

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta dopravní

Ústav dopravní telematiky



Výzkumná zpráva č. 120/2022

Studie:

Návrh algoritmu pro dynamickou regulaci parkování v uličním prostoru

Zodpovědný řešitel:

Ing. Kristýna Navrátilová

Řešitelský tým:

Ing. David Lehet

Bc. Eva Hajčiarová

2021

Podpořeno z:

SGS21/079/OHK2/1T/16

Obsah

Obsah	1
Seznam použitých pojmů a zkratek	3
Úvod.....	4
1 Parametry.....	5
1.1 Parametry předem definované.....	6
1.1.1 Vzdálenost od centra, stanovení pásem	6
1.1.2 Vzdálenost od zastávek veřejné dopravy a ostatních parkovacích ploch	7
1.1.3 Rezidentní oblast.....	8
1.1.4 Denní doba.....	8
1.1.5 Proměnlivost dle doby parkování	9
1.1.6 Blížkost kapacitních komunikací a významných dopravních uzlů	10
1.1.7 Parkování omezující průjezdnost prostředků veřejné dopravy	10
1.1.8 Obvyklá obsazenost oblasti.....	10
1.1.9 Průměrná doba parkování	11
1.2 Parametry proměnné v čase	11
1.2.1 Aktuální obsazenost.....	12
1.2.2 Aktuální dopravní situace v okolí	13
1.2.3 Vzájemné cenové hladiny	13
1.3 Parametry pro mimořádné situace	13
1.3.1 Poptávka po parkování v oblasti	13
2 Obecný návrh algoritmu	15
3 Modelová implementace algoritmu pro vybranou část hl. m. Prahy	17
3.1 Postup modelové implementace algoritmu pro Prahu 7.....	20
3.1.1 Definování cenových pásem a intervalů denních dob	21
3.1.2 Proces stanovení jednotlivých parametrů a vyjádření skutečné ceny parkování.....	23
3.2 Aplikace algoritmu pro definované scénáře	26
3.2.1 Modelový scénář č. 1	27
3.2.2 Modelový scénář č. 2	27
3.2.3 Modelový scénář č. 3	28

3.2.4	Modelový scénář č. 4	29
3.2.5	Modelový scénář č. 5	30
3.2.6	Modelový scénář č. 6	30
3.2.7	Modelový scénář č. 7	31
3.2.8	Modelový scénář č. 8	33
3.3	Vyhodnocení modelových scénářů	34
4	Zhodnocení výsledků a možností zavedení systému dynamické regulace parkování ve městech do praxe	36
4.1	Možnosti dalšího rozvoje	38
	Závěr	39
	Seznam obrázků	41
	Seznam tabulek	42
	Seznam použitých zdrojů	43
	Seznam příloh	44

Seznam použitých pojmů a zkratek

ID	jednoznačný identifikátor
Heat mapa	teplotní mapa
OC	Obchodní centrum
P+R	parkoviště typu „park & ride“
Parkomat	Parkovací automat
PID	Pražská integrovaná doprava
MHD	Městská hromadná doprava
VD	Veřejná doprava
VHD	Veřejná hromadná doprava
VPH	Virtuální parkovací hodiny

Úvod

Studie *Návrh algoritmu pro dynamickou regulaci parkování v uličním prostoru* se zabývá algoritmem, který by pomocí proměnné ceny nerezidentního parkování reguloval využívanost parkovacích ploch na území města dle požadavků, které si samo město stanoví. Primárním cílem zavedení takového systému regulace je rovnoměrné rozprostření vozidel v regulované oblasti.

Hlavním podkladem pro návrh algoritmu jsou zjištěné poznatky o managementu parkování ve městech po celém světě. Tyto informace jsou předmětem studie s názvem *Detailní analýza dostupných prostředků regulace parkování v uličním prostoru (1)*, která je hlavním zdrojem informací uvedených v této studii věnované návrhu algoritmu. Studie a algoritmus se věnují tzv. návštěvnickému parkování a jeho nacenění. Rezidentní parkování, tedy parkování vozidel rezidentů v místě / zóně jejich bydliště není v této studii předmětem zkoumání.

Tento dokument popisuje celý navržený algoritmus dynamické regulace. Nejdříve je obecně nastíněn celý proces fungování algoritmu. Následně jsou v první části studie popsány parametry, které do algoritmu vstupují, je vysvětlena metodika jejich rozdělení a výpočtů koeficientů i následného přepočtu na cenu. Tyto parametry jsou (v rámci popisu i samotného algoritmu) rozděleny na předem definované, tedy takové, které se v čase téměř nemění a parametry proměnné v čase, tedy takové, které se vyvíjí v průběhu dne. Definované parametry popisují aspekty, které by mělo město brát v úvahu při plánování oblastí, ve kterých by mělo být primárně cílem řidiče odrazovat od parkování, zároveň charakterizují skutečnosti, které by při volbě těchto oblastí měly být brány v potaz. Druhým nezbytným vstupem pro algoritmus je obdobné nadefinování zón, do kterých naopak budou řidiči primárně pro parkování naváděni (kde je parkování žádoucí, nebo alespoň „méně nežádoucí“). V poslední části popisu parametrů je vysvětlena situace, ve které může být žádoucí či nutné parametry nakrátko „přepsat“ a dočasně upravit fungování celého algoritmu. U každého parametru je uveden popis, jak k jeho stanovení přistupovat a jak s ním má být během vyhodnocování zacházeno.

Dále je popsán obecný návrh algoritmu. V této části jsou parametry popsány v předchozí části studie zasazené do kontextu algoritmu a je ukázán celý proces stanovení a vyhodnocení.

Následně je algoritmus modelově implementován na několik vybraných lokalit v Praze 7. Tato městská část je popsána, stejně jako jsou popsány zdroje dat a použití algoritmu. Důležitým příkladem je ukázka stanovení pásem na základě vzdálenosti od centra. Ukázán je i proces využití slovního popisu jednotlivých parametrů a převod těchto popisů na číselné hodnoty. Výsledkem této části je i vzorový návrh cen. Proces výpočtu cen je také ukázán a komentován. Implementace je provedena pro několik typových situací.

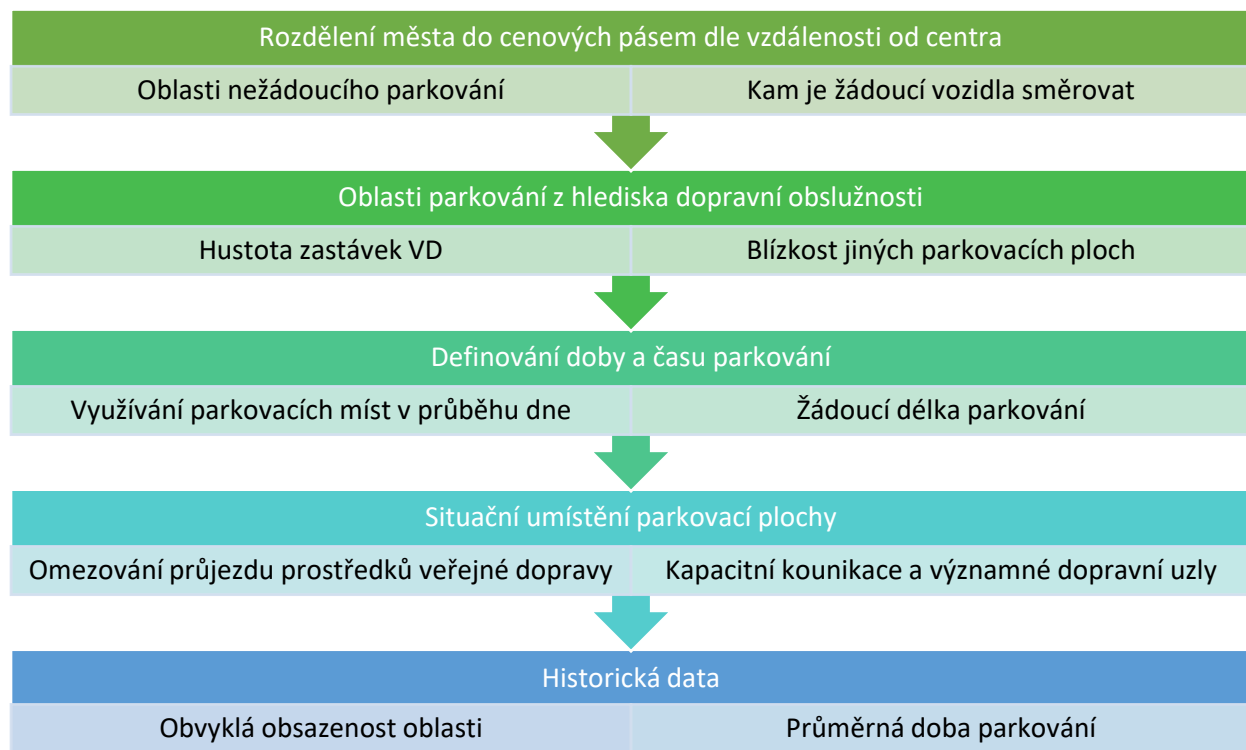
Na závěr jsou výsledky shrnuty, modelové scénáře vyhodnoceny a popsány z hlediska funkčnosti algoritmu. Je nastíněn další rozvoj a jsou diskutovány zejména možnosti reálné implementace a dalšího rozvoje algoritmu.

1 Parametry

Algoritmus se skládá ze dvou částí, které využívají předem definované (dlouhodobé) a v čase proměnné (krátkodobé) parametry. Ještě před implementací algoritmu je nutné, aby město definovalo „centrum“ – tedy lokalitu, od které chce provoz a parkování odklánět. Typicky se bude jednat o historické centrum města.

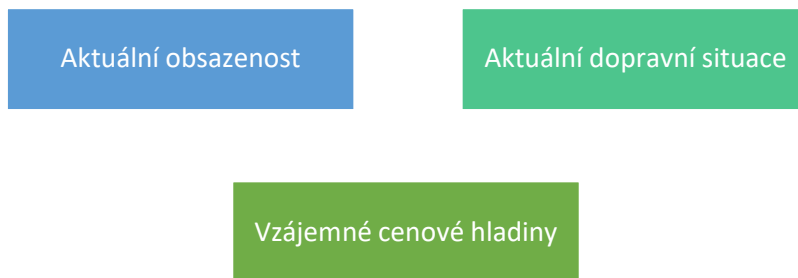
Jednotlivé parametry, které algoritmus používá, jsou popsány v následující části dokumentu. Každý z těchto parametrů je posouzen na základě definovaných pravidel a je mu přiřazena číselná hodnota. Při implementaci algoritmus násobí tuto číselnou hodnotu vahou parametru a výsledky těchto výpočtů sčítá. Na základě provedení algoritmu je všem posuzovaným lokalitám přiřazena číselná hodnota („váha“, resp. „cenový koeficient“). Tyto cenové koeficienty ukazují vzájemný vztah mezi lokalitami. Na základě těchto hodnot je vypočtena cena za parkování. Platí, že čím vyšší je hodnota cenového koeficientu, tím vyšší je vypočtená cena.

Práce s parametry je obdobná pro dlouhodobé i krátkodobé parametry, jediný, který se liší, je parametr sloužící k reakci cen parkování na mimořádné situace časově omezeného nadměrného zvýšení poptávky po parkování v určité konkrétní lokalitě (popsán ve vlastní kapitole). Pro přehlednost jsou parametry a jejich zjednodušený popis uvedeny na následujících schématech. Na prvním obrázku [Obrázek 1] je proces stanovení dlouhodobých parametrů v pořadí, v jakém je algoritmus vyhodnocuje (pořadí zhruba odpovídá váze, kterou mají parametry v rámci algoritmu přiřazenou).



Obrázek 1 Dlouhodobé (předem definované) parametry a jejich posloupnost

Krátkodobé parametry jsou zobrazeny na následujícím obrázku [Obrázek 2]. Detailní popis je v odpovídajících kapitolách.



Obrázek 2 Krátkodobé (proměnné) parametry

1.1 Parametry předem definované

První kategorií parametrů jsou parametry předem definované. Tyto parametry mohou být pro fungování algoritmu považovány za neměnné v čase s pravidelnou aktualizací v horizontu několika měsíců případně let, podle vývoje oblasti, stavu parkování a podobně. Na základě těchto parametrů je určena nejvyšší cena, za kterou bude parkování v jednotlivých místech nabízeno. Aspekty, které tato skupina parametrů představuje, jsou vzájemně často úzce provázané a měly by se s tímto pohledem posuzovat (nezapomínat při posuzování jednoho parametru na existenci ostatních).

1.1.1 Vzdálenost od centra, stanovení pásem

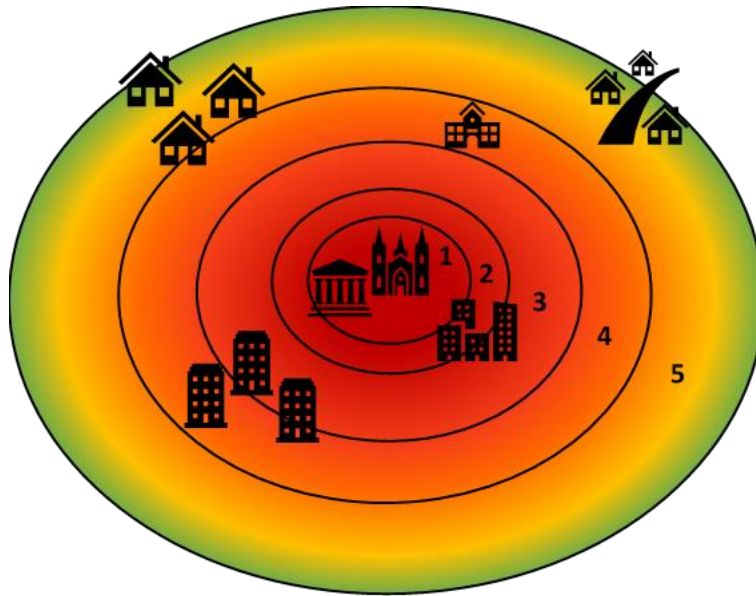
Prvním parametrem, který algoritmus bere v úvahu, je vzdálenost od centra, která vede k definování pásem různé cenové hladiny. Od centra města lze vytvořit okruhy s definovaným poloměrem, tedy cenová pásma. Vymezení pásem by mělo odrážet charakter oblasti, v reálném prostředí zpravidla není možné, aby měly okruhy pravidelný tvar a byly obdobného rozsahu. Vzdálenost nemusí být uvedena v jednotkách délky (v metrech/kilometrech), ale i jako příslušnost k jednomu z pásem, které si město nadefinuje (analogicky například pásma PID pro Prahu a okolí).

S podobnou koncepcí, kdy jsou parkovací místa ceněna podle vzdálenosti od centra, se můžeme setkat například v Amsterdamu nebo v Utrechtu. (1)

Tato pásma dle vzdálenosti od centra jsou rozlišena barevnou škálou, [Obrázek 3] představuje legendu k použité škále. Na obrázku níže [Obrázek 4] je zjednodušeně znázorněno ilustrativní rozdělení města do pásem dle vzdálenosti od centra.



Obrázek 3 Legenda k barevné škále



Obrázek 4 Definování vzdáleností od centra a cenových pásem

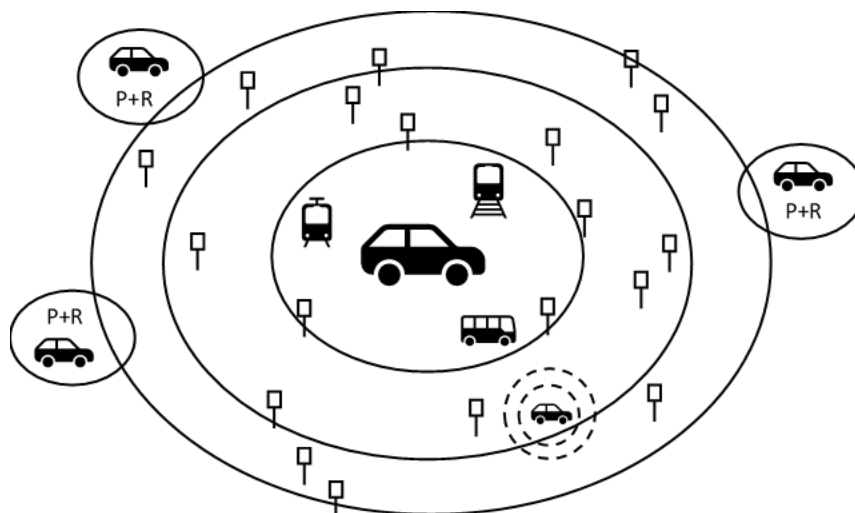
1.1.2 Vzdálenost od zastávek veřejné dopravy a ostatních parkovacích ploch

Cena parkování bude pro jednotlivé oblasti určena také na základě jejich vzdálenosti od zastávek k MHD, VHD a na základě dalších možností parkování. Tuto problematiku lze v základu rozdělit na dvě kategorie.

- První kategorie se týká oblastí uvnitř měst, v centru nebo v blízkosti centra. Zde pro místa, na která je dobrá dostupnost pomocí MHD, případně je v jejich blízkosti možné zaparkovat mimo uliční prostor, bude cena vyšší než pro místa, která to neumožňují.
- Druhá kategorie řeší periferní oblasti měst. V těchto oblastech typicky dochází ke změně způsobu dopravy z osobního vozidla na MHD. Zde by místa, která poskytují dobré parkovací možnosti a dobré spojení pomocí MHD do vnitřních částí města, měla mít parkování výrazně levnější.

Algoritmus tedy bude brát v potaz zamýšlenou roli parkoviště, pokud se jedná o parkoviště, které je zřízené jako záchytné, bude jeho cena nižší. Pokud se jedná o obyčejné parkovací místo, které se pouze vyskytuje v blízkosti MHD, bude jeho cena vyšší. Speciálním případem jsou chvíle parkoviště P+R. V takovém případě se dá předpokládat, že se jedná o záchytné parkoviště a cena by měla být nižší než v okolních ulicích.

Pouhá vzdálenost může jako parametr fungovat v místech, kde je vysoká intenzita provozu MHD. U měst, kde je intenzita menší, je nutné brát v potaz i to, jak často je zastávka, ke které je lokalita posuzovaná, obsluhovaná. Parametr musí být doplněn i o informaci, jakou vzdálenost jsou uživatelé MHD ochotni urazit, aby se k zastávce dostali. Obdobně jako pro vzdálenost od centra, definované oblasti a pásma, lze i tento parametr řešit pomocí nastavení škály.



Obrázek 5 Vzdálenosti od zaparkovaného vozidla zastávek VD a ostatních parkovacích ploch

Tento parametr lze vnímat také opačně, a to sice tak, že na základě výsledků nastavení ceny pomocí algoritmu může město zvážit, kde by bylo vhodné posílit spoje MHD, budovat zastávky atp. Výsledek algoritmu může být tedy chápán i jako ukazatel toho, kam by město mělo rozšířit nebo posílit spojení pomocí MHD, a je vhodné k němu přihlídnout jako k jednomu z aspektů při plánování veřejné dopravy.

1.1.3 Rezidentní oblast

Pro další posouzení pomocí algoritmu je nutné rozhodnout, jestli je posuzovaná oblast rezidentní. Za rezidentní považujeme takovou oblast, kterou pro parkování využívají převážně rezidenti. Tento parametr nevstupuje přímo do běhu algoritmu, ale funguje jako ukazatel, který určuje, jakým pohledem bude konkrétní parkovací lokalita posuzována.

1.1.4 Denní doba

Dopravní špičky ovlivňují intenzitu provozu v každém městě, s tím souvisí i poptávka po parkování. Na poptávku má vliv také charakter oblasti, obecně do větších měst lidé přijíždějí v době ranní špičky a odjíždějí v době odpolední špičky, právě v době příjezdu, tedy ranní špičky, bývá stav parkování kritický.

Současná řešení buď nezohledňují denní dobu vůbec, nebo často fixně nastavují cenu podle denní doby pro celé město. Pevně stanovené intervaly denní doby pro celou oblast představují jednodušší variantu tohoto parametru, je lepší zohlednit denní dobu alespoň než tento aspekt ovlivňující poptávku zanedbat zcela. Toto řešení ale není flexibilní, protože nezohledňuje stav jednotlivých míst. Navrhovaný algoritmus bere v úvahu historická data o obsazenosti v definovaných časových intervalech a podle nich pomáhá určovat cenu. Například, pokud z historických dat vyplývá, že v době okolo 15:00 je daná oblast silně obsazena (typicky například poblíž školy, kde rodiče vyzvedávají děti), bude v tuto dobu cena za parkování vyšší než v oblasti, která je v tuto dobu méně obsazena. Tímto řešením dojde k tomu, že cena parkování bude blíže odrážet dopravu ve městě a bude reagovat na její změny v průběhu dne.

Algoritmus také počítá se zavedením sdílených parkovacích míst. V definovanou denní dobu (např. 10:00 – 14:00) by se místa běžně vyhrazená pouze pro rezidenty nabízela i pro návštěvníky. Podobný model, kdy

se dá parkovat jak rezidentně, tak i krátkodobě pomocí parkovacích hodin, funguje v Bologně. Model založený na různých denních dobách je nasazený v San Franciscu. (1)

Cena parkování by měla odrážet denní dobu, ve které je parkovací místo využíváno. Ve městě existují oblasti, které jsou využívány v určitou denní dobu více. Tyto lokality by měly mít v daném časovém intervalu větší cenu za parkování než lokality, které jsou ve stejnou dobu méně vytížené (například parkovací místa v blízkosti obchodů, která jsou typicky využívána v době, kdy se lidé vrací z práce domů). Tento vztah se může měnit v průběhu dne, kdy například parkování poblíž obchodních domů je více využité v době, kdy lidé jedou ze zaměstnání domů, takže v jiných hodinách se dá předpokládat nižší vytížení.

Konkrétním výstupem parametru denní doba v rámci algoritmu budou stanovené časové intervaly, kdy v konkrétních lokalitách chce město podpořit nerezidentní parkování. Těmto časovým intervalům zároveň budou přiřazeny váhy, podle toho, jak moc chce město v konkrétním intervalu nerezidentní parkování podporovat.

1.1.5 Proměnlivost dle doby parkování

Roli při určení ceny parkování hraje i doba, po kterou je žádoucí, aby vozidla parkovací místo využívala. Tento parametr může být opět využit dvěma způsoby, buď na podporu krátkodobého, nebo dlouhodobého parkování, podle preferencí pro danou oblast. Pro sdílená parkovací místa zmíněná v předchozím parametru pak musí platit, že na nich bude povoleno pouze krátkodobé stání nebo parkování nerezidentů pouze ve vyhrazené časové intervaly.

Tento parametr je dalším z parametrů, které nevstupují přímo do algoritmu, ale mají vliv po ukončení algoritmu na míru zdražování, případně zlevňování parkovného za každou další hodinu (nebo jinou časovou jednotku), kterou vozidlo stráví na parkovišti. V případě podpory krátkodobého parkování bude s dalšími hodinami parkování cena parkovného narůstat. Toto se může týkat např. oblastí v centru města, v okolí úřadů, restaurací a dalších prvků občanské vybavenosti, kde je žádoucí co nejvyšší obrátkovost vozidel na parkovacích místech. Zde může při delším časovém období parkování docházet i k násobnému zvýšení ceny parkovného oproti základní sazbě, viz tabulka níže [Tabulka 1]. Pokud je naopak cílem podpora dlouhodobého parkování, jako např. na parkovištích P+R a dalších záchytných parkovištích, bude s následujícími hodinami docházet ke zlevňování parkovného.

S ohledem na parametr Proměnlivost dle doby parkování je možné nastavovat i poměr ceny mezi krátkodobým a rezidentním parkováním dle preferencí v dané oblasti, kdy podpora rezidentů může znamenat např. o 20 % vyšší cenu krátkodobého parkování (v přepočtu na stejnou časovou jednotku). Ilustrativním příkladem je první část tabulky níže [Tabulka 1].

Tabulka 1 Využití parametru Proměnlivost dle doby parkování pro nastavení poměru cen

NASTAVENÍ POMĚRU CEN DLE DEFINOVANÉHO TYPU OBLASTI				
REZIDENTSKÁ OBLAST		OBLASTI S PODPOROU VYSOKÉ OBRÁTKOVOSTI		
Rezidenti	Návštěvníci	30 min	1 h	Každá další započatá hodina
20 Kč	80 Kč	20 Kč	80 Kč	120 Kč

1.1.6 Blízkost kapacitních komunikací a významných dopravních uzlů

Analogicky k využitelnosti MHD a dalších parkovacích ploch bude cena ovlivněna i blízkostí ke kapacitním komunikacím (hlavním dopravním tahům, tzn. silnicím 1. třídy apod.) a významným dopravním uzlům jako jsou např. hlavní autobusová a vlaková nádraží (která jsou řešena i v rámci parametru v kapitole 1.1.2 – Vzdálenost od zastávek veřejné dopravy a ostatních parkovacích ploch).

Na parametr bude opět nahlíženo ve dvou rovinách, a to z pohledu centra a vnitřních částí města a z pohledu periferních oblastí nacházejících se např. v okolí městských okruhů:

- Co se týče městského centra a vnitřních částí města, zde budou parkovací místa, která se nacházejí v blízkosti kapacitních komunikací oceněna vyšší částkou než ta, jichž se to netýká. Motivací je odrazení řidičů od jízdy do centra města.
- Naopak v oblastech na okraji měst, např. v okolí městských okruhů, je žádoucí, aby parkovací plochy (zejména záchytná parkoviště pro tento účel určená) nebyly tímto parametrem nijak znevýhodněny. Je žádoucí, aby řidiči odstavovali svá vozidla ještě před vjezdem do města, a to co nejbližší jejich příjezdové komunikaci.

1.1.7 Parkování omezující průjezdnost prostředků veřejné dopravy

Při nastavení ceny parkování bude zohledněno i umístění parkovacího místa. Pokud se jedná o místo, při jehož využívání dochází k omezování, a tedy zpoždování, vozidel MHD/VHD, tak bude parkování dražší než u míst, u kterých to tak není. Nižší cena u parkovacího místa, které neblokuje provoz MHD/VHD, by neměla být chápána jako bonifikace, ale pouze jako normální stav.

Vznik tohoto problému je typicky dán prostorovými podmínkami zejména městských center, ve kterých se z historických důvodů nacházejí úzké ulice. Při současném zavedení tras MHD/VHD do těchto ulic a zároveň zřízení parkovacích míst může docházet k tomu, že prostorové podmínky nebudou dostatečné pro plynulý průjezd vozidel. Příkladem za všechny je situace, kdy se řidič osobního vozidla snaží své vozidlo zaparkovat a nutně při této činnosti zasáhne do prostoru tramvajového pásu. Méně častou, ale komplikovanější situací je pak situace odtahu nesprávně zaparkovaného vozidla.

Velký počet parkovacích míst, která musí být kvůli tomuto parametru zdražena, může sloužit jako indikátor pro zřizovatele informující o nutnosti přijmout kroky pro zlepšení situace.

1.1.8 Obvyklá obsazenost oblasti

Důležitým parametrem pro určení ceny jsou historická data o obsazenosti parkovacího místa. Tento parametr bude zvyšovat cenu parkovacího místa tím více, čím větší je předpokládaná obsazenost oblasti. Přesné hranice obsazenosti bude nutné nastavit pro každou oblast na základě místní znalosti a historických dat.

Intervaly obsazenosti mohou vypadat např. následovně:

- do 25 %

- do 50 %
- do 75 %
- do 80 %
- do 85 %
- do 90 %
- do 100 %

Počítá se s vyhodnocením pro různé dny a denní doby. Denní doby zohledněné v tomto parametru můžou, ale nemusí korespondovat se stanovenými intervaly denních dob, které byly stanoveny v rámci parametru Denní doba.

1.1.9 Průměrná doba parkování

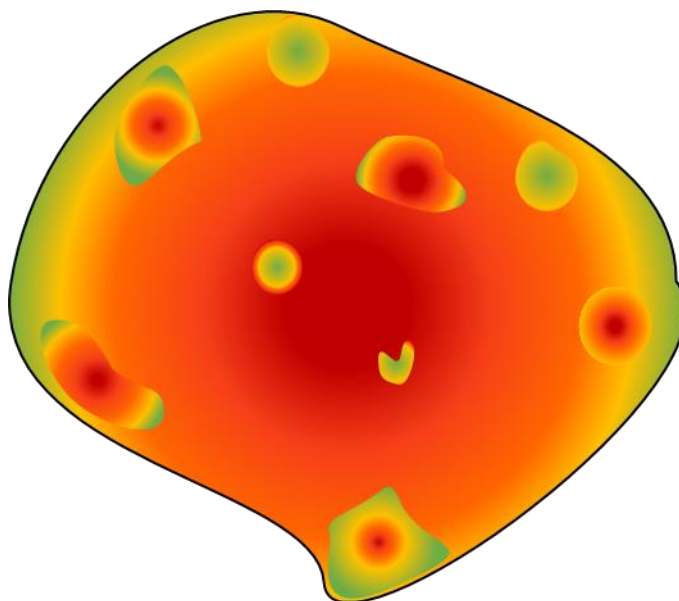
Tento parametr má pouze informativní charakter a nevstupuje aktivně do algoritmu pro tvorbu ceny parkování. Slouží naopak k vyhodnocování účinnosti algoritmu, co se týče podpory krátkodobého nebo naopak dlouhodobého parkování. Město může na základě sběru a vyhodnocení dat o průměrné době parkování zjišťovat, nakolik algoritmus funguje a zda je ho potřeba měnit.

1.2 Parametry proměnné v čase

Po stanovení všech předem definovaných, tedy z hlediska algoritmu časově neměnných, parametrů, lze celou řešenou oblast pokrýt „heatmapou“, která bude vyjadřovat míru tzv. žádoucího parkování. Vzhledem k tomu, že účelem algoritmu je zejména stanovit cenu nerezidentního parkování, bude heat mapa odrážet právě nerezidentní parkování. Příklad heat mapy lze vidět níže na obrázku [Obrázek 7].



Obrázek 6 Legenda k barevné škále



Obrázek 7 Definování oblastí na území města

Dalším výstupem, který bude po stanovení fixních parametrů, bude prvotní návrh ceny parkovného ve všech lokalitách řešeného města. Tato cena se bude následně upravovat (snižovat) on-line v reálném čase na základě časově proměnných parametrů, které jsou popsány v této kapitole.

Data proměnná v čase jsou data, která se mění v rámci hodin i kratších časových úseků. Předpokladem pro implementaci algoritmu je schopnost města tyto parametry sledovat a vyhodnocovat, a to v reálném čase (real-time data). Výpočet reálné časově proměnné ceny bude obdobný jako u pevné ceny z předchozí kapitoly – na základě hodnot a vah parametrů bude lokalitám přidána další váha, ze které se finální cena vypočítá. Podmínkou pro možnost fungování této části algoritmu je schopnost města sbírat a zpracovávat potřebné informace.

1.2.1 Aktuální obsazenost

Z proměnných parametrů je klíčový hlavně parametr aktuální obsazenosti. Parkovací plocha, která má volnou kapacitu, bude nabízena za nižší částku než ta, která je plná. S obsazeností bude muset být nakládáno dvěma způsoby. Prvním z nich je absolutní hodnota obsazenosti / počtu volných míst. Tím druhým je procentuální obsazenost. Obsazenost bude rozdělena na několik hladin, které budou určovat, jak moc bude cena parkování zvýšena. Tyto hladiny mohou být obdobné jako u časově pevného parametru historické obsazenosti, který byl více popisován v kapitole 1.1.8 Obvyklá obsazenost oblasti, konkrétní město by ale vždy mělo mít možnost přizpůsobit si je svým potřebám. Pro kapacitnější parkoviště je doporučeno brát v potaz především procentuální obsazenost. Absolutní hodnoty volných míst jsou vhodnější pro lokace s menší kapacitou. Výjimkou jsou situace, kdy je kapacitnější lokace obsazena více než zhruba z 85 %. V takovou chvíli by měla být obsazenost posouzena z hlediska absolutního počtu volných míst. Takto obsazené parkoviště představuje pro řidiče problém v nalezení volného parkovacího místa, od takových hodnot obsazenosti by mělo město zvážit, jestli je vhodné řidičům parkování povolit. Od hodnot obsazenosti zhruba 95 % a více by mělo město využití zakázat až do snížení vytížení parkovací plochy.

1.2.2 Aktuální dopravní situace v okolí

Jelikož cílem algoritmu je odradit řidiče od parkování, potažmo vjezdu do vybraných oblastí, bude přihlíženo i k aktuální dopravní situaci ve městě. Parkování v místech, kde je v dobu výpočtu ceny špatná dopravní situace by měla být dražší než ta, která jsou od špatné dopravní situace vzdálena. V reakci na detekci špatné dopravní situace ve vyhodnocované lokalitě tedy dojde ke zvýšení ceny za parkování.

Klíčovým ukazatelem v tomto bodě bude úroveň kvality dopravy v oblasti. Úroveň kvality dopravy se udává v pěti stupních a v rámci algoritmu bude vyhodnocována dle následující tabulky [Tabulka 2]:

Tabulka 2 Vliv aktuální dopravní situace na cenu parkování

ÚROVEŇ KVALITY DOPRAVY	A	B	C	D	E	F
	Velmi dobrá	Dobrá	Uspokojivá	Dostatečná	Nestabilní	Nevyhovující
SNAHA O ODKLON DOPRAVY Z OBLASTI	ne	ne	ne	ne	ano	ano
OPATŘENÍ	žádné	žádné	žádné	žádné	Snížení ceny parkovného v okolí	

1.2.3 Vzájemné cenové hladiny

Pro zajištění logiky algoritmu je důležité, aby byly dodrženy cenové relace mezi jednotlivými oblastmi. Algoritmus předpokládá, že město preferuje využívání parkovacích míst na periferii oproti těm blíže centru. Dodržování této myšlenky je zajištěno velkou vahou parametru Vzdálenost od centra. Dalším důležitým bodem, který by měl být dodržován, je podobná cena blízkých parkovacích ploch. Algoritmus sleduje, jestli se ceny vzájemně blízkých parkovacích míst výrazně neliší. Přesné parametry pro sledování (do jaké vzdálenosti mají být místa sledována a jaký je maximální přípustný rozdíl v ceně) jsou na uvážení města. Tento vztah nemůže být striktně dodržen vždy. Záchytné parkoviště blíž centru může být za určitých podmínek levnější, než „obyčejné“ parkování dál od centra.

1.3 Parametry pro mimořádné situace

Ve městech nebo jejich částech se dají očekávat situace, ve kterých nebude algoritmus určený pro „běžné“ fungování stačit. Typicky se může jednat o velké společenské akce typu koncertu, které mohou ovlivnit dopravu ve větší části města. Výhodou těchto situací je to, že se na ně může město předem připravit.

1.3.1 Poptávka po parkování v oblasti

V situaci, kdy se dá čekat, že v části města vznikne nadstandardní poptávka po parkování, může být využit zvláštní algoritmus, který dočasně „přepíše“ hodnoty ze standardního algoritmu a v okolí místa zvýšené poptávky zvýší cenu za parkování. Typicky může takovou zvýšenou poptávku po parkování představovat událost typu velkého koncertu, významného sportovního utkání apod. Cílem takového zásahu je pobídka návštěvníků, aby pro parkování během zvláštní události využili hlavně parkování poskytnuté organizátorem události. Případně, aby se poptávka po parkování rovnoměrně rozložila do širší oblasti města a nepřetížila uliční prostor v těsném okolí místa události. To, jak velká část parkování ve městě bude za tímto účelem využita, bude určeno na základě předpokládaného počtu návštěvníků události (případně předpokládaného zvýšení poptávky po parkování) a porovnání s kapacitami parkování pořadatele.

Tento způsob řešení nadstandardní poptávky parkování uplatňuje například severoněmecké město Brémy v souvislosti s akcemi na místním stadionu Weserstadion, který má kapacitu 42 100 diváků. Tento příklad řešení je podrobněji popsán v související práci autorů s názvem *Detailní analýza dostupných prostředků regulace parkování v uličním prostoru* (1).

2 Obecný návrh algoritmu

Algoritmus funguje na základě kumulativního přiřazování váhy jednotlivým oblastem podle definovaných hodnot jejich parametrů. Nastavení hodnot vah i parametrů je otázkou dalšího zkoumání, v tomto textu je pouze popsáno chování algoritmu. Parametry, a tedy i algoritmus, se dělí na dvě části. Tou první částí jsou parametry v čase neměnné (rozumíme jimi takové parametry, které se výrazně mění až v horizontu měsíců, případně let).

První část algoritmu pracuje s parametry popsanými v kapitole 1.1. V prvním kroku je tedy posouzena vzdálenost od centra. Na základě vzdálenosti od centra je lokalitě přiřazena první váha.

Druhým parametrem, na základě kterého algoritmus přiřazuje váhu, je vzdálenost od zastávek VD a ostatních parkovacích ploch. Místo, které je veřejnou dopravou dobře obsluhované, dostane přiřazenou vyšší hodnotu tohoto parametru než to, které je pomocí VD přístupné špatně. To samé platí pro dostupnost jiných parkovacích ploch. Nahlížet se musí také na to, v jakém bodě vedení VD je lokalita umístěna. Například pro parkovací místo, které je umístěno na začátku trasy VD, a tedy poskytuje spojení do zbytku města, by měla být výsledná přiřazená váha nízká (tedy by měla reflektovat snahu města o vedení dopravy a parkování do takovýchto lokalit).

První dva parametry by měly mít v rámci rozhodování nejvyšší váhu, dojde tak k přirozenému rozdělení města na souvislé zóny.

V dalším kroku se algoritmus větví podle údaje o tom, jestli je posuzovaná lokalita v rezidentní části města. Na základě této informace se s následujícími dvěma parametry zachází rozdílně. Pokud se jedná o rezidentní lokalitu, ve které jinak návštěvníci nemohou parkovat, je městu doporučeno v čase zhruba od 10:00 do 14:00 (tedy kdy se dá předpokládat, že jsou rezidenti například v práci), povolit parkovací místo využívat i návštěvníkům.

Pro nerezidentní oblasti by mělo platit běžné cenění podle času.

Další parametr je čistě informativní, doporučuje městu sbírat informace o dodržování krátkodobého nebo dlouhodobého parkování, podle potřeb lokality.

Po tomto kroku už algoritmus přistupuje ke všem lokalitám stejně. Dalším parametrem je posouzení toho, jak moc parkování v daném místě omezí fungování MHD/VD. Pokud omezí, je místo penalizováno.

Dále se v rámci dlouhodobé charakteristiky oblasti posuzuje blízkost kapacitních komunikací a významných dopravních uzlů. Cílem je odrazení návštěvníků od parkování v blízkosti komunikací a jejich navedení k využití záchytných P+R parkovišť.

Předposlední parametr je obvyklá obsazenost oblasti vycházející z historických dat. Pokud se dá na základě těchto dat usuzovat, že má lokalita plnou kapacitu, bude cenově penalizována oproti lokalitě, u které se dá očekávat volná kapacita.

Poslední parametr je též pouze informativní, městu je doporučeno sledovat obrátkovost na parkovištích a podle toho upravovat ceny parkování při delším parkování na podporu buď krátkodobého, nebo dlouhodobého parkování.

Po sečtení hodnot přidělených oblasti na základě jednotlivých parametrů bude každé lokalitě přiřazena váha. Váhy jednotlivých lokalit vyjadřují vzájemné vztahy mezi nimi, které mohou být přepočteny na finance podle základní částky určené městem.

Takto naceněné lokality jsou vstupem pro druhou část algoritmu, která se stará o dynamické měnění cen na základě parametrů rychle se měnících v čase. Prvním posuzovaným parametrem je aktuální obsazenost. Čím je obsazenost vyšší, tím více je cena zvednuta. Při vyhodnocení musí být nahlíženo jak na relativní obsazenost, tak také na celkový počet volných parkovacích míst. Jako obsazená by se měla lokalita hodnotit zhruba od 85% obsazenosti, která řidiče nutí při hledání místa zpomalit a dochází tak k výraznému omezení dopravy. Pro větší parkoviště je doporučeno sledovat procentuální obsazenost, pro menší parkoviště absolutní počty volných míst.

Druhý parametr se odvíjí od stavu dopravy v okolí posuzované lokality. Pokud v jiné části města dojde k výraznému zhoršení dopravy, bude v zasažených místech zvednuta cena.

V posledním kroku dojde ke kontrole odlišnosti cen od blízkých lokalit. Bude kontrolováno, jestli se určená cena neliší od cen v předem dané vzdálenosti o určitou hodnotu. Pokud bude cena výrazně vyšší, dojde k jejímu snížení, i pokud tomu neodpovídají předchozí parametry.

3 Modelová implementace algoritmu pro vybranou část hl. m. Prahy

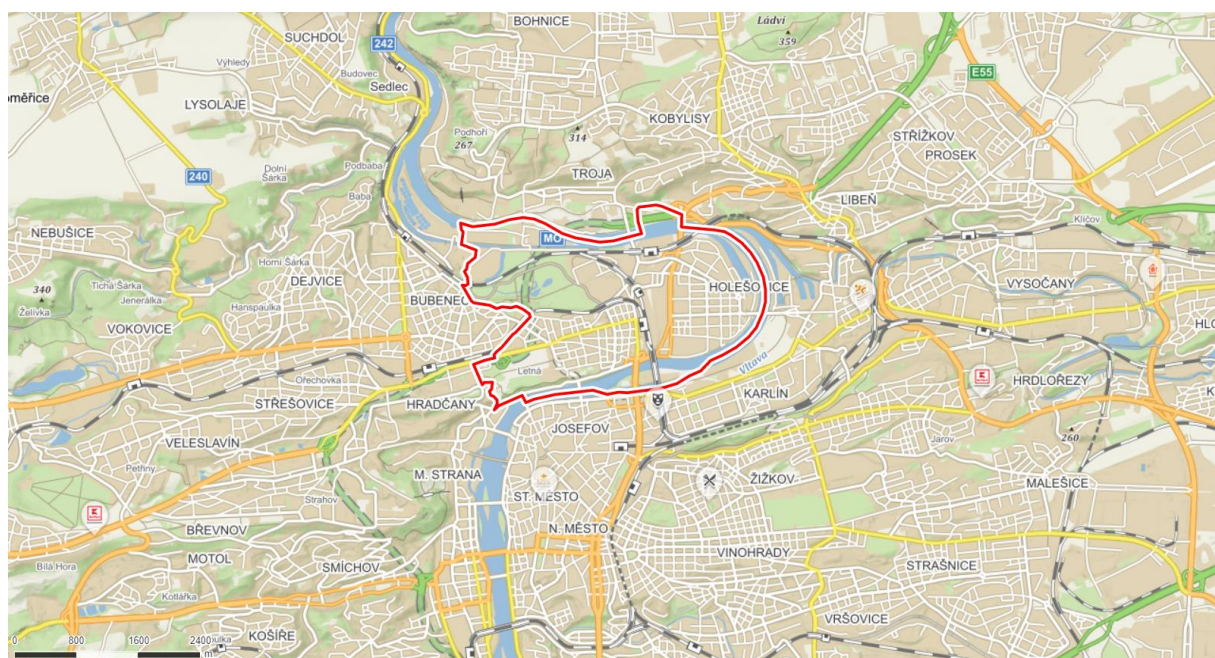
Po definování parametrů a sestavení algoritmu dynamického určování výše parkovného bylo přistoupeno k jeho modelové implementaci na vybrané oblasti. Pro modelovou implementaci byla vybrána jedna z městských částí Prahy, a to Praha 7. Hlavní město Praha je rozděleno celkem na 57 městských částí. Městské části jsou samostatné samosprávné celky, spravované vlastní radou, zastupitelstvem a úřadem. Území patřící do Prahy 7 je k vidění na obrázcích níže [Obrázek 8, Obrázek 9]. Jedná se o téměř celé katastrální území Holešovice, asi polovinu katastrálního území Bubenče a malou část katastrálního území Libně. (2)

Praha 7 se nachází severně od centra hlavního města a tvoří část tzv. širšího centra. Územně je ze severní, východní a západní strany poměrně jasně ohraničena meandrem Vltavy. Západní hranice městské části Praha 7 se táhne podél dvou významných parků v této oblasti, Letenských sadů a Stromovky. Mezi nimi hranice kopíruje železnici. Samotné využití území Prahy 7 je rozmanité. Jak už bylo řečeno, nacházejí se zde dvě významné plochy městských parků, dále je zde jak obytná, tak průmyslová zástavba a nechybí možnosti rekreačního a sportovního vyžití. V západní části Prahy 7 se nachází fotbalový stadion klubu AC Sparta Praha, v sousedství Letenské pláně je Národní technické muzeum a Národní zemědělské muzeum, v sousedství Stromovky je areál Výstaviště Holešovice, který obsahuje mimo jiné další velkou sportovní halu, Tipsport arenu. To je jen malý výčet bohatých kulturních a sportovních možností, které tato oblast nabízí. (2)

Praha 7 zároveň disponuje širokými možnostmi dopravního spojení, jak s ostatními částmi Prahy, tak s cíli na širším území České republiky. Ze silničních komunikací je nejvýznamnější tepnou tunelový komplex Blanka, který má na území Prahy 7 svoji severní část, dále část Severojižní magistrály, která Holešovicemi prochází v úseku most Barikádníků – Argentinská ul. – Bubenské nábřeží – Hlávkův most. Další významnou komunikací je např. ulice Milady Horákové a na ní navazující Veletržní ulice, která zprostředkovává spojení s Prahou 6. Z veřejné dopravy se zde nachází dvě vlaková nádraží – Praha-Holešovice a Praha-Bubny a dále stanice Praha-Holešovice zastávka. Vlakové nádraží Praha-Holešovice leží na 1. a zároveň na 4. tranzitním železničním koridoru, Prahou 7 kromě toho procházejí železniční tratě 090 Praha–Děčín, 091 Praha–Kralupy n. Vltavou a 120 Praha–Rakovník. V sousedství vlakového nádraží Praha-Holešovice se nachází autobusové nádraží Praha Holešovice, které vzhledem ke své poloze spojuje severozápadní část ČR s Prahou. (3) (4)



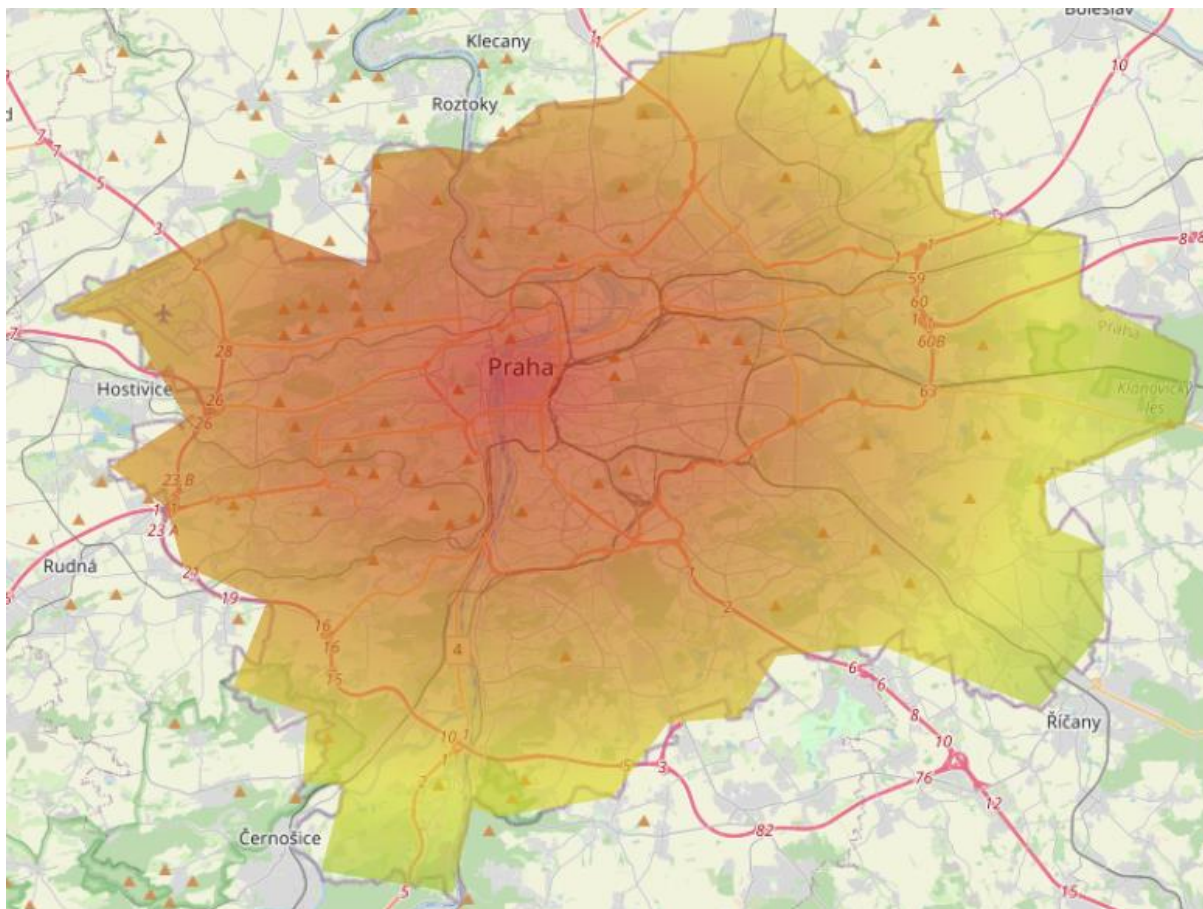
Obrázek 8 Poloha městské části Praha 7



Obrázek 9 Širší okolí městské části Praha 7

Pro modelovou implementaci algoritmu byla analyzována volně dostupná data o využití parkovacích ploch. Tato data měla být použita pro ukázkou funkce algoritmu při různých vstupních datech (různá denní doba a z toho vycházející různá obsazenost parkovacích míst po celé Praze 7). Dostupná data zachycují pouze prodeje lístků, je z nich tedy možné vyvodit pouze počet parkujících vozidel nerezidentů. Tato čísla tedy nereflektují počty vozidel s dlouhodobým parkovacím oprávněním, případně elektromobilů.

Městská část Praha 7 je pro účely modelové implementace a názorné ukázky fungování navrženého algoritmu brána jako samostatná lokalita („město ve městě“). V případě implementace do reálného provozu je vždy nutné brát ohled na okolí dané lokality a nahlížet na oblast jako na celek. V kontextu celé Prahy se jedná o lokalitu poblíž centra města. Jak by vypadala cenová pásma v kontextu celé Prahy, je znázorněno na obrázku níže [Obrázek 10].



Obrázek 10 Grafické znázornění cenových pásem dle vzdálenosti od centra pro celou Prahu

Na území hl. m. Prahy se aktuálně nachází 20 záchytných parkovišť typu P+R, která jsou rozdělena do 3 zón dle vzdálenosti od centra (své polohy a dopravní dostupnosti vůči centru města) a úrovně bezpečnosti, tedy zda se jedná o parkoviště hlídání nebo nehlídání. Zároveň je sledována a na stránkách TSK zveřejňována aktuální obsazenost, detailnější popis obsahuje předchozí dokument. (1)

Na příkladu záchytných parkovišť si lze představit fungování dynamické regulace poměrně jednoduše. Na základě historických hodnot o vytíženosti parkovišť mohou být určeny cenové intervaly, aktuální obsazenost by poté ovlivňovala výši ceny v rámci definovaných intervalů. V rámci návrhu algoritmu pro uliční síť se počítá se zapojením záchytných parkovišť do tohoto systému. Základem funkčního řešení je kromě dostupných dat také provázanost jednotlivých systémů a komplexnost navrhovaného řešení.

3.1 Postup modelové implementace algoritmu pro Prahu 7

Pro modelovou implementaci pro Prahu 7 bylo nutné nejprve zajistit zdroj dat o parkování. K tomu byly použity podklady z Datové platformy hl. m. Prahy Golemio. Z platformy byly převzaty dvě datové sady. První datová sada byla použita pro určení maximální kapacity jednotlivých parkovacích ploch na území Prahy 7. (5)

Druhá datová sada obsahovala informace o zakoupených parkovacích lístcích. Zobrazovala informace o datu transakce, začátku a konci platnosti, ID parkovací zóny, cenu za parkování a rozlišení technologie platby na fyzický parkomat nebo VPH. (6)

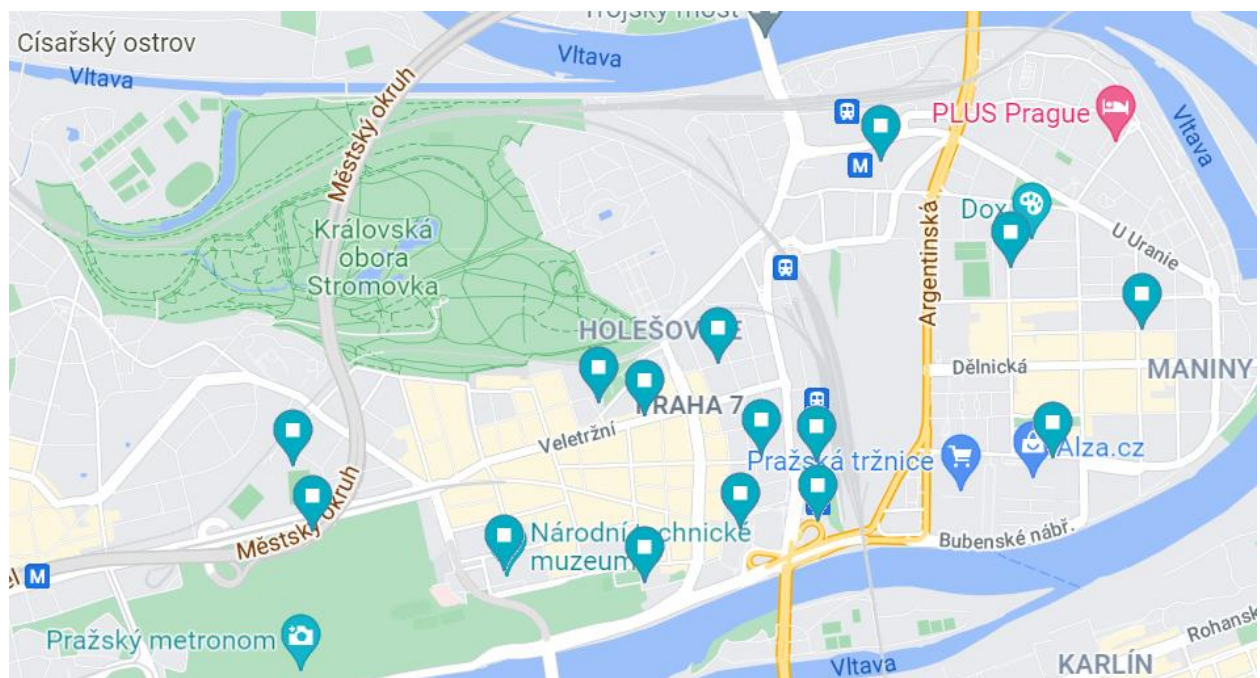
Detailněji byla zkoumána data ze dne 4. 5. 2021, data však ukazují pouze transakce návštěvníků, dochází tedy k výraznému zkreslení, co se využitelnosti parkoviště týče – data nezohledňují rezidenty ani elektromobily, které mohou modré zóny využívat zdarma.

Analýza byla provedena pro celou Prahu 7 pro několik dnů v roce 2021, zkoumáno bylo, kolik parkovacích ploch mělo platné lístky v daný čas (9:00, 12:00, 17:00). V každém z těchto časů byl počet aktivních lístků pouhý zlomek z kapacity parkovacích ploch. Z toho je možno usuzovat, že parkovací plochy jsou využívány především rezidenty, nikoliv návštěvníky. Pro ukázkovou implementaci algoritmu bylo vybráno 15 lokací v Praze 7, které byly vyhodnoceny jako reprezentativní. Pro potřeby této implementace je Praha 7 považována za samostatnou oblast, při práci s algoritmem nebyly uvažovány širší vztahy se zbytkem města.

Tabulka 3 Vybrané reprezentativní lokality včetně přesných souřadnic

ID	Lokalita	GPS souřadnice
1	P+R	50.1089694N, 14.4412506E
2	Strossmayerovo náměstí	50.0987153N, 14.4351064E
3	Muzeum	50.0975267N, 14.4248156E
4	Sparta	50.1004639N, 14.4155942E
5	Rezidentní oblast	50.1033364N, 14.4341497E
6	Vltavská	50.0989114N, 14.4384708E
7	Kryté parkoviště metro Vltavská	50.1005561N, 14.4384164E
8	ZŠ, MŠ, hřbitov, okolí OC Stromovky	50.1022197N, 14.4289125E
9	Parkoviště Centrum Stromovka	50.1018592N, 14.4309111E
10	Rezidentní oblast	50.1042631N, 14.4526128E
11	Pražská tržnice	50.1006917N, 14.4487364E
12	Rezidentní oblast	50.1059906N, 14.4468956E
13	Řezáčovo náměstí	50.1007675N, 14.4360417E
14	Školy, rezidentní oblast	50.0972100N, 14.4309244E
15	Podzemní parkoviště Letná	50.0986147N, 14.4164358E

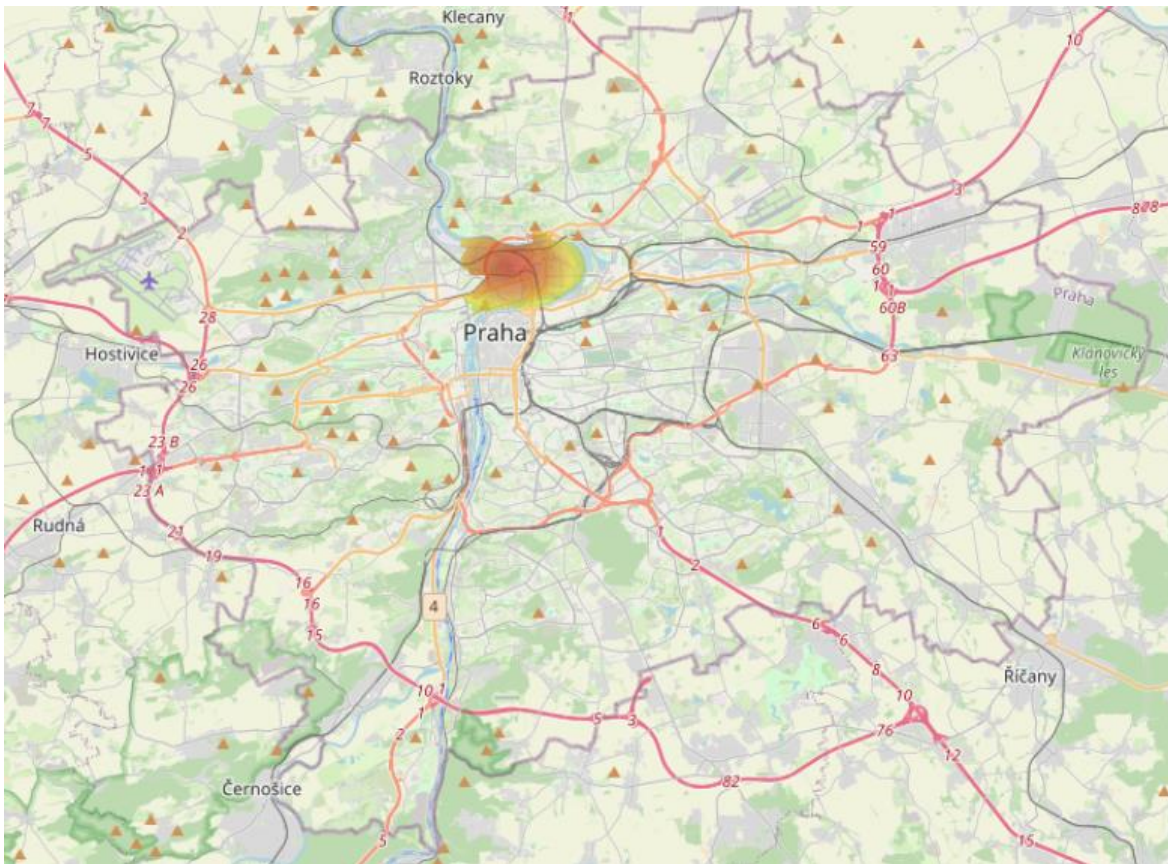
Níže [Obrázek 11] je možné vidět vybrané lokality vyznačené v mapovém podkladu.



Obrázek 11 Znáznornění vybraných lokalit v mapovém podkladu

3.1.1 Definování cenových pásem a intervalů denních dob

Nejdříve byla určena cenová pásma na základě vzdálenosti od centra a byly definovány intervaly denních dob, které respektují vývoj dopravy a s tím související poptávku po parkování. Na obrázku níže [Obrázek 12] je zobrazena teplotní mapa cenových pásem v kontextu celé Prahy. [Obrázek 13] pak zobrazuje detailnější pohled na Prahu 7 a vytvořenou teplotní mapu (Heat Map). Jako pomyslné centrum byla určena oblast okolo Výstaviště Praha. Od tohoto místa byla určována vzdálenost jednotlivých lokalit. Mapa byla vytvořena v programu QGIS.



Obrázek 12 Znárodnění cenových pásem v modelové oblasti pomocí teplotní mapy



Obrázek 13 Detail cenových pásem v modelové oblasti Prahy 7

Pro výpočet přesné vzdálenosti a vzhledem k nepravidelnému tvaru oblasti (a faktu, že sever a severozápad oblasti jsou pro potřeby posuzování parkovacích míst výrazně méně zajímavé než zbytek oblasti), bylo posuzované území rozděleno na východ a jih. Přesné rozdělení na základě vzdálenosti v těchto směrech ukazuje [Tabulka 4].

Tabulka 4 Rozdělení cenových pásem dle vzdálenosti od centra

Vzdálenost od centra a směr	Pásmo
Jih: $\leq 0,4$ km; Východ: $\leq 0,6$ km	1
Jih: $\leq 0,6$ km; Východ: $\leq 0,9$ km	2
Jih: $\leq 0,8$ km; Východ: $\leq 1,3$ km	3
Jih: $\leq 1,1$ km; Východ: $\leq 1,7$ km	4
Jih: $> 1,1$ km; Východ: $> 1,7$ km	5

Výše ukázaná tabulka je pouze příklad, při implementaci bude muset město určit svoje vlastní vzdálenostní hladiny.

Vyhodnocování některých parametrů v algoritmu (denní doba, obvyklá obsazenost oblasti) vyžaduje rozdělení dne na časové intervaly. Pro účely příkladu aplikace algoritmu v této práci bylo stanoveno v průběhu dne 5 časových intervalů, které jsou k vidění v tabulce níže [Tabulka 5]. Při reálné implementaci si město svoje časové intervaly určí dle vlastní zkušenosti s provozem a parkováním v jím řešených reálných lokalitách.

Tabulka 5 Intervaly denních dob

Denní doba	ID_Denní doba
6:00 – 10:00	1
10:00 – 14:00	2
14:00 – 18:00	3
18:00 – 22:00	4
22:00 – 6:00	5

3.1.2 Proces stanovení jednotlivých parametrů a vyjádření skutečné ceny parkování

Pro všechny parametry byl vytvořen slovní, „fuzzy“ popis, který byl následně převeden na číselné hodnoty 1–5, kdy 1 je nejmenší cenová penalizace a 5 největší. Přesné přiřazení hodnot je otázkou logické úvahy a přihlídnutí k charakteru daného území, hodnoty si musí každé město, které bude algoritmus implementovat, nastavit podle svých potřeb.

Tabulka 6 Postup určení parametrů při modelové implementaci

Název parametru	Popis procesu stanovení parametru
Vzdálenosti od zastávek VD a ostatních parkovacích ploch	parametr určoval přístupnost k VD a sběrným parkovištím, čím lepší dostupnost nebo blízkost sběrného parkoviště, tím vyšší hodnota, například pro oblast vzdálenou od zastávek VD a bez sběrného parkoviště by platila hodnota 1, pro oblast s výborným spojením a blízkým parkovištěm hodnota 5
Rezidentní oblast	tento parametr přímo do algoritmu nevstupoval, šlo pouze o ukazatel typu oblasti
Denní doba	parametr určoval, jestli v daném intervalu denní doby je žádoucí podporovat parkování v dané lokalitě, pokud ano, je hodnota parametru vysoká, pokud ne, je hodnota parametru nízká
Doba parkování	tento parametr do algoritmu také nevstupoval přímo, jednalo se jen o ukazatel toho, jaká je vhodná délka parkování pro dané místo
Průjezdnost prostředků VD	parametr určoval, zda dané parkovací místo má negativní vliv na průjezdnost oblastí pro prostředky VD – pokud svou polohou může prostředky VD blokovat, je hodnota parametru vysoká, pokud ne, je hodnota parametru nízká
Blízkost kapacitních komunikací a významných dopravních uzlů	parametr určoval vhodnost k využití místa na základě jeho vzdálenost od kapacitních komunikací a dopravních uzlů, čím blíže k nim parkovací místo je, tím vyšší je hodnota parametru
Obvyklá obsazenost oblasti pro každý interval denních dob	tento parametr zohledňoval, nakolik je daná lokalita dle historických dat v daném časovém intervalu obsazená; obsazenost byla řešena v procentech a byly stanoveny procentuální intervaly, kterým byly následně přiřazovány číselné hodnoty 1–5 stejně jako u ostatních parametrů. Čím vyšších procentuálních hodnot obsazenost dosahovala, tím vyšší číselná hodnota z rozsahu 1–5 jí byla přiřazena
Průměrná doba parkování	poslední parametr, který nevstupuje do algoritmu, funguje pouze jako sledování fungování celého algoritmu ve smyslu hlídání dodržování vybraných délek parkování

Výpočet koeficientu ceny probíhal poměrně jednoduše. Každému předem proměnnému parametru byla přiřazena váha podle jeho důležitosti, tato váha byla vynásobena určenou hodnotou parametru pro daný scénář a tyto hodnoty byly následně sečteny následovně:

$$Váha_{definovaná} = m_1P_1 + m_2P_2 + m_3P_3 + \dots + m_7P_7$$

Váhy parametrů proměnných v čase jsou odlišné, protože výsledek druhé části algoritmu funguje jako koeficient, jímž se násobí váha z první části. Váhy jsou tedy v desetinných číslech a výsledný koeficient se počítá jako:

$$Koeficient_{proměnný} = 1 + (m_1R_1 + m_2R_2 - m_3R_3)$$

Třetí proměnný parametr nebyl v rámci modelových situací použit a nemá tedy nadefinovanou váhu

Výsledný cenový koeficient je spočítán jako:

$$\text{Cenový koeficient} = \text{Váha}_{\text{definovaná}} * \text{Koeficient}_{\text{proměnný}}$$

Název parametru	Váha parametru
Vzdálenost od centra/pásma	20
Vzdálenosti od zastávek VD a ostatních parkovacích ploch	10
Rezidentní oblast	-
Denní doba	7
Doba parkování	-
Průjezdnost prostředků VD	7
Blízkost kapacitních komunikací a významných dopravních uzlů	3
Obvyklá obsazenost oblasti pro každý interval denních dob	3
Průměrná doba parkování	-
Aktuální obsazenost	0,05
Dopravní situace	0,1
Vzájemné cenové hladiny	Nedefinováno

Po stanovení cenového koeficientu bylo přistoupeno k modelovému vyjádření skutečné ceny parkování. Za účelem vyjádření skutečné ceny parkování je potřeba stanovit dva, resp. čtyři, údaje:

- Skutečný rozsah koeficientů, který může vyjít po aplikaci algoritmu, tedy minimální a maximální možnou hodnotu koeficientu – při modelové aplikaci pevné části algoritmu tento rozsah vyšel 50–250
- Skutečný rozsah ceny parkování, který je město ochotné akceptovat – v rámci modelového příkladu pro účel aplikace zvolených scénářů (viz následující kapitola [3.2 Aplikace algoritmu pro definované scénáře]) byl stanoven rozsah 50 Kč – 150 Kč

Dalším krokem při výpočtu skutečné ceny parkování byl přepočítání koeficientů vzniklých z algoritmu na procentuální část maximálního rozsahu koeficientů. Tedy např. pokud je koeficient 150, při výše popsaném rozsahu koeficientů, mu bude odpovídat 50 %. Posledním krokem je přepočítání této procentuální částky na skutečnou cenu vzhledem ke stanovenému rozsahu skutečných cen. Tedy, pokud je koeficient 150, procentuální částka je tedy 50 %, skutečná cena bude dle výše definovaného rozsahu odpovídat 100 Kč.

3.2 Aplikace algoritmu pro definované scénáře

Po provedení kroků popsaných v kapitole [3.1.1] a [3.1.2] jsou vytipovaným lokalitám pro stanovené denní doby přiřazené cenové koeficienty a v návaznosti na to je stanovena modelová cena parkovního, která respektuje vzájemný poměr ceny parkovního mezi lokalitami navzájem určený vypočtenými koeficienty.

Následně bylo zvoleno několik různých typických scénářů (jejich výčet je uveden níže). Byly na nich aplikovány v první řadě výstupy pevné části algoritmu, kdy scénáře 1, 2, 3, 4 a 5 obsahují pouze pevnou část algoritmu, ale ukazují, jak výsledné koeficienty rozdílně reagují na různé denní doby. V případě scénářů 6, 7, 8, byly poté kromě pevné části algoritmu aplikovány i výstupy proměnné části, a to pro vybraný čas 12:00 a určitý specifický stav dopravy, který je zahrnut v proměnné části. Tyto modelové scénáře zde slouží k ukázkám, jak algoritmus reaguje na různé změny vstupních hodnot a jak toto ovlivňuje konečnou cenu parkování.

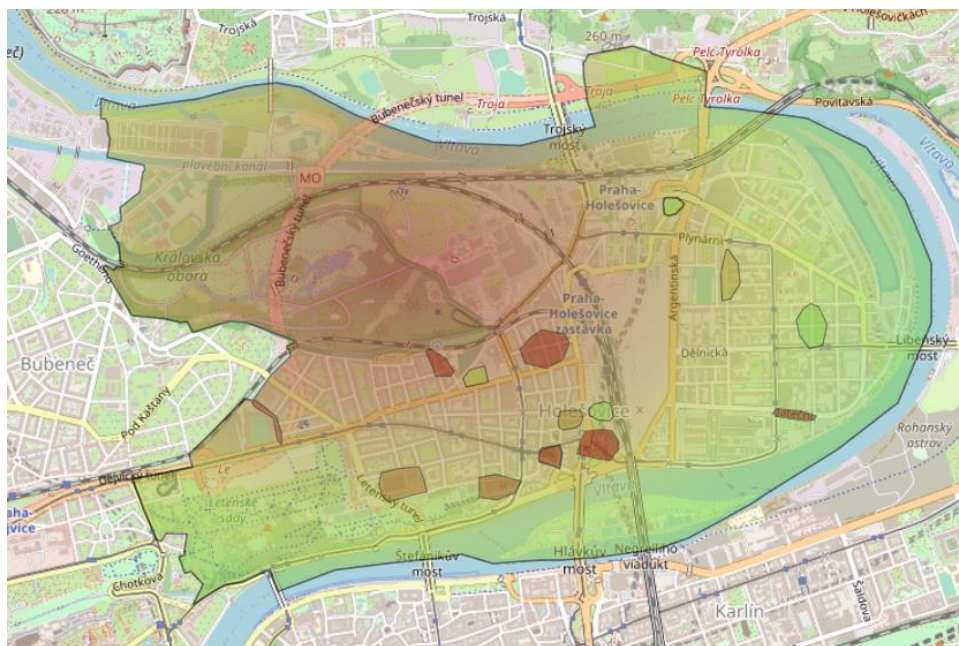
- Scénář č. 1 pro čas 8:00 na základě předem definovaných parametrů
- Scénář č. 2 pro čas 12:00 na základě předem definovaných parametrů
- Scénář č. 3 pro čas 16:00 na základě předem definovaných parametrů
- Scénář č. 4 pro čas 20:00 na základě předem definovaných parametrů
- Scénář č. 5 pro čas 0:00 na základě předem definovaných parametrů
- Scénář č. 6 pro čas 12:00 na základě předem definovaných i proměnných parametrů
- Scénář č. 7 pro čas 12:00 na základě předem definovaných i proměnných parametrů
- Scénář č. 8 pro čas 12:00 na základě předem definovaných i proměnných parametrů

Pro každý scénář byly stanoveny cenové koeficienty a byla přiřazena modelová skutečná cena. Následně byla pro každý tento scénář vytvořena teplotní mapa, která pomocí barevné škály znázorňuje ceny za parkování ve vybraných lokalitách dle vzdálenosti od centra a v závislosti na vyhodnocení ostatních

parametrů. V rámci teplotní mapy byly všechny rezidentní oblasti posuzovány z toho pohledu, že ne všechna místa v tzv. rezidentních zónách musí být nutně vyhrazena pro rezidenty. Výsledné teplotní mapy tedy ukazují případ, že ve všech parkovacích lokalitách je v každém čase alespoň část parkovacích míst pro návštěvníky přístupná.

3.2.1 Modelový scénář č. 1

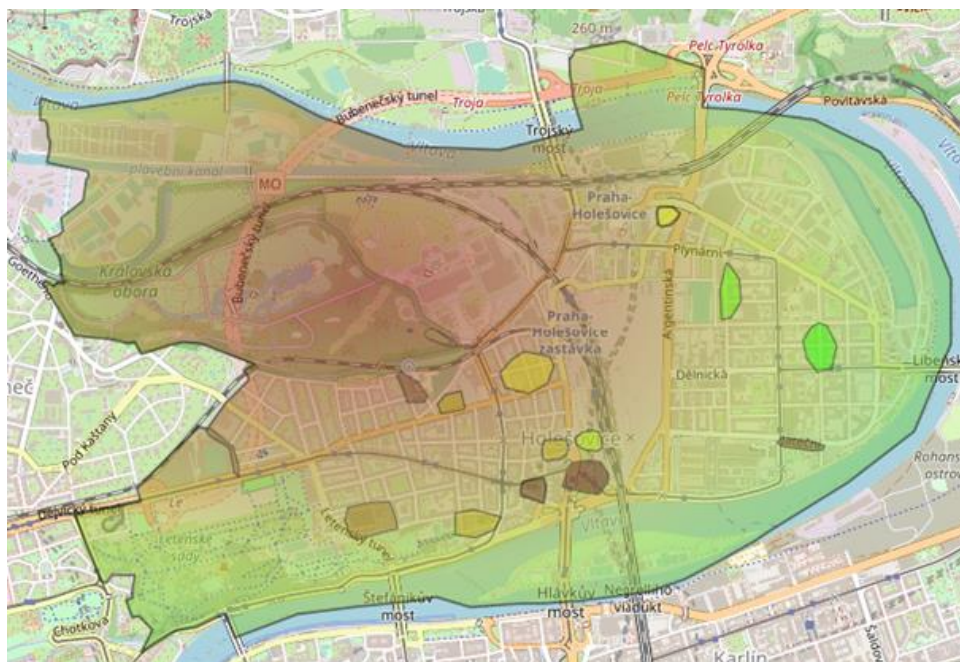
Modelový scénář pro čas 8:00 zobrazuje situaci s cenami parkování během ranní špičky. Dobře zobrazuje rozdíly cen mezi P+R parkovišti a rezidentními oblastmi, stejně jako rozdíly v cenách podle vzdálenosti od centra.



Obrázek 14 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 1

3.2.2 Modelový scénář č. 2

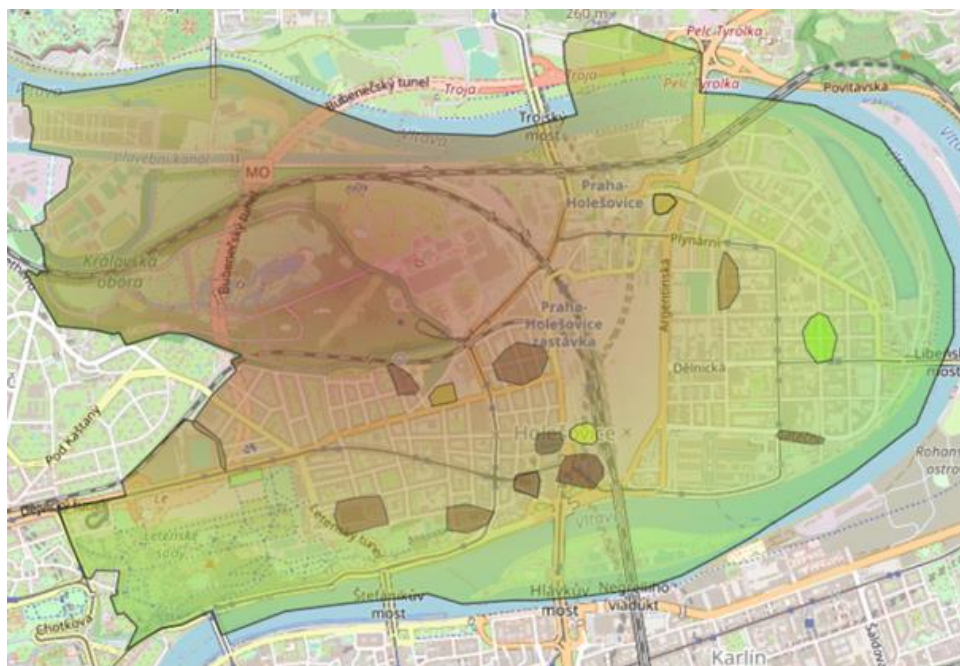
Druhý scénář pro čas 12:00 zobrazuje situaci během poledního dopravního sedla. Podle návrhu algoritmu by v tuto dobu měla být rezidentní parkování zpřístupněna pro návštěvníky a zároveň by měla být cena po celém městě snížena. To se odráží na nižších cenách po celém městě.



Obrázek 15 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 2

3.2.3 Modelový scénář č. 3

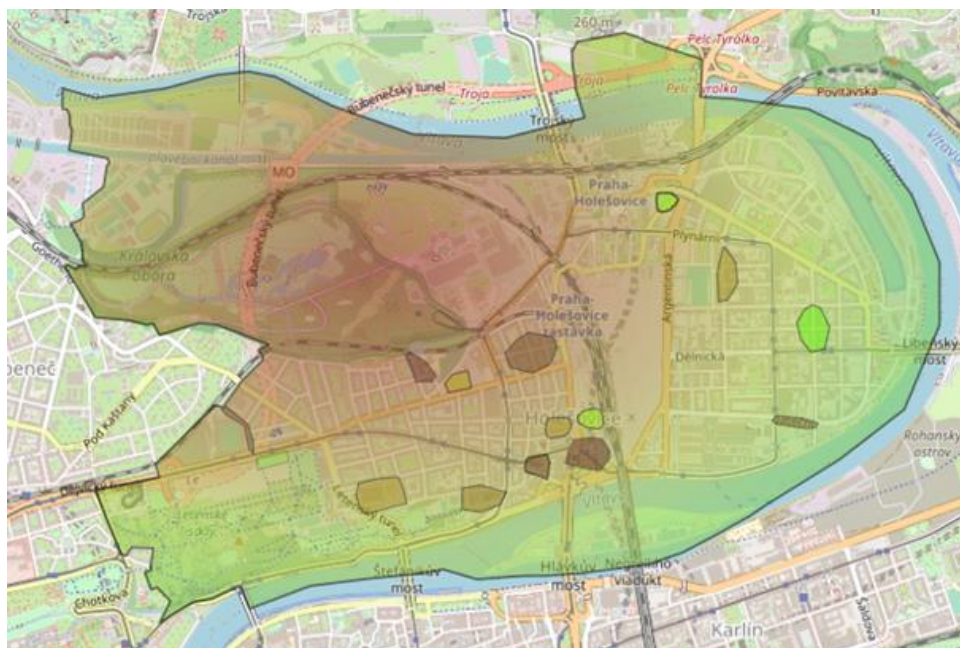
Třetí scénář zobrazuje odpolední špičku v čase 16:00, je tedy velmi podobný modelovému scénáři č. 1. Mírné rozdíly způsobují odlišnosti v prioritách, jak moc je v daném čase na jednotlivých parkovacích místech žádané rezidentní parkování, a rozdílné hodnoty historických dat o obsazenosti.



Obrázek 16 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 3

3.2.4 Modelový scénář č. 4

Předposlední scénář představuje vztahy mezi lokacemi po aplikaci první části algoritmu v 20:00. Je zde vidět, že se snižující se obsazeností parkovišť v nerezidentních oblastech zároveň klesá jejich cena.



Obrázek 17 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 4

3.2.5 Modelový scénář č. 5

Scénář č. 5 zobrazuje stav o půlnoci, v podstatě se neliší od předchozího scénáře. Stejně jako předchozí scénář reflektuje nízkou obsazenost záchytných parkovišť určených pro vozidla osob dojíždějících přes den do zaměstnání a za jinými cíli z obcí a oblastí mimo Prahu 7.

Toto je poslední modelový scénář, který pracuje pouze s pevnou částí algoritmu.

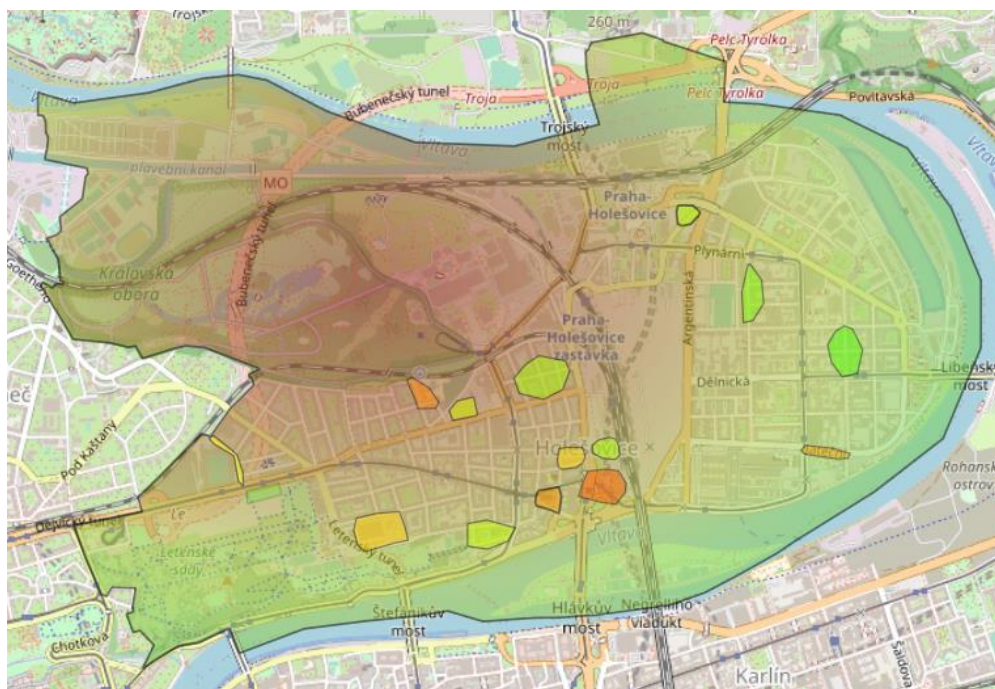


Obrázek 18 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 5

3.2.6 Modelový scénář č. 6

Modelový scénář č. 6 zahrnuje kromě pevně definovaných parametrů také časově proměnné parametry. Scénář byl vytvořen pro čas 12:00, tedy pro čas, kdy jsou pro návštěvníky přístupné rezidentní parkovací plochy. Dopravní provoz v tomto scénáři nevykazuje žádné významnější kongesce, které by vyžadovaly úpravu cen parkování.

Tabulka níže [Tabulka 7] uvádí pro každou z vybraných reprezentativních lokalit cenový koeficient stanovený algoritmem a přepočtený na modelovou cenu. Výpočet koeficientů proběhl pomocí přiřazení vah předem definovaným i proměnným parametrům, následně byl proveden jeho přepočet na reálnou cenu.



Obrázek 19 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 6

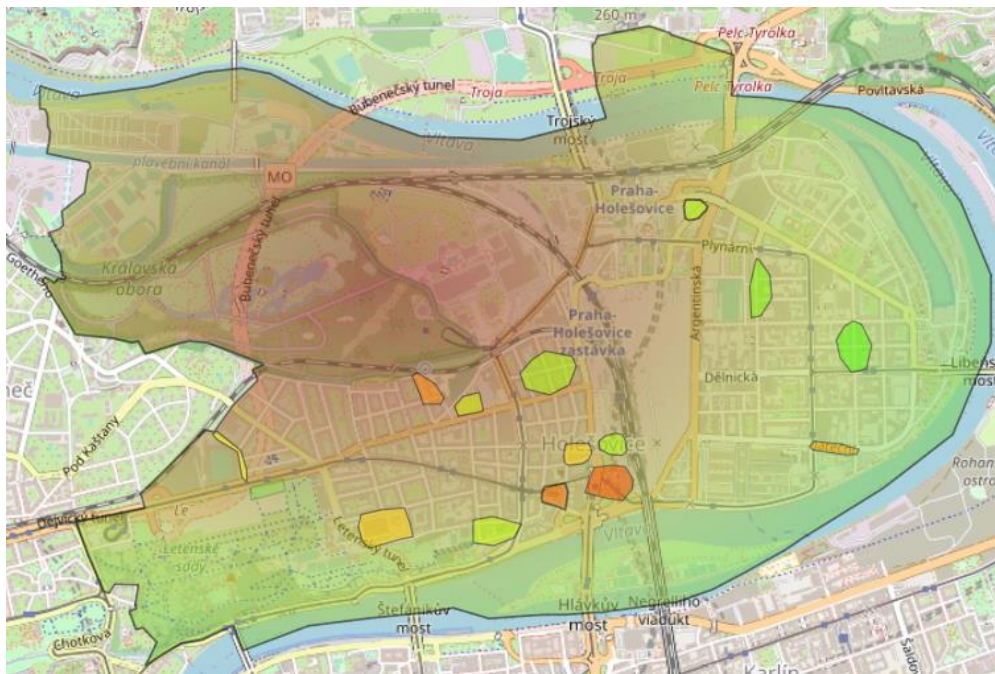
Tabulka 7 Lokality po aplikaci algoritmu pro scénář č. 6

ID	Lokalita	Koeficienty_1	Cena_1
1	P+R	129,8	82 Kč
2	Strossmayerovo náměstí	195	115 Kč
3	Muzeum	160,8	98 Kč
4	Sparta	149,6	92 Kč
5	Rezidentní oblast	128,1	81 Kč
6	Vltavská	214,8	126 Kč
7	Kryté parkoviště metro Vltavská	127,65	81 Kč
8	ZŠ, MŠ, hřbitov, okolí OC Stromovky	192,5	114 Kč
9	Parkoviště Centrum Stromovka	141,45	88 Kč
10	Rezidentní oblast	91,2	62 Kč
11	Pražská tržnice	178,75	107 Kč
12	Rezidentní oblast	108,9	71 Kč
13	Řezáčovo náměstí	158,75	97 Kč
14	Školy, rezidentní oblast	139,7	87 Kč
15	Podzemní parkoviště Letná	78,2	55 Kč

3.2.7 Modelový scénář č. 7

Modelový scénář č. 7 navazuje na předchozí scénář. Opět je vytvořen pro čas 12:00 a také pro stejnou obsazenost jednotlivých parkovacích lokalit jako scénář č. 6. Scénář č. 7 ale navíc pracuje s existencí výraznějších kongescí v okolí stanice metra Vltavská, kvůli kterým dochází k navýšení cen v lokalitách

v bezprostřední blízkosti mimořádné události. Zde se to týká konkrétně lokality č. 2, Strossmayerovo náměstí, a lokality č. 6, Vltavská. Konkrétní modelové ceny a cenové koeficienty lze vidět v tabulce níže [Tabulka 8]. Pro předem stanovený rozsah cen 50 Kč – 150 Kč se navýšení ceny pohybuje v rozmezí 8 Kč – 9 Kč.



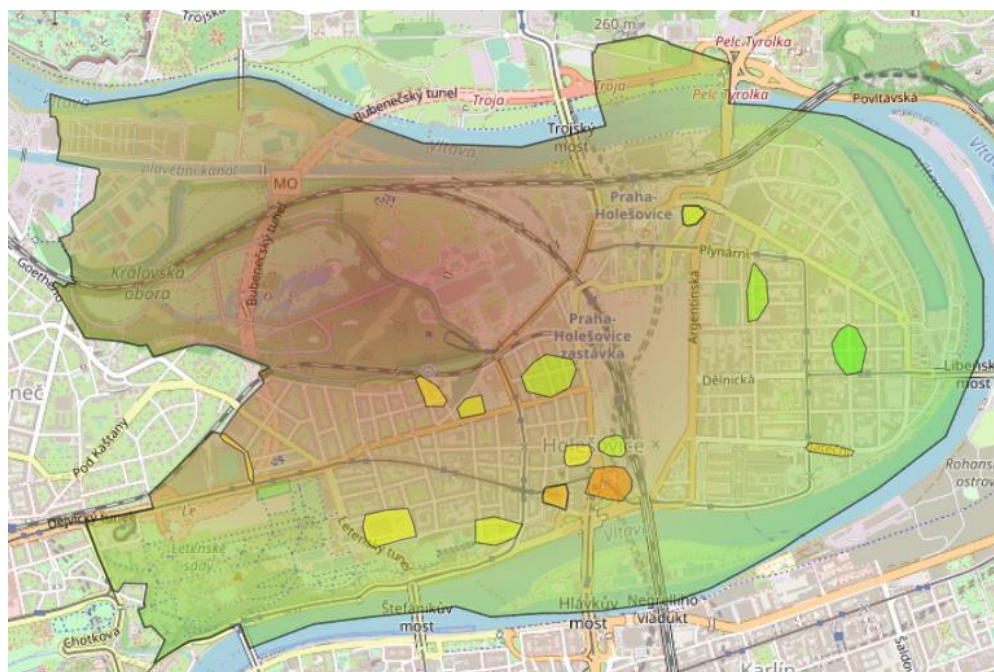
Obrázek 20 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 7

Tabulka 8 Lokality po aplikaci algoritmu pro scénář č. 7

ID	Lokalita	Koeficienty_2	Cena_2
1	P+R	129,8	82 Kč
2	Strossmayerovo náměstí	210,6	123 Kč
3	Muzeum	160,8	98 Kč
4	Sparta	149,6	92 Kč
5	Rezidentní oblast	128,1	81 Kč
6	Vltavská	232,7	135 Kč
7	Kryté parkoviště metro Vltavská	127,65	81 Kč
8	ZŠ, MŠ, hřbitov, okolí OC Stromovky	192,5	114 Kč
9	Parkoviště Centrum Stromovka	141,45	88 Kč
10	Rezidentní oblast	91,2	62 Kč
11	Pražská tržnice	178,75	107 Kč
12	Rezidentní oblast	108,9	71 Kč
13	Řezáčovo náměstí	158,75	97 Kč
14	Školy, rezidentní oblast	139,7	87 Kč
15	Podzemní parkoviště Letná	78,2	55 Kč

3.2.8 Modelový scénář č. 8

Poslední modelový scénář pracuje opět s časem 12:00, stav dopravy je bez kongescí, ale jednotlivé lokality vykazují odlišnosti v aktuální obsazenosti parkovacích ploch než v případě scénáře č. 6. Jak se konkrétně obsazenost změnila (procentuální rozmezí) lze vidět přehledně v tabulce v příloze č. 5. Při porovnání barevného zbarvení jednotlivých lokalit v rámci teplotní mapy a modelových cen na obrázku [Obrázek 21] a tabulce [Tabulka 9] níže lze pozorovat, že změny v aktuální obsazenosti nevyvolávají příliš významné změny v nacenění parkovacích ploch. Rozdíly se většinou pohybují v jednotkách Kč, maximální rozdíl je 12 Kč. Důvodem je, že při stanovování cenových koeficientů dává algoritmus větší váhu parametrům stálým v čase než časově proměnným parametrům.



Obrázek 21 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 8

Tabulka 9 Lokality po aplikaci algoritmu pro scénář č. 8

ID	Lokalita	Koeficienty_3	Cena_3
1	P+R	141,6	88 Kč
2	Strossmayerovo náměstí	187,2	111 Kč
3	Muzeum	147,4	91 Kč
4	Sparta	170	103 Kč
5	Rezidentní oblast	134,2	84 Kč
6	Vltavská	223,75	130 Kč
7	Kryté parkoviště metro Vltavská	133,2	84 Kč
8	ZŠ, MŠ, hřbitov, okolí OC Stromovky	169,4	102 Kč
9	Parkoviště Centrum Stromovka	147,6	91 Kč
10	Rezidentní oblast	91,2	62 Kč
11	Pražská tržnice	171,6	103 Kč

12	Rezidentní oblast	113,85	74 Kč
13	Řezáčovo náměstí	152,4	94 Kč
14	Školy, rezidentní oblast	146,05	90 Kč
15	Podzemní parkoviště Letná	71,4	52 Kč

3.3 Vyhodnocení modelových scénářů

Z porovnání prvních pěti zobrazených scénářů je zřejmé, že algoritmus dodržuje základní předpoklady. Po aplikaci první části algoritmu jsou v dopravní špičce ceny vyšší než v sedle, lokality bližší centru jsou hodnoceny vyšší cenou než ty vzdálenější, záchytná parkoviště jsou levnější než parkování na ulici, místa poblíž kapacitních komunikací jsou dražší než ta vzdálenější.

Po aplikaci druhé části algoritmu pro čas 12:00 a různé definované vstupy (aktuální obsazenost parkovišť a přítomnost kongescí) jsou rozdíly zmíněné v předchozím odstavci stále patrné. Nejdražší lokalitou pro parkování je stále okolí stanice metra Vltavská. To je dáno výborným spojením MHD a blízkostí kapacitní komunikace. Při porovnání se záchytným parkovištěm u této stanice je vidět jasný rozdíl, na kterém je patrný princip algoritmu. Souhrnné výstupní hodnoty druhé části algoritmu pro všechny tři uvažované scénáře (scénáře č. 6, 7 a 8) lze vidět v tabulce níže [Tabulka 10].

Scénář č. 6 a scénář č. 8 počítal se stavem dopravy bez výraznějších kongescí, ale s různou aktuální obsazeností parkovacích lokalit, což vedlo k různým modelovým cenám parkování. Scénář č. 7 počítal se stejnou obsazeností jako scénář č. 6, ale v okolí stanice Vltavská byla uvažována kongesce. To se projevilo na zvednutí ceny už tak poměrně vysoce naceněného parkování v jejím okolí.

Změny vyvolané druhou částí algoritmu nejsou tak výrazné jako úpravy cen po první části, což vychází z logiky návrhu algoritmu.

Tabulka 10 Vyhodnocení algoritmu pro modelový scénář 6-8

ID	Lokalita	Koeficienty scénář č. 6	Koeficienty scénář č. 7	Koeficienty scénář č. 8	Cena scénář č. 6	Cena scénář č. 7	Cena scénář č. 8
1	P+R	129,8	129,8	141,6	82 Kč	82 Kč	88 Kč
2	Strossmayerovo náměstí	195	210,6	187,2	115 Kč	123 Kč	111 Kč
3	Muzeum	160,8	160,8	147,4	98 Kč	98 Kč	91 Kč
4	Sparta	149,6	149,6	170	92 Kč	92 Kč	103 Kč
5	Rezidentní oblast	128,1	128,1	134,2	81 Kč	81 Kč	84 Kč
6	Vltavská	214,8	232,7	223,75	126 Kč	135 Kč	130 Kč
7	Kryté parkoviště metro Vltavská	127,65	127,65	133,2	81 Kč	81 Kč	84 Kč
8	ZŠ, MŠ, hřbitov, okolí OC Stromovky	192,5	192,5	169,4	114 Kč	114 Kč	102 Kč
9	Parkoviště Centrum Stromovka	141,45	141,45	147,6	88 Kč	88 Kč	91 Kč
10	Rezidentní oblast	91,2	91,2	91,2	62 Kč	62 Kč	62 Kč

11	Pražská tržnice	178,75	178,75	171,6	107 Kč	107 Kč	103 Kč
12	Rezidentní oblast	108,9	108,9	113,85	71 Kč	71 Kč	74 Kč
13	Řezáčovo náměstí	158,75	158,75	152,4	97 Kč	97 Kč	94 Kč
14	Školy, rezidentní oblast	139,7	139,7	146,05	87 Kč	87 Kč	90 Kč
15	Podzemní parkoviště Letná	78,2	78,2	71,4	55 Kč	55 Kč	52 Kč

4 Zhodnocení výsledků a možností zavedení systému dynamické regulace parkování ve městech do praxe

Základním předpokladem pro funkčnost algoritmu je zajištění potřebných vstupních dat, schopnost je analyzovat a získávat z nich potřebné informace, což je obecná podmínka fungování všech moderních systémů v oblasti dopravy.

V původním návrhu algoritmu se uvažovalo se všemi parametry vypsány v dokumentu výše [Tabulka 6 Postup určení parametrů při modelové implementaci] Během implementace bylo zjištěno, že tři z těchto parametrů – Definice rezidentní oblasti, Doba parkování a průměrná doba parkování, nejsou pro přímé použití v algoritmu vhodné. První dva z těchto parametrů nakonec slouží pouze k definici vyhodnocované lokality a třetí (Průměrná doba parkování) by měl sloužit jako jeden z KPI pro vyhodnocování úspěšnosti fungování algoritmu.

Modelová implementace algoritmu ukázala, že v představené podobě algoritmus může fungovat pro dynamickou regulaci parkování ve městech. Vypočítané ceny a jejich vzájemné relace odpovídají principům, na základě kterých byl algoritmus tvořen. Při modelové implementaci byl výsledek omezen nedostatkem dat, ale i přesto jsou posouzené lokality naceněny poměrně dobře.

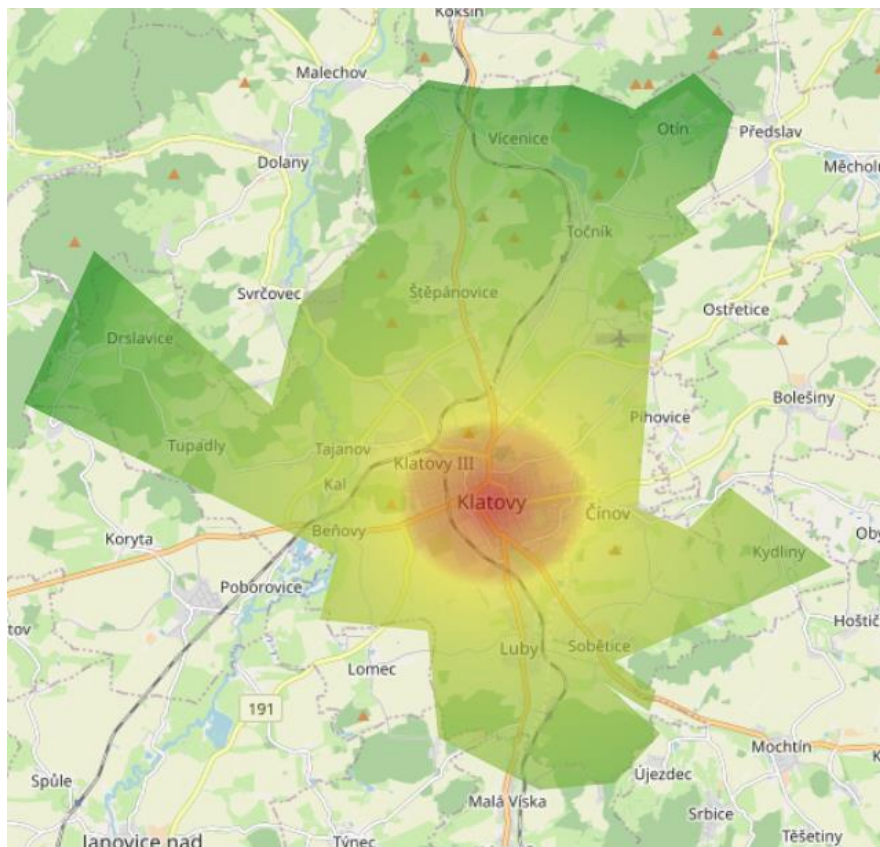
Pro implementaci a fungování algoritmu musí být splněno několik podmínek:

1. Hlavní podmínkou pro jeho implementaci je schopnost měst sbírat potřebná data.
2. Druhou důležitou podmínkou je vyladění vah jednotlivých parametrů. Ačkoliv váhy jsou zhruba navrženy, jejich kalibrace je otázkou dalšího zkoumání.
3. V neposlední řadě je pro algoritmus nutná garance jak ceny, tak možnosti zaparkovat. Pokud bude řidiči oznámeno, že ve vybrané lokalitě může za určitou cenu zaparkovat, ale poté, co k parkovacímu místu dorazí, bude obsazené, vyvolá to nevoli vůči algoritmu, potažmo městu.

Schopnost měst tyto okolnosti sledovat a kontrolovat bude stoupat s větší penetrací V2I technologií, můžeme tedy očekávat, že v budoucnu bude snazší tyto podmínky splnit.

Je také důležitá brát v potaz, že pro dobré fungování algoritmu, bude muset dojít nejen ke kalibraci vah parametrů, ale také samotných hodnot parametrů, které budou muset být navrženy jednotlivě pro každé město na základě místních znalostí.

V této studii byl algoritmus modelově aplikován na příkladu městské části Praha 7. V podmínkách České republiky se ovšem jedná o poněkud specifický případ, protože nejde o samostatné město, ale část největšího českého města, Prahy. Proto zde nyní následuje příklad znázornění cenových pásem pomocí teplotní mapy na příkladu menšího města. Pro tento příklad bylo vybráno město Klatovy, které se nachází v Plzeňském kraji a žije v něm přibližně 22 000 obyvatel (informace z r. 2021). Mapový podklad se zanesenou teplotní mapou lze vidět na obrázcích níže, přičemž v prvním případě je do teplotní mapy zahrnuto katastrální území města Klatovy [Obrázek 22] a druhý případ pracuje pouze se samotným územím obce [Obrázek 23]. (7)



Obrázek 22 Teplotní mapa cenových pásem pro území města Klatovy



Obrázek 23 Detail teplotní mapy cenových pásem města Klatovy

4.1 Možnosti dalšího rozvoje

V průběhu zpracování studie *Návrh algoritmu pro dynamickou regulaci parkování v uličním prostoru* bylo vytipováno několik oblastí, které nebyly předmětem detailního rozpracování ve studii, ale přesto by bylo vhodné zabývat se jimi v případném dalším výzkumu. Tyto oblasti jsou následující:

- 1) Rozšíření parametrů algoritmu o druh pohonu, který vozidla využívají. Toto by vedlo k možnosti rozlišení vozidel dle pohonu a zvýhodnění ekologicky přívětivějších vozidel prostřednictvím výše poplatků za parkování.
- 2) Rozšíření parametrů algoritmu o parametr počet osob ve vozidle. Tento parametr by bral ohled na počet osob přítomných ve vozidle při příjezdu, případně odjezdu (toto je také předmětem dalšího zkoumání) na parkovací místo. Vedlo by to ke zvýhodnění více obsazených vozidel. Zavedení tohoto parametru předpokládá osazení parkovacích ploch technologiemi, které by zajistily rozpoznávání a sčítání osob ve vozidle.
- 3) Prověření možnosti dohody s OC a ostatními soukromými subjekty na území města / obce / regulované oblasti ohledně možného využití parkovacích míst a rozšíření algoritmu v tomto smyslu.
- 4) Další výzkum v oblasti budoucího využití autonomních vozidel a jejich parkovacích potřeb. V případě, že by se ukázalo, že autonomní vozidla budou mít nižší nároky na parkování, dojde ke zvýšení kapacity existujících parkovacích prostor.
- 5) Prověření možnosti zavedení dynamických pokut, tedy pokut, jejichž výše by se odvíjela od výše parkovného.
- 6) Zohlednění pracovní doby úřadů, případně času výuky ve školách jako předem definovaného parametru, který bude mít další vliv na nastavování ceny parkování. Toto vyžaduje poměrně detailní místní znalost oblasti, ve které by měl být algoritmus implementován.
- 7) Zohlednění doby zásobování jako předem definovaného parametru, jehož zavedení by vedlo ke zvýšení šance na zaparkování v definovaném čase pro logistické společnosti apod.
- 8) Průzkum uživatelských potřeb a ochoty k placení parkovného. Vhodné by bylo mimo jiné zjistit, jak vysokou finanční částku jsou řidiči ochotni za parkovné platit.

Detailnější prozkoumání a případná implementace výše uvedených oblastí do algoritmu by měla pozitivní vliv na efektivitu a „spravedlnost“ při nastavování výsledné ceny parkování. Zároveň by došlo k lepšímu nastavení a funkčnosti celého systému. Všechny uvedené oblasti mají potenciál přispět ke zlepšení managementu parkování, a proto je vhodné se jimi dále zabývat.

Závěr

Cílem studie bylo představit navržený algoritmus pro dynamické řízení cen za parkování v uliční síti měst. Nejprve jsou popsány parametry, ze kterých algoritmus vychází a podmínky, které musí zřizovatel (město) splnit, aby mohl být algoritmus úspěšně implementován. V další části je algoritmus obecně popsán krok za krokem a využití parametrů je vysvětleno.

Do algoritmu vstupují dva typy parametrů. Jedná se o parametry, které jsou v kontextu algoritmu předem nadefinované a parametry, které jsou pro algoritmus proměnné v čase. Mezi ty první patří informace o vzdálenosti lokality od centra města, její obslužnosti VD a blízkosti parkovišť, typu oblasti (rezidentní x nerezidentní), předpokládané vytíženosti v danou denní dobu, městem chtěná délka parkování v danou denní dobu, informace o tom, jestli parkování v daném místě neomezuje průjezdnost prostředků hromadné dopravy, vzdálenost lokality od kapacitních komunikací a dopravních uzlů a historická data o obsazenosti v oblasti. Sada proměnných parametrů se skládá pouze ze tří. Jedná se o údaj o okamžité obsazenosti parkovací plochy, o přítomnosti kongesce v její blízkosti a poté je to podmínka kontroly rozdílu ceny oproti blízkým lokalitám.

Parametry jsou v každém časovém intervalu hodnoceny hodnotami 1–5, kdy 1 znamená nejmenší cenovou penalizaci a 5 největší (případně 0 pro žádnou penalizaci). Pro každý parametr je následně definována váha (ta se napříč časovými úseky nemění), kterou je hodnota parametru násobena. Výsledky pevné části algoritmu se mezi sebou sečtou, stejně tak i výsledky proměnné části. Hodnoty proměnné části jsou definovány tak, že jejich součtem vznikne koeficient, kterým se výsledek pevné části násobí, aby vznikla finální hodnota, která pro každou lokalitu určuje její vztah k okolí. Z těchto hodnot jsou následně vypočítány ceny.

V rámci algoritmu je doporučeno, aby lokality, které jsou vyhrazeny pouze pro rezidenty (obytné oblasti, např. sídlištní zástavba), byly v době od 10:00 do 14:00 otevřeny i návštěvníkům. Návrh vychází ze zkušeností světových měst s tzv. sdílenými parkovacími místy a vede k efektivnějšímu využívání prostoru.

Popsané parametry jsou na základě expertního odhadu modelově nadefinovány pro 15 reprezentativních lokalit v Praze 7, ve kterých je algoritmus následně i implementován. Ukázány jsou výsledky celkem pro 8 modelových situací. Prvních pět scénářů ukazuje výsledky předem definované části algoritmu pro časové intervaly, zbývající tři jsou ukázkou výstupu aplikace proměnné části algoritmu (pro čas 12:00 a odlišné aktuální situace, aktuální podmínky i stav je vždy popsán). Výsledky aplikace algoritmu potvrzují, že je schopný vykonávat funkci, ke které byl navržen. Výsledné ceny odpovídají logice algoritmu, kdy lokality vzdálenější od centra jsou levnější než ty bližší, lokality s dobrou obslužností VD a/nebo přístupem ke sběrným parkovištím jsou také dražší a sběrná parkoviště naopak levnější.

Výhodou algoritmu je jeho modulárnost, v budoucnu je možné po dalším výzkumu přidat další parametry, které rozšíří a zpřesní jeho fungování. Mezi tyto parametry může patřit preference specifických druhů pohonů (převážně vozidla s elektrickým pohonem), preference vozidel, ve kterých je více osob, nebo přesnější popis vytíženosti lokalit na základě otevíracích hodin úřadů, začátek a konec výuky škol a podobně. V budoucnosti může být reflektována také doba zásobování v lokalitách, kde se jedná o důležitý faktor ovlivňující dopravu. Otázkou také zůstává, jaký vliv bude mít na parkování nástup autonomní jízdy.

Pro další zefektivnění parkování by mohla města jednat s obchodními centry a dalšími objekty, které provozují velká parkoviště, o možnosti jejich využívání. Další snahy by mohly být zaměřeny taky na průzkum možností výše pokut vázaných na cenu parkování. Výzkum bude také nutný pro zjištění maximálních cen, které jsou řidiči ochotni zaplatit za parkování, a tedy jaké ceny budou v rámci algoritmu efektivní pro regulaci dopravy.

Důležitým úkolem pro optimalizaci výstupů algoritmu je kalibrace vah přiřazených jednotlivým parametrům stejně jako přiřazování vnitřních hodnot parametrů. To první je otázka, která může být předmětem dalšího zkoumání a jedná se o oblast, ve které by mohly mít úspěch aplikace neuronových sítí a genetických algoritmů, které by se přiblížily optimálnímu řešení, jelikož nacenění všech lokalit po celém městě je mimo schopnosti expertního odhadu.

Seznam obrázků

Obrázek 1 Dlouhodobé (předem definované) parametry a jejich posloupnost.....	5
Obrázek 2 Krátkodobé (proměnné) parametry	6
Obrázek 3 Legenda k barevné škále.....	6
Obrázek 4 Definování vzdáleností od centra a cenových pásem.....	7
Obrázek 5 Vzdálenosti od zaparkovaného vozidla zastávek VD a ostatních parkovacích ploch	8
Obrázek 6 Legenda k barevné škále.....	11
Obrázek 7 Definování oblastí na území města.....	12
Obrázek 8 Poloha městské části Praha 7	18
Obrázek 9 Širší okolí městské části Praha 7	18
Obrázek 10 Grafické znázornění cenových pásem dle vzdálenosti od centra pro celou Prahu	19
Obrázek 11 Znázornění vybraných lokalit v mapovém podkladu	21
Obrázek 12 Znázornění cenových pásem v modelové oblasti pomocí teplotní mapy	22
Obrázek 13 Detail cenových pásem v modelové oblasti Prahy 7	22
Obrázek 14 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 1	27
Obrázek 15 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 2	28
Obrázek 16 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 3	29
Obrázek 17 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 4	29
Obrázek 18 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 5	30
Obrázek 19 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 6	31
Obrázek 20 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 7	32
Obrázek 21 Teplotní mapa cenových hladin pro scénář č. 8	33
Obrázek 22 Teplotní mapa cenových pásem pro území města Klatovy	37
Obrázek 23 Detail teplotní mapy cenových pásem města Klatovy.....	37

Seznam tabulek

Tabulka 1 Využití parametru Proměnlivost dle doby parkování pro nastavení poměru cen	9
Tabulka 2 Vliv aktuální dopravní situace na cenu parkování	13
Tabulka 3 Vybrané reprezentativní lokality včetně přesných souřadnic	20
Tabulka 4 Rozdělení cenových pásem dle vzdálenosti od centra	23
Tabulka 5 Intervaly denních dob.....	23
Tabulka 6 Postup určení parametrů při modelové implementaci	24
Tabulka 7 Lokality po aplikaci algoritmu pro scénář č. 6	31
Tabulka 8 Lokality po aplikaci algoritmu pro scénář č. 7	32
Tabulka 9 Lokality po aplikaci algoritmu pro scénář č. 8	33
Tabulka 10 Vyhodnocení algoritmu pro modelový scénář 6-8.....	34

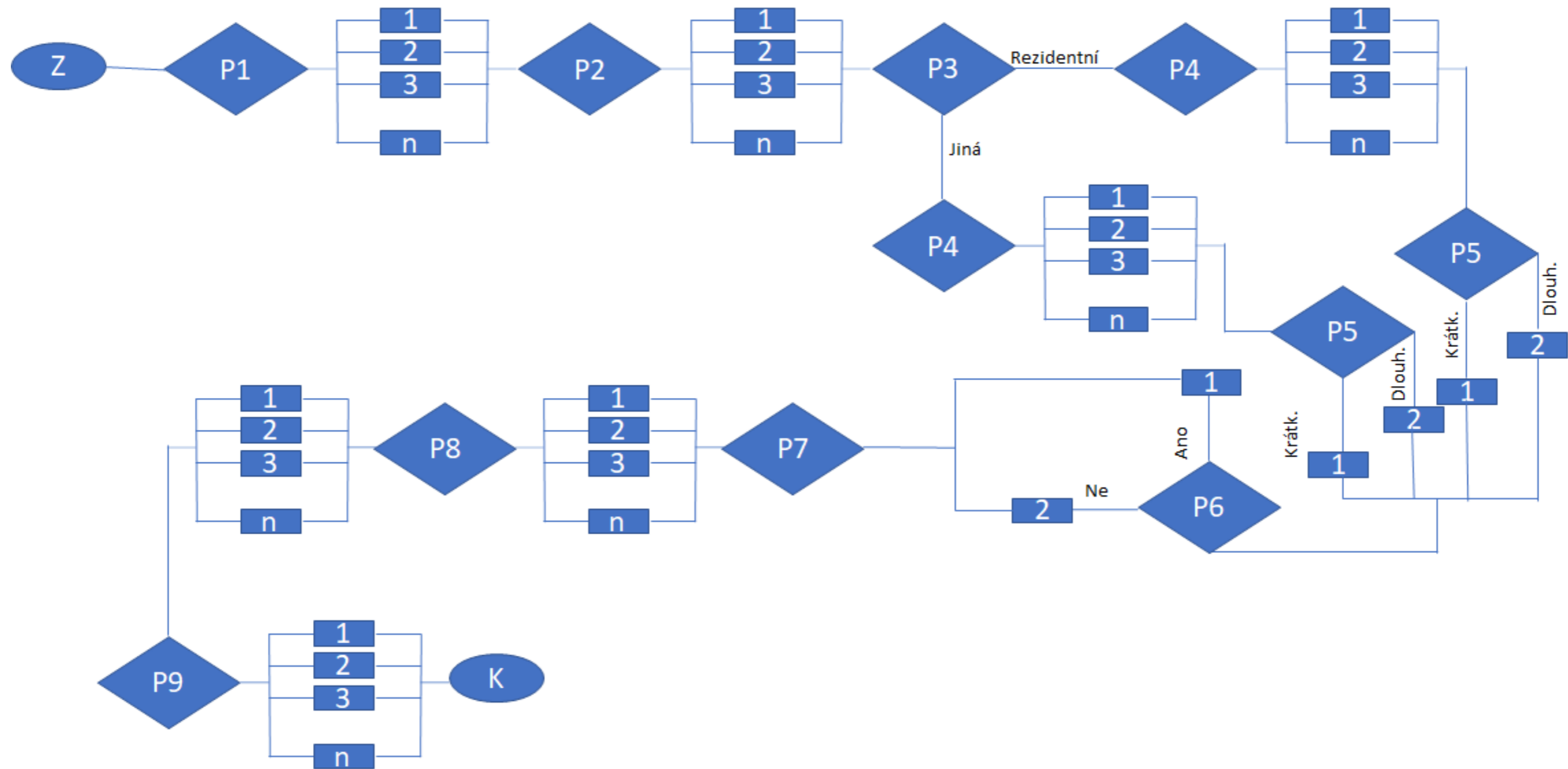
Seznam použitých zdrojů

1. **Navrátilová, Kristýna a Hajčiarová, Eva.** Detailní analýza dostupných prostředků regulace parkování v uličním prostoru. [Online] 2022. <http://www.k620.fd.cvut.cz/sgs21-079-ohk2-1t-16>.
2. **Praha 7 - Wikipedie.** [Online] [Citace: 5. 1 2022.] https://cs.wikipedia.org/wiki/Praha_7.
3. **Správa železnic.** [Online] [Citace: 5. 1 2022.] <https://www.spravazeleznic.cz/>.
4. **AN Holešovice.** [Online] [Citace: 5. 1 2022.] <http://florenc.cz/holesovice/>.
5. **Operátor ICT. Dostupná data: Zóny placeného stání. Datová platforma Golemio.** [Online] 2021. [Citace: 20. Prosinec 2021.] <https://golemio.cz/cs/node/22167#dostupna-data>.
6. **Zóny placeného stání (ZPS) - zakoupené parkování - historická data. opendata hlavního města Prahy.** [Online] 2021. [Citace: 27. Prosinec 2021.] https://opendata.praha.eu/dataset/zps_tickets.
7. **Klatovy - Wikipedie.** [Online] [Citace: 5. 1 2022.] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Klatovy>.

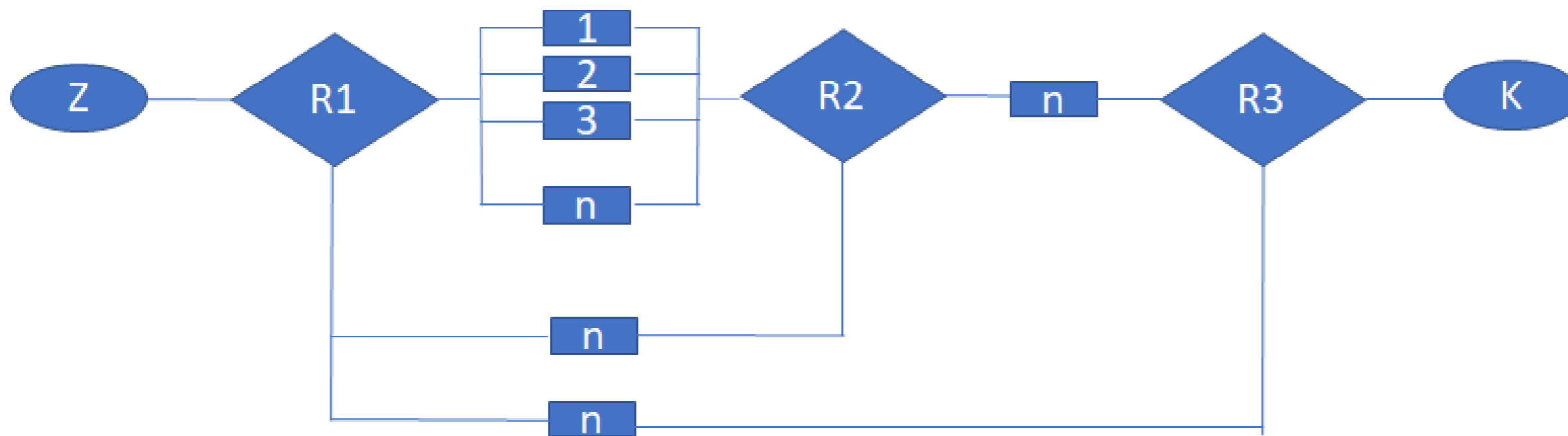
Seznam příloh

Příloha č. 1 Schematický nákres předem definované části algoritmu	45
Příloha č. 2 Schematický nákres proměnné části algoritmu	46
Příloha č. 3 Definovaných fuzzy parametry pro Prahu 7.....	47
Příloha č. 4 Definované parametry po provedení defuzzifikace.....	48
Příloha č. 5 Proměnné parametry pro modelové scénáře.....	49

Příloha č. 1 Schematický náčrt předem definované části algoritmu



Příloha č. 2 Schematický náčrt proměnné části algoritmu



Příloha č. 3 Definovaných fuzzy parametry pro Prahu 7

ID	Lokalita	GPS souřadnice	Vzdálenost od centra [km]	Pásmo	Zastávky MHD a parkoviště	Rezidentní	Denní doba 1	Denní doba 2	Denní doba 3	Denní doba 4	Denní doba 5	Doba parkování	Průjezdnost VD	Kapacitní komunikace dopravní uzly	Obvyklá obsazenost oblasti 1	Obvyklá obsazenost oblasti 2	Obvyklá obsazenost oblasti 3	Obvyklá obsazenost oblasti 4	Obvyklá obsazenost oblasti 5	Průměrná doba parkování [h]
1	P+R	50.1089694N, 14.4412506E	V: 1,07	3	Sběrné parkoviště	Ano	Ano	Spíše ano	Spíše ne	Ano	Ano	dlouhodobé	Dobrá	ano	napůl plné	spíše plné	velmi plné	napůl plné	velmi prázdné	4
2	Strossmayerovo náměstí	50.0987153N, 14.4351064E	J: 1,1	4	Tramvaje/bus	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	krátkodobé	Mírně problematická	ano	velmi plné	spíše plné	spíše plné	velmi plné	velmi plné	0,5
3	Muzeum	50.0975267N, 14.4248156E	J: 1,1	4	Tramvaj, Vlastní parkoviště	Ano	Ne	Ne	Ne	Spíše ne	Ne	krátkodobé	Dobrá	ne	napůl plné	napůl plné	spíše plné	spíše plné	napůl plné	3
4	Sparta	50.1004639N, 14.4155942E	J: 1,0	4	Tramvaj, Vlastní parkoviště	Ne	Ne	Spíše ne	Spíše ne	Ne	Ne	krátkodobé	Dobrá	spíše ano	spíše plné	napůl plné	spíše plné	velmi plné	spíše plné	1
5	Rezidentní oblast	50.1033364N, 14.4341497E	J: 0,7	3	Tramvaje	Dle času	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	krátkodobé	Dobrá	spíše ne	velmi plné	spíše plné	napůl plné	spíše plné	velmi plné	1,5
6	Vltavská	50.0989114N, 14.4384708E	V, J: 1,2	3	Metro, tramvaj, blízko parkoviště	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	krátkodobé	Dobrá	ano	spíše prázdné	spíše plné	spíše plné	napůl plné	spíše prázdné	0,5
7	Kryté parkoviště metro Vltavská	50.1005561N, 14.4384164E	J, V: 1,1	3	Sběrné parkoviště	Ano	Spíše ano	Ano	Spíše ano	Spíše ano	Spíše ano	dlouho i krátkodobé	Dobrá	spíše ano	napůl plné	velmi plné	spíše plné	napůl plné	téměř prázdné	3
8	ZŠ, MŠ, hřbitov, okolí OC Stromovky	50.1022197N, 14.4289125E	J: 0,6	2	Tramvaj relativně daleko, blízko parkoviště	Ne	Ne	Spíše ne	Ne	Ne	Spíše ne	krátkodobé	Mírně problematická	spíše ne	napůl plné	spíše prázdné	spíše plné	spíše prázdné	spíše prázdné	0,5
9	Parkoviště Centrum Stromovka	50.1018592N, 14.4309111E	J: 0,7	3	Parkoviště	Ano	Spíše ne	Spíše ne	Spíše ne	Spíše ne	Spíše ne	dlouhodobé	Dobrá	spíše ano	spíše prázdné	spíše prázdné	napůl plné	napůl plné	velmi prázdné	3
10	Rezidentní oblast	50.1042631N, 14.4526128E	V: 1,9	5	Tramvaje	Dle času	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	krátkodobé	Dobrá	ne	spíše plné	napůl plné	spíše plné	spíše plné	velmi plné	2
11	Pražská tržnice	50.1006917N, 14.4487364E	V: 1,7	4	Tramvaje, poblíž parkoviště	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Spíše ne	krátkodobé	Dobrá	spíše ano	spíše plné	napůl plné	spíše plné	spíše plné	velmi plné	1
12	Rezidentní oblast	50.1059906N, 14.4468956E	V: 1,5	4	Tramvaje	Dle času	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	krátkodobé	Dobrá	spíše ne	napůl plné	napůl plné	spíše plné	spíše plné	spíše plné	2
13	Řezáčovo náměstí	50.1007675N, 14.4360417E	J: 1,0	4	Poblíž parkoviště	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	krátkodobé	Dobrá	spíše ne	spíše plné	napůl plné	spíše plné	spíše plné	velmi plné	0,5
14	Školy, rezidentní oblast	50.0972100N, 14.4309244E	V: 1,0	3	Tramvaj relativně daleko	Ne	Ne	Spíše ne	Ne	Ne	Spíše ne	krátkodobé	Dobrá	ne	velmi plné	napůl plné	spíše plné	napůl plné	spíše plné	0,25
15	Podzemní parkoviště Letná	50.0986147N, 14.4164358E	J: 1,2	5	Sběrné parkoviště	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Dlouhodobé	Dobrá	spíše ano	napůl plné	spíše plné	velmi plné	napůl plné	napůl plné	3

Příloha č. 4 Definované parametry po provedení defuzzifikace

ID	Lokalita	Koeficienty ceny					Váhy parametrů					20	10	7	7	7	7	7	3	3	3	3	3	3
		8:00	12:00	16:00	20:00	0:00	GPS	Vzdálenost od centra Heat mapy	Vzdálenost od centra	Zastávky MHD a parkoviště	Dení doba 1	Dení doba 2	Denní doba 3	Dení doba 4	Dení doba 5	Průjezdnost VD	Kapacitní komunikace dopravní uzly	Obvyklá obsazenost oblasti 1	Obvyklá obsazenost oblasti 2	Obvyklá obsazenost oblasti 3	Obvyklá obsazenost oblasti 4	Obvyklá obsazenost oblasti 5		
1	P+R	108	118	129	108	102	50.1089694N, 14.4412506E	3	3	1	1	2	4	1	1	1	5	3	4	3	3	3	1	
2	Strossmayerovo náměstí	159	156	156	159	159	50.0987153N, 14.4351064E	4	2	4	5	5	5	5	5	2	5	5	4	4	5	5		
3	Muzeum	134	137	130	130	134	50.0975267N, 14.4248156E	4	2	4	5	5	5	4	5	1	1	3	3	4	4	3		
4	Sparta	136	139	149	149	146	50.1004639N, 14.4155942E	4	2	4	5	4	4	5	5	1	4	4	3	4	5	4		
5	Rezidentní oblast	122	147	150	150	153	50.1033364N, 14.4341497E	3	3	3	5	1	5	5	5	1	2	5	4	3	4	5		
6	Vltavská	179	179	176	176	173	50.0989114N, 14.4384708E	3	3	5	5	5	5	5	5	1	5	2	4	4	3	2		
7	Kryté parkoviště metro Vltavská	111	115	112	112	119	50.1005561N, 14.4384164E	3	3	1	2	1	2	2	2	1	4	3	5	4	3	2		
8	ZŠ, MŠ, hřbitov, okolí OC Stromovky	154	167	161	161	164	50.1022197N, 14.4289125E	2	4	2	5	4	5	5	4	2	2	3	2	4	2	2		
9	Parkoviště Centrum Stromovka	123	126	126	126	120	50.1018592N, 14.4309111E	3	3	1	4	4	4	4	4	1	4	2	2	3	3	1		
10	Rezidentní oblast	76	107	107	107	110	50.1042631N, 14.4526128E	5	1	3	5	1	5	5	5	1	1	4	3	4	4	5		
11	Pražská tržnice	143	146	146	146	142	50.1006917N, 14.4487364E	4	2	4	5	5	5	5	4	1	4	4	3	4	4	5		
12	Rezidentní oblast	99	130	130	130	130	50.1059906N, 14.4468956E	4	2	3	5	1	5	5	5	1	2	3	3	4	4	4		
13	Řezáčovo náměstí	127	130	130	130	133	50.1007675N, 14.4360417E	4	2	3	5	5	5	5	5	1	2	4	3	4	4	5		
14	Školy, rezidentní oblast	127	137	134	134	130	50.0972100N, 14.4309244E	3	3	2	5	4	5	5	4	1	1	5	3	4	3	4		
15	Podzemní parkoviště Letná	68	99	93	93	93	50.0986147N, 14.4164358E	5	1	1	5	1	5	5	5	1	4	3	4	5	3	3		

Příloha č. 5 Proměnné parametry pro modelové scénáře

12:00		Koeficienty			Váha parametru						
ID	Lokalita	Váha parametru			0,05			0,1			
		Scénář 6	Scénář 7	Scénář 8	GPS	Aktuální obsazenost 1	Aktuální obsazenost 2	Aktuální obsazenost 3	Kongesce 1	Kongesce 2	Kongesce 3
1	P+R	1,1	1,1	1,2	50.1089694N, 14.4412506E	2	2	4	0	0	0
2	Strossmayerovo náměstí	1,25	1,35	1,2	50.0987153N, 14.4351064E	5	5	4	0	1	0
3	Muzeum	1,2	1,2	1,1	50.0975267N, 14.4248156E	4	4	2	0	0	0
4	Sparta	1,1	1,1	1,25	50.1004639N, 14.4155942E	2	2	5	0	0	0
5	Rezidentní oblast	1,05	1,05	1,1	50.1033364N, 14.4341497E	1	1	2	0	0	0
6	Vltavská	1,2	1,3	1,25	50.0989114N, 14.4384708E	4	4	5	0	1	0
7	Kryté parkoviště metro Vltavská	1,15	1,15	1,2	50.1005561N, 14.4384164E	3	3	4	0	0	0
8	ZŠ, MŠ, hřbitov, okolí OC Stromovky	1,25	1,25	1,1	50.1022197N, 14.4289125E	5	5	2	0	0	0
9	Parkoviště Centrum Stromovka	1,15	1,15	1,2	50.1018592N, 14.4309111E	3	3	4	0	0	0
10	Rezidentní oblast	1,2	1,2	1,2	50.1042631N, 14.4526128E	4	4	4	0	0	0
11	Pražská tržnice	1,25	1,25	1,2	50.1006917N, 14.4487364E	5	5	4	0	0	0
12	Rezidentní oblast	1,1	1,1	1,15	50.1059906N, 14.4468956E	2	2	3	0	0	0
13	Řezáčovo náměstí	1,25	1,25	1,2	50.1007675N, 14.4360417E	5	5	4	0	0	0
14	Školy, rezidentní oblast	1,1	1,1	1,15	50.0972100N, 14.4309244E	2	2	3	0	0	0
15	Podzemní parkoviště Letná	1,15	1,15	1,05	50.0986147N, 14.4164358E	3	3	1	0	0	0
	Max	1,35	1,35								
	Min	1,05	1,05								

Legenda k obsazenosti			
Obsazenost	Od	Do	Poznámky
1	0%	50%	
2	51%	65%	
3	66%	75%	
4	76%	85%	mezní hranice 85%
5	86%	90%	nežádoucí stav
6	91%	-	zvážit uzavření oblasti

Legenda ke kongescím v oblasti	
Kongesce	Legenda
1	Ano
0	Ne