ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
Ústav dopravní telematiky
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

DYNAMICKÁ OBSLUHA ÚZEMÍ VEŘEJNOU HROMADNOU DOPRAVOU NA ZÁKLADĚ POŽADAVKŮ CESTUJÍCÍCH

Výsledná studie projektu SGS Dynamická obsluha území veřejnou hromadnou dopravou na základě požadavků cestujících

SGS17/107/OHK2/1T/16

Tato zpráva byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT 2017

SGS17/107/OHK2/1T/16

Výzkumná zpráva číslo 88/2018

Řešitelé projektu:

Ing. Patrik Horažďovský

Ing. Martin Heindl

Ing. Martin Langr, Ph.D.

Prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. hc

Abstract: *The purpose of this paper is to show the current status of work on student project, SGS Technical University in Prague, focused on dynamic service of public transport in region.*

Keywords: *Public transport, dynamic servis, tariff, Smart City, Industry 4.0*

1 Obsah

2 Seznam obrázků 5

3 Úvod 6

4 Současný stav obsluhy veřejnou hromadnou dopravou 8

4.1 Rozdělení veřejné hromadné dopravy dle významnosti v dopravním systému 9

4.1.1 Páteřní doprava 9

4.1.2 Běžná doprava 9

4.1.3 Doplňková doprava 10

4.1.4 Ostatní doprava 10

4.2 Rozdělení veřejné hromadné dopravy dle dopravních prostředků 10

4.2.1 Železnice 10

4.2.2 Tramvajová doprava 10

4.2.3 Autobusová doprava 10

4.2.4 Cyklistická, pěší a ostatní doprava 11

5 Popis navrhovaného dopravního řešení 11

5.1 Dynamický režim dopravy 11

5.2 Rozdělení dopravního systému 12

5.2.1 Páteřní linky 12

5.2.2 Navazující spoje na páteřní linky 12

5.2.3 Navazující regionální spoje s nízkou prioritou 12

5.3 Objednávání dopravy 14

5.3.1 Mobilní aplikace 14

5.3.2 Internetové stránky 15

5.3.3 SMS 15

5.3.4 Telefonní číslo 15

5.4 Ovlivňující parametry 16

5.4.1 Provozní parametry 16
5.4.2 Lokační parametry 16
5.4.3 Časové parametry 17
5.4.4 Parametry aktuálního stavu 17
5.4.5 Parametry cestujícího 17
5.4.6 Ekonomické a ekologické parametry 17
5.5 Úrovně dopravy pro dynamiku obsluhy 18
5.5.1 Páteřní linky 18
5.5.2 Navazující linky na páteřní spoje 19
5.5.3 Navazující regionální linky s nutností objednávky 19
5.6 Automatické počítání cestujících 21
5.6.1 Získávání dat 21
5.6.2 Zpracování dat 21
5.6.3 Vyhodnocení dat 22
6 Závěr 22
7 Prezentace výsledků 23
7.1 Konference 23
7.2 Webové stránky 23
8 Reference 24

2 Seznam obrázků

Obrázek 1: Nepřehlednost pevně definovaného jízdního řádu [5] 9
Obrázek 2: Levely dopravy pro dynamický způsob obsluhy [4] 13
Obrázek 3: Objednávání dopravy cestujícím [4] 14
Obrázek 4: Schéma linkového vedení v oblasti Mníšku pod Brdy [4][5] 18

3 Úvod

Veřejná hromadná doprava je součástí každodenního života a výraznou měrou je ovlivňována v dnešní době moderními trendy. Nejčastěji se hovoří o programech Smart City nebo Industry 4.0. Indastry 4.0 je založen na základní obecné myšlence, kdy vyráběný produkt sám určí nejvhodnější postup výroby. Stejný princip lze vztáhnou i na veřejnou hromadnou dopravu – obecně cestující sám určuje, jakým způsobem bude veřejná hromadná provozována. Cílem je představení možností, jakým způsobem je možné optimalizovat veřejnou hromadnou dopravu za pomoci Smart prvků tak, aby odpovídala aktuálním požadavkům cestujících a zároveň aby byla co nejvíce optimalizována z pohledu přepravních výkonů a samotného financování. Úkolem tohoto dokumentu je představit výsledky studie, tedy možnosti dynamické obsluhy regionů a městských celků za pomoci veřejné hromadné dopravy. Touto dynamikou je možné eliminovat vzniklé nepravidelnosti provozu a díky proměnným časovým polohám spojů také redukovat finanční prostředky při nízké poptávce po přepravě nebo naopak nasazení většího počtu vozidel při vyšší poptávce. Výsledkem by měla být pružná doprava reagující na aktuální stavy dopravy i potřeby cestujících.

Systém dynamické obsluhy území je zaměřen právě na problematiku flexibility a optimalizace dopravy tak, aby systém dokázal pružně reagovat na nepravidelnosti v dopravě. Zároveň musí dokázat správně reagovat na poptávku po přepravě v dotčeném území s co nejnižšími náklady za přepravu. Tyto náklady lze minimalizovat dynamickou volbou trasy, tedy menším počtem najetých kilometrů, lepším rozložením vozidel a podobně. Všechny skutečnosti, které jakýmkoliv způsobem ovlivňují funkčnost dopravního systému budou popisovány jako parametry pro stanovení vhodného řešení dynamického režimu obsluhy. Díky možnostem Smart City a obecně systémem založeným na Open Data, mohou být parametry přesnější nebo mohou vzniknout zcela nové.

Nalezení nejlepších řešení a potřebných parametrů pro vytvoření dynamické obsluhy a následné návrhy implementace a způsoby provedení jsou hlavní náplní disertační práce. Tato rozdělena na více částí, kdy základní část tvoří právě hledání potřebných parametrů a podrobná analýza aktuálního fungování dopravních systému spolu s legislativou. Další částí je vytvoření rozdělení systému a zařazení dynamické složky do jednotlivých částí dopravního systému a posuzování vhodností nebo naopak problematiku návrhů. Tyto části je potřeba matematicky správně popsat, ale hlavně doplnit o odborné stanovisko, které ovlivňuje parametry,

promítajících se i do matematického popisu. Slovní i matematický popis dopravní sítě a parametrů je odrazovým můstkem pro další postup prací. Nalezení řešení dynamické obsluhy je řešeno odborným náhledem a zkušenostmi z provozu. Jinými slovy vytvořit řešení, takovým způsobem, jakým by ho vytvořil dispečer dopravy. Z tohoto náhledu je vyvozeno řešení, které je následně porovnáváno s matematickými modely. Matematické modely jsou jednou z dalších částí disertační práce, kdy na základě znalosti všech parametrů je vytvořeno konkrétní řešení. [1][2][4]

Tento dokument vznikl za podpory Českého vysokého učení technického v Praze v rámci projektu SGS - **SGS17/107/OHK2/1T/16.** Cílem tohoto dokumentu je sumarizovat veškeré práce spojené s projektem a představit všechny zjištěné poznatky, nutné předpoklady pro možné zavedení do skutečného provozu, celkové výsledky a možná využití týkající se Dynamické obsluhy území veřejnou dopravou. Dokument neslouží pouze k jednoduché prezentaci výsledků, ale je možné jej využít i pro obecné získání poznatků o veřejné hromadné dopravě.

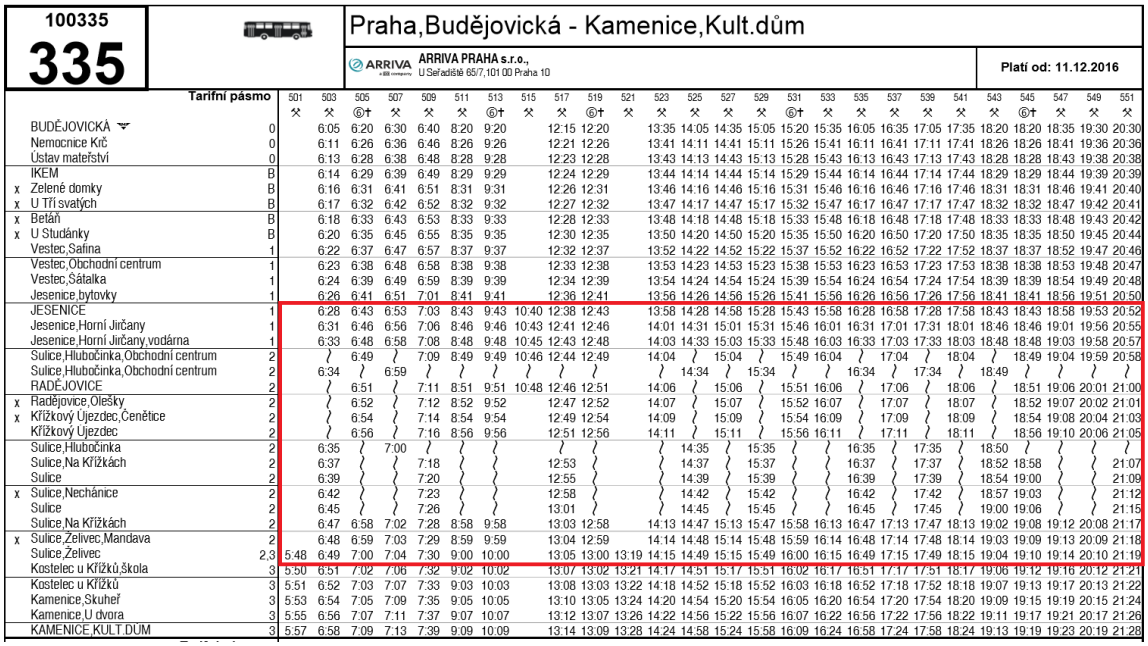
4 Současný stav obsluhy veřejnou hromadnou dopravou

Systém veřejné hromadné dopravy je v současné chvíli nastaven tak, že zcela opomíjí dynamický prvek v dopravě. Veřejná hromadná doprava je tvořena pomocí linek s pevnými jízdními řády s přesnými časovými polohami jednotlivých spojů. Pro interní potřeby jsou vytvářeny přesné grafikony, oběhy vozidel, označení jednotlivých spojů a každému vozidlu je přiřazeno dané pořadí, které obsluhuje přidělené spoje linek. Díky tomu je přesně určené, kolik kilometrů každé vozidlo ujede a odráží se o toho i financování tohoto způsobu dopravy. Tímto způsobem je veřejná hromadná doprava přehledná a jasně daná, každý objednaný spoj obsluhuje přidělenou oblast. Přesto nevýhodou je, že některé spoje a linky veřejné hromadné dopravy jsou v určitých časových obdobích méně nebo dokonce zcela nevytížené, a proto výrazně neefektivní nebo naopak poptávka po přepravě je vysoká, ale dostupné spoje neexistují.

Velkou výhodou současného nastavení je přesné nadefinování dopravy, v případě objednání spoje a jeho zařazení do jízdního řádu, je jistota, že daný spoje pojede v předepsaném čase a předepsané trase. Přesto tato výhoda se může ukázat jako nevýhoda.

Z hlediska finanční zátěže jsou spoje linek objednávány jednotlivými obcemi a na základě objednávky je obec obsluhována. Pokud obec nemá dostatečné finance je zajištěna obsluha pouze v omezeném počtu spojů, a tedy dost často nedostatečně. Díky pevnému nastavení dopravního systému není možné více obsloužit danou obec nebo oblast.

Z dopravního hlediska může pevně stanovený dopravní systém znamenat problém pro dopravce i pro pravidelnost a přehlednost provozu. Jelikož jsou pevně dána pořadí a oběhy vozidel, dochází často k dlouhému odstavení vozidel (někdy i v řádech hodin) a nutnosti častému přejezdu vozidel, čímž se snižuje celková efektivita provozu. Dalším dost častým jevem je nepravidelnost trasy pravidelné linky, a to zátahem do dotčené oblasti pouze výjimečnými spoji nebo častá změna pravidelné trasy, lišící se každým spojem. Jízdní řád se poté stává velmi nepřehledným a cestující ztrácí přehled o tom, zdali konkrétní spoj dané linky opravdu obsluhuje chtěnou oblast. [4]



100335

335

Praha,Budějovická - Kamenice,Kult.dům

ARRIVA PRAHA s.r.o., U Seřadiště 65/7, 101 00 Praha 10

Platí od: 11.12.2016

	Tarifní pásmo	501	503	505	507	509	511	513	515	517	519	521	523	525	527	529	531	533	535	537	539	541	543	545	547	549	551
	BUDĚJOVICKÁ	0	6:05	6:20	6:30	6:40	8:20	9:20		12:15	12:20		13:35	14:05	14:35	15:05	15:20	15:35	16:05	16:35	17:05	17:35	18:20	18:20	18:35	19:30	20:30
	Nemocnice Krč	0	6:11	6:26	6:36	6:46	8:26	9:26		12:21	12:26		13:41	14:11	14:41	15:11	15:26	15:41	16:11	16:41	17:11	17:41	18:26	18:26	18:41	19:36	20:36
	Ústav mateřství	0	6:13	6:28	6:38	6:48	8:28	9:28		12:23	12:28		13:43	14:13	14:43	15:13	15:28	15:43	16:13	16:43	17:13	17:43	18:28	18:28	18:43	19:38	20:38
	IKEM	B	6:14	6:29	6:39	6:49	8:29	9:29		12:24	12:29		13:44	14:14	14:44	15:14	15:29	15:44	16:14	16:44	17:14	17:44	18:29	18:29	18:44	19:39	20:39
x	Zelené domky	B	6:16	6:31	6:41	6:51	8:31	9:31		12:26	12:31		13:46	14:16	14:46	15:16	15:31	15:46	16:16	16:46	17:16	17:46	18:31	18:31	18:46	19:41	20:40
x	U Tří svatých	B	6:17	6:32	6:42	6:52	8:32	9:32		12:27	12:32		13:47	14:17	14:47	15:17	15:32	15:47	16:17	16:47	17:17	17:47	18:32	18:32	18:47	19:42	20:41
x	Betáň	B	6:18	6:33	6:43	6:53	8:33	9:33		12:28	12:33		13:48	14:18	14:48	15:18	15:33	15:48	16:18	16:48	17:18	17:48	18:33	18:33	18:48	19:43	20:42
x	U Studánky	B	6:20	6:35	6:45	6:55	8:35	9:35		12:30	12:35		13:50	14:20	14:50	15:20	15:35	15:50	16:20	16:50	17:20	17:50	18:35	18:35	18:50	19:45	20:44
	Vestec,Šafina	1	6:22	6:37	6:47	6:57	8:37	9:37		12:32	12:37		13:52	14:22	14:52	15:22	15:37	15:52	16:22	16:52	17:22	17:52	18:37	18:37	18:52	19:47	20:46
	Vestec,Obchodní centrum	1	6:23	6:38	6:48	6:58	8:38	9:38		12:33	12:38		13:53	14:23	14:53	15:23	15:38	15:53	16:23	16:53	17:23	17:53	18:38	18:38	18:53	19:48	20:47
	Vestec,Šátalka	1	6:24	6:39	6:49	6:59	8:39	9:39		12:34	12:39		13:54	14:24	14:54	15:24	15:39	15:54	16:24	16:54	17:24	17:54	18:39	18:39	18:54	19:49	20:48
	Jesenice,bytovky	1	6:26	6:41	6:51	7:01	8:41	9:41		12:36	12:41		13:56	14:26	14:56	15:26	15:41	15:56	16:26	16:56	17:26	17:56	18:41	18:41	18:56	19:51	20:50
	JESENICE	1	6:28	6:43	6:53	7:03	8:43	9:43	10:40	12:38	12:43		13:58	14:28	14:58	15:28	15:43	15:58	16:28	16:58	17:28	17:58	18:43	18:43	18:58	19:53	20:52
	Jesenice,Horní Jiřčany	1	6:31	6:46	6:56	7:06	8:46	9:46	10:43	12:41	12:46		14:01	14:31	15:01	15:31	15:46	16:01	16:31	17:01	17:31	18:01	18:46	18:46	19:01	19:56	20:55
	Jesenice,Horní Jiřčany,vodárna	1	6:33	6:48	6:58	7:08	8:48	9:48	10:45	12:43	12:48		14:03	14:33	15:03	15:33	15:48	16:03	16:33	17:03	17:33	18:03	18:48	18:48	19:03	19:58	20:57
	Sulice,Hlubočinka,Obchodní centrum	2	⟩	6:49	⟩	7:09	8:49	9:49	10:46	12:44	12:49		14:04	⟩	15:04	⟩	15:49	16:04	⟩	17:04	⟩	18:04	⟩	18:49	19:04	19:59	20:58
	Sulice,Hlubočinka,Obchodní centrum	2	6:34	⟩	6:59	⟩	⟩	⟩	⟩	⟩	⟩		⟩	14:34	⟩	15:34	⟩	⟩	16:34	⟩	17:34	⟩	18:49	⟩	⟩	⟩	⟩
	RADĚJOVICE	2	⟩	6:51	⟩	7:11	8:51	9:51	10:48	12:46	12:51		14:06	⟩	15:06	⟩	15:51	16:06	⟩	17:06	⟩	18:06	⟩	18:51	19:06	20:01	21:00
x	Radějovice,Olešky	2	⟩	6:52	⟩	7:12	8:52	9:52		12:47	12:52		14:07	⟩	15:07	⟩	15:52	16:07	⟩	17:07	⟩	18:07	⟩	18:52	19:07	20:02	21:01
x	Křížkový Újezdec,Čenětice	2	⟩	6:54	⟩	7:14	8:54	9:54		12:49	12:54		14:09	⟩	15:09	⟩	15:54	16:09	⟩	17:09	⟩	18:09	⟩	18:54	19:08	20:04	21:03
	Křížkový Újezdec	2	⟩	6:56	⟩	7:16	8:56	9:56		12:51	12:56		14:11	⟩	15:11	⟩	15:56	16:11	⟩	17:11	⟩	18:11	⟩	18:56	19:10	20:06	21:05
	Sulice,Hlubočinka	2	6:35	⟩	7:00	⟩	⟩	⟩		⟩	⟩		⟩	14:35	⟩	15:35	⟩	⟩	16:35	⟩	17:35	⟩	18:50	⟩	⟩	⟩	⟩
	Sulice,Na Křížkách	2	6:37	⟩	⟩	7:18	⟩	⟩		12:53	⟩		⟩	14:37	⟩	15:37	⟩	⟩	16:37	⟩	17:37	⟩	18:52	18:58	⟩	⟩	21:07
	Sulice	2	6:39	⟩	⟩	7:20	⟩	⟩		12:55	⟩		⟩	14:39	⟩	15:39	⟩	⟩	16:39	⟩	17:39	⟩	18:54	19:00	⟩	⟩	21:09
x	Sulice,Nechánice	2	6:42	⟩	⟩	7:23	⟩	⟩		12:58	⟩		⟩	14:42	⟩	15:42	⟩	⟩	16:42	⟩	17:42	⟩	18:57	19:03	⟩	⟩	21:12
	Sulice	2	6:45	⟩	⟩	7:26	⟩	⟩		13:01	⟩		⟩	14:45	⟩	15:45	⟩	⟩	16:45	⟩	17:45	⟩	19:00	19:06	⟩	⟩	21:15
	Sulice,Na Křížkách	2	6:47	6:58	7:02	7:28	8:58	9:58		13:03	12:58		14:13	14:47	15:13	15:47	15:58	16:13	16:47	17:13	17:47	18:13	19:02	19:08	19:12	20:08	21:17
x	Sulice,Želivec,Mandava	2	6:48	6:59	7:03	7:29	8:59	9:59		13:04	12:59		14:14	14:48	15:14	15:48	15:59	16:14	16:48	17:14	17:48	18:14	19:03	19:09	19:13	20:09	21:18
	Sulice,Želivec	2,3	5:48	6:49	7:00	7:04	7:30	9:00	10:00	13:05	13:00	13:19	14:15	14:49	15:15	15:49	16:00	16:15	16:49	17:15	17:49	18:15	19:04	19:10	19:14	20:10	21:19
	Kostelec u Křížků,škola	3	5:50	6:51	7:02	7:06	7:32	9:02	10:02	13:07	13:02	13:21	14:17	14:51	15:17	15:51	16:02	16:17	16:51	17:17	17:51	18:17	19:06	19:12	19:16	20:12	21:21
	Kostelec u Křížků	3	5:51	6:52	7:03	7:07	7:33	9:03	10:03	13:08	13:03	13:22	14:18	14:52	15:18	15:52	16:03	16:18	16:52	17:18	17:52	18:18	19:07	19:13	19:17	20:13	21:22
	Kamenice,Skuhař	3	5:53	6:54	7:05	7:09	7:35	9:05	10:05	13:10	13:05	13:24	14:20	14:54	15:20	15:54	16:05	16:20	16:54	17:20	17:54	18:20	19:09	19:15	19:19	20:15	21:24
	Kamenice,U dvora	3	5:55	6:56	7:07	7:11	7:37	9:07	10:07	13:12	13:07	13:26	14:22	14:56	15:22	15:56	16:07	16:22	16:56	17:22	17:56	18:22	19:11	19:17	19:21	20:17	21:26
	KAMENICE,KULT.DŮM	3	5:57	6:58	7:09	7:13	7:39	9:09	10:09	13:14	13:09	13:28	14:24	14:58	15:24	15:58	16:09	16:24	16:58	17:24	17:58	18:24	19:13	19:19	19:23	20:19	21:28

Obrázek 1: Nepřehlednost pevně definovaného jízdního řádu [5]

Hlavním problémem je chybějící pružnost na mimořádnosti v provozu. V případě vytvoření zpoždění, nedokáže přesně definovaný dopravní systém pružně reagovat. V takovém případě může docházet k ujetí návazných spojů a výraznému degradování kvality přepravy. Dopravní systém by měl být tvořen tak, aby respektoval frekvenci přepravených cestujících a obsluhovaných oblastí.

4.1 Rozdělení veřejné hromadné dopravy dle významnosti v dopravním systému

Dle významnosti lze dopravní prostředky veřejné hromadné dopravy rozdělit do kategorií:

4.1.1 Páteřní doprava

Základní stavební jednotka dopravního systému. Doprava na této úrovni má nejdůležitější přepravní funkci a je provozována v pravidelných intervalech v hlavních přepravních směrech. Na tento druh dopravy jsou nasazována nejkapacitnější vozidla.

4.1.2 Běžná doprava

Tato úroveň dopravy má za úkol obsloužit další oblasti, kam není možné zavést páteřní dopravu. Tato doprava má za úkol spojovat jednotlivé páteřní proudy, případně vytvářet radiální spojení města nebo regionu.

4.1.3 Doplňková doprava

Tato úroveň má za cíl obsloužit zbylé oblasti města nebo regionu. Tato doprava má delší a nepravidelné intervaly mezi jednotlivými spoji.

4.1.4 Ostatní doprava

Ostatní doprava je velmi důležitá a velmi často opomíjená. Do této kategorie patří pěší a cyklistická doprava a další obdobná doprava, která má doplňkovou funkci, přesto může v určitých oblastech sloužit jako doprava páteřní.

4.2 Rozdělení veřejné hromadné dopravy dle dopravních prostředků

Dopravní systém veřejné hromadné dopravy tvoří různé typy dopravních prostředků, které mají různou úlohu v hierarchii důležitosti obsluhy. Toto rozdělení a respektování hierarchie je velmi důležité při vytváření dopravního systému a podstatné pro zavedení dynamické složky.

4.2.1 Železnice

Železniční síť je brána jako páteřní síť dopravního systému díky své kapacitě, možnosti obsluhovat rozsáhlé oblasti díky rozsáhlé a oddělené, veřejně nepřístupné infrastruktuře, která není ovlivňována individuální dopravou. Do této kategorie spadá také metro, které tvoří páteř pro městské části.

4.2.2 Tramvajová doprava

Tramvajová a trolejbusová doprava spadá do kapacitních doprav v centrech i okrajích měst. Z tohoto důvodu je také začleněna do páteřních systémů dopravy.

4.2.3 Autobusová doprava

Tato doprava může spadat do všech kategorií dle významnosti v závislosti na rozsahu provozu, velikosti obsluhované oblasti. Obecně platí, že autobusová doprava slouží spíše jako běžná nebo doplňková doprava, spojuje páteřní dopravy a obsluhuje odlehlé oblasti.

4.2.4 Cyklistická, pěší a ostatní doprava

Tato doprava slouží jako doplněk doprav a je využívána na kratší vzdálenosti, přesto je nedílnou součástí dopravního systému. V některých systémech může jít i o hlavní formy dopravy.

Tímto základním a jednoduchým způsobem rozdělení je za cíl poukázat na obecnou charakteristiku provozu, která je důležitá pro další zpracování dynamického systému.

5 Popis navrhovaného dopravního řešení

Díky jednoduchému rozdělení z předchozích kapitol je nyní možné lépe popsat dopravní systém veřejné hromadné dopravy a představit jeho fungování. Je snahou celý dopravní systém koncipovat tak, aby odpovídal novým trendům a zapadal do koncepce Smart City, případně Industry 4.0. a zároveň byl atraktivní pro cestující a byl tudíž využíván.

5.1 Dynamický režim dopravy

Dynamický režim dopravy je obsluha oblasti v závislosti na vnějších podnětech. Tyto podněty jsou sami cestující, kteří si dopravu objednávají a také nastavené parametry, které dopravu ovlivňují. Jednoduše řečeno, jedná se o specifickou dopravu na zavolání cestujícím. Oproti současnému stavu, kdy existují také spoje na zavolání – pevně daný spoj linky je nebo není, v závislosti na objednávce cestujícího v provozu, dynamické spoje nemají předem nadefinovanou trasu ani časovou polohu. Všechny tyto skutečnosti jsou definovány až na základě požadavků cestujícího a vnějších parametrů. Navíc je možné tyto skutečnosti měnit na základě změny aktuální situace. V reálném provozu může situace vypadat tak, že objednanému spoji se změní trasa i časová poloha na základě nové žádosti o přepravu dalším cestujícím nebo aktuální změnou z některých parametrů. V následujících kapitolách budou popsány parametry pro vytvoření představy fungování dynamického systému.

5.2 Rozdělení dopravního systému

Pro vytvoření dynamického režimu je nutné vymezit oblasti, kde je tento způsob obsluhy reálný. Díky rozdělení dle významu dopravy je jasné, že dynamický režim nelze uplatnit na páteřních linkách. Tyto linky musejí být nedotknutelné, od těchto linek se odvíjí další stupně dopravy. Není reálně možné, aby stav na železnici byl chaotický díky vysoké intenzitě dopravy a objednávce vlakové cesty, navíc páteřní linky jezdí v pravidelných časových intervalech a je na ně navázána další doprava. Právě z těchto důvodů je nutné stanovit si nové úrovně dopravy, které budou splňovat nároky dynamické systému. Pro tento systém byly vytvořeny v rámci řešení problematiky tři úrovně dopravy.

5.2.1 Páteřní linky

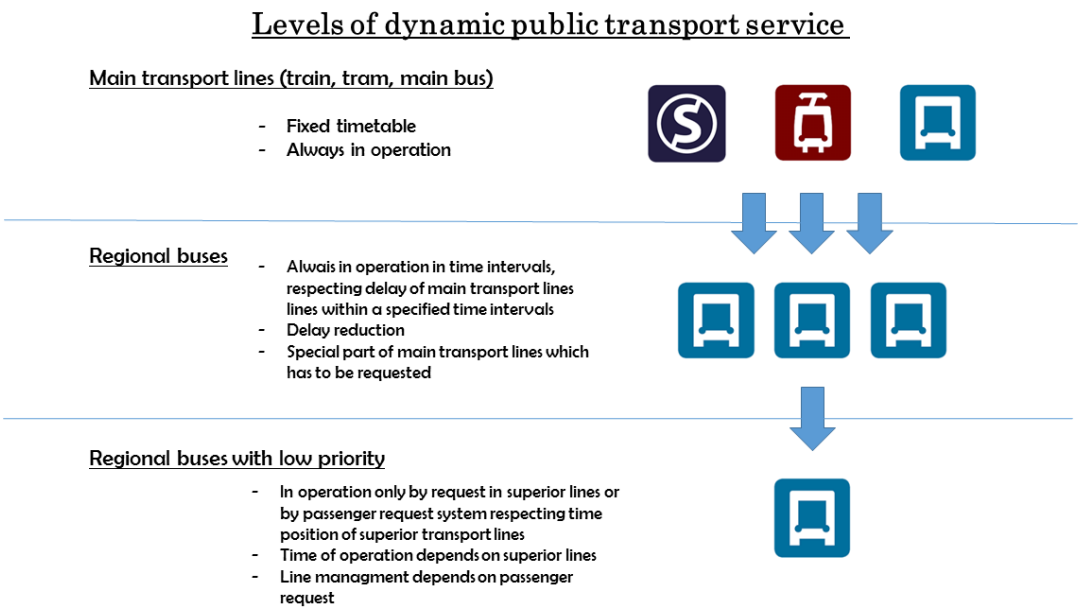
Spoje v této úrovni zajišťují primární obsluhu území. Typy dopravních prostředků by měly být v této úrovni nejkapacitnější, a proto je primárně zařazena železnice nebo tramvajová doprava, případně hlavní autobusové linky. Spoje této úrovně mají standardní pevně stanovený provoz dle jízdního řádu a zajišťují spojení dané oblasti s centrální oblastí.

5.2.2 Navazující spoje na páteřní linky

V této úrovni jsou spoje sloužící jako přípoje k páteřním linkám. Tyto spoje reagují na nepravidelnosti v dopravě a vyčkávají na páteřní linky. Čekání na navázané spoje jsou řešeny předem stanoveným časovým intervalem s ohledem na cestující, kteří již čekají na spoj.

5.2.3 Navazující regionální spoje s nízkou prioritou

Tyto spoje obsluhují poslední neobsloužené oblasti s velmi nízkou poptávkou po dopravě. Tyto spoje jsou v provozu pouze po objednání dopravy cestujícím a jejich trasa se může dynamicky měnit. Na tyto spoje dopravce vysílá většinou méně kapacitní vozy.



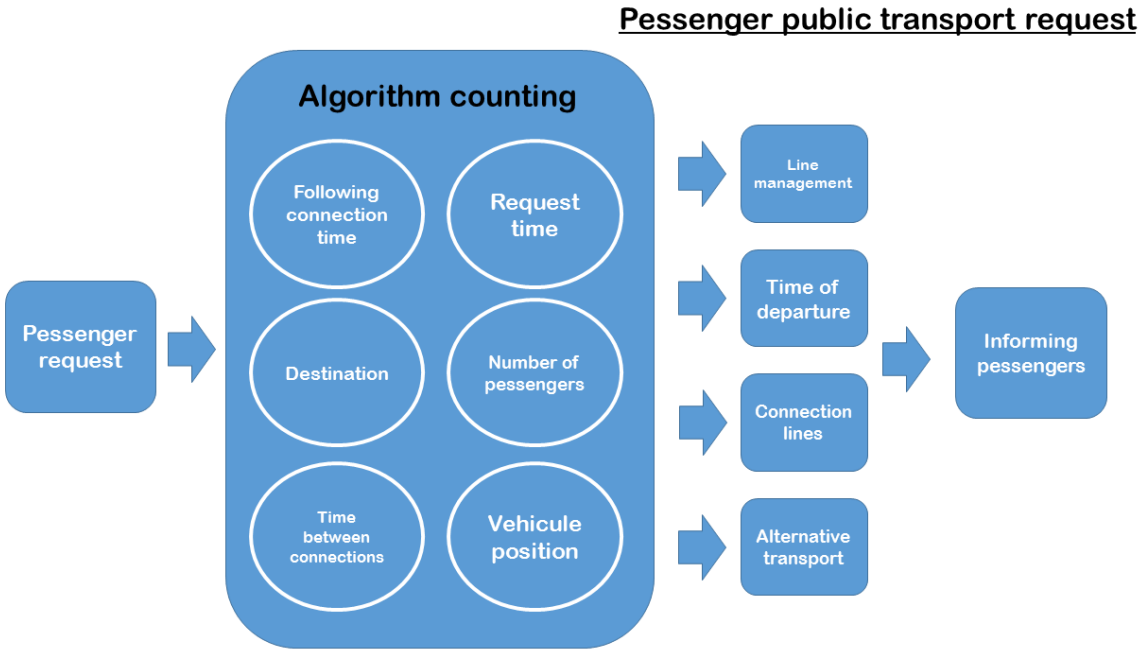
Obrázek 2: Levely dopravy pro dynamický způsob obsluhy [4]

Pro dynamický režim je nejvhodnější právě třetí úroveň obsluhy. Jedná se o oblasti s malou poptávkou a menší rozlohou, proto je možné vhodně vytvořit spojení, na které bude navazovat pravidelná doprava z vyšších úrovní.

V současné době je nastavený trend stěhování obyvatelstva do měst a jejich nejbližšího okolí. Jedním z důvodů je i dopravní dostupnost do měst. V případě špatného spojení veřejnou hromadnou dopravou jsou obyvatelé nuceni přestěhovat se nebo použít individuální automobilovou dopravu. Ani jedno z řešení není koncepčně v pořádku. Proto je cílem nabídnout možnost přepravy ekologickým způsobem, veřejnou hromadnou dopravou. Pro odlehlé oblasti, ale tento způsob dopravy není dost často ekonomicky únosný, a proto nerealizovaný nebo ve velmi malém rozsahu dle minimální obslužnosti. Tato oblast se nachází právě ve třetím stupni dopravy a je pro ni vhodný dynamický režim obsluhy. V rámci programu Smart region je proto tento způsob ideální, kdy obyvatelům bude nabídnuta možnost přepravy právě v době, kterou potřebují a nemusí spoléhat pouze na velmi malý počet spojů a tím docílit snížení nutnosti využít individuální automobilovou dopravu.

5.3 Objednávání dopravy

Hlavním vstupním parametrem pro dynamický systém obsluhy je sám cestující. Tento cestující dopravu sám objednává a určuje tedy časové polohy spojů i trasu spoje. Pro objednání spojení je nutné vytvořit specifický nástroj. Tento nástroj musí být univerzální a musí být dostupný pro celý průřez obyvatelstva. Spolu s tím je nutné zabezpečit zpětné informování cestujícího, zvlášť pokud se čas odjezdu dynamicky mění. Požadavky cestujících a další ovlivňující parametry jsou zpracovávány podle specifických matematických modelů a algoritmů. Matematickým modelům a způsobům výpočtu finálních řešení se věnují další části disertační práce autora.



Obrázek 3: Objednávání dopravy cestujícím [4]

5.3.1 Mobilní aplikace

Moderním Smart řešením je vytvoření mobilní aplikace, přes kterou cestující dopravu objednává a je přes ni zpětně informován o výsledku přiřazení dopravy nebo o průběžných změnách. V případě sofistikované aplikace, systém na základě polohy GPS dokáže lokalizovat cestujícího a navrhnout optimální řešení přepravy do cílové destinace. Pomocí aplikace cestující dále dostává aktuální informace o vyžádaném dopravním spojení a je také možné objednané spojení zrušit. V případě nemožnosti vytvořit adekvátní spojení, je navrženo alternativní spojení pomocí jiných druhů dopravy, například taxi. Na základě vysílání polohy vozidel v oblasti, je cestující schopen díky aplikaci sledovat aktuální provoz a ovlivňovat svůj požadavek

na přepravu. Pro spoje zařazené do vyšších úrovní je možné pomocí aplikace vyhledat klasické spojení pomocí pevných jízdních řádů a také sledovat aktuální polohy vozidel.

5.3.2 Internetové stránky

Dalším možným řešením jsou webové stránky dopravního systému, které mají podobnou funkčnost jako mobilní aplikace. Pro objednání je však nutné vytvořit profil uživatele nebo minimálně vložit kontaktní údaje pro zpětné informování cestujícího.

5.3.3 SMS

Další možností objednávání dopravy je použití SMS. Tento způsob objednávky je určený pro uživatele, kteří nemají vybavení pro nahrání aplikace nebo nemají možnost připojení k internetu. Cestující tímto způsobem posílá zprávu SMS na přiřazené číslo v daném tvaru. Tato zpráva musí obsahovat informace o počáteční a koncové zastávce trasy a o žádaném čase odjezdu. Po výpočtu optimální trasy a časové polohy spoje je uživateli odeslána zpět SMS s navrženým spojením, případně návrh alternativního spojení. V případě nutnosti je možné nabízenou trasu sdělit cestujícímu pomocí operátora.

5.3.4 Telefonní číslo

Nejzákladnějším způsobem objednávky je zavolání na speciální linku, kde cestující předloží svou žádost o přepravu. Po nalezení vhodného řešení je návrh cestujícímu předložen. Tento způsob je určen hlavně lidem, kteří neumějí nebo nemohou ovládat moderní technologie.

Po objednání a navržení trasy je nutný souhlas cestujícího s navrženým spojením. Po zdárném objednání spoje je vytvořeno spojení, které se objevuje v informačních prostředcích pro cestujícího. Proto v případě fungování systému pomocí mobilní aplikace nebo webových stránek, je cestující schopen nalézt již objednané spojení jiným cestujícím a toto spojení také využít. Pokud již vytvořené spojení přímo neobsluhuje místo zájmu nového cestujícího je možné novou objednávkou dynamicky upravit linkové vedení vypravovaného spoje.

V případě nemožnosti využít mobilní aplikaci nebo webové prostředí, je cestující informován na zastávkách pomocí ZIS – zastávkového informačního systému. Dalšími možnostmi je nabídnutí spojení operátorem, který může sám upravit linkové vedení spoje nebo pomocí SMS reakce na novou objednávku spojení.

Pro funkčnost systému je nutná nejen správná komunikace s cestujícími ale i s dopravcem a dalšími účastníky dopravního procesu, jakými jsou koordinátor nebo objednavatel dopravy, kterým může být samotná obec, kam dynamické linky zajíždějí. Aktuální změny v trase linky i přesné časové polohy spojů je nutné průběžně sdělovat řidiči a dispečinku. [4]

5.4 Ovlivňující parametry

Aby bylo možné vytvořit systém, který na základě objednávek cestujících určí nejvhodnější trasu i časovou polohu spojení, je nutné definovat parametry, které výsledek ovlivňují. Parametry lze rozdělit do několika skupin z hlediska získávání dat i druhu dat. Podstatné je začlenění problematiky také do Smart City řešení a tím získávat aktuální data z provozu, nebo chování obyvatelstva, obecně využít Open Data. Díky Open Data vzniká velké množství parametrů a s tím i další řešení pro vytvoření optimální cesty. Právě díky parametrům a jejich vzájemnému se vylučování může být určena optimální trasa i časová poloha. V následujícím rozdělení jsou příklady dopravních parametrů.

5.4.1 Provozní parametry

Mezi provozní parametry lze zařadit informaci o pozici vozidla, respektive, existenci vhodného vozidla v oblasti. Pokud takové vozidlo není k dispozici, spojení nemůže být vytvořeno. Dalším parametrem je typ vozidla. Cestující může mít požadavek na nízkopodlažní vozidlo, díky čemuž tento parametr může výrazně ovlivnit navrhované spojení. Doplňujícím provozním parametrem může být existující vozidlo, ale řidič musí čerpat povinnou bezpečnostní přestávku. I tento parametr může výrazným způsobem ovlivnit spojení.

5.4.2 Lokační parametry

Parametrem lokace je umístění dynamické oblasti vzhledem k ostatním bodům poptávky, respektive nabídky. Pro vytvoření spojení je nutné znát umístění přestupních bodů na další druhy dopravy (vyšší levely). Existence i více takových míst, kde je umožněn přestup, ovlivňuje navrhovanou trasu spoje. Přestupním bodem nemusí být jen přestup na veřejnou hromadnou dopravu, ale také přeprava na záchytná parkoviště, ať už P+R nebo dokonce B+R. Umístění těchto parkovišť je pro určení trasy rozhodující. Díky těmto parametrům lze díky fuzzy logice určit vhodnější cíle díky pravidelnému využívání cestujícími.

5.4.3 Časové parametry

Základním parametrem je čas odjezdu spoje. Parametrem je ale také to, před jakou dobou poslední spoj odjel. Po nadefinování parametru je určen teoretický interval mezi jednotlivými spoji. Aby systém dynamiky mohl fungovat, musí třetí úroveň dopravy navazovat na vyšší úrovně. Nezbytným parametrem je proto také odjezd spojů na vyšší úrovni. Vhodným doplňkem je znalost aktuální polohy jednotlivých spojů v síti. Navrhované spoje by také měli respektovat časy vhodné pro přepravu. Nesmí se proto stát, že spoj pojede v nevhodný čas s menším počet cestujících a díky parametru určující počty spojů nebo čas posledního odjezdu nepojede spoj, který má odvézt žáky do škol.

5.4.4 Parametry aktuálního stavu

Tyto parametry jsou z hlediska funkčnosti systému velmi důležité a posunují systém na vyšší úroveň. Díky Open Data je přístup k aktuálním informacím z provozu, proto parametrem může být obsazenost vozidla. Díky tomuto parametru například systém dynamicky určuje vhodné navazující spoje nebo navrhne zcela jinou možnost spojení do požadovaného cíle. V případě, že se v plánované trase vytvoří kongesce, systém díky znalosti této informace může spojení vytvořit jiným způsobem tak, aby se inkriminovanému úseku vyhnulo. Podobným případem, jako je kongesce může být jiný dopravní exces, například nehoda.

5.4.5 Parametry cestujícího

Základními parametry, které cestujícího zajímají kdy a kam může být přepraven. Proto zvolený cíl přepravy je jeden z nejpodstatnějších parametrů. Pro cestujícího je také podstatným parametrem čas, kdy dorazí do svého cíle. Dalším parametrem je cena přepravy. Pokud není možné vytvořit adekvátní spojení podle požadavků cestujícího, je mu navrhnuta alternativa, která může krajních mezí spočívat i ve využití taxislužby. Pro výpočet ceny veřejné hromadné dopravy je stanoven daný tarif, přesto existují možnosti dynamické složky tarifu, který svým konceptem přesně zapadá do problematiky dynamické obsluhy. Podrobnosti o dynamickém jízdném jsou autorem zpracovány v odborných publikacích.

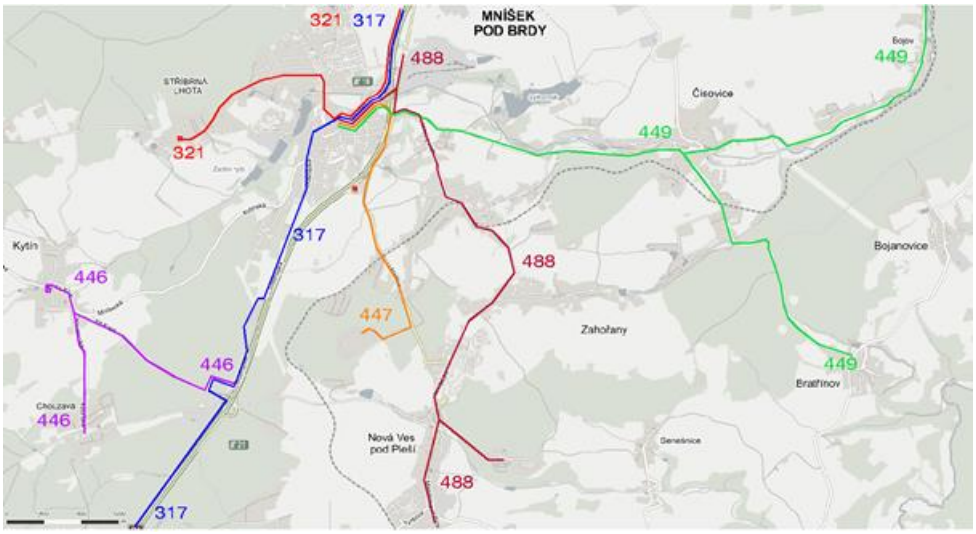
5.4.6 Ekonomické a ekologické parametry

Parametry této kategorie jsou podstatné pro objednavatele dopravy, který stanovuje například maximální počet spojů za čas, aby byl dopravní systém ekonomicky únosný. Z hlediska ekologie může být parametrem možnost využití kola jako způsobu přepravy.

Celá tato problematika je zde velmi stručně popsána a rozhodně jsou známa různá úskalí a problémy, které při zavedení tohoto systému dopravy vznikají. Podrobný popis problémů a možných řešení nebo všech ovlivňujících parametrů, je výsledkem celé disertační práce autora. Pro účely tohoto dokumentu jsou pouze shrnuty základní poznatky a způsoby fungování.

5.5 Úrovně dopravy pro dynamiku obsluhy

Pro představení problematiky dynamiky obsluhy území byla vybrána oblast okolo obce Mníšek pod Brdy, která se nachází jižně od města Prahy. Tato oblast v rámci dopravní obsluhy veřejnou hromadnou dopravou spadá pod systém Pražské integrované dopravy. Tato oblast byla vybrána, jelikož obsahuje páteřní autobusové linky i linky navazující a obsluhující velmi malé obytné celky. Na následující mapě je oblast představena.



Obrázek 4: Schéma linkového vedení v oblasti Mníšku pod Brdy [4][5]

Na mapě je zobrazen centrální bod oblasti, kterým je obec Mníšek pod Brdy. Tato obec je spojena s hlavním městem Prahou páteřními autobusovými linkami, které zajišťují hlavní obsluhu oblasti. V obci Mníšek pod Brdy je vytvořen hlavní přestupní bod z páteřních autobusových linek.

5.5.1 Páteřní linky

Linka 317

Linka 317 zajišťuje nejrychlejší a nejkapacitnější spojení mezi Prahou a Mníškem pod Brdy. Na spoje linky 317 navazují spoje ostatních regionálních linek. Linka dále pokračuje na jih a obsluhuje další oblasti a tvoří páteřní spojení pro další linky.

Linka 321

Podobně jako linka 317, i tato linka slouží jako spojení s Prahou. Svým počtem spojů doplňuje linku 317. I na tuto linku navazují spoje regionálních linek.

5.5.2 Navazující linky na páteřní spoje

Linka 321

I když je linka 321 brána jako linka páteřní, její část je možné zařadit do této kategorie. V úseku Mníšek pod Brdy – Stříbrná Lhota je vytvořen závlek této linky, navíc tento úsek je obsluhován pouze několika spoji. Některé spoje linky 321 jsou zkráceny a jsou v provozu pouze v tomto úseku, tedy bez přímého spojení s Prahou. Tento úsek je proto možné zařadit do kategorie na zavolání nebo intervalového odjezdu. Linka pouze v tomto úseku bude v daném časovém intervalu čekat na další přípojné spoje, například linky 317.

Linka 446

Linka 446 je typickým příkladem linky navázané spoji na páteřní dopravu. V tomto případě linka začíná v oblasti bez zástavby a poptávky. Důvodem je pouze návaznost na spoje linky 317, která danou zastávku také projíždí. Linku proto lze zařadit do navazujících linek s intervalovým časem odjezdu v úseku Mníšek pod Brdy, Kaple – Kytín. V úseku Kytín – Chouzavá je však v provozu pouze malé množství spojů, a proto tento úsek linky rozhodně spadá do kategorie na objednání.

Linka 448

Linka 448 navazuje v zastávce Mníšek pod Brdy na linky 317 a 321. Cestující ze směru od Prahy linka přepravuje do Nové Vsi pod Pleší. Linka je typickým příkladem navazující linky s intervalovým časem odjezdu pro reagování na nepravidelnost provozu páteřní dopravy.

Linka 449

Linka 449 podobně jako 448 navazuje na spoje páteřních linek v zastávce Mníšek pod Brdy. Linka dále pokračuje do Čisovic a Bojova. Linka je typickým příkladem navazující linky s intervalovým časem odjezdu pro reagování na nepravidelnost provozu páteřní dopravy.

5.5.3 Navazující regionální linky s nutností objednávky

Linka 446

Linka byla zmíněna jako zástupce kategorie navazujících linek. V úseku Kytín – Chouzavá je však v provozu v minimálním rozsahu, a proto pokud má cestující v obci Chouzavá zájem o přepravu, musí si dopravu objednat. Objednaný spoj musí respektovat časy pro přestup na páteřní linku 317.

Linka 447

Linka 447 je linkou pouze doplňkovou a obsluhuje pouze malé množství zastavěných území. Od toho se odráží malé množství spojů. V případě nutnosti je linka vypravována pouze na objednávku, případně je použit závlek linky 448 do oblasti objednávky.

Linka 448

Linka byla také zařazena do kategorie navazujících linek, přesto její část je možné zařadit i do této kategorie. Linka zajíždí obsloužit závlekem přilehlou zástavbu obce Nová Ves pod Pleší. Tento závlek je možné zařadit do kategorie pouze na objednávku cestujícím, čímž dochází k ušetření najetých kilometrů i ke kratší cestovní době.

Linka 449

Podobně jako u linky 446 a 448 se toto zařazení týká pouze části trasy linky. Linka má závlek do obce Bratřínov. Pokud nebude objednána doprava do obce Bratřínov, nemusí spoj do této obce zajíždět, čímž se ušetři ujeté kilometry i cestovní čas. [4]

5.6 Automatické počítání cestujících

Počítání cestujících pomocí senzorů ve vozidlech je vhodné nejen pro obecnou statistiku, díky které je poté možné určovat oblasti s malou poptávkou po dopravě a tím může být tato oblast zařazena do třetí úrovně obsluhy, tedy dynamického režimu, ale také jako aktuální informaci o obsazenosti vozidla. Díky tomu vzniká nový parametr pro vyhodnocení a může ovlivnit výpočet pro ideální trasu. Toto téma je autorem důkladně zpracované a lze získané poznatky čerpat do disertační práce.

Systém pro sčítání cestujících je telematický systém, který je tvořen základními dvěma částmi front-office a back-office. Jelikož se jedná o telematický systém, je nutné rozlišovat základní tři etapy funkčnosti, kterými jsou získávání dat, zpracování dat a vyhodnocení.

5.6.1 Získávání dat

V případě front-office se jedná o zařízení instalované ve vozidle nad každými dveřmi, které zaznamenává pohyb cestujících z a do vozidla. V závislosti na druhu zařízení (na výrobci) jsou využity různé principy získání dat. Zařízení mohou pracovat na bázi infračerveného záření, kdy jsou zaznamenávány tepelné stopy cestujících, nebo pomocí kamer rozlišující změny pixelů, případně pomocí laserů a na dalších možných principech. Takto naměřená data pomocí senzorů jsou dále přenášena ke zpracování. Součástí front-office je také kabeláž, která komunikuje s vyhodnocovacím počítačem, případně jiné vybavení pro přenos informací od detektorů ve vozidle.

5.6.2 Zpracování dat

Podstatnou složkou funkčnosti je přenos, a hlavně správné zpracování a vyhodnocení získaných dat. Toto zpracování je možné provést více způsoby. Problémem zpracování dat je kromě správně naměřených dat hlavně správné přiřazení naměřených dat konkrétní zastávce, případně konkrétnímu spoji a lince. Přiřazení a zpracování je možné provést různými způsoby na základě komunikace s palubním počítačem vozidla:

- Přiřazení naměřených dat bez komunikace. s pal. počítačem – vyhodnocení SW ve vozidle
- Přiřazení naměřených dat s komunikací s pal. počítačem - vyhodnocení SW mimo vozidlo
- Přiřazení naměřených dat bez komunikace s palubním počítačem – použití GNSS
- Přiřazení naměřených dat s komunikací s palubním počítačem – použití GNSS

5.6.3 Vyhodnocení dat

Vyhodnocení dat probíhá v závislosti na zvoleném systému zpracování dat. Data by měla být ve zvoleném formátu pro vhodné použití do vyhodnocovacího softwaru. Tento software by měl poskytovat data online, aby mohla být použita v rámci BIG Data a tím pádem i jako parametr pro vyhodnocení optimální cesty.

V rámci studia je vytvořena spolupráce s laboratoří OIS, díky které jsou v řešení další projekty spojené s veřejnou hromadnou dopravou. Tím jsou získávány poznatky z reálných systémů.

Pro shrnutí současného stavu prací byly shrnuty příklady projektů, na kterých autor studie pracuje. Díky těmto projektům jsou získávány cenné poznatky a podklady pro vytvoření celkové disertační práce. V přípravě je práce na poslední části, kterou je matematický popis dopravního systému a způsoby určování nejvhodnějšího spojení na základě objednávek a ovlivňujících parametrů. [6]

6 Závěr

Tento projekt byl založen na analýze dopravního systému, linkového vedení a rozsahu obsluhy rozsáhlé oblasti. Součástí této studie je souhrn nalezených parametrů, analýz a také implementace do zvolené oblasti. Celá práce probíhala za pomoci konzultací s odborníky a experty z reálného provozu i akademické sféry. Součástí celé práce se odborný článek, který byl prezentován na mezinárodní konferenci. Celá tato práce je částí disertační práce navrhovatele.

7 Prezentace výsledků

7.1 Konference

Tento projekt byl prezentován v roce 2017 na mezinárodní konferenci prostřednictvím příspěvku a prezentace a také na odborné vyzvané přednášce

HORAŽĎOVSKÝ, P. and M. SVÍTEK. Dynamic Service of Public Transport in Smart City and Region. In: RŮŽIČKA, J., ed. 2017 Smart Cities Symposium Prague (SCSP) - IEEE PROCEEDINGS. 2017 Smart Cities Symposium Prague (SCSP), Prague, 2017-05-25/2017-05-26. New York: IEEE Press, 2017. ISBN 978-1-5386-3825-5. Available from: http://akce.fd.cvut.cz/en/scsp2017

7.2 Webové stránky

Výstupy projektu je možné zobrazit prostřednictvím internetových stránek katedry K620 Fakulty dopravní ČVUT v Praze na adrese

http://www.k620.fd.cvut.cz/dynamicka_obsluha_uzemi

8 Reference

[1] PŘIBYL, SVÍTEK: Inteligentní dopraní systémy, BEN – technická literatura, Praha 2001, ISBN: 70-7300-029-6

[2] Přibyl O., Svítek M.: /System-oriented Approach to Smart Cities/, In: Proceedings of the First IEEE International Smart Cities Conference. New York: IEEE Systems, Man, and Cybernetics Society, 2015, ISBN 978-1-4673-6551-2.

[3] HORAŽĎOVSKÝ, P., et al. Dynamické jízdné v systémech veřejné hromadné dopravy. 2017, 69/2017.

[4] HORAŽĎOVSKÝ, P. a SVÍTEK, M. Dynamic Service of Public Transport in Smart City and Region [online]. In: RŮŽIČKA, J., ed. 2017 Smart Cities Symposium Prague (SCSP). 2017 Smart Cities Symposium Prague (SCSP). Prague 1 – Old Town, 25.05.2017 - 26.05.2017. New York: IEEE Press. 2017, ISBN 978-1-5386-3825-5. Dostupné z: http://akce.fd.cvut.cz/en/scsp2017

[5] Pražská integrovaná doprava [online]. [cit. 2016-08-31]. Dostupné z: https://ropid.cz/

[6] HORAŽĎOVSKÝ, P. Projekt automatického sčítání cestujících ve vozidlech veřejné hromadné dopravy. 2016