druhy dopravních prostředků, které nepatří do skupiny „osobní přepravník“, jako například Hovertrax, jednokolová motorka s elektrickým motorem Ryno, skateboard Onewheel s elektrickým motorem a jedním kolem, Zero Scooter a tak dále (viz příloha B).

Omezení provozu je jenom dílčí část problému, jádrem je malá kapacita úzkých a přeplněných ulic turisticky oblíbeného města Prahy. Navíc v centru Prahy nejsou cyklostezky, protože centrum je příliš zatíženo chodci a auty. Když se obyvatel města zamyslí, kolikrát si představoval, jak by se daly zpříjemnit cesty v centru města, například ze Staroměstského náměstí na Václavské náměstí, tak pochopí, že v úzkých uličkách se místní obyvatelé snaží vyhýbat nejen segway a kolům, ale i turistům, kteří snižují průchodnost centra města. Kromě toho je třeba vždy pamatovat na fakt, že občas nedodržují stanovená pravidla nejen řidiči segway, ale také chodci či cyklisté.

## 10 Možnosti simulace provozu

Ve složitých modelech, které mají několik vstupů s různými pravděpodobnostními charakteristikami, je velice těžké použít numerickou metodu výpočtu. K tomu ale je vhodná simulační metoda, která za krátkou dobu na obyčejném stolním počítači znázorní grafické výsledky simulací. Navíc při simulaci je možné bez problému měnit vstupní parametry a sledovat změny modelu. Nicméně je třeba vždy vycházet z teorie, která umožňuje efektivně použít metody simulací.

Simulace provozu segway patří mezi úlohy teorie hromadné obsluhy.

### 10.1 Formulace úlohy

V diplomové práci byl nasimulován model zapůjčení segway. Téma je velice aktuální pro každého turistu. Stará Praha je poměrně velká, a obejít ji pěšky trvá mnoho času. Díky prohlídkám na segway je možné v krátkém čase poznat Nové i Staré Město.

Z důvodu bezpečnosti uživatelů segway a chodců v přeplněném centru Prahy se navrhuje stanovit fixní počet osobních přepravníků. Optimální počet segway pro turisty je devět a jedno pro průvodce. Takový počet nebude silně zatěžovat dopravu ve městě a zároveň bude respektován chodci.

Podle nově navržené trasy čas zapůjčení trvá 180 minut. Do tohoto času je potřeba započítat 15minutovou instruktáž.

Model ukazuje simulaci během 720 minut.

Simulace by měla odpovídat na následující otázky:

- Zda je možné provozovat segway na nově navržené lince tak, aby podnikání zůstalo rentabilní;
- Kolik klientů bude obslouženo;
- Kolik požadavků bude systémem odmítnuto.

Model je určen pro organizátora prohlídek. K tomuto účelu bylo adaptováno menu a je možné měnit různé parametry, jako je tok klientů, čas obsluhy a další.

### 10.2 Použité nástroje

Inženýrský program MATLAB, konkrétně MatlabR2014b, obsahuje řadu nástrojů, které umožňují vytvořit modely pro různé obory.

Pro simulaci provozu segway byl vybrán nástroj, který je součástí Simulink – knihovna Simevents. Tato knihovna zahrnuje sadu Simulink bloků, které jsou určeny pro simulaci systémů s diskretními událostmi (Discrete event system, DES).

Simulink umožňuje použít vizuální programování, které usnadňuje uživateli práci při vytváření složitějších modelů pomocí standardních bloků a provádějících se výpočtů.

Knihovna Simevents má řadu užitečných vlastností a funkcí:

- Grafické programovací prostředí pro modelování obsahuje moduly popisující frontu s různými charakteristikami, např. je možné znázornit frontu s prioritou;
- Při modelování se používají fronty, servery a přepínací prvky;
- Obsahuje bloky, které popisují různé kanály obsluhy;
- Pro popis požadavků existuje speciální datový typ, který umožňuje přidělit každému vstupu zvláštní vlastnosti (atributy).

### 10.3 Charakteristiky systému $D, U/D/10/\infty/P - FIFO$

Model je jednokanálový s prioritami.

**Vstupním tokem** jsou zákazníci, většinou turisté, kteří se chtějí projet na segway a zároveň se seznámit s krásami Prahy. Existují dva druhy zákazníků – bez priority, dále jsou označováni jako „normální“, a s prioritou, neboli „prioritní“. Do druhé skupiny patří lidé, kteří se objednali na projížďku předem – buď přes internet, nebo na místě pronájmu. Logickým důsledkem je, že prioritních zákazníků bude víc než normálních, protože do této skupiny patří i lidé, kteří se nevešli do skupinky ten samý den, a proto se objednali na další.

Interval mezi příchody  $\frac{1}{\lambda}$  a intenzita vstupu  $\lambda$  jsou pravděpodobnostními charakteristikami.

Druh jejich rozdělení je stanoven níže.

**Kanálem obsluhy** jsou vozítka, která se používají jako osobní přepravník pro zrychlení vyhlídky. Počet linek je určen počtem segway. Optimální počet lidí na vyhlídce je 9 a jeden průvodce, proto počet paralelně uspořádaných obslužných linek je **10**. Předpokladem je, že při prohlídce průvodce využívá nově navrženou trasu, která se vyhýbá všem úzkým místům.

Větší počet zájemců tvoří **fronty**. Fronty jsou v režimu  $P-FIFO$  – první přišel, první odešel. Nicméně prioritní jednotky vstupují první (prioritně).

**Výstupním tokem** jsou spotřebitelé, jejichž poptávka byla uspokojena.

Pomocí Kendallovy klasifikace lze model popsat jako  $D, U/D/10/\infty/P - FIFO$ , kde

$D$  – deterministické rozdělení příchodů zákazníků s vysokou prioritou,

$U$  – rovnoměrné rozdělení příchodů zákazníků s nízkou prioritou,

$D$  – deterministická doba obsluhy,

10 – počet paralelně uspořádaných kanálů,

$\infty$  – neomezená fronta,

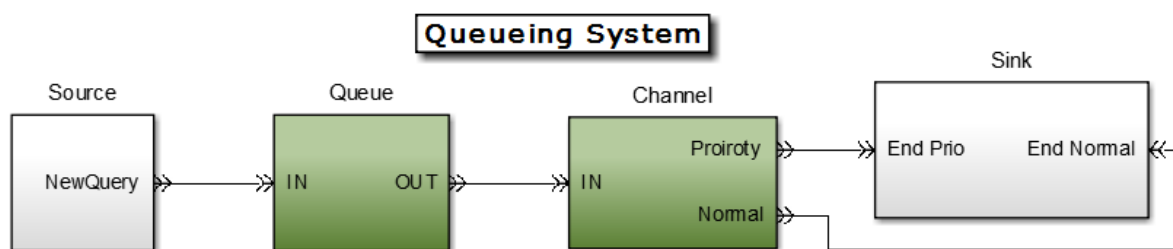
$P$  – *FIFO* – prioritní režim fronty.

#### 10.4 Modelování

Pro vytváření modelu daného systému hromadné obsluhy je potřeba použít sestupné modelování, tj. shora dolů. Nejdřív se označují obecné, zjevné komponenty modelu, pak probíhá detailizace jednotlivých částí.

V první části modelování se systém hromadné obsluhy jeví jako černá skříňka<sup>6</sup>, která má vstupní tok požadavků a výstup obslužených jednotek.

Jednotlivé požadavky musí přicházet z výstupu fronty na vstupní kanál. Kromě toho je pro kompletní představu modelu nutné zajistit vstupní tok s určitými charakteristikami (Interval mezi příchody  $\frac{1}{\lambda}$  a intenzita vstupu  $\lambda$ ) a přijímač obslužených zákazníků, neboli výstupní tok, ve kterém se zpracovává většina statistických údajů (obrázek 10-1).

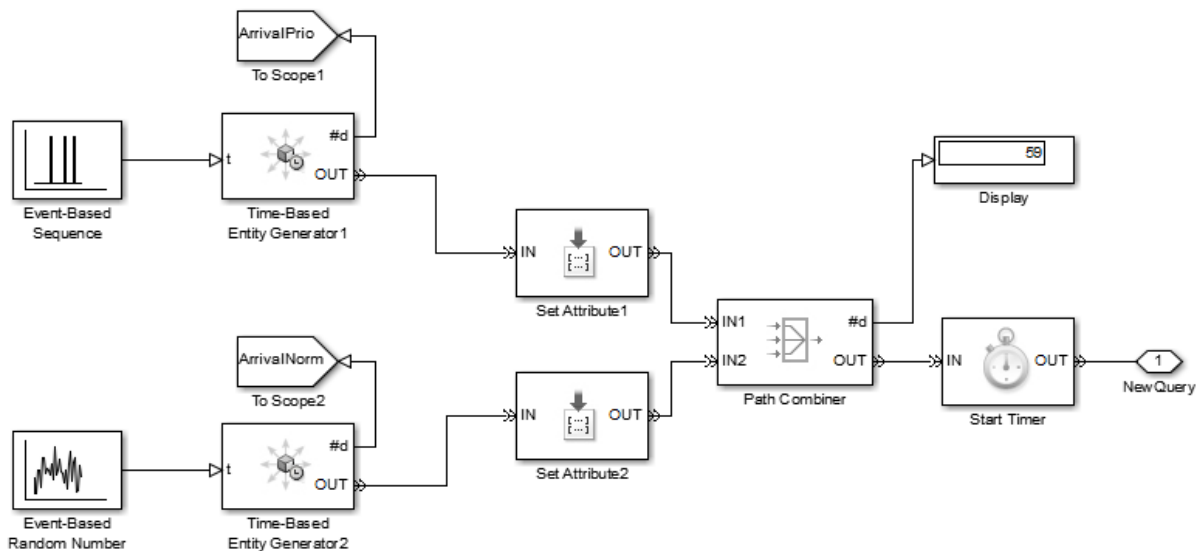


Obrázek 10-1 Schéma provozu segway. *Vlastní zpracování.*

#### 10.5 Podsystem zdroj požadavků

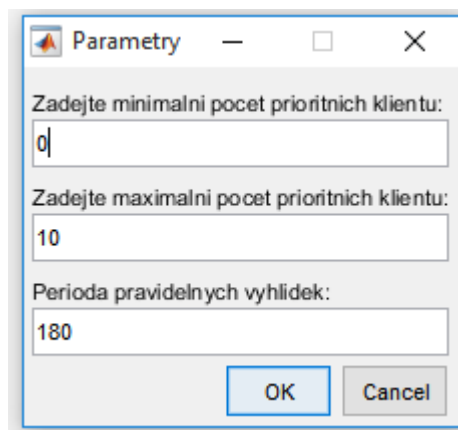
Schéma bloku zdroje požadavků je znázorněno na obrázku 10-2.

<sup>6</sup> Černá skříňka, black box – systém, jehož strukturu neznáme, ale známe jeho funkci. Strukturu je možné rozeznat zvýšením rozlišovací úrovně.



Obrázek 10-2 Podsystem zdroj požadavků. *Vlastní zpracování.*

Klíčovým prvkem subsystému je blok generátor požadavků neboli podle slovníku Simulink Time Based Entity Generator z knihovny SimEvents. System obsahuje dva zdroje požadavků: jeden modeluje příchod zákazníků s nízkou prioritou, druhý s vysokou. Jeho nastavení umožňují zadat interval mezi příchody požadavků jako vlastnost bloku a prostřednictvím vstupního signálu. V tomto modelu se interval generátoru požadavků stanovuje pomocí – deterministického rozdělení u prioritních zákazníků a pomocí rovnoměrného rozdělení u normálních zákazníků. Protože žádné rozdělení neodpovídá potřebám modelu v Matlabu, byla napsána funkce `getClientsTimeDifferenceArray.m`, která umožňuje nastavit příchod zákazníků jako impulz. Kód funkce je možné najít v příloze C. Navíc pro umožnění zadání parametrů (obrázek 10-3) a realizace náhodnosti příchodů normálních zákazníků byla vytvořena funkce `prioritetStartupFcn.m`, která je rozepsána v příloze C.



Obrázek 10-3 Zadání vstupních parametrů. *Vlastní zpracování.*

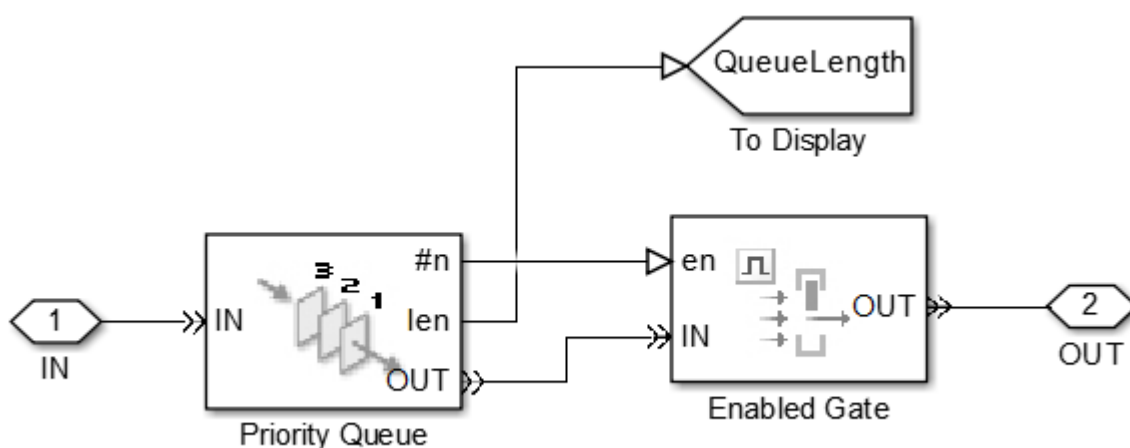
Jak již bylo řečeno, zákazníci s vysokou prioritou přichází častěji. Pro realizaci mechanismu rozdělení priorit je třeba použít blok *Set Attribute*. Daný blok obsahuje atribut Switch, podle kterého se rozděluje tok zákazníků na prioritní a normální.

Pomocí bloku Path Combiner se všechny jednotky spojují do jednoho toku, který vstupuje do podsystému fronty.

Důležitým parametrem je čas strávený jednotkou ve frontě. Pro jeho určení je nainstalován v podsystému zdroj a přijímač požadavků blok času. První z nich „Start Timer“ spouští zahájení odpočítávání a druhý „Read Timer“ zastavuje časovač a ukazuje nasimulované údaje.

## 10.6 Podsystem fronta

Schéma fronty je znázorněno na obrázku 10-4.



Obrázek 10-4 Podsystem Fronta. *Vlastní zpracování.*

Hlavním prvkem tohoto subsystému je *blok fronta* z knihovny SimEvents. Realizuje frontu entit zadané kapacity a v režimu P-FIFO. Kapacita fronty je podle zadání 10 a je zadána jako vlastnost bloku.

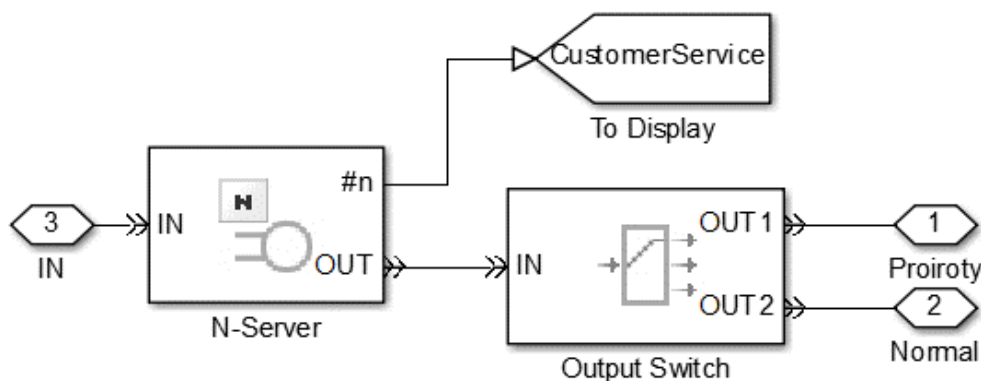
Blok Priority Queue přijímá požadavek a staví ho na začátek nebo konec fronty podle atributu Switch, který byl zadán v bloku Set Attribute. V bloku fronty je také nastavena vlastnost vzestupného třídění. Blok Enabled Gate omezuje přístup k serveru, dokud řídicí signál na vstupu In je nulový nebo záporný.

Kromě toho model fronta může být cenným zdrojem různých informací. V každý okamžik simulace může hlásit svůj obsah (počet požadavků ve frontě, průměrná čekací doba a průměrná délka fronty). Poslední vlastnost je zvláště zajímavá, proto se její hodnoty odrážejí v základním modelu.

## 10.7 Podsystem kanál obsluhy

Pro zjednodušení popisu je schéma obslužného kanálu znázorněno na obrázku 10-5.

Rozhodující částí v systému hromadné obsluhy je obsluha. Na rozdíl od reálného světa je „obsluhování“ v modelu jen zadržení požadavku na určitou dobu.



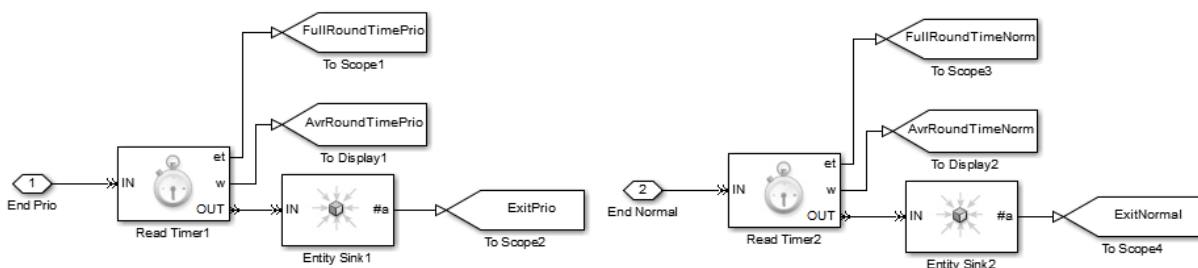
Obrázek 10-5 Podsystem kanál obsluhy. *Vlastní zpracování.*

Hlavním prvkem subsystému je kanál služby (podle odborné terminologie Simevents – *Server*). Server přijímá požadavek na vstupu a „obsluhuje“ (zadržuje) ho na stanovenou dobu. Trvání doby obsluhy v systému provozu segway se skládá z 15 minutové instruktáže a 165 minutového zájezdu na segway po Praze.

Blok **Output Switch** rozděluje požadavky podle priority a posílá je na různé výstupy.

## 10.8 Podsystem přijímač požadavků

Funkční subsystém přijímače prioritních a normálních požadavků je znázorněn na obrázku 10-6.



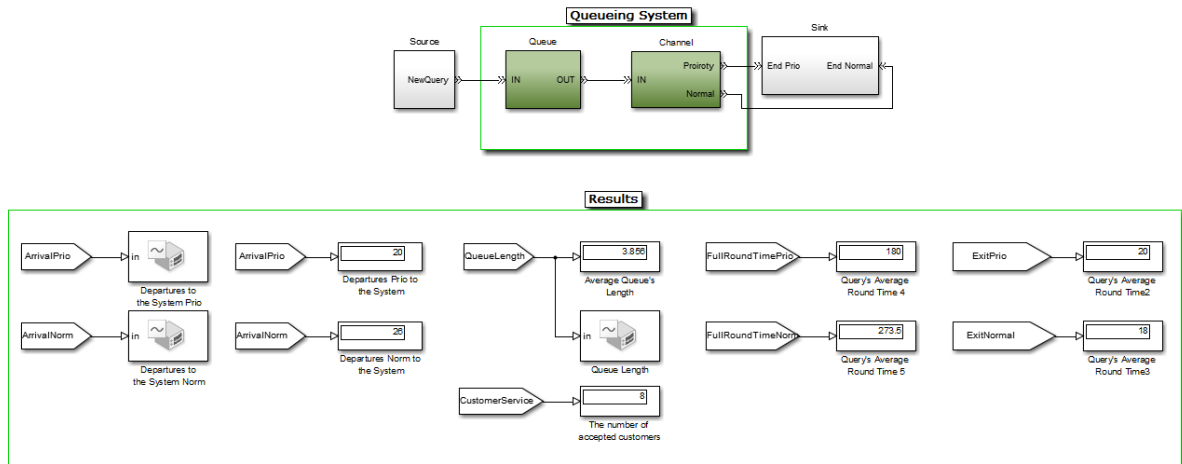
Obrázek 10-6 Podsystem přijímač požadavků. *Vlastní zpracování.*

Konečným cílem každé jednotky je blok z knihovny Simevents přijímač požadavků neboli **Entity Sink**. Přijímač „potlačuje“ požadavek a sděluje pomocí signálu počet výstupních jednotek.



## 10.9 Menu

V závěru kapitoly je znázorněno menu přijatelné pro uživatele (obrázek 10-7), kde je vidět blok „Queueing System“, který se skládá z jednotlivých subsystémů, a blok „Results“, kde se zobrazují grafy a numerické hodnoty simulace.



Obrázek 10-7 Menu pro uživatele. *Vlastní zpracování.*

## 11 Vyhodnocení experimentů a možnosti využití v praxi

Ekonomický význam simulace je stanovení slabého článku v systému hromadné obsluhy, peněžní zhodnocení ztrát a doporučení zlepšení struktury systému.

Ztráty v SHO mohou vzniknout v souvislosti s prostojem kanálů obsluhy nebo přetížením kanálů. V prvním případě je třeba snížit počet obslužných kanálů, čímž se sníží náklady na údržbu a zaměstnance. V druhém případě je třeba zvýšit náklady na hledání nových zaměstnanců, ale ekonomický přínos dalších klientů bude mít pozitivní vliv na finanční výsledek.

### 11.1 Analýza modelu

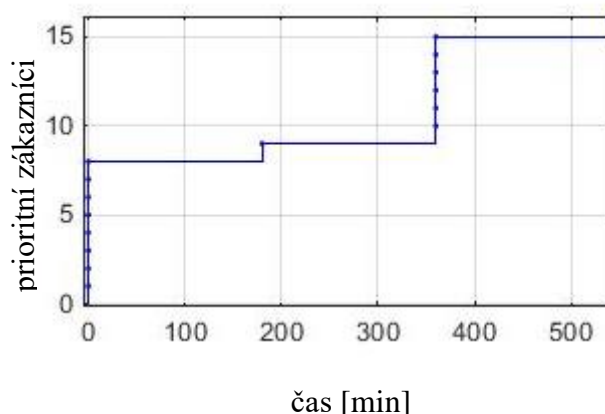
Analýza modelu identifikuje hlavní charakteristiky systému: Počet vstupujících zákazníků s prioritou, počet vstupujících zákazníků bez priority, počet obslužených prioritních klientů, počet obslužených normálních klientů, pravděpodobnost obsluhy zákazníků prioritních a normálních, střední délka fronty, počet obslužených zákazníků, možný počet obslužených zákazníků a počet klientů, kteří mohou být obsluženi. Zobecněné ukazatele jsou uvedeny v tabulce 11-1.

Tabulka 11-1 Pokusy. *Vlastní zpracování.*

№	Počet vstupujících zákazníků prio [Os]	Počet vstupujících zákazníků norm [Os]	Počet obslužených prio [Os]	Počet obslužených norm [Os]	Pst obsluhy zákazníků prio	Pst obsluhy zákazníků norm	Střední délka fronty	Počet obslužených zákazníků [Os]	Možný počet obslužených zákazníků [Os]	Počet klientů, kteří mohou být obsluženi [Os]
1	25	22	25	12	1	0,545	2,736	37	47	40
2	23	21	23	15	1	0,714	1,492	38	44	40
3	18	21	18	16	1	0,762	0,933	34	39	40
4	22	26	22	15	1	0,577	4,554	37	48	40
5	19	25	19	16	1	0,64	1,385	35	44	40
6	19	25	19	16	1	0,64	2,385	35	44	40
7	15	25	15	19	1	0,76	0,846	34	40	40
8	19	20	19	15	1	0,75	2,038	34	39	40
9	24	22	24	13	1	0,591	1,56	37	46	40
10	15	21	15	16	1	0,762	0,507	31	36	40
11	19	19	19	14	1	0,737	1,056	33	38	40
12	29	28	29	11	1	0,393	5,919	40	57	40
13	18	27	18	18	1	0,667	2,076	36	45	40
14	26	26	26	14	1	0,538	7,174	40	52	40
15	20	26	20	16	1	0,615	4,366	36	46	40
16	25	29	15	25	0,600	0,862	8,827	40	54	40
17	18	26	12	20	0,667	0,769	2,122	32	44	40
18	22	26	22	14	1	0,538	4,402	36	48	40

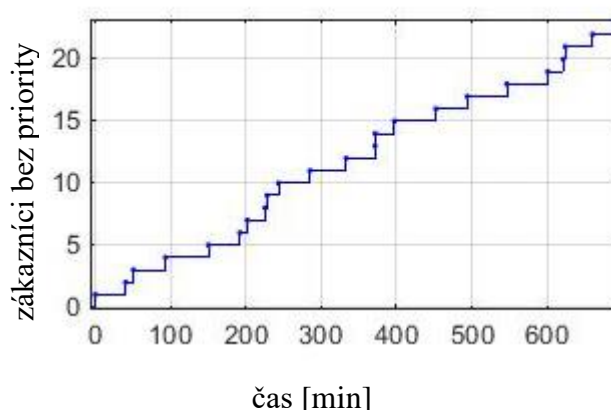
19	13	18	13	13	1	0,722	0,039	26	31	40
20	20	27	20	16	1	0,593	4,713	36	47	40
21	21	26	20	13	0,952	0,5	5,223	33	47	40
22	29	22	29	8	1	0,364	4,897	37	51	40
23	23	29	20	14	0,870	0,483	5,832	34	52	40
24	24	25	23	12	0,958	0,48	3,834	35	49	40
25	31	23	31	8	1	0,348	7,113	39	54	40
26	19	26	19	20	1	0,769	4,784	39	45	40
27	19	21	19	15	1	0,714	0,853	34	40	40
28	18	23	18	17	1	0,739	0,685	35	41	40
29	28	21	25	11	0,893	0,524	2,97	36	49	40
30	29	31	29	11	1	0,355	11,06	40	60	40
Vážený průměr	21,667	24,233	20,867	14,767	0,965	0,615	3,546	35,633	45,9	40

Analýza výsledků ukázala, že kanály obsluhy jsou přetížené prioritními zákazníky, proto odcházejí klienti bez priority. Vstup prioritních zákazníků je zobrazen na obrázku 11-1.



Obrázek 11-1 Vstup prioritních zákazníků. *Vlastní zpracování.*

Nicméně na začátku simulace byl předpoklad, že prioritních jednotek bude víc, protože při odchodu se obyčejný zákazník buď zapíše na další den a bude prioritním zákazníkem, nebo odejde a nevrátí se. Vstup zákazníků bez priority je znázorněn na obrázku 11-2.

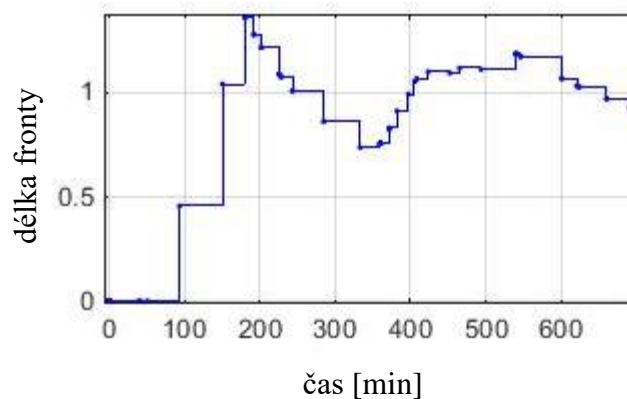


Obrázek 11-2 Vstup zákazníků bez priority. *Vlastní zpracování.*

Pravděpodobnost obsluhy prioritních zákazníků je ve většině případů 1, což se vysvětluje tím, že zapsaní klienti přijdou a budou obslouženi a jenom v několika případech se neobjeví. Pravděpodobnost obsluhy normálních zákazníků kolísá kolem 0,61.

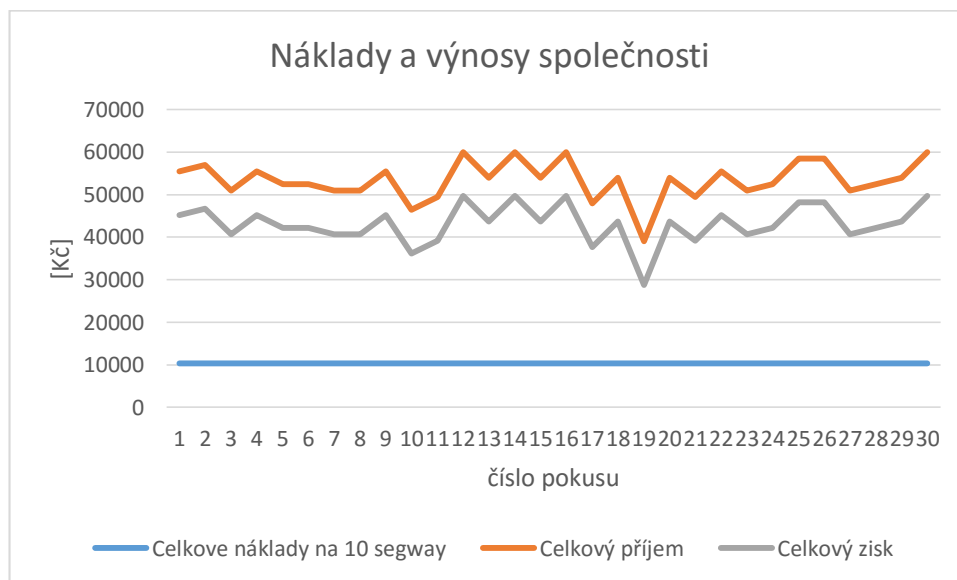
Na obrázku 11-3 je znázorněn graf průměrné délky fronty v systému hromadné obsluhy. Simulace ukázala, že maximální průměrná délka fronty na obsluhu je 3,546, což potvrzuje, že servisní kanály jsou přetížené, a očekává se odchod zákazníků v důsledku čekání. Nicméně čekání v daném modelu není standardní, tj. když zákazník přijde, tak rovnou bude vědět, jestli má šanci se zúčastnit vyjížděky, nebo se má zapsat na další hodinu, případně na další den. Čekání

je podmíněno časem, ve kterém se zákazník objevil. Když klient přijde přesně v 9, 12, 15 nebo 18 hodin a bude volné místo, tak nebude čekat, když přijde například v 11 hodin a bude vědět, že může se zúčastnit vyhlídky ve 12 hodin, čekání bude trvat 60 minut.



Obrázek 11-3 Střední délka fronty. *Vlastní zpracování.*

Lze logicky usoudit, že tok neobsloužených klientů je příčinou ztrát v systému a má negativní dopad na finanční výsledky společnosti. Nicméně graf 11-4 názorně zohledňuje ekonomickou výnosnost podniku, který obsluhuje maximálně 40 klientů za den a má čtyři tříhodinové vyhlídky.



Obrázek 11-4 Zisk společnosti. *Vlastní zpracování.*

## 11.2 Cost benefit analýza

Cost benefit analýzu je potřeba udělat s ohledem na dotčené účastníky. Provoz segway ovlivňuje 3 skupiny: provozovatele neboli společnosti, které segway půjčují, jednotlivé obce,

které mohou zakázat provoz segway na konkrétních úsecích, a obyvatele. Náklady a příjmy provozovatele jsou uvedené v tabulce 11-2.

Tabulka 11-2 Cost benefit analýza. *Vlastní zpracování.*

<b>COST</b>		
počet segway	[Ks]	12
cena segway	[Kč]	200000
životnost segway	[Měsíců]	120
pojištění segway	[Kč/měsíc]	2000
zaměstnanci	[Osoby]	8
mzdy	[Kč/měsíc]	20000
elektrina	[Kč/kWh]	1440
pronájem prostoru	[Kč/měsíc]	50000
pronájem garáže	[Kč/měsíc]	15000
reklama	[Kč/měsíc]	100000
<b>náklady na koupi segway</b>	<b>[Kč/měsíc]</b>	<b>20000</b>
<b>celkové náklady</b>	<b>[Kč/měsíc]</b>	<b>370440</b>
<b>BENEFIT</b>		
obsazenost	[%]	80%
počet obslužených klientů	[Ks]	40
cena za 180 minut	[Kč]	1500
<b>příjem</b>	<b>[Kč]</b>	<b>1440000</b>
daně	[Kč]	213912
<b>zisk</b>	<b>[Kč]</b>	<b>1226088</b>
<b>CBA</b>		
koeficient		0,25725

Největší náklady provozovatele jsou spojené s koupí segway, protože cena segway se pohybuje od 100 000 do 200 000 Kč. Nový segway spotřebovává méně energie a potřebuje se nabít jednou za den za předpokladu, že za den ujede 39 kilometrů u novějších modelů a 19 kilometrů u modelu X2, který se používá na obtížně sjízdných trasách.

Kromě toho je potřeba osobní přepravník pojištit. Pojištění probíhá stejně jako pojištění sportovních aktivit. Hodnota pojištění může mít rozsah od 100 000 až po 10 000 000 Kč.

Dalším vysokým nákladem jsou mzdy zaměstnanců. V předchozí kapitole byly navrženy 2 trasy, které předpokládají, že během turistické vyhlídky budou 2 zastávky. Na místech odpočinku je potřeba zajistit ochranu segway. K tomuto účelu je možné najmout zaměstnance na částečný úvazek, minimálně 2 pro každou lokaci. Pro plynulé fungování společnosti je potřeba mít minimálně 2 průvodce, ředitele a manažera. Minimální počet zaměstnanců společností, která nabízí 4krát za den 3hodinové vyjížděky, je 8.

Méně významným nákladem je elektřina. Segway spotřebovává přibližně 100 W/h, proto za 12 segway majitel zaplatí:

$$100 \text{ W/h} * 8 \text{ h} * 0,005 \text{ Kč} * 30 \text{ dnů} * 12 \text{ segway} = 1440 \text{ Kč/měsíc}$$

Fixními náklady jsou pronájem prostorů, které jsou určené pro začátek vyjížděky, a zaparkování osobních přepravníků a pronájem garáže, kde se v noci segway nabíjí.

Důležitou položkou je reklama, jelikož příjmy společnosti jsou přímo závislé na počtu zákazníků, je potřeba věnovat reklamě velkou pozornost. Celkové náklady společnosti jsou 370 440 Kč. Zisk je 1 226 088 Kč.

Pro obce je možné řešit pouze předpokládané vynaložené náklady, protože benefity nemají materiální hodnotu a dají se shrnout do pojmu „bezpečnost obyvatel“.

Podle výše navržených tras je potřeba alespoň omezit provoz segway v ulicích: Celetná, Ovocný trh, Havířská, Na Příkopěch. Navíc na Staroměstském a Václavském náměstí a na Hradčanském náměstí.

Přibližný počet potřebných značek je 50. Podle [3] cena a instalace jedné dopravní značky je 2500 Kč. Další položkou jsou náklady na kontrolu dodržování pravidel Městskou policií. Podle logické úvahy jsou náklady nulové, protože kontrola plnění norem a pravidel již dnes patří mezi úkoly Městské policie. Součet nákladů obce se rovná 50 dopravních značek \* 2 500 Kč = **125 000 Kč.**

Na rozdíl od obcí jsou benefity státu peněžní a rovnají se odváděným daním. Jelikož většina provozoven jsou společnosti s ručením omezeným, daně jsou spočítané jako  $(\text{příjmy} - \text{náklady}) * 20\%$ , což je přibližně 200 000 Kč.

Kvalitativní hodnotu má přínos pro obyvatele města Prahy. Omezení provozu segway zvýší pocit bezpečnosti občanů.



## Závěr

Diplomová práce se zabývá problémem provozu segway v centru Prahy. Zvětšující se počet osobních přepravníků zatěžuje centrum hlavního města a vyvolává problémy spojené s bezpečností a legitimitou provozu.

Segway je orientován na turisty a používá se jako přepravník během turistických prohlídek. Osobní přepravník přitahuje pozornost návštěvníků Prahy díky svému pohodlí, snadnému ovládní a rychlosti. Navíc je pronájem segway atraktivním podnikáním, které má relativně nízké provozní náklady.

Hlavním cílem diplomové práce bylo navržení zlepšení provozu segway v centru Prahy tak, aby chodci a uživatelé vozítek byli v bezpečí a zároveň, aby nedocházelo k výraznému zatížení provozovatelů osobních přepravníků. Mimo jiné bylo potřeba určit variantu provozu, která by vyhovovala chodcům i provozovatelům.

Bylo zjištěno, že v roce 2016 bylo v hlavním městě registrováno 13 provozovatelů segway – 10 z nich je členy Asociace Segway ČR, o.s. Každý z členů má na výběr několik prohlídek se stanovenými časy začátku a místem zahájení. Nabídky společností se liší podle počtu pamětihodností, přes které trasy vedou, doby pronájmu a velikosti skupiny.

Do roku 2016 nebyl segway definován v zákoně, a proto nebylo jasné, jestli segway patří na chodníky nebo na silnice. Zákon č. 361/2000 Sb., který nabyl účinnosti v únoru 2016, definoval segway jako osobní přepravník a umožnil volný pohyb vozítek na chodnicích a zákaz provozu v jednotlivých částech obce. Spolu s novým zákonem vstoupily v platnost od ledna 2016 nové dopravní značky omezující provoz segway.

Pravidla provozu segway v metropolích světa se liší. Jejich použití na veřejných místech je povoleno ve většině zemí. Několik zemí vyžaduje pojištění vozidla a SPZ. Provozování segway je dovoleno na cyklostezkách například v Rakousku a v Německu, na silnicích v Nizozemsku, USA, Dánsku, Norsku. Ve Velké Británii a na většině území Austrálie je dovoleno používat segway jenom na soukromém pozemku se souhlasem vlastníka. Na chodnicích je použití dovoleno ve Francii, USA. V některých státech, jako je například Itálie, Polsko, Rusko, není použití segway omezeno žádnými pravidly.

Výsledky průzkumu názoru veřejnosti na provozování segway v historickém centru města ukázaly, že při omezení provozu segway a regulaci pravidel bude možné pozorovat pozitivní postoj obyvatel k osobním přepravníkům. Současný negativní vztah je vysvětlován pocitem

nebezpečí. Respondenti upozorňovali na chybějící trasy a značení pro uživatele segway. Většina dotazovaných vidí řešení v povolení provozu segway na cyklostezkách.

Pomocí SWOT analýzy byly zjištěny rizikové faktory, které ohrožují podnikání. Jedním z faktorů je například „legitimita“, protože nelze jednoznačně říct, kam segway patří – na chodník nebo na silnici? Dalším faktorem jsou „zákazníci“ – někteří nemají zájem o koupi segway kvůli vysoké ceně.

Analýza zatížení městských komunikací historického jádra byla provedena na základě informací o provozování segway pěti největšími společnostmi zabývajícími se pronájmem osobních přepravníků. Nově navržené linky se vyhýbají úzkým místům (přeplněným ulicím v centru města, ulicím s jednosměrným provozem, úsekům s velkým počtem aut). Nové linky neumožňují vstup segway do nejvíce zatížených míst, jako je například okolí Karlova mostu a Staroměstského náměstí. Nabízí se odstavování segway na parkovištích vedle zmíněných pamětihodností.

Uživatel segway je účastníkem dopravy, a proto se musí chovat zodpovědně, aby nedocházelo k ohrožení života, zdraví a majetku svého a ostatních účastníků dopravy. Pro zvýšení bezpečnosti se navrhuje uživatelům segway mít řidičský průkaz alespoň kategorie AM, tj. motorová vozidla s maximální rychlostí 45 km/h. Kromě toho je potřeba omezit provoz v rekreačních zónách a v centru města, kde je větší počet lidí. Navrhuje se taky stanovit dozorčí orgán, který by stanovoval pravidla pro provoz osobních přepravníků a nesl odpovědnost za provoz segway v centru města. Technicky levným řešením je instalace zvonku nebo jiného zvukového signálu, který by upozorňoval chodce na přibližující se vozítko. Pro optimalizaci provozu a sledování dráhy osobních transportérů se doporučuje instalace GPS navigace.

Hlavní částí diplomové práce je simulace provozu. Na základě teorie hromadné obsluhy byl sestaven model provozu segway. Předložený simulační model je univerzálním modelem pro společnosti různého typu, které se zabývají pronájmem segway. Přizpůsobení modelu se provádí změnou hustoty nebo povahou rozdělení vstupních dat. Výše uvedený model reprezentuje mechanismus času s konstantním krokem.

Trendy vývoje simulačních systémů a zkušeností z jejich implementace ukazují, že základem pro vytvoření nového systému musí být koncový uživatel, který formuluje problémy, které chce řešit pomocí systému, znalostí a dovedností experta v simulačním modelování. Použití simulace poskytuje potřebnou rychlost a požadovanou úplnost informací s minimálními náklady na práci. Kromě toho pomáhá realizovat optimální manažerské rozhodnutí.

Pronájem segway je ziskovým podnikáním, proto je zapotřebí navázat kontakt mezi obyvateli Prahy a provozovateli osobních přepravníků. Úplný zákaz provozu v centru Prahy nebude mít pozitivní následky ani na společnost, ani na cestovní ruch. Kromě toho omezení provozu je jenom odvětví problému, jádrem je malá kapacita úzkých a přeplněných ulic turisticky oblíbeného města Prahy. V centru Prahy je nedostatek místa, protože centrum je příliš zatížené chodci a automobily.

## Použitá literatura

- [1] About DARPA. *Defense Advanced Research Projects Agency*. [Online] [Citace: 03. 04 2016.] <http://www.darpa.mil/about-us/about-darpa>
- [2] About EPA. *United States Environmental Protection Agency*. [Online] [Citace: 25. 01 2016.] <https://www3.epa.gov/>
- [3] Berman Group, s.r.o. *Závěrečná zpráva RIA*. Praha : autor neznámý, 2016.
- [4] Crowd cruise control. *McKinney Courier-Gazette*. [Online] [Citace: 20 12 2015.] [http://starlocalmedia.com/mckinneycouriergazette/news/crowd-cruise-control-mckinney-fire-gives-their-new-segways-a/article\\_dfd214c2-12c9-5f4b-a909-69f15563dd0b.html](http://starlocalmedia.com/mckinneycouriergazette/news/crowd-cruise-control-mckinney-fire-gives-their-new-segways-a/article_dfd214c2-12c9-5f4b-a909-69f15563dd0b.html)
- [5] Green Lemon. *Green Lemon*. [Online] [Citace: 02. 03 2016.] <http://www.greenlemon.cz/en>
- [6] Hoverboard. *The telegraph*. [Online] [Citace: 15 01 2016.] <http://www.telegraph.co.uk/technology/news/11926027/Hoverboard-scooters-are-illegal-to-ride-in-public-police-say.html>
- [7] Jan, Tichý. *Základy podnikové ekonomiky*. Praha : ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04763-7.
- [8] Jaroslav, Vlček. *Metody systémového inženýrství*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1984. ISBN 0433684.
- [9] Josef, Jablonský. *Modely operačního výzkumu*. Hradec Králové : Gaudeamus, 2002. ISBN 80-7041-029-9.
- [10] Miroslav, Žižka. *Vybrané statě z operačního výzkumu*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2003. ISBN 80-7083-691-1.
- [11] NPC opens in Beijing. *Dalje*. [Online] [Citace: 20 12 2015.] <http://arhiva.dalje.com/en/foto.php?id=19&rbr=20822&idrf=862143>
- [12] One wheel. *One wheel*. [Online] [Citace: 15 01 2016 r.] <http://onewheel.com/>
- [13] Our story. *Segway*. [Online] [Citace: 15. 10 2015.] <http://www.segway.com/about/our-story>

- [14] Prague trips. *Segway fun*. [Online] [Citace: 02. 03 2016.]  
<http://www.segwayfun.eu/cz/>
- [15] Praha 1 chce omezit segwaye v centru a vydávat pro ně povolenky. *Idnes*. [Online] [Citace: 15. 01 2016.] [http://praha.idnes.cz/praha-1-chce-omezit-segwaye-dcw-/praha-zpravy.aspx?c=A150722\\_141659\\_praha-zpravy\\_nub](http://praha.idnes.cz/praha-1-chce-omezit-segwaye-dcw-/praha-zpravy.aspx?c=A150722_141659_praha-zpravy_nub)
- [16] Přednášky. *Teorie hromadné obsluhy*. [Online] Mgr. Šárka Voráčová, Ph. D. [Citace: 24. 09 2015.]  
<https://www.fd.cvut.cz/departament/k611/pedagog/K611THO.html>.
- [17] Předpis č. 235/2004 Sb. Zákon o dani z přidané hodnoty § 4 odst. 4a. *Zákon*.
- [18] Předpis č. 361/2000 Sb. *Zákony pro lidi*. [Online] [Citace: 08 04 2016.]  
<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361#cast2>.
- [19] Rent. *Segway psh rent*. [Online] [Citace: 02. 03 2016.] <http://www.segway-psh-rent.cz/>.
- [20] Ryno: Electric, Urban Transportation on One Wheel. *The New York Time*. [Online] [Citace: 15 01 2016.] [http://www.nytimes.com/2014/01/25/automobiles/ryno-electric-urban-transportation-on-one-wheel.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2014/01/25/automobiles/ryno-electric-urban-transportation-on-one-wheel.html?_r=0)
- [21] Řidičské průkazy. *Ministerstvo dopravy*. [Online] [Citace: 06 04 2016.]  
[http://www.mdcz.cz/cs/Silnicni\\_doprava/Ridicske\\_prukazy\\_Autoskoly/Ridicske\\_prukazy/ridicske\\_prukazy.htm](http://www.mdcz.cz/cs/Silnicni_doprava/Ridicske_prukazy_Autoskoly/Ridicske_prukazy/ridicske_prukazy.htm)
- [22] Segway for patrol. *Segway Philippines*. [Online] [Citace: 20 12 2016.]  
<http://www.segway.com.ph/police.html>
- [23] Segway point Prague. *Segway Point*. [Online] [Citace: 02. 03 2016.]  
<http://www.segway-point.cz/en/contact>
- [24] Segway tours. *I love segway*. [Online] [Citace: 02 03 2016.]  
<http://ilovesegway.com/tours.php>
- [25] Segway tours. *Prague on segway*. [Online] [Citace: 02. 03 2016.]  
<http://www.pragueonsegway.com/>
- [26] Segway trip tours and prices. *Segway trip*. [Online] [Citace: 02. 03 2016.]  
<http://segwaytrip.cz/>

- [27] Seway tours. *Prague segway tours*. [Online] [Citace: 02. 03 2016.] <http://www.prague-segway-tours.com/cz/>
- [28] SG rent. *SG point*. [Online] [Citace: 02. 03 2016.] <http://www.sg-point.info/>
- [29] Shop by model. *Segway online store*. [Online] [Citace: 03 02 2016.] <http://segway-0.shptron.com/c/shop-by-model>
- [30] Simon, Kuznetsov. Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review*. [Online] 1955. [Citace: 16. 03 2016.] [http://j-bradford-delong.net/teaching\\_folder/Econ\\_210c\\_spring\\_2002/Readings/Kuznets\\_Inequality.pdf](http://j-bradford-delong.net/teaching_folder/Econ_210c_spring_2002/Readings/Kuznets_Inequality.pdf)
- [31] Stanovy Asociace Segway ČR. *Asociace Segway ČR*. [Online] [Citace: 05 03 2016 r.] <http://www.asociace-segway.cz/stanovy-asociace/>.
- [32] Studie k problematice provozu segway na chodnících. *Segway Prague tours*. [Online] [Citace: 18 02 2016.] [http://www.segway-prague-tours.cz/images/segway\\_na\\_chodnicich\\_CVUT.pdf](http://www.segway-prague-tours.cz/images/segway_na_chodnicich_CVUT.pdf).
- [33] The week in pictures. *The telegraph*. [Online] [Citace: 20 12 2015.] <http://www.telegraph.co.uk/news/picturegalleries/theweekinpictures/5734532/The-week-in-pictures-3-July-2009.html?image=2>
- [34] Trasy segway. *Segway rent Prague*. [Online] [Citace: 02 03 2016.] <http://www.pujcovna-segway.cz/cz/trasy/>
- [35] Usage Guidelines. *Segway*. [Online] [Citace: 15 10 2015.] [http://www.segway.com/media/1672/trademark-usage-guidelines\\_2.pdf](http://www.segway.com/media/1672/trademark-usage-guidelines_2.pdf)
- [36] Volek Josef, Linda Bohdan. *Teorie grafů. Aplikace v dopravě a veřejné správě*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2012. ISBN 978-80-7395-225-9.
- [37] Zákon ČESKO. Zákon č.48/2016 ze dne 20 února 2016 kterým se mění zákon č. 361/200 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů. místo neznámé : Sbírnka zákonů České republiky, 1998, částka 17/216 Sb., s. 491-502.
- [38] Zero Scooter. *Daily green*. [Online] [Citace: 15 01 2016.] <http://www.dailygreen.de/2013/12/16/zero-scooter-segway-elektroller-vespa-optik-50792.html>

## Seznam obrázků

Obrázek 1-1 Řízení segway .....	12
Obrázek 1-2 Otáčení segway .....	13
Obrázek 1-3 Modely Segway PT .....	15
Obrázek 2-1 Realizace simulace .....	19
Obrázek 2-2 Systém hromadné obsluhy .....	21
Obrázek 2-3 Uspořádání kanálů obsluhy .....	24
Obrázek 2-4 Klasifikace systému hromadné obsluhy.....	27
Obrázek 2-5 Náklady v nenákladově orientovaném modelu .....	29
Obrázek 4-1 Dopravní značení omezující provoz segway .....	38
Obrázek 8-1 Trasy nabízené PragueOnSegway.com. ....	48
Obrázek 8-2 Trasy nabízené společností Segway Experience, s. r. o. ....	49
Obrázek 8-3 Trasy nabízené společností PSH RENT, s. r. o. ....	50
Obrázek 8-4 Trasy nabízené společností Prague Segway Tours. ....	51
Obrázek 8-5 Trasy nabízené společností SG Point. ....	52
Obrázek 8-6 Aktuální trasy turistických prohlídek pěti největších společností pronajímajících segway. ....	52
Obrázek 8-7 Navržení tras. ....	56
Obrázek 10-1 Schéma provozu segway. ....	61
Obrázek 10-2 Podsystem zdroj požadavků. ....	62
Obrázek 10-3 Zadání vstupních parametrů. ....	62
Obrázek 10-4 Podsystem Fronta. ....	63
Obrázek 10-5 Podsystem kanál obsluhy. ....	64
Obrázek 10-6 Podsystem přijímač požadavků. ....	64
Obrázek 10-7 Menu pro uživatele .....	65

Obrázek 11-1 Vstup prioritních zákazníků .....	69
Obrázek 11-2 Vstup zákazníků bez priority .....	69
Obrázek 11-3 Střední délka fronty .....	70
Obrázek 11-4 Zisk společnosti .....	70



## Seznam tabulek

Tabulka 1-1 Technické parametry modelů segway.....	16
Tabulka 2-1 Možné hodnoty vstupního toku a délky obsluhy.....	25
Tabulka 4-1 Souhrnné srovnání variant z pohledu předpokládaných ročních nákladů.....	37
Tabulka 4-2 Souhrnné srovnání variant ve smyslu kvalitativního hodnocení.....	37
Tabulka 6-1 Kontingenční tabulka. ....	42
Tabulka 7-1 SWOT analýza provozu segway. ....	45
Tabulka 11-1 Pokusy .....	67
Tabulka 11-2 Cost benefit analýza .....	71

## Seznam příloh

Příloha A.....	83
Příloha B.....	85
Příloha C.....	87
Příloha D.....	88

Příloha A



Obrázek A-1 Čínská policejní hlídka na náměstí Nebeského klidu v Pekingu [11]



Obrázek A-2 Policie Filipíny [22]



Obrázek A-3 Hasiči v Americe [4]



Obrázek A-4 Lidé hrají golf na segway. Indiana, USA [33]

Příloha B



Obrázek B-1 Hoverboard [6]



Obrázek B-2 Jednokolová motorka s elektrickým motorem Ryno [20]



Obrázek B-3 Skateboard Onewheel s elektrickým motorem a jedním kolem [12]



Obrázek B-4 Zero Scooter [38]

## Příloha C

### M-funkce getClientsTimeDifferenceArray.m

```
function x = getClientsTimeDifferenceArray(min,max,period, T)
    x = 0;
    while sum(x)+period <= T
        numberOfClients = round(min + betarnd(2,2)*(max-min),0);
        for i=1:numberOfClients-1
            x = [x 0];
        end
        x = [x period];
    end
    x = x(1:end-1);
end
```

### M-funkce prioritetStartupFcn.m

```
prompt = {'Zadejte minimalni pocet prioritnich klientu:',...
          'Zadejte maximalni pocet prioritnich klientu:',...
          'Perioda pravidelnych vyhlidek:'}; %,'Doba denniho provozu:'};
name = 'Parametry';
defaultans = {'0','10','180'}; %,
get_param('Prioritet','StopTime');
params = inputdlg(prompt, name, 1,defaultans);
clear prompt; clear name; clear defaultans;

min = str2num(params{1});
max = str2num(params{2});
period = str2num(params{3});
% T = str2num(params{4});
T = str2num(get_param('Prioritet','StopTime'));
clear params;

customerFrequence = getClientsTimeDifferenceArray(min, max, period,
T);
randomSeed = ceil(rand()*100000);
```

## Příloha D

### Provoz segway v Praze – dopravní průzkum k diplomové práci „Simulace provozu segway v Praze“

Student: Ekaterina Koshkina Vedoucí: doc. Ing. Josef Volek, CSc.  
Univerzita: ČVUT v Praze Datum: \_\_\_\_\_  
Fakulta: Dopravní Lokalita: \_\_\_\_\_

### Návod

Vyberte prosím u každé otázky jednu odpověď nebo uveďte v prázdném poli svoji variantu.

### Otázky

- 1) **Zkoušeli jste někdy jízdu na segway?**
  - a. Ano
  - b. Ne
  - c. \_\_\_\_\_
  
- 2) **Jaké jsou podle vás nedostatky v provozu segway v Praze?**
  - a. \_\_\_\_\_
  - b. \_\_\_\_\_
  - c. \_\_\_\_\_
  
- 3) **Jaké vidíte výhody provozování segway v Praze?**
  - a. \_\_\_\_\_
  - b. \_\_\_\_\_
  - c. \_\_\_\_\_
  
- 4) **Vadí Vám segway na chodnicích?**
  - a. ano
  - b. ne
  - c. \_\_\_\_\_
  
- 5) **Kde se podle Vás má se segway jezdit?**
  - a. na chodnicích
  - b. na silnicích
  - c. \_\_\_\_\_



6) **Co by podle Vás mohlo zlepšit současnou situaci provozu segway?**

- a. \_\_\_\_\_
- b. \_\_\_\_\_
- c. \_\_\_\_\_

7) **Jste:**

- a. Muž
- b. Žena

8) **Váš věk?**

- a. < 15
- b. 16–27
- c. 27–45
- d. > 46

9) **Vaše národnost (nepovinné)?**

\_\_\_\_\_

10) **Jste**

- a. Turista
- b. Místní