

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA DOPRAVNÍ**

Miroslav Krnáč

**NÁVRH DOPRAVNÍHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU PRO  
HROMADNÉ PARKOVACÍ OBJEKTY**

(Bakalářská práce)

Praha, 2016





K620..... Ústav dopravní telematiky

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Miroslav Krnáč**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy**

Název tématu (česky): **Návrh dopravního informačního systému  
pro hromadné parkovací objekty**

Název tématu (anglicky): Traffic information system design for public parking  
objects

### Zásady pro vypracování

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

- Seznamte se s problematikou parkování v hromadných parkovacích objektech. Vypracujte příslušnou analýzu, včetně měření veličin, akčních členů a odpovídajících principů.
- Analyzujte možnosti informování účastníků silniční dopravy v souvislosti s parkováním v hromadných parkovacích objektech.
- Navrhněte aplikaci informačního systému pro konkrétní parkovací objekt.
- Implementujte svůj návrh na prostředí řídicích systémů. Vytvořený návrh náležitě zdokumentujte.
- Analyzujte spolehlivost funkce navržené aplikace.

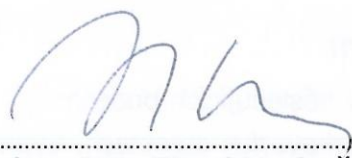
- Rozsah grafických prací: blíže nespecifikován
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Příbyl, P.: Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 184 s. ISBN 80-01-03122-5.
- Svítek, M: Telematika nad dopravními sítěmi. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2004, 263 s., ISBN 80-01-03087-3.
- Příbyl, P. Svítek, M: Inteligentní dopravní systémy. Praha: BEN -technická literatura, 2001, 543 s. ISBN 80-7300-029-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Bc. Vladimír Faltus, Ph.D.**

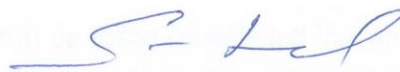
Datum zadání bakalářské práce: **23. října 2015**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **25. srpna 2016**

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



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu dopravní telematiky



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Miroslav Krnáč  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 23. října 2015

## **Prohlášení**

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

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

V Praze dne 25. 8. 2016

.....

Miroslav Krnáč

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

**NÁVRH DOPRAVNÍHO INFORMAČNÍHO SYSTÉMU PRO HROMADNÉ PARKOVACÍ  
OBJEKTY**

Bakalářská práce

Srpen 2016

**Úplná bibliografická identifikace**

**Jméno a příjmení autora:** Miroslav Krnáč

**Název bakalářské práce:** Návrh dopravního informačního systému pro hromadné parkovací objekty

**Pracoviště:** Ústav dopravní telematiky

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Bc. Vladimír Faltus, Ph.D.

**Rok obhajoby bakalářské práce:** 2016

**Počet stran:** 58

**Počet příloh:** 3

**Anotace (abstrakt)**

Bakalářská práce se zabývá informačními systémy pro parkování v hromadných parkovacích objektech. První kapitola je zaměřena na seznámení s kategoriemi parkování, s druhy detektorů užívaných v parkovacích objektech a s akčními členy. Další dvě kapitoly jsou věnovány návrhu dopravního informačního systému pro zvolené parkoviště, návrhu algoritmů a jejich implementaci na řídicí systémy.

**Abstract**

This Bachelor thesis deals with parking information systems used in public parking objects. First chapter is focused on getting acquainted with categories of parking, different types

of detectors used in public parking objects and with actuators. Next two chapters are devoted to traffic information system design for chosen parking lot, algorithms design and implementation to control systems.

**Klíčová slova**

Parkování, hromadný parkovací objekt, parkovací systém, proměnná informační tabule, detektor, programovatelné automaty PLC, algoritmus.

**Klíčová slova**

Parking, public parking object, parking system, variable information board, detector, programmable logic controllers PLC, algorithm.

# Obsah

<b>Seznam použitých zkratk</b> .....	<b>5</b>
<b>Slovník pojmů</b> .....	<b>6</b>
<b>Poděkování</b> .....	<b>7</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Parkovací systémy</b> .....	<b>9</b>
1.1 Kategorie způsobu parkování .....	9
1.1.1 Hromadné parkovací objekty .....	10
1.1.2 Ohraničené venkovní parkovací plochy .....	10
1.1.3 Neohraničené plochy či místa na veřejných komunikacích.....	11
1.1.4 Parkoviště typu P+R .....	11
1.1.5 Automatické parkovací systémy.....	12
1.1.6 Platby za parkování.....	12
1.2 Architektura telematiky parkovacích systémů .....	13
1.3 Detektory v hromadných parkovacích objektech .....	14
1.3.1 Indukční smyčky .....	15
1.3.2 Ultrazvukové detektory.....	16
1.3.3 Optická závora .....	17
1.3.4 ALPR .....	18
1.4 Akční členy v hromadných parkovacích objektech.....	19
1.4.1 Proměnné informační tabule .....	19
1.4.2 Světelné indikátory .....	20
1.4.3 Ostatní akční členy .....	21
1.5 Automaty .....	22
1.6 Akční členy mimo hromadné parkovací objekty.....	23
1.7 Internetové aplikace.....	23
<b>2 Návrh systému</b> .....	<b>25</b>
2.1 Hledání vhodného objektu.....	25
2.2 Popis objektu .....	26
2.3 Potřeby uživatelů .....	27
2.4 Systémová architektura .....	28
2.4.1 Funkce systému.....	28
2.4.1.1 Zachovávané funkce .....	28
2.4.1.2 Nové funkce .....	29
2.4.1.3 Principy pro funkci zjišťování počtu volných míst .....	30
2.4.2 Informační toky.....	31
2.4.3 Fyzické uspořádání.....	32
2.4.3.1 Rozmístění proměnných informačních tabulí a detektorů.....	32
2.4.3.2 Uspořádání PIT v místech větvení .....	33
2.4.3.3 Uspořádání venkovní PIT .....	35



2.4.4	<i>Komunikační uspořádání</i> .....	37
2.5	Návrh algoritmů funkcí .....	38
2.5.1	<i>Algoritmus pro detektory umístěné na každém parkovacím místě</i> .....	38
2.5.2	<i>Algoritmus pro rozdělení dat z detektorů do zón</i> .....	39
2.5.3	<i>Algoritmus pro výpočet počtu vozidel v objektu metodou vjezd, výjezd</i> .....	40
2.5.4	<i>Algoritmus pro zobrazení stavu indikátorů</i> .....	41
2.5.5	<i>Algoritmus pro zobrazení volných míst na vnitřních tabulích objektu</i> .....	42
2.5.6	<i>Algoritmus pro zobrazení počtu volných míst na vnějších PIT objektu</i> .....	43
2.5.7	<i>Algoritmus pro synchronizaci dat</i> .....	44
2.5.8	<i>Algoritmus pro odesílání dat na centrální řídicí systém</i> .....	45
2.6	Analýza spolehlivosti a funkčnosti systému .....	46
<b>3</b>	<b>Implementace na řídicí systémy</b> .....	<b>48</b>
3.1	Použitý hardware .....	48
3.2	Konfigurace .....	48
3.3	Implementace algoritmů .....	49
3.4	Testování algoritmu.....	51
	<b>Závěr</b> .....	<b>52</b>
	<b>Seznam použitých zdrojů</b> .....	<b>53</b>
	<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>55</b>
	<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>57</b>
	<b>Seznam příloh</b> .....	<b>58</b>

## Seznam použitých zkratk

ALPR	Automatic license plate recognition	Automatické rozpoznání registrační značky
APS	Automatic parking systems	Automatické parkovací systémy
B+R	Bike and ride	Odstav kolo a jeď
DSRC	Dedicated short range communication	Vyhrazená komunikace krátkého dosahu
EFC	Electronic fee collection	Elektronický výběr poplatků
GSM	Global system for mobile communication	Globální systém pro mobilní komunikaci
LED	Light emitting diode	Dioda emitující světlo
MHD	---	Městská hromadná doprava
OC	---	Obchodní centrum
OOSP	---	Osoby s omezenou schopností Pohybu
PID	---	Pražská integrovaná doprava
PIT	---	Proměnná informační tabule
PLC	Programable logic controller	Programovatelný automat
P+R	Park and ride	Zaparkuj a jeď
RZ	---	Registrační značka
SMS	Short message service	Služba krátkých textových zpráv
XML	Extensible markup language	Rozšířitelný značkovací jazyk

## **Slovník pojmů**

**Abonent** – Předplatitel či odběratel.

**Algoritmus** – Postup při řešení úlohy.

**Automatický parkovací systém** – Systém, ve kterém řidič nemanipuluje se svým vozem při procesu parkování.

**Implementace** – Aplikace (systému) v nových podmínkách, resp. realizace návrhu na konkrétním hardware a software.

**Indikátor** – Zobrazuje stav obsazenosti parkovacího místa.

**Obsazenost parkoviště** – Počet obsazených míst v hromadném parkovacím objektu.

## **Poděkování**

Na tomto místě bych velice rád poděkoval panu Ing. Bc. Vladimíru Faltusovi, Ph.D., za odborné rady, trpělivost a ochotu při konzultacích, kterou mi při zpracování této bakalářské práce věnoval.

## Úvod

Ve své bakalářské práci se budu zabývat dopravními informačními systémy pro hromadné parkovací objekty. Toto téma jsem si vybral z důvodu stále se zvyšující automobilizace v České republice, a proto je nutností zabývat se tematikou parkování a odstavování vozidel v parkovacích objektech.

Jedním z cílů této bakalářské práce je nabytí jak teoretických, tak praktických zkušeností s problematikou parkování a řídicími systémy. Je třeba vybrat vhodný hromadný parkovací objekt a případně provést úpravy pro možnost navržení funkčního informačního systému. Dalším cílem je navržení rozmístění a grafické podoby všech akčních členů, navrhnout důležité algoritmy a implementovat jeden navržený algoritmus na programovatelné automaty, na kterých bude následně algoritmus testován.

V teoretické části práce (první kapitola) se budu zabývat seznámením se základními způsoby parkování a architekturou telematiky parkovacích systémů. Dále se budu věnovat detektorům užívaným v parkovacích objektech, automatům, akčním členům v hromadných parkovacích objektech a akčním členům umístěným mimo hromadné parkovací objekty, které s těmito objekty souvisejí.

V praktické části (druhá a třetí kapitola) se budu věnovat návrhu informačního systému pro vybraný hromadný parkovací objekt. Budu analyzovat stávající systémy objektu, potřeb uživatelů a následně zavedu systémy nové. Dále navrhnu jednotlivé proměnné informační tabule, jejich rozmístění a také rozmístění jednotlivých detektorů. V neposlední řadě navrhnu algoritmy pro správný chod systému a jeden vybraný algoritmus implementuji na prostředí programovatelných automatů (PLC).

# 1 Parkovací systémy

Parkováním vozidla se rozumí umístění vozidla mimo jízdní pruhy pozemní komunikace obvykle po dobu zaměstnání, nákupu, naložení nebo vyložení nákladu či osob. Odstavení vozidla znamená umístění vozidla mimo jízdní pruhy pozemní komunikace obvykle v místě bydliště, kde se vozidlo nepoužívá. Parkoviště je zpravidla několik parkovacích stání umístěné mimo pozemní komunikaci, jedná se o prostor pro parkování nebo odstavení vozidel.

Doprava v klidu, kterou rozumíme parkování a odstavování vozidel, je neodmyslitelnou součástí dopravního systému a při jejím nesprávném navržení má obrovský vliv na regulační prvky dopravního řešení města. Vzhledem k růstu stupně automobilizace se parkování a odstavování vozidel dotýká téměř všech žijících občanů na území měst. Průměrný oběh osobních vozidel je 10 % jízda a zbylých 90 % zajišťuje parkování a odstavování vozidel [4].

Požadavky na kvalitu dopravy stále rostou, a proto nalézáme stále větší a větší uplatnění telematických služeb v oblasti dopravy v klidu. Z dnešního pohledu lze telematické služby chápat jako ucelenou, komplexní součást telematického systému. Pomáhají uživateli zkracovat dobu parkování, informují o stavu a dostupnosti parkovacích míst, obsahují systém vybírání poplatků a závor. Jsou běžně implementovány v řadě zemí po celém světě včetně České republiky.

Mezi telematické systémy pro dopravu v klidu lze zařadit například naváděcí systémy na parkoviště, moderní parkovací automaty a jejich komunikaci s řídicími centry, systémy informování účastníků v hromadných parkovacích objektech nebo technologické vybavení používané na parkovištích [1]. Velkým přínosem v oblasti dopravy v klidu je poskytování informací na internet. Uživatel může kdykoliv kontrolovat volnost parkovacích míst, ale také si místa rezervovat, či prodloužit dobu parkování.

## 1.1 Kategorie způsobu parkování

Kategorie způsobu parkování vybíráme podle organizace parkování. V této práci se nejvíce budu věnovat kategorii hromadných parkovacích objektů, ostatní budou zmíněny v souvislosti s technickými odlišnostmi. Mezi případ patří individuální garáže, které jsou téměř vždy soukromé, a není důvod se jim v této práci blíže věnovat.

### **1.1.1 Hromadné parkovací objekty**

Hromadným parkovacím objektem rozumíme krytý stavební objekt (garáž), který umožňuje odstavení nebo parkování více jak 3 vozidlům [4]. Kvůli současnému počtu vozidel připadajících na obyvatelstvo a omezené kapacitě parkovacích míst na veřejných komunikacích, je výstavba těchto objektů nutností pro zlepšení dopravní situace v zatížených částech měst. Z hlediska vztahu k terénu se jedná se o nadzemní, podzemní či kombinované garáže.

Pro správnou a spolehlivou funkci hromadných parkovacích objektů je nutné zajistit technologická zařízení včetně aktorů. Podrobnosti budou uvedeny ve zbytku této kapitoly. Jedním z dílčích hromadných parkovacích systémů je i automatický parkovací systém (dále APS), ale vzhledem k odlišné technologii je tomuto systému věnována kapitola. V systému APS řidič nemanipuluje se svým vozem při procesu parkování.

Hromadné parkovací objekty mohou mít různé kombinace počtu vjezdů a výjezdů. V menších hromadných parkovacích objektech je zpravidla jeden vjezd a jeden výjezd. Ve větších objektech je počet vjezdů a výjezdů určen velikostí objektu a intenzitou provozu uvnitř objektu.

Existují veřejné a soukromé hromadné parkovací objekty. Telematické systémy v obou druzích objektů mohou být podobné. U veřejných objektů se mj. uplatňují informace pro běžného uživatele (počet volných míst), u soukromých objektů je nedílnou součástí identifikace uživatelů pro umožnění vjezdu. Tato práce se zaměřuje na veřejné parkovací objekty.

### **1.1.2 Ohraničené venkovní parkovací plochy**

Mezi ohraničené venkovní parkovací plochy řadíme oplocená firemní parkoviště, soukromá parkoviště, veřejná hlídaná parkoviště a vnitrobloky.

Hlavní odlišností od neohraničených parkovacích ploch může být neustálý dohled na parkovišti v podobě kamerových systémů nebo hlídání pověřeným pracovníkem. Ohraničené venkovní parkovací plochy mívají zpravidla jeden vjezd a jeden výjezd

Vnitrobloky jsou taktéž ohraničené parkovací plochy. Zřizují se v zástavbách nebo stavebních objektech. Jsou důležité především v hustě obydlených městských oblastech, kde není možné jinak vytvořit parkovací kapacity. Výstavba garáží ve vnitroblocích není vyloučena, avšak nesmí negativně ovlivňovat životní prostředí. Je nezbytné, aby se minimalizovalo působení

hluku, vibrací a zplodin při pohybu vozidel ve vnitroblocích. Při realizaci garáží se preferují podzemní garáže pro následnou možnost revitalizace zeleně. Např. v Praze ve starších zástavbách je podíl tohoto druhu odstavného stání 10 – 20 % z celkového množství odstavených vozidel [2]. Plátcí těchto parkovacích kapacit jsou abonenti nebo pracovníci firem v okolí vnitrobloku.

### **1.1.3 Neohraničené plochy či místa na veřejných komunikacích**

Parkovací kapacity na veřejných komunikacích jsou pevně dané a neměnné. Rozšiřování těchto kapacit je možné jen změnou dopravního režimu nebo stavebními úpravami. Při současném nárůstu automobilizace a dopravních výkonů je nutností účinně regulovat a organizovat parkování na veřejných komunikacích. Jedním z hlavních cílů je přesun parkujících vozidel z míst veřejných komunikací do hromadných parkovacích objektů, garáží a využití tohoto prostoru pro pěší provoz. [2]

Speciálním případem parkování na veřejných komunikacích je K+R parkování. Jsou umístěna v blízkosti stanic metra a železnice. Jsou určena pro výstup přepravovaných osob řidičem osobního automobilu.

Hromadná neohraničená parkoviště v koncentrovanějších obytných zástavbách jsou volně přístupná a nehlídaná. Parkování na těchto místech je bez jakéhokoliv poplatku.

### **1.1.4 Parkoviště typu P+R**

Parkoviště tohoto typu (též označovaná jako záchytná parkoviště) jsou technologicky zcela shodná s hromadnými parkovacími objekty nebo ohraničenými venkovními plochami. Kombinují dopravu individuálními automobily s návazností na městskou hromadnou dopravu. Záchytná parkoviště se obvykle budují v blízkosti stanic metra, vlakových nádraží na okrajích měst. Hlavním cílem zřízení P+R je snižování intenzit automobilové dopravy v centrálních městských částech, snižování ekologických důsledků dopravy jako jsou vibrace, výfukové plyny a hluk.

Velkou výhodou je zkrácení doby jízdy řidičů do centra, úspora pohonných hmot, ochrana proti případnému odcizení vozidel a nižší cena parkování oproti centru města. Podobnou P+R službou je B+R (Bike and Ride). Která je určena pro cyklisty. Ti si mohou zpravidla bezplatně nechat parkovat jízdní kolo.

V Praze na P+R parkovištích nelze parkovací lístek využít jako jízdenku MHD, cestující si tedy musí zakoupit platné jízdné dle ceníku PID. Informace o odjezdech MHD mohou být



realizovány pomocí proměnných tabulí (realizováno například P+R Opatov). Parkoviště mohou být ohraničená, venkovní, krytá a jsou pod nepřetržitým dohledem 24 hodin denně.

### **1.1.5 Automatické parkovací systémy**

V APS se využívá zcela automatického parkování bez zásahu řidiče. Minimalizuje nároky na prostory pro parkování vozidel díky hustějšímu uložení vozidel na malé ploše a to i umístováním vozidel vertikálně. Tím je zaručena maximalizace počtu parkovacích míst na minimálním prostoru.

Pro zaparkování a vyzvednutí vozidel používá APS mechanický systém transportu, kdy řidič zaparkuje své vozidlo do boxu, ze kterého je vozidlo doručeno na volné parkovací místo v objektu. V případě vyzvednutí vozidla, je systémem vybráno a doručeno zpět do boxu, kde si ho vlastník převezme.

Běžným provedením APS je tzv. regálová technologie s automatickým zakládáním vozidel. Vozidlo vjíždí do nájezdového prostoru na parkovací plošinu, která optimálně zaparkuje vozidlo do regálu a při vyzvednutí vozidla nastaví vozidlo tak, aby řidič mohl co nejjednodušeji z plošiny vyjet. Nájezdový prostor se může nacházet v jakémkoliv patře. Řidič najede do vjezdového prostoru na plošinu a je mu poskytnuta parkovací karta s kódem. Řídící počítač automaticky nalezne nejvhodnější volné parkovací místo a celý proces parkování provede zcela automatizovaně. Při potřebě vyložení vozidla majitel vozu pomocí parkovací karty své vozidlo vyzvedne. Přednost mají zakládaná vozidla před vykládanými. [2]

Hlavními rozhodujícími požadavky na APS je rychlost zaparkování a následného vydání vozidla, bezpečnost při manipulaci s vozidlem a samozřejmě spolehlivost. Výhodou těchto systémů je možnost realizace podzemních garáží.

### **1.1.6 Platby za parkování**

S parkováním a odstavováním vozidel samozřejmě souvisí i jeho zpoplatnění. Některá parkovací a odstavná místa na veřejných komunikacích či v hromadných parkovacích objektech mohou být zpoplatněná. K realizaci těchto plateb slouží systémy parkovacích automatů, které zajišťují platby řidičů parkujících vozidel nebo pomocí internetu. Realizace plateb je možná v hotovosti pomocí mincí, bankovek, elektronickou platbou pomocí magnetických nebo čipových parkovacích karet, bankovních karet či SMS zprávami. Platby je možno provádět předplacením parkovacího místa, platbou po příjezdu, před odjezdem nebo systémem elektronických plateb EFC. Předplacení parkovacích míst je možné na hodiny nebo

dny a v hromadných parkovacích objektech určených pro dlouhodobé odstavování vozidel je možné tyto doby prodlužovat na týdny či měsíce. V hromadných parkovacích objektech jako jsou například obchodní centra, je parkování zpravidla na několik hodin denně zdarma. Po uplynutí této doby je parkování zpoplatněno ceníkem obchodních center. Na veřejných komunikacích je toto parkování zpoplatněno ihned po příjezdu.

Poptávka po parkovacích místech je vyšší než kapacita komunikací a po zpoplatnění poptávka klesá. Jedním z hlavních důvodů zpoplatnění parkovacích míst na veřejných komunikacích je regulační účel. Regulaci lze zajistit zvyšováním poplatků parkovného v jednotlivých oblastech. Dalším důvodem je krytí nákladů provozovatelů parkování.

V případě platby po příjezdu si zákazník předplatí čas, po který bude využívat parkovacího místa. Obdrží výdejní lístek, na kterém budou údaje o době vypršení předplaceného času. Po vypršení této doby si zákazník musí předplatit další časové období nebo neprodleně opustit parkovací místo.

Při platbě před odjezdem zákazník po příjezdu obdrží výdejní lístek či kartu, kde je zaznamenáno datum a čas příjezdu. Při odjezdu zákazník vloží výdejní lístek nebo kartu do platebního automatu, kde bude zobrazena částka, kterou je nucen za využitou parkovací dobu uhradit. Tyto platební metody se využívají zejména v hromadných garážových objektech a hlídaných parkovištích.

Jinou možností plateb jsou komplexní systémy evidence účastníků. Uživatel je identifikován pomocí čipové karty nebo je evidován (předem registrován v databázi systémů) a identifikuje se pomocí registrační značky (RZ), případně záložní variantou. Tímto elektronickým systémem lze také elektronicky rezervovat parkovací místa. Existují dva základní typy tohoto systému: otevřený a uzavřený. V otevřeném systému se platí pouze při příjezdu, to znamená, že není zpoplatněna doba stání. V uzavřeném systému se sleduje vjezd a výjezd registrovaného vozidla a zpoplatněna je doba parkování. V těchto systémech uživatel parkoviště nemusí fyzicky manipulovat s automaty, kartami či bankovkami. Identifikace účastníka může být realizována načtením RZ pomocí automatického rozpoznání registrační značky.

## **1.2 Architektura telematiky parkovacích systémů**

Telematické systémy dopravy v klidu mají běžně tříúrovňovou hierarchickou systémovou architekturu (Obr. 1). Sousední úrovně jsou propojeny a předávají si informace. Nejnižší (třetí) úroveň obsahuje zařízení na parkovišti, ovládána je z řídicí jednotky a obsahuje dále

veškeré detektory, ale také akční členy, jako jsou proměnné informační tabule (PIT), světelné indikátory apod. Druhou úrovní je centrální řídicí systém parkovišť. Je to automatizovaný systém, který získává informace z parkovišť ve městě, informuje účastníky provozu a poskytuje informace prostřednictvím dalších kanálů. Na nejvyšší úrovni je operátorský dohled a krizový management dopravního systému města. Krizový management řeší poruchy systému nebo mimořádné události případně nestandardní dopravní excesy. Je zajišťován na dvou místech:

- Dispečerské centrum parkoviště;
- Městský dopravní dispečink.



Obr. 1: Systémová architektura parkovacích systémů (řídicí část)

### 1.3 Detektory v hromadných parkovacích objektech

Dopravní detektory jsou zařízení, která mají za účel sledovat a získávat dopravní informace. Jsou součástí nejnižší úrovně architektury telematického systému a jsou umístěny v parkovacích objektech. Mezi veličiny získané z detektorů v hromadných parkovacích objektech můžeme řadit obsazenost parkovacího místa, počet vozidel v zónách, či celém parkovacím objektu, rozpoznávání registračních značek a také výšku vozidla. Nejpoužívanějšími detektory jsou indukční smyčky, optické závory, ultrazvukové detektory, detektory reagující na změnu magnetického pole a automatické rozpoznání registrační značky (ALPR).

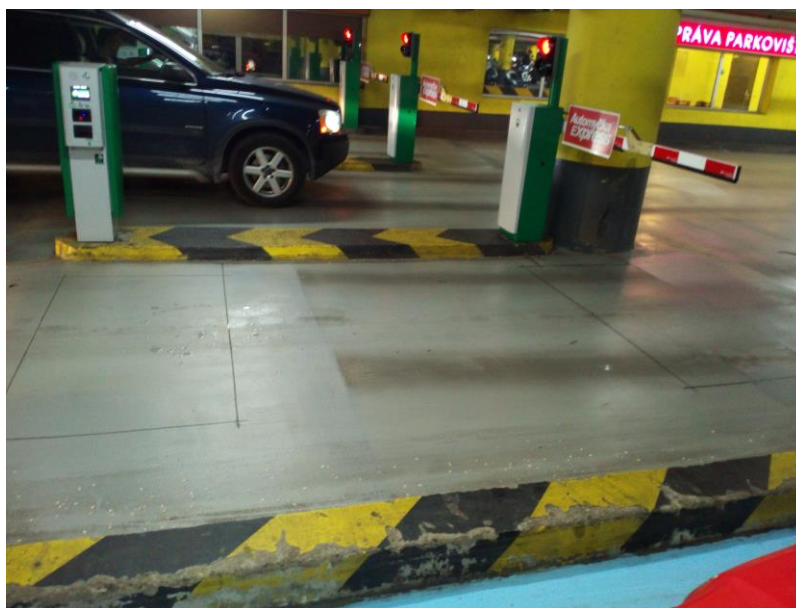
Detektory mohou být umístovány na každé parkovací místo nebo mohou být instalovány tak, aby rozdělovaly parkovací prostory na určité zóny. V případě instalace intrusivních detektorů na jednotlivá parkovací místa se provede instalace pod vozovku. Příjezd vozidla mění magnetické pole tohoto detektoru. Neintrusivní detektory se umísťují nad vozovku. Pomocí algoritmu je dále vyhodnoceno, zda je na parkovacím místě vozidlo.

Data jsou odesílána do řídicí jednotky parkoviště, kde se dále využívají pro možnosti informování účastníků o volných parkovacích místech. Řídicí jednotkou parkoviště je počítač se softwarem, který tato data vyhodnocuje a zpracovává.

V hromadných parkovacích objektech rozlišujeme detektory na dopravní a bezpečnostní. Mezi dopravní detektory řadíme indukční smyčky, ultrazvukové detektory, optické závory a automatické rozpoznávání RZ, budeme se jim podrobněji věnovat v následujících kapitolách. Mezi bezpečnostní detektory řadíme kouřové detektory, které jsou schopny rozeznat přítomnost kouře při požáru. Teplotní čidla snímající teplotu především za účelem detekce požáru. Detektory škodlivých plynů, které snímají možné toxické nebezpečí v uzavřeném prostoru parkoviště. Bezpečnostním detektorům se ale v této práci blíže věnovat nebudeme.

### **1.3.1 Indukční smyčky**

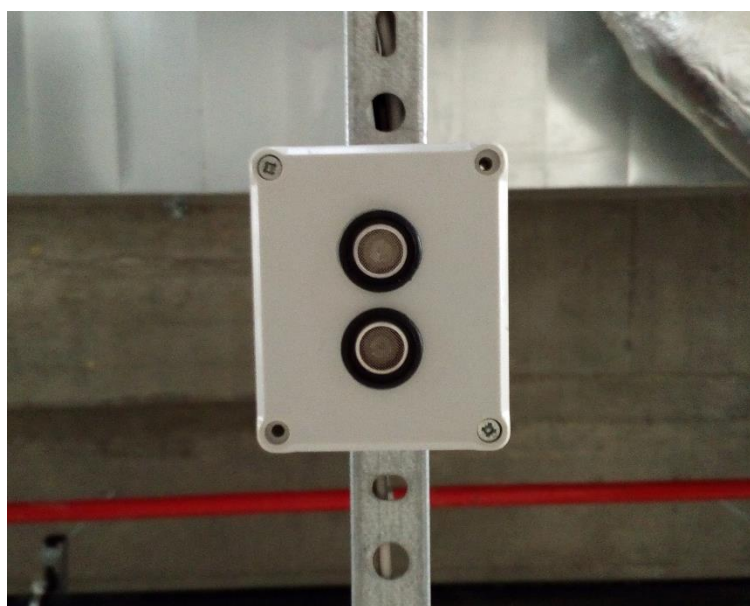
Jedná se o intrusivní detektory, které reagují na kovovou konstrukci vozidla, a tím se mění indukčnost cívky [5]. V případě odděleného vjezdu a výjezdu se v hromadných parkovacích objektech nejvíce využívají dvě indukční smyčky, které jsou instalovány na vjezdu a dvě smyčky, které jsou instalovány na výjezdu. První indukční smyčka slouží k detekci vozidla před platebním či výdejním automatem. Druhá smyčka je umístěna pod trámcem břevna závory a slouží k detekování vozidla jako zabezpečení proti předčasnému spuštění závory (Obr. 2). Tyto detektory mohou být zároveň využity pro určování počtu vozidel v parkovacím objektu. Při spojeném vjezdu s výjezdem lze pomocí dvou indukčních smyček rozeznávat směr jízdy vozidla.



Obr. 2: Využití dvou indukčních smyček na vjezd do obchodního centra Nový Smíchov, Praha.

### 1.3.2 Ultrazvukové detektory

Umísťují se nad povrchem vozovky. Měří vzdálenost mezi detektorem a povrchem vozovky případně vozidlem. Z detektoru jsou vysílány pravidelné zvukové vlny a měří se čas, kdy se odražená vlna vrátí zpět. Pokud je tento čas kratší než odpovídá času mezi vzdáleností povrchu vozovky a zpět, pak snímač vyhodnotí parkovací místo jako obsazené. Tato informace je dále odeslána do řídicí jednotky, vyhodnocena a využita pro zobrazení obsazenosti na proměnné informační tabule, či například LED indikátory. Příklad ultrazvukového detektoru je na Obr. 3.

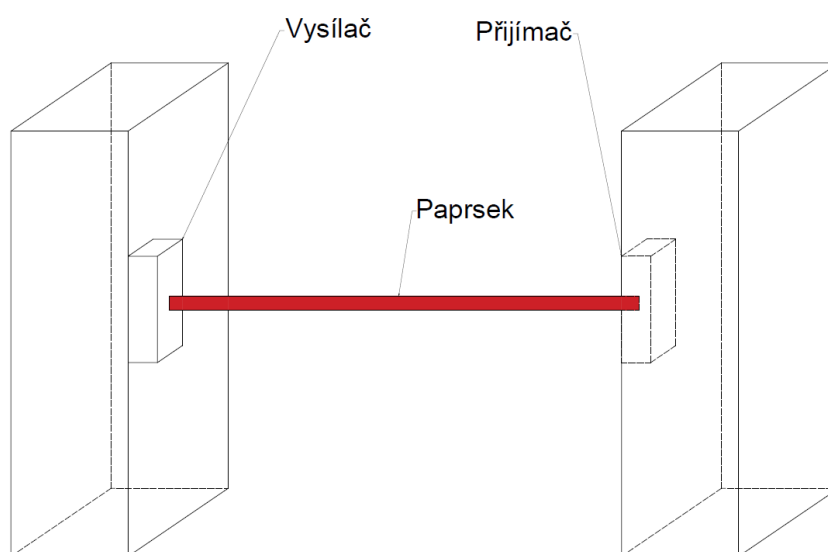


Obr. 3: Ultrazvukový detektor v obchodním centru Florentinum, Praha.

### 1.3.3 Optická závora

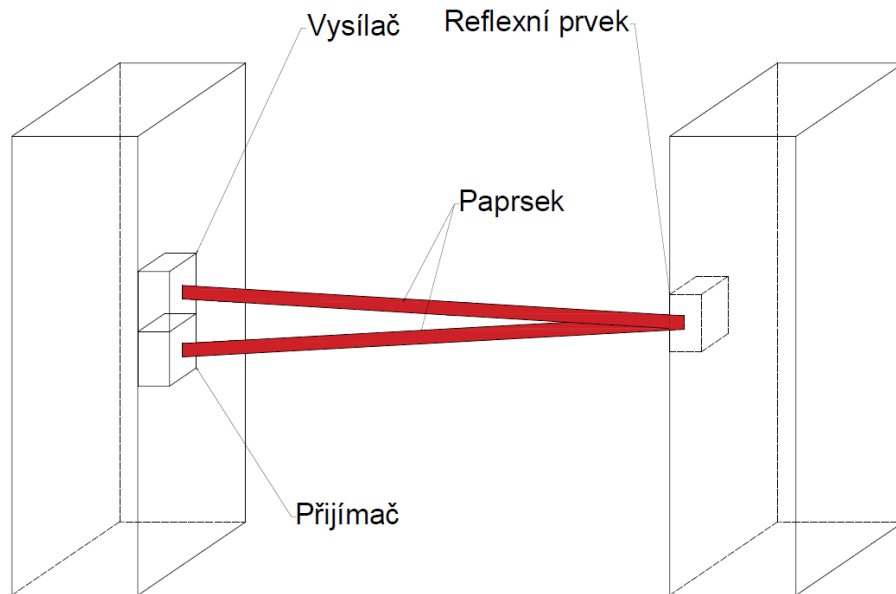
Optická závora je jedním z řešení detekce objektů. Jsou zpravidla umístěny v parkovacích objektech pro detekci vozidla před závorou či výdejním automatem.

Pracují na principu přerušení infračerveného paprsku světla mezi vysílačem a přijímačem. Optické závory mají dva základní způsoby provedení. Prvním provedením je umístění přijímače a vysílače na různá místa (Obr. 4), kdy je paprsek z vysílače přímo směřován do přijímače. Přerušením tohoto paprsku dojde k detekci vozidla.



Obr. 4: Optická závora s odděleným vysílačem a přijímačem.

Druhým provedením je umístění přijímače a vysílače v jednom místě (Obr. 5). Vysílač vysílá paprsek, který je nasměrovaný přes kontrolovaný prostor do reflexního prvku, který následně tento paprsek odrazí zpět do přijímače. Při přerušení tohoto paprsku je vyvolána změna stavu v senzoru a je detekováno vozidlo.

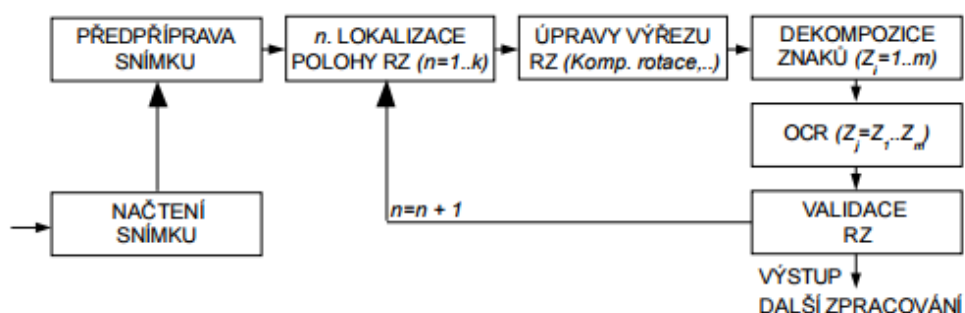


Obr. 5: Optická závora se společným vysílačem a přijímačem

### 1.3.4 ALPR

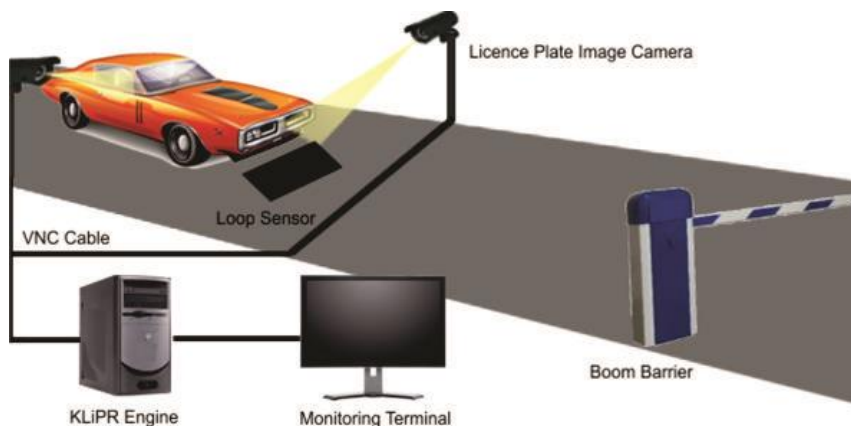
V současné době se systém automatického rozpoznání registrační značky (dále jen ALPR) stává běžnou součástí vjezdů a výjezdů areálů a parkovišť. Umožňuje identifikovat vozidla a na základě toho bezobslužně ovládat vjezdové a výjezdové závory, evidovat projíždějící vozidla a případně znemožnit vjezd neoprávněným vozidlům, umožňují určit dobu parkování resp. pobytu v parkovacím objektu, mapovat výskyt vozidel a počet obsazených míst.

ALPR zaznamenává video nebo fotografie poznávacích značek, ty jsou zpracovány řadou algoritmů, které jsou schopny převést zachycený obraz na text porovnáním se šablonami znaků. Základním faktorem pro správné rozpoznání RZ je přesná lokalizace její polohy. Nepřesné a obecné určení pozice RZ vede k dalším zpřesňujícím postupům. Běžným postupem lokalizace RZ je hledání předem definovaného bloku charakterizovaného přítomností velkého počtu vertikálních hran, vzniklých aplikací vertikálního hranového operátoru na vstupní snímek. Dekompozice ALPR je na Obr. 6. [6]



Obr. 6: Dekompozice systému rozpoznávání registračních značek vozidel [6]

System není nikdy stoprocentní, a proto je třeba ošetřit případy, kdy registrační značka není načtena. Základní funkční prvky systému jsou zobrazeny na Obr. 7.



Obr. 7: Základní funkční prvky systému ALPR [7]

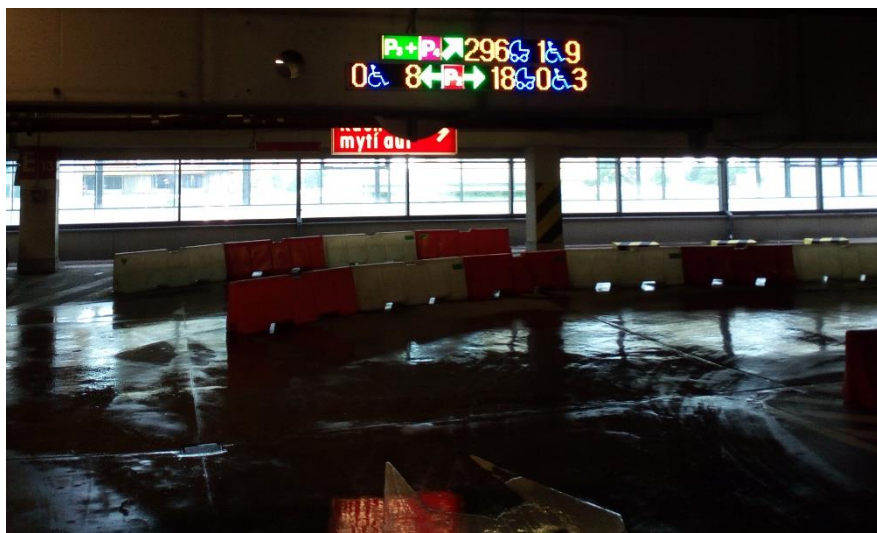
## 1.4 Akční členy v hromadných parkovacích objektech

Po detekci veličin z detektorů a zpracování řídicím systémem je nutné těmito veličinami informovat účastníky provozu. To zajišťují akční členy v hromadných parkovacích objektech. Jsou to proměnné informační tabule, návěstidla, závory nebo poskytování informací na internet. Nejvýznamnější z pohledu této práce jsou proměnné informační tabule, a proto jim bude věnována samostatná kapitola 1.4.1. V kapitole 1.4.3 budou uvedeny ostatní akční členy.

### 1.4.1 Proměnné informační tabule

Proměnné informační tabule jsou zařízení pro informování účastníků provozu pomocí proměnných symbolů s kombinací neproměnného dopravního značení. V hromadných parkovacích objektech se jedná o navigaci na volná parkovací místa, informování o počtu volných parkovacích míst, obsazenosti či neobsazenosti parkoviště a informaci o dovoleném a nedovoleném vjezdu. Volná parkovací místa mohou být dále dělena značením na parkovací místa pro osoby s omezenou schopností pohybu (OOSP), rodinná parkovací místa a běžná parkovací místa (viz Obr. 8).





Obr. 8: Proměnná informační tabule s počtem volných míst a navigací v obchodním centru Arkády Pankrác, Praha.

Hlavní funkcí proměnných informačních tabulí v místech hromadných parkovacích objektů je poskytnutí včasných a dostatečných informací o stavu parkoviště a přesná navigace na volná místa. Proměnné tabule se umísťují do mnoha míst hromadného parkovacího objektu, jako je vjezd do hromadného objektu, pro informování o volných parkovacích místech v celém objektu. V místě větvení cest, pro informaci o volných místech v jednotlivých částech parkovacího objektu a následnou navigaci do těchto částí. Takto umístěné tabule jsou například v hromadném parkovacím objektu nákupního centra Chodov.

#### 1.4.2 Světelné indikátory

K informování o stavu jednotlivých parkovacích míst se nejvíce využívají vysoce svítivé LED v plastových krytech (Obr. 9), (taktéž nazývané jako navigační majáčky). Ty na základě vyhodnocení informací z detektoru řídicím systémem mění barvu o stavu parkovacího místa. Důvodem zřizování těchto indikátorů je dobrá rozlišitelnost stavu obsazenosti jednotlivých míst. Uživatel tak zřetelně z větších vzdáleností vidí volné, obsazené či rezervované místo. V parkovacích informačních systémech se využívají tři základní barvy pro stavy obsazenosti parkovacích míst:

- Zelená – využívá se pro neobsazené parkovací místo;
- Červená – využívá se pro obsazené parkovací místo;
- Modrá v kombinaci s červenou – využívá se pro rezervované místo (např. pro osoby s omezenou schopností pohybu).

Tyto barvy jsou univerzální, to vylučuje jakékoliv nepochopení o stavu obsazenosti parkovacího místa ze strany uživatelů.



Obr. 9: LED ve vypnutém stavu v obchodním centru (foto pořízeno v Florentinum, Praha).

### **1.4.3 Ostatní akční členy**

#### **Závora**

Závora zajišťuje kontrolované vjezdy a výjezdy vozidel na parkoviště. Zřizují se se snímacím zařízením, pro plně automatizovaný chod. Při nouzovém výpadku lze se závorou pracovat manuálně. Jsou napájeny ze sítě 230V nebo z akumulátorových zdrojů, které lze využít jako záložní [2].

#### **Návěstidla**

Návěstidla se světelnými signály jsou zpravidla doplňkem závor u vjezdu a výjezdu. Dávají řidiči informace o možnosti vjezdu či výjezdu na parkoviště po načtení parkovacího lístku, kódu, čipové karty nebo registrační značky.

#### **Bezpečnostní prvky**

Stejně jako je tomu u detektorů, je nutností zajistit bezpečnostní akční členy v prostoru uzavřeného či neuzavřeného hromadného parkovacího objektu. Mohou to být výstražné majáky, které specifickým zvukem upozorní uživatele parkoviště na případné nebezpečí, indikátory zplodin, rozhlas, kde budou hlášeny informace o případném nebezpečí či

sprinklerové hasicí zařízení, které při ohřátí hasicí hlavice nad otevírací teplotu začne ihned stříkat vodu do ohniska požáru.

## 1.5 Automaty

Speciální kombinací senzorů a aktorů jsou automaty. Parkovací automaty jsou důležitým pomocníkem měst a obcí při regulaci parkování a rovněž slouží jako zdroj příjmů. Jsou to ve skutečnosti počítače se vstupy a výstupy. Mají různé druhy napájení jako napájení ze sítě, baterie nebo solárních článků. Jsou velice odolné proti vandalismu a přírodním vlivům. Mohou být propojeny pomocí mobilní sítě GSM, být centrálně monitorovány a řízeny. Posílají hlášení o okamžitém stavu a komunikují s datovou centrálou. Provozovatel automatů má tedy trvalý přehled o jejich stavu a statistikách. Mezi komponenty automatů řadíme tlačítka, zobrazovací jednotku, časový displej, řídicí panel, karetní vstup, mincovní vstup, mincovník, mincovní box a výběrový mechanismus.

V hromadných parkovacích objektech rozlišujeme tři typy parkovacích automatů. Výdejní automat parkovacích lístků, kontrolní automat se čtečkou parkovacích lístků (také nazývaný jako výjezdový automat) a platební automat.

Výdejní automat slouží k rychlému odbavení příjezdu vozidla na vjezdu vydáním lístku s kódem a časem příjezdu. U výdejního automatu je v hromadných parkovacích objektech přítomnost vozidla detekována pomocí indukční smyčky nebo optické závory (viz kapitola 1.3). Automat vydává označené parkovací lístky po stisknutí tlačítka nebo snímá kód z předplacených karet. V případě splnění podmínek je řidiči umožněn vjezd do parkovacího prostoru signalizací návěstidla a otevřením závory.

U kontrolního automatu parkovacích lístků, který se nachází na výjezdu z hromadných parkovacích objektů, je taktéž detekce vozidla snímána indukční smyčkou, optickou závorou nebo ALPR. Pomocí čtečky parkovacích lístků, čipových karet nebo jiných kódů je vozidlu umožněno opuštění parkovacího objektu. V případě realizace ALPR musí být tento automat instalován pro funkci záložní identifikace.

Platební automat je zařízení, ve kterém se uskutečňují veškeré peněžní transakce. Uživatel se identifikuje získaným lístkem vydaným ve výdejním automatu, případně jinou identifikací zákazníka. Možnosti platby:

- Hotovost;
- Bankovní karty;

- Čipové karty;
- QR kód, čárový kód;
- Mobilní aplikace;
- SMS platby;
- Webové rozhraní.

## 1.6 Akční členy mimo hromadné parkovací objekty

Z důvodu navádění řidičů na parkoviště se instalují akční členy i mimo parkoviště. Využívá se neproměnné dopravní značení v kombinaci s proměnným pro informování řidičů o volných parkovacích místech v nejbližších parkovacích objektech. Na neproměnném značení jsou zpravidla zobrazeny názvy nejbližších parkovišť, vzdálenosti a směry pro navádění k těmto parkovištím. Proměnné značení zobrazuje počty volných míst na jednotlivých parkovištích. V Praze a dalších městech se tato značení využívají v obchodních zónách a v místech kde se nachází více parkovacích objektů v blízkosti.

Centrální řídicí systém shromažďuje data z jednotlivých systémů parkovišť nacházejících se ve městě. Vyhodnocuje stav obsazenosti jednotlivých systémů a informuje o nich na proměnných informačních tabulích (Obr. 10), řídí dynamicky systém navádění na parkoviště, sbírá data pro dopravní statistiku. [12]



Obr. 10: Informování řidičů o počtu volných míst na parkovištích [12]

## 1.7 Internetové aplikace

V dnešní době pokročilých technologií hraje velký význam poskytování informací na internet. Účastník provozu si může nalézt dostupné informace o volných parkovacích místech v jeho

nejbližším okolí, zarezervovat si čas parkování a může se pomocí navigačních systémů nechat na toto místo navést a samozřejmě lze provádět i elektronické platby za parkování, případně za rezervaci.

Existuje několik aplikací a internetových portálů na rezervaci parkovacích míst. Jednou z nich může být například rezervace parkovacího místa pomocí mobilního telefonu. Po příjezdu k parkovacímu místu stačí zavolat na určené telefonní číslo a tím umožnit vjezd. U některých garáží vrata otevře obsluha garáže.

Cílem těchto aplikací je rychlejší a pohodlnější nalezení volného parkovacího místa v blízkosti cílové destinace s následnou navigací na toto místo, možnost informování o dostupnosti parkovacích míst, rezervaci a případnou internetovou platbu za parkování. Výhodou těchto aplikací je, že si uživatel může zobrazit veškerá parkoviště nacházející se ve městech.

## 2 Návrh systému

Předmětem této kapitoly je najít vhodný hromadný parkovací objekt a navrhnout informační systém z hlediska funkce. K tomu potřebujeme najít vhodný objekt, nadefinovat systémovou architekturu, zjistit uživatelské potřeby a sestavit systémovou architekturu, včetně návržení příslušných algoritmů.

### 2.1 Hledání vhodného objektu

Pro tuto práci jsem se rozhodl vyhledat objekt v Praze z důvodu velkého počtu hromadných parkovacích objektů a také z důvodu, že je zde implementováno mnoho funkčních systémů, kterými se mohu inspirovat.

Cílem je nalezení vhodného objektu, kde je informační a navigační systém využit a objekt, kde systém využit není. Navštívená místa hromadných parkovacích objektů:

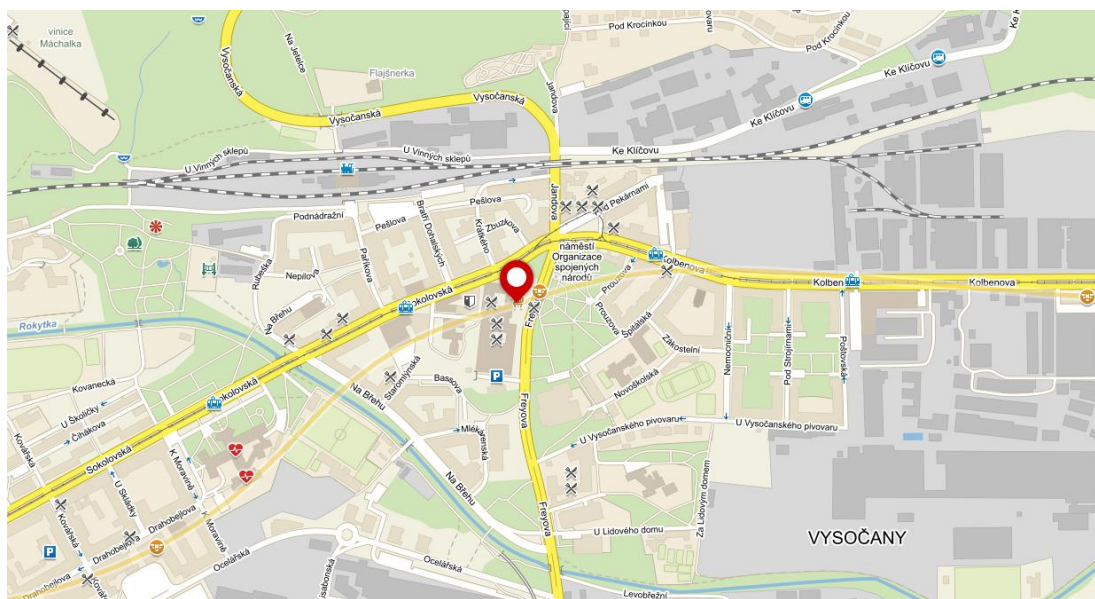
- Nový Smíchov, Praha;
- Arkády Pankrác, Praha;
- Chodov, Praha;
- Central, Most;
- Fénix, Praha.

Jako první jsem navštívil obchodní centrum (dále OC) Nový Smíchov. V tomto centru jsou implementovány ultrazvukové detektory (kapitola 1.3.2) a LED značení obsazenosti (kapitola 1.4.2). Zde mi však byla zamítnuta potřebná fotodokumentace ze strany centra, a proto jsem zde nepokračoval v dalším návrhu informačního systému. Druhým navštíveným místem byl hromadný parkovací objekt v centru Arkády Pankrác. Na tomto místě jsem byl s povolením fotodokumentace úspěšný, parkovací objekt je ale již vybaven informačním systémem, a proto zde není vlastní návrh systému realizován, nicméně sloužil jako inspirace k dalšímu návrhu. Na vjezdech i výjezdech je využito dvou indukčních smyček pro detekci vozidel (viz kapitola 1.3.1), jsou zde využity ultrazvukové detektory pro detekci obsazených míst a proměnné informační tabule pro informování o volných místech a navigování na tato volná místa (viz kapitola 1.4.1). V parkovacím objektu Chodov je implementován navigační a informační systém, nebyl však dokumentován vzhledem ke svému velkému počtu parkovacích míst a nadměrné velikosti parkovacích ploch. V hromadném parkovacím objektu OC Central Most není implementován žádný navigační ani informační systém. Tento objekt

však nebyl vybrán pro budoucí návrh kvůli nízkému počtu parkovacích míst a bylo by zde bezvýsledné navrhovat informační a navigační systém. Jako objekt s neimplementovaným systémem jsem si vybral podzemní parkoviště v OC Fénix. Hlavním důvodem výběru byl vhodný počet parkovacích míst, cca 200 – 300 a poloha tohoto objektu.

## 2.2 Popis objektu

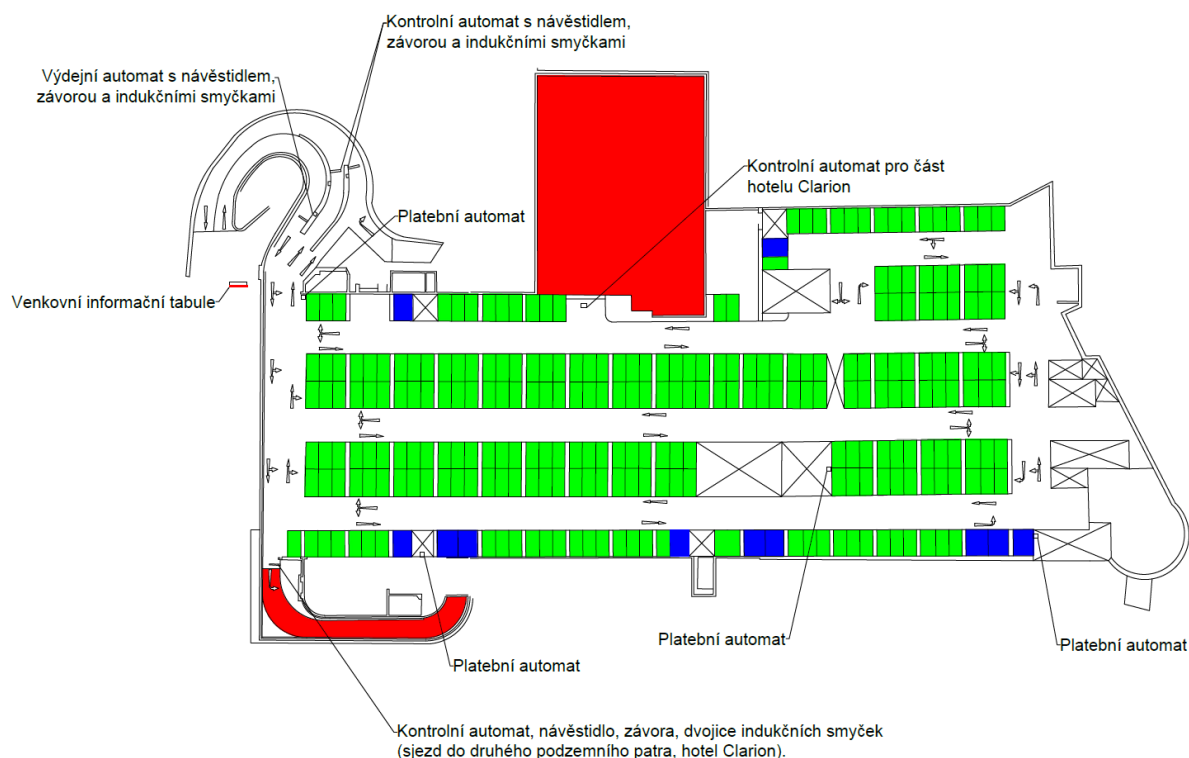
Hromadný parkovací objekt se nachází v ulici Freyova 945/35, Praha 9 (Obr. 11). Objekt tvoří dvě podzemní parkoviště. V prvním podzemním patře se nachází parkoviště určené pro obchodní centrum a oddělená část pro hotel Clarion. V druhém podzemním patře se nachází parkoviště určené výhradně pro hotel. Vjezd a výjezdy z parkoviště pro obchodní centrum a hotel jsou spojeny. Pro účely této práce budeme využívat jen parkoviště obchodního centra, tj. první patro bez části, která patří hotelu. Parkoviště obchodního centra má kapacitu 265 parkovacích míst.



Obr. 11: Poloha hromadného parkovacího objektu [8].

U vjezdu do parkovacího objektu je instalována proměnná informační tabule se stavy volno/obsazeno, kdy se podle počtu vozidel v parkovacím objektu rozsvítí text jednoho ze stavů. Parkoviště obsahuje systémy platebních automatů, vjezdových výdejních a výjezdových kontrolních automatů se závorami, návěstidly a dvojicí indukčních smyček na vjezdu a dvou výjezdech. Tyto dva výjezdy se následně v rámci objektu spojují do jednoho jízdního pruhu. Parkoviště obsahuje dispečerské centrum, které kamerovými systémy monitoruje dění na parkovišti a při stavu nefunkčnosti automatů, závorových systémů a návěstidel, manuálně tyto systémy ovládá. Objekt obsahuje bezpečnostní prvky (požární

alarm, detektory zplodin, hasicí přístroje a hasicí systémy). Umístění systémů v objektu je na Obr. 12.



Obr. 12: Schéma uspořádání parkoviště a umístění stávajících systémů (překresleno z fotodokumentace)

Zelenou barvou jsou vyznačena parkovací místa pro všechny uživatele využívající parkoviště. Modrou barvou jsou vyznačena místa pro osoby s omezenou schopností pohybu. Červenou barvou je vyznačen prostor výhradně pro návštěvníky hotelu. Křížem jsou vyznačeny prostory určené k parkování, jako například schodiště, prostory únikových východů, myčka vozidel atp.

### 2.3 Potřeby uživatelů

Prvním krokem před tvorbou architektury navrhovaného systému je zjištění uživatelských potřeb. Uživatelem se rozumí řidič vozidla, možným uživatelem je i pracovník dispečerského centra na parkovišti, pracovníci údržby a servisu parkoviště, eventuálně majitel objektu.

Základem je dostatečně informovat uživatele o stavu volných míst na parkovišti v dostatečném předstihu před příjezdem i v době pohybu vozidel v objektu. U vjezdu do objektu je nutné zobrazovat počet volných míst v celém objektu, případně informovat o zaplnění parkovacích kapacit. Systém nezakazuje vjezd při zaplnění parkovacích kapacit. Uživatelé mohou očekávat, že po vjezdu do plně obsazeného objektu nebude možné nalézt



volná místa k parkování. Po vjezdu do objektu je nutností označit cestu pomocí šipek na volná místa a také zobrazovat počet volných parkovacích míst v těchto směrech. Možností je zobrazovat druh parkovacího stání jako například: osoby s omezenou schopností pohybu a klasické parkovací místo. Dále je nezbytná signalizace obsazenosti u jednotlivých parkovacích míst.

Pracovník dispečerského centra na parkovišti musí mít v reálném čase přehled nad veškerým děním na parkovišti. Vhodné jsou PC aplikace, které zobrazují jednotlivá parkovací místa, stav bezpečnostních prvků a samozřejmě kamerové systémy instalované v hromadném parkovacím objektu.

Možným uživatelem je i majitel hromadného parkovacího objektu. Mohou mu být poskytovány informace o obsazenosti v čase, pro zjištění využití parkoviště.

Velice důležité je bezpečí všech uživatelů hromadného parkovacího objektu. Pomocí bezpečnostních prvků umístěných v celém parkovacím objektu je nutné dbát na maximální bezpečí všech osob pohybujících se v objektu.

## **2.4 Systémová architektura**

Architektura navrhovaného systému má tříúrovňovou hierarchickou strukturu v souladu s ostatními telematickými systémy města (viz kapitola 1.2). Můj návrh směřuje do nejnižší úrovně. Z důvodu rozsahu práce se návrh týká pouze zařízení pro řidiče, nebudou zde dále řešeny aplikace pro dispečera parkoviště, ani vyšší úrovně architektury s výjimkou rozhraní mezi druhou a třetí úrovní.

### **2.4.1 Funkce systému**

Hromadný parkovací objekt již obsahuje některé funkce, tyto funkce zachovávám. Jiné funkce bude třeba nově navrhnout.

#### **2.4.1.1 Zachovávané funkce**

Zachovává se funkce stávající z pohledu sledování vozidel z důvodu zpoplatnění parkování, tzn. vydávání lístků na vjezdu a kontrola těchto lístků na výjezdu. Tento systém lze ponechat, protože není v konfliktu s navrhovaným systémem a nevyžaduje úpravu. Bude však nutné využít informace zjišťované stávajícím systémem, jako jsou data o průjezdech vozidel na vjezdu a výjezdu z parkoviště. Systém musí umět rozlišit vozidla jedoucí na parkoviště a vozidla jedoucí do hotelu Clarion nebo servisní vozidla, tato vozidla nebudou započítávána

do celkového počtu vozidel v objektu. Informace zobrazované na vjezdu (dnes pouze stavy volno/obsazeno) budou rozšířeny o počet volných míst v objektu. Taktéž bude ponechán systém pro detekci vozidla u automatu a detekci vozidla pod závorou. Zachovány budou i kontrolní automaty určené pro vjezd do míst vyhrazených pro hotel Clarion (viz Obr. 12). Dále systém zachovává všechny bezpečnostní funkce prvků parkoviště.

#### 2.4.1.2 Nové funkce

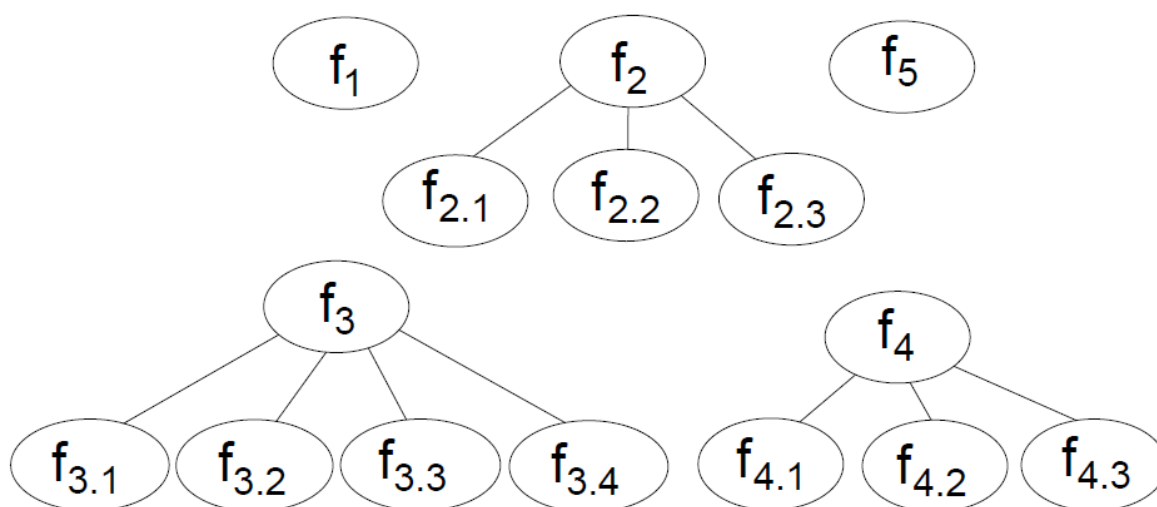
Zavádí se funkce pro informování uživatelů a navigování pomocí směrových šipek o počtu volných parkovacích míst v zónách parkoviště. Obsazenost jednotlivých míst bude sledována detektory nad každým parkovacím místem. Spolu s detektory budou nad parkovací místa instalovány signalizační indikátory s barvami zelená/červená pro informování uživatele o stavu volnosti/obsazenosti parkovacího místa. Modročervenou barvou budou označena volná parkovací místa určená pro OOSP a červenou barvou, pokud bude toto místo obsazeno. Na základě obsazenosti jednotlivých parkovacích míst budou řidiči informováni v každém úseku větvení komunikace o počtu volných míst v jednotlivých zónách hromadného parkovacího objektu podle druhu parkovacího místa. Byly upraveny některé směry, ve kterých mohou uživatelé odbočovat v místech větvení cest, z důvodu snížení počtu míst (akčních členů), nutných k informování. Tato drobná úprava zásadně neovlivňuje provozní podmínky na parkovišti. Navrhovaný systém dále zavádí funkci vyšších úrovní telematické architektury, tzn. přenos informací do druhé úrovně z důvodu zobrazování na PIT na veřejných komunikacích mimo objekt.

Rozšířena bude řídicí funkce, která bude propojovat všechny systémy, jako jsou detektory, automaty a akční členy. Sleduje počet volných míst, kontroluje bezpečnostní funkce, zajišťuje platby, přijímá a odesílá data z detektorů a akčních členů. Všechny funkce jsou vyobrazeny na Obr. 13 a pro přehlednost jsou přiřazeny funkce ke zkratkám v Tab. 1.

Tab. 1: Funkce systému

Zkratka	Funkce
$f_1$	Řídicí funkce
$f_2$	Detekční funkce
$f_{2.1}$	Detekce vozidel na vjezdu
$f_{2.2}$	Detekce vozidel na jednotlivých místech
$f_{2.3}$	Detekce vozidel na výjezdu
$f_3$	Informační funkce
$f_{3.1}$	Informování 2. úrovně hierarchie telematického systému

f <sub>3.2</sub>	Informování vozidel na vjezdu a okolních komunikacích
f <sub>3.3</sub>	Informování vozidel na jednotlivých místech
f <sub>3.4</sub>	Informování vozidel v místech větvení
f <sub>4</sub>	Funkce automatů
f <sub>4.1</sub>	Zpoplatnění
f <sub>4.2</sub>	Kontrola lístků a identifikace na výjezdu
f <sub>4.3</sub>	Vydávání lístků a identifikace na vjezdu
f <sub>5</sub>	Bezpečnostní funkce



Obr. 13: Funkce systému

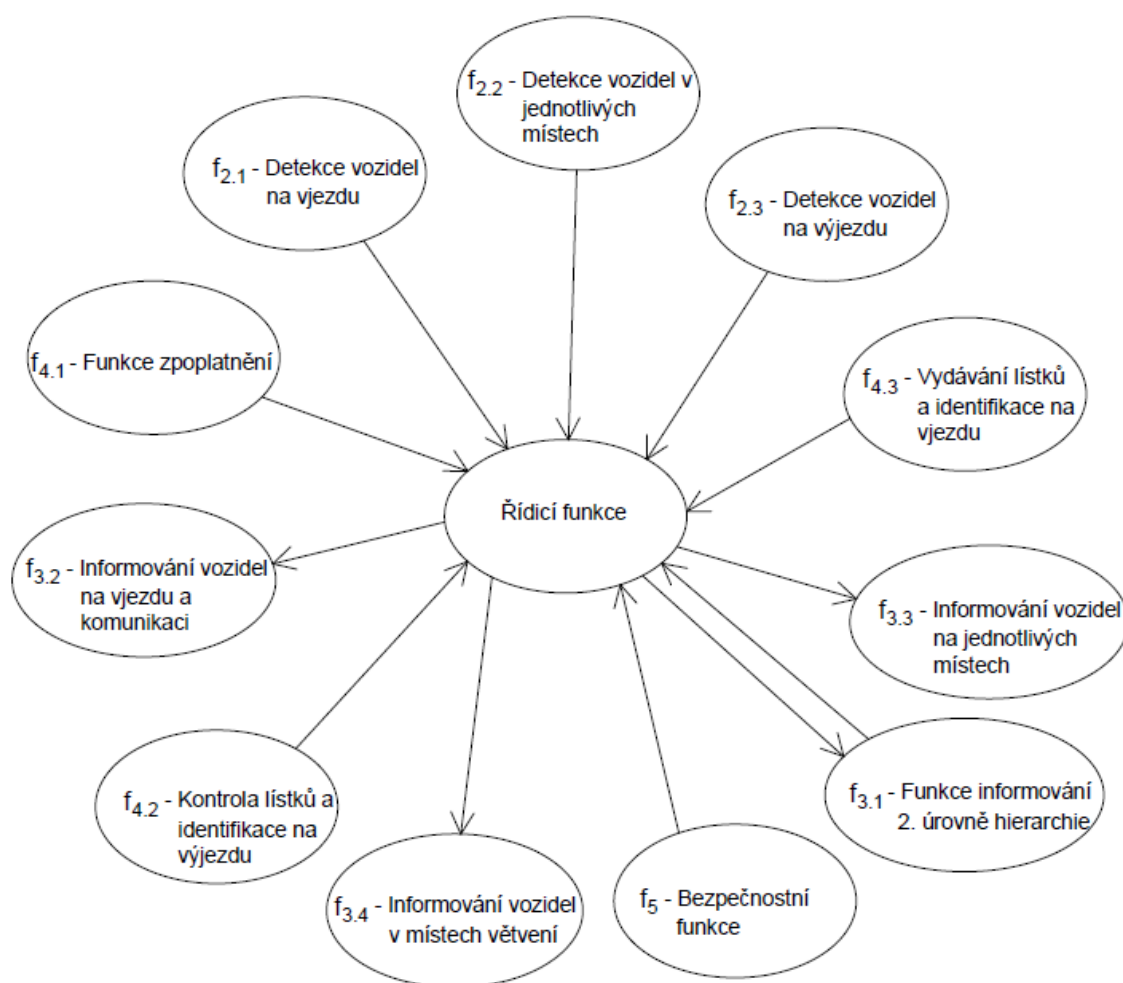
#### 2.4.1.3 Principy pro funkci zjišťování počtu volných míst

Počet volných míst v objektu lze zjistit ze dvou zdrojů. Detekcí vozidel indukčními smyčkami umístěnými pod závorami na vjezdu a výjezdech (dále metoda vjezd, výjezd) nebo počtem obsazených detektorů nad parkovacími místy. Pro vnější displeje používáme princip detekce indukčními smyčkami. V tomto případě nelze využít počet volných míst z obsazených detektorů nad parkovacími místy. Vozidla, která by se pohybovala v objektu a nebyla zaparkována na parkovacích místech, by nebyla započítávána jako vozidla v objektu, dokud by nezaparkovala. Pro vnitřní displeje využíváme princip obsazenosti detektorů umístěných na každém místě. V tomto případě by nemohl být využit zdroj počtu vozidel detekován na vjezdu a výjezdech, protože nedokáže určit, na jaká jednotlivá místa vozidla zaparkují. Metodou vjezd, výjezd může vznikat postupná chyba vlivem nenačtení nebo chybného načtení vozidla na vjezdu, či výjezdech. Tuto chybu je třeba průběžně korigovat a korekce bude implementována do algoritmu.

V nočních hodinách, kdy parkoviště není využíváno do takové míry, jako v denních hodinách, bude provedena synchronizace počtu míst ze systému indukčních smyček s počtem obsazených míst z detektorů, z důvodu možných inkrementálních chyb. Tyto chyby mohou vznikat nenačtením vozidla na vstupu nebo na výstupu, které nelze zpětně jinak, než synchronizací ošetřit.

## 2.4.2 Informační toky

Informační architektura vychází z definovaných funkcí v předchozí kapitole a navrhuje toky informací mezi těmito funkcemi. Struktura je zobrazena na Obr. 14.



Obr. 14: Informační toky mezi funkcemi

Prvotní přenesenou informací v hromadném parkovacím objektu bude detekce vjezdu vozidla do parkoviště. Vydáním parkovacího lístku ve vjezdovém výdejním automatu se bude přenášet informace do řídicího systému o vydání lístku. Načtením parkovacího lístku se z výjezdového kontrolního automatu přenáší informace o načtení parkovacího lístku. Z detektorů umístěných pod závorami se odesílá informace do řídicího systému o úspěšném

projetí vozidel na vjezdu a výjezdu. Z detektorů na jednotlivých parkovacích místech se přenáší do řídicího systému informace o přítomnosti vozidla. Z bezpečnostních prvků se přenáší informace o možných hrozbách. Z platebních automatů se přenáší informace o prodloužení parkovací doby. Z vyšší úrovně hierarchie může být vyslán požadavek o informaci počtu volných míst na parkovišti.

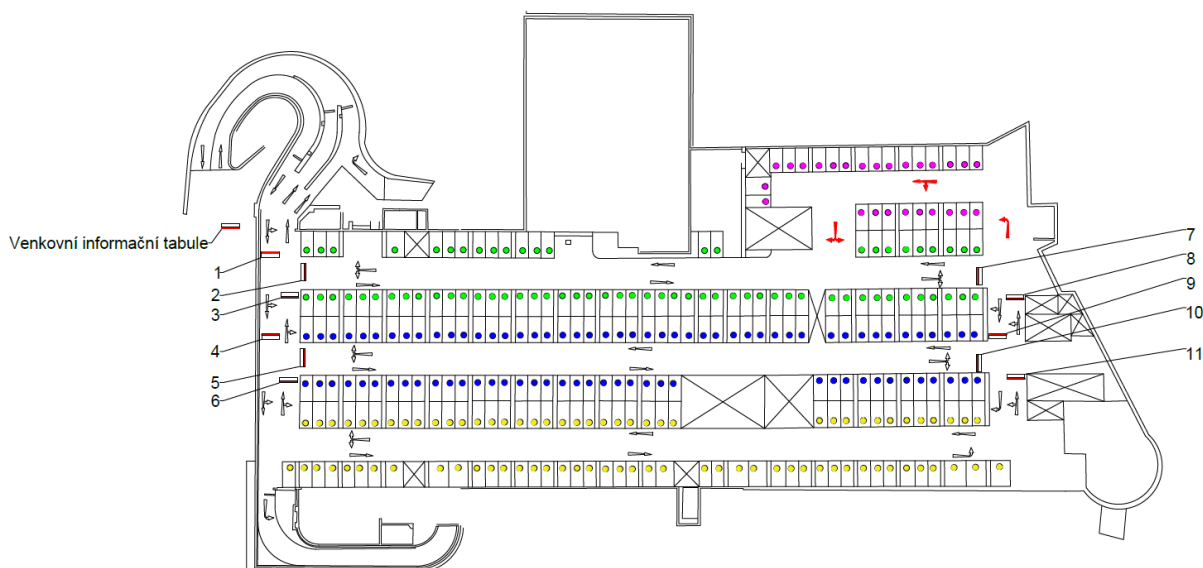
Z řídicího systému se přenáší na indikátory v jednotlivých parkovacích místech stav obsazenosti parkovacího místa a ty podle této informace změni svou barvu. Z řídicího systému se přenáší na akční členy v místech větvení cest informace o počtu míst v zónách. Na PIT umístěných na vjezdu do objektu a komunikacích se z řídicího systému přenáší informace o celkovém počtu volných míst v hromadném parkovacím objektu. Z řídicího systému se zároveň v pravidelných intervalech přenáší informace o celkovém stavu obsazenosti parkoviště na 2. úroveň hierarchie telematického systému (tj. na centrální řídicí systém parkovišť).

### **2.4.3 Fyzické uspořádání**

Stávající fyzické prvky (závory, indukční smyčky, automaty, řídicí systém, bezpečnostní prvky) budou zachovány. Řídicí systém bude rozšířen o nové zařízení a algoritmy pro nové funkce. Instalovány budou nové detektory a akční členy. Využity budou ultrazvukové detektory pro detekci obsazenosti v jednotlivých místech umístěné nad vozovku, které principiálně pracují na měření vzdálenosti objektu (vozidla) nebo vozovky (v případě nepřítomnosti objektu) od detektoru. Pro informování vozidel na jednotlivých místech budou použity LED indikátory se třemi barvami (viz kapitola 1.4.2), taktéž umístěny nad vozovku. Pro informování vozidel na vjezdu do objektu a okolních komunikacích budou využity navržené venkovní PIT. Pro informování vozidel v místech větvení uvnitř objektu budou použity navržené vnitřní PIT.

#### **2.4.3.1 Rozmístění proměnných informačních tabulí a detektorů**

Venkovní proměnné informační tabule jsou popsány níže (viz kapitola 2.4.3.3). Je použito celkem jedenáct proměnných informačních tabulí uvnitř hromadného parkovacího objektu. Tyto tabule jsou umístěny nad vozovku v místech větvení cest. V celém parkovacím objektu bude použito 265 detektorů. Rozmístění PIT a detektorů je na Obr. 15.



Obr. 15: Rozmístění proměnných informačních tabulí a detektorů

Detektory (jednotlivé kruhy s barvami) rozdělují parkoviště na 4 zóny z důvodu organizace do smysluplných útvarů vodných pro informování. Jednotlivé zóny jsou označeny barvami na Obr. 15. Došlo k úpravě směrových šipek z původního stavu. Původní stav je na Obr. 12. Upravené směrové šipky jsou označeny červenou barvou na Obr. 15. Pro přehlednost jsou v Tab. 2 barvy zón přiřazeny písmenům.

Tab. 2: Rozdělení parkoviště na zóny

Barva značky detektoru	Označení zón
<b>Žlutá</b>	A
<b>Modrá</b>	B
<b>Zelená</b>	C
<b>Fialová</b>	D

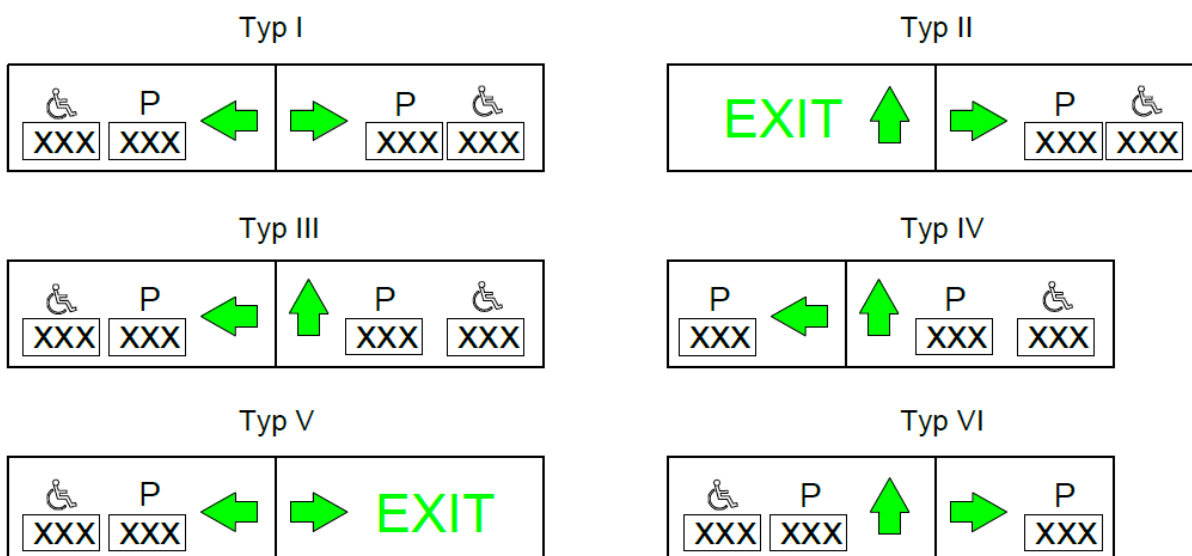
#### 2.4.3.2 Uspořádání PIT v místech větvení

Pro tento systém bylo navrženo šest typů vnitřních tabulí (Obr. 16). PIT jsou rozděleny na dvě hlavní části. Každá PIT obsahuje informace pro kombinaci dvou směrů (viz Tab. 3). Součástí informací jednoho směru je směrová šipka (přímo, vlevo, vpravo), neproměnné dopravní značení v závislosti na druhu parkovacího stání (dostupné parkovací stání pro všechny uživatele a místo pro osoby s omezenou schopností pohybu) a PIT pro zobrazení počtu volných míst.

Tab. 3: Zobrazení informací na jednotlivých PIT

Číslo PIT	Levá část PIT	Pravá část PIT
1	Směrová šipka vlevo, počet volných parkovacích míst v zónách C a D	Směrová šipka přímo, počet volných parkovacích míst v zónách A a B
2	Směrová šipka vlevo, počet volných parkovacích míst v zónách A a B	Směrová šipka vpravo, nápis EXIT
3	Směrová šipka přímo, nápis EXIT	Směrová šipka vpravo, počet volných parkovacích míst v zónách C a D
4	Směrová šipka vlevo, počet volných parkovacích míst v zóně B	Směrová šipka přímo, počet volných parkovacích míst v zóně A
5	Směrová šipka vlevo, počet volných parkovacích míst v zóně A	Směrová šipka vpravo, počet volných parkovacích míst v zóně C
6	Směrová šipka přímo, počet volných parkovacích míst v zóně C	Směrová šipka vpravo, počet volných parkovacích míst v zóně B
7	Směrová šipka vlevo, počet volných parkovacích míst v zóně D	Směrová šipka vpravo, počet volných parkovacích míst v zónách A a B
8	Směrová šipka vlevo, počet volných parkovacích míst v zóně C	Směrová šipka přímo, počet volných parkovacích míst v zóně D
9	Směrová šipka přímo, počet volných parkovacích míst v zóně A	Směrová šipka vpravo, počet volných parkovacích míst v zóně B
10	Směrová šipka vlevo, počet volných parkovacích míst v zónách C a D	Směrová šipka vpravo, počet volných parkovacích míst v zóně A
11	Směrová šipka vlevo, počet volných parkovacích míst v zóně B	Směrová šipka přímo, počet volných parkovacích míst v zónách C a D

Proměnné informační tabule, které zobrazují počty volných míst v zónách A, C a D budou rozšířeny o jednu neproměnnou tabuli se znakem osob s omezenou schopností pohybu a jednou číselnou PIT pro informování o počtu těchto volných míst.



Obr. 16: Typy navržených tabulí

Každá tabule se skládá z neproměnných znaků, jako jsou směrové šipky, nápis EXIT pro označení výjezdu z hromadného parkovacího objektu a takéž znaky „P“ a znakem osob s omezenou schopností pohybu. Dále je v každé části tabule umístěna PIT, na které se zobrazují počty volných míst. Přiřazení typů PIT k jednotlivým místům větvení tras v objektu je v Tab. 4.

Tab. 4: Přiřazení typů PIT k jednotlivým místům větvení tras

Číslo PIT	Typ PIT
1	III
2	V
3	II
4	IV
5	I
6	VI
7	I
8	III
9	VI
10	I
11	IV

### 2.4.3.3 Uspořádání venkovní PIT

Budou použity celkem tři venkovní PIT. PIT č. 1 a č. 2 budou umístěny v obou směrech komunikace vedoucí k obchodnímu centru, pro informování řidičů o počtu volných míst

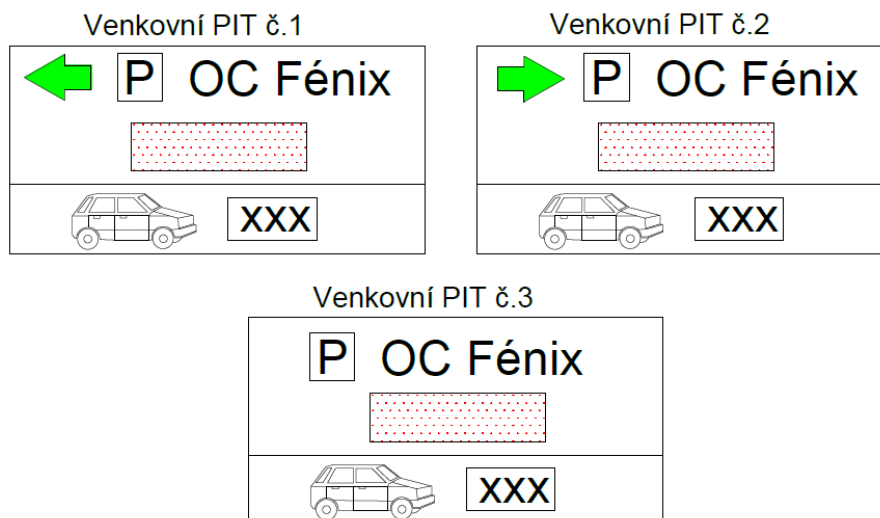


na parkovišti, kvůli možnosti dále nepokračovat na toto parkoviště v případě zaplnění parkovacích kapacit. PIT č. 3 bude umístěna nad vjezd do objektu, pro informování řidičů o volných místech těsně před vjezdem do tohoto objektu. Umístění tabulí je zobrazeno na mapě na Obr. 17.



Obr. 17: Umístění venkovních PIT

Součástí všech venkovních PIT jsou dva proměnné displeje. Jeden určený pro zobrazení stavů volno/obsazeno a stav bez informace. Druhý displej je určený k zobrazení počtu volných míst (obsahuje dva stavy, stav zobrazující počet vozidel a stav bez informace). Součástí je také neproměnné značení jako název parkoviště, znak vozidla (použit z důvodu mezinárodní srozumitelnosti) a znak „P“. PIT č. 1 a č. 2 obsahují neměnné směrové šipky, určené pro navigaci řidičů do hromadného parkovacího objektu. PIT č. 3 směrovou šipku neobsahuje z důvodu umístění nad vjezd do hromadného parkovacího objektu. Návrh venkovních PIT je na Obr. 18.



Obr. 18: Návrh venkovních PIT

#### 2.4.4 Komunikační uspořádání

Komunikační připojení stávajících detektorů, automatů a akčních členů k řídicí jednotce bude zachováno. Nově instalované detektory v parkovacím objektu budou propojeny s řídicí jednotkou pomocí Ethernet sběrnice. Obdobným způsobem budou připojeny akční členy k řídicí jednotce. Data na vyšší úroveň hierarchie se mohou přenášet s využitím internetového připojení (kabelové či bezdrátové) nebo pomocí Ethernetu s využitím optického či metalického kabelu.

Protokol přenosu dat bude v otevřeném formátu např. ve formátu XML. Na Obr. 19 je uveden příklad přenášených dat mezi řídicím počítačem a druhou úrovní telematického systému. Samotná data jsou uvozena tagem „data“ a obsahují identifikační číslo parkoviště, název parkoviště, počet volných míst a čas odeslání.

```
<newdataset>
  <table>
    <data>
      <id>15</id>
      <nazev>OC Fenix</nazev>
      <pocet>105</pocet>
      <odeslano>15:20:37</odeslano>
    </data>
  </table>
</newdataset>
```

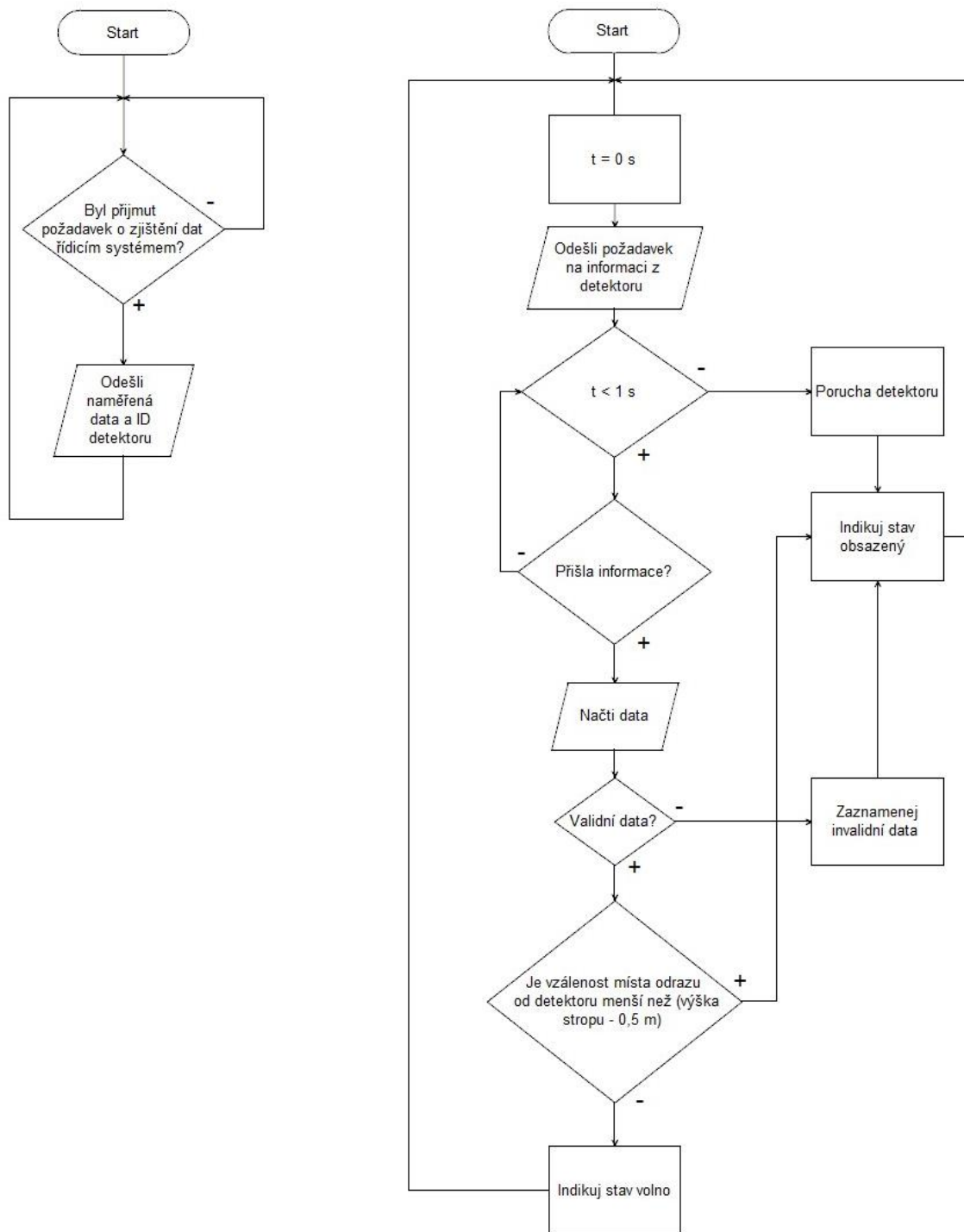
Obr. 19: Ukázka části kódu pro odesílání dat ve formátu XML

## **2.5 Návrh algoritmů funkcí**

V následující kapitole jsou navrženy algoritmy, pro správnou funkci systému. Bylo navrženo celkem deset algoritmů, které souvisejí s funkcemi a informačními toky systému. Nebyly zde navrhovány algoritmy pro funkci vjezdových, výjezdových a platebních automatů z důvodu nezměněné funkce. Z důvodu nezměněné funkce případná vazba na tyto systémy bude komentována v jednotlivých případech.

### **2.5.1 Algoritmus pro detektory umístěné na každém parkovacím místě**

Algoritmus se používá pro funkci vyhodnocení stavu parkovacího místa (obsazené, neobsazené). Algoritmus se skládá ze dvou částí. První část, která se zpracovává v samotném detektoru a druhá část, která se zpracovává v řídicí jednotce. Celý proces je řízen řídicí jednotkou, a proto je algoritmus v samotném detektoru velice jednoduchý. Detektor pouze čeká na požadavek řídicí jednotky, a pokud tento požadavek obdrží, vyše naměřená data (měřená vzdálenost a ID detektoru). Tento algoritmus běží cyklicky. Druhá část zpracovávaná v řídicím systému běží po jedné sekundě. Pokud řídicí systém do jedné sekundy informace o datech neobdrží, vyhodnotí stav detektoru jako poruchový a indikuje obsazený stav. V opačném případě data načte, zkontroluje validitu dat (zda-li jsou data úplná, bezchybná a obsahuje smysluplné hodnoty vzdálenosti) a pokud vyhodnotí, že data validní nejsou, taktéž indikuje stav jako obsazený a tuto událost zaznamená pro pozdější kontrolu chyb. Stav obsazenosti vyhodnocuje systém na základě matematického výpočtu. Obsazený stav se indikuje v případě, že objekt na parkovacím místě bude vyšší než 0,5 m. Oba algoritmy jsou znázorněny na Obr. 20.

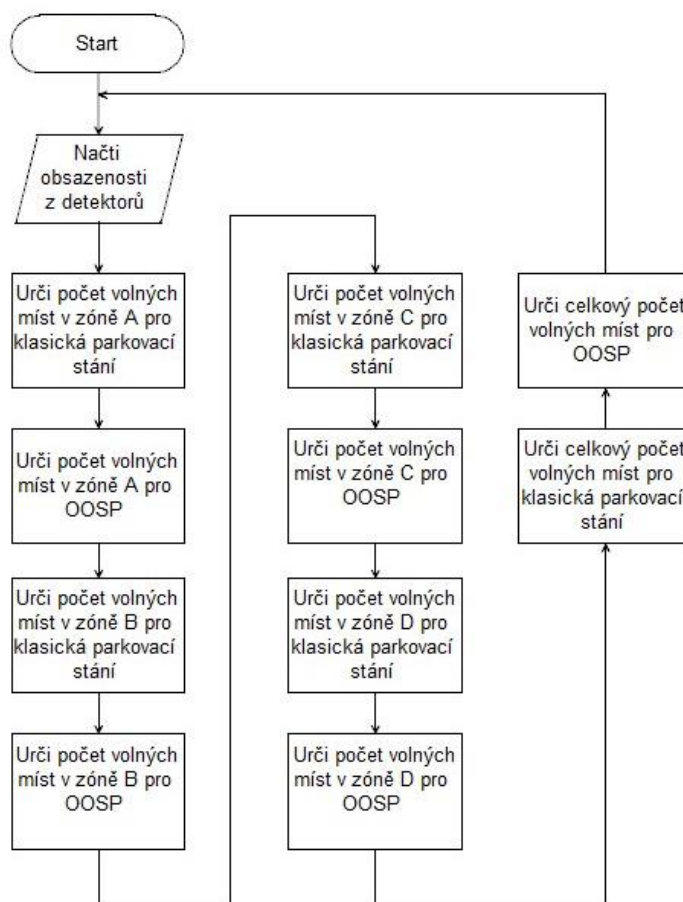


Obr. 20: Algoritmus pro detektory

### 2.5.2 Algoritmus pro rozdělení dat z detektorů do zón

Algoritmus se zpracovává v řídicí jednotce na základě obsazenosti detektorů. Pracuje cyklicky. Rozdělí jednotlivá parkovací místa do zón (podle ID každého detektoru) a v těchto zónách určí počet volných míst pro klasická parkovací stání a pro stání OOSP. Určí také

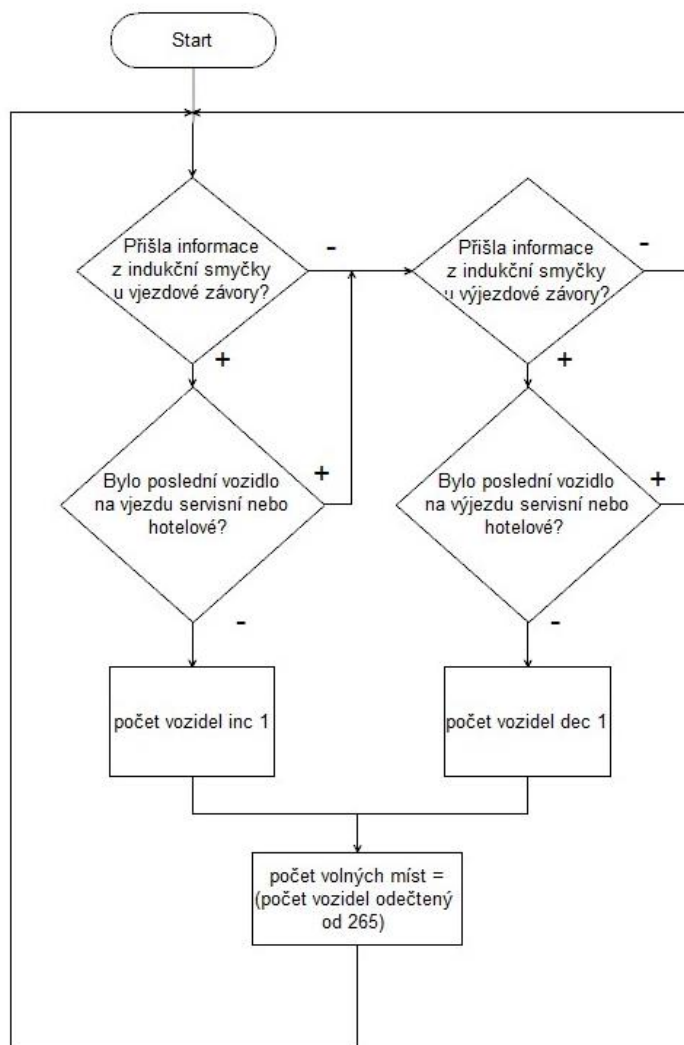
celkový počet míst pro OOSP a klasická parkovací stání pro pozdější využití v jiných algoritmech. Algoritmus je vyobrazen na Obr. 21.



Obr. 21: Rozdělení parkovacích míst do zón

### 2.5.3 Algoritmus pro výpočet počtu vozidel v objektu metodou vjezd, výjezd

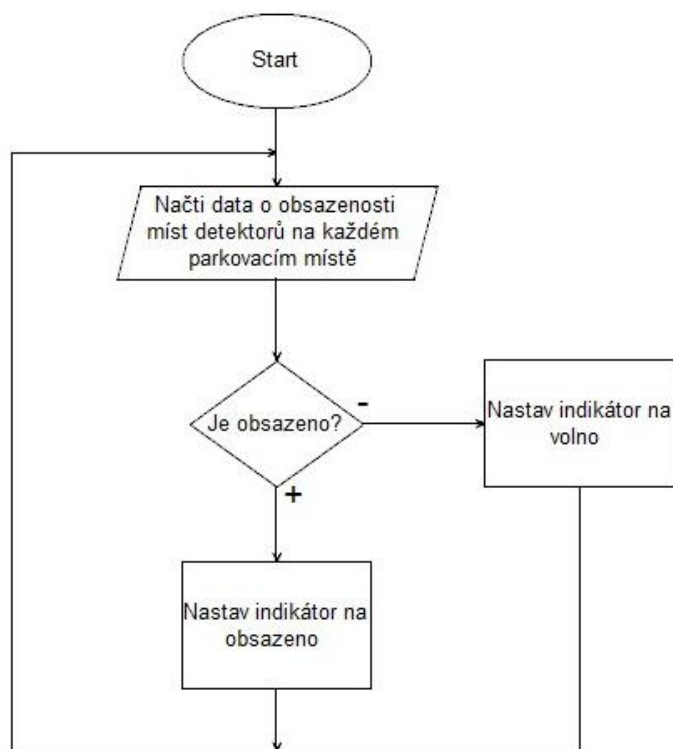
Pro zobrazení celkového počtu volných míst v objektu se využívá algoritmus metody vjezd, výjezd (Obr. 22), z důvodů uvedených v kapitole 2.4.1.3. Tento algoritmus se vyhodnocuje v řídicí jednotce. Algoritmus testuje, zda vozidlo projede nad indukčními smyčkami umístěnými pod závorami na vjezdu a výjezdech. Pokud vozidlo bylo ve vjezdovém a výjezdových automatech načteno jako servisní nebo hotelové, nebudou tato vozidla přičtena k celkovému počtu, ani odečtena z celkového počtu vozidel v objektu. Aktuální celkový počet volných míst se zajišťuje matematickým výpočtem, kde se od celkového počtu míst v objektu (265) odečte počet vozidel nacházejících se v objektu, které vjedou do objektu nebo z něho vyjedou, a proto budou navazující algoritmy rozšířeny o korekci s využitím informace z detektorů na parkovacích místech OOSP.



Obr. 22: Algoritmus pro metodu vjezd výjezd

#### 2.5.4 Algoritmus pro zobrazení stavu indikátorů

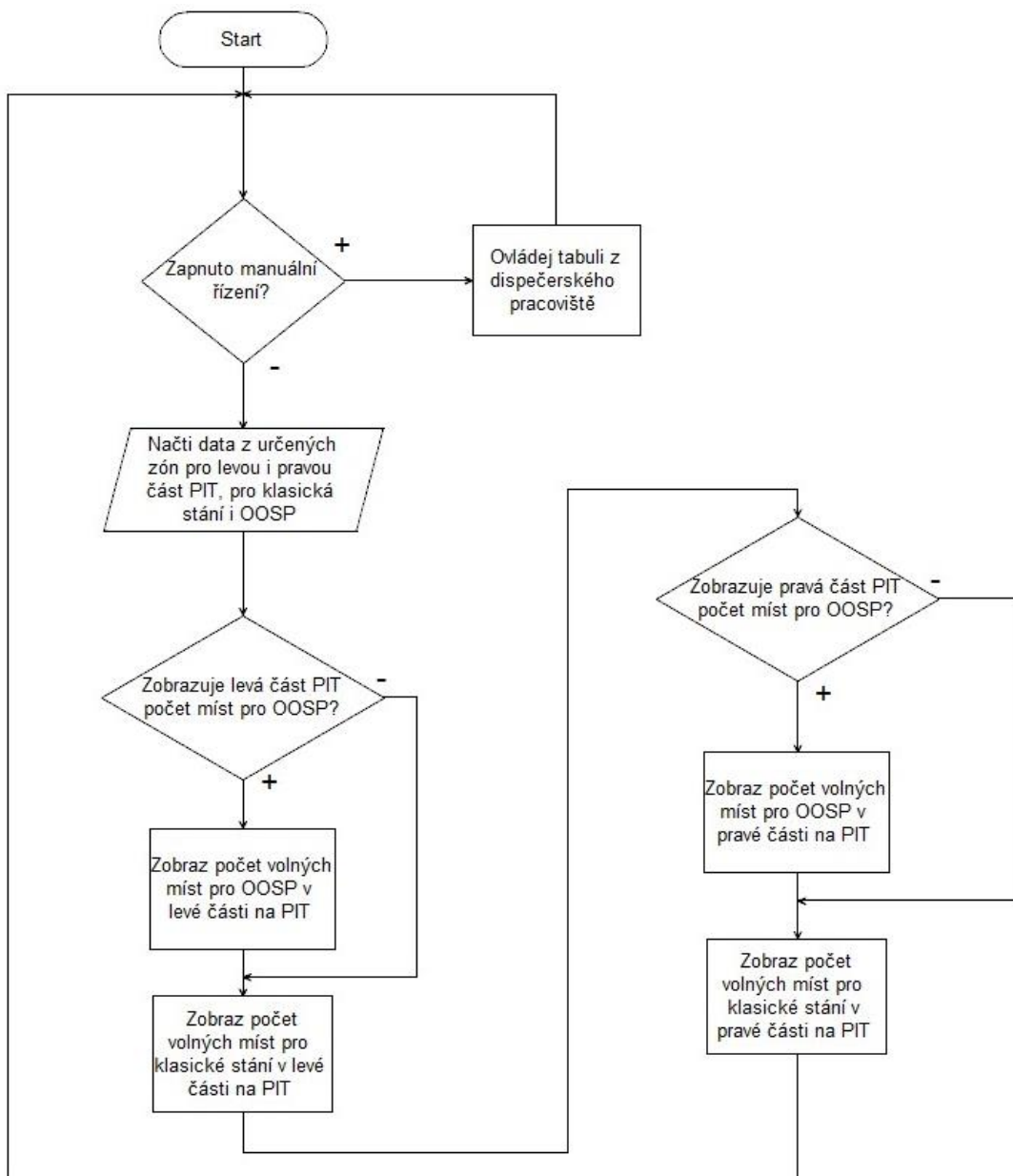
Tento velice jednoduchý algoritmus pracuje v řídicí jednotce a provádí se každou sekundu. Po načtení dat z detektorů umístěných na jednotlivých parkovacích místech zobrazuje stavy volno/obsazeno příslušnými barvami nad parkovacími místy. Vývojový diagram algoritmu je na Obr. 23.



Obr. 23: Algoritmus pro zobrazení stavu na indikátoru

### 2.5.5 Algoritmus pro zobrazení volných míst na vnitřních tabulích objektu

Algoritmus (Obr. 24) je určen pro zobrazování počtu volných parkovacích míst uvnitř objektu na PIT v místech větvení tras (označené čísly na Obr. 15) na základě obsazenosti detektorů umístěných na každém parkovacím místě. Pracuje cyklicky a zpracovává se v řídicí jednotce. V běžném režimu se načítají data z jednotlivých zón instalovaných detektorů. Vyhodocuje, zdali vnitřní PIT zobrazuje i počet volných parkovacích míst pro OOSP a dále tato data na vnitřních PIT zobrazuje. Poruchu je nutné ověřovat pohledem. V případě poruchy je možný manuální zásah do zobrazování a například lze chybné zobrazení vypnout.



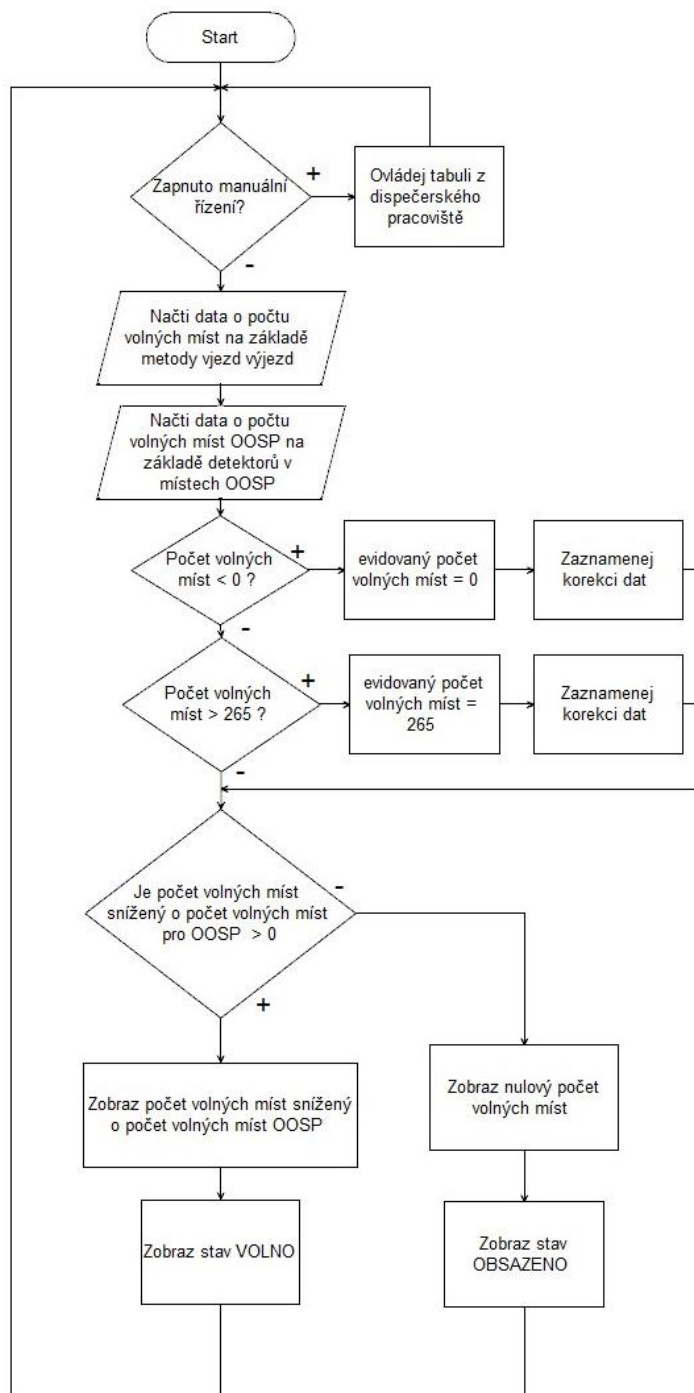
Obr. 24: Algoritmus pro zobrazování počtu volných míst na vnitřních PIT

### 2.5.6 Algoritmus pro zobrazení počtu volných míst na vnějších PIT objektu

Algoritmus (Obr. 25) pro zobrazování počtu volných míst na venkovních PIT (pro PIT na Obr. 17), pracuje v řídicí jednotce a je cyklický. V běžném režimu pracuje s načtenými daty z metody vjezd, výjezd. V případě poruchy je možnost PIT vypnout manuálním zásahem nebo nastavit jinou hodnotu. Jsou automaticky ošetřeny možné chyby záporného počtu volných míst a většího počtu volných míst, než je celkový počet míst v objektu (vlivem postupných chyb měření na vstupu a výstupu). PIT budou zobrazovat počty volných míst pro klasická parkovací stání. Jinak by mohlo dojít ke stavu, kdy by byla obsazena parkovací místa pro klasická stání, ale PIT by stále zobrazovala počty volných míst pro OOSP a uživatelé



klasických parkovacích stání by nemohli tato místa využívat. Proto se v algoritmu odečítají od všech volných míst volná místa pro OOSP získaná z detektorů v jednotlivých parkovacích místech.

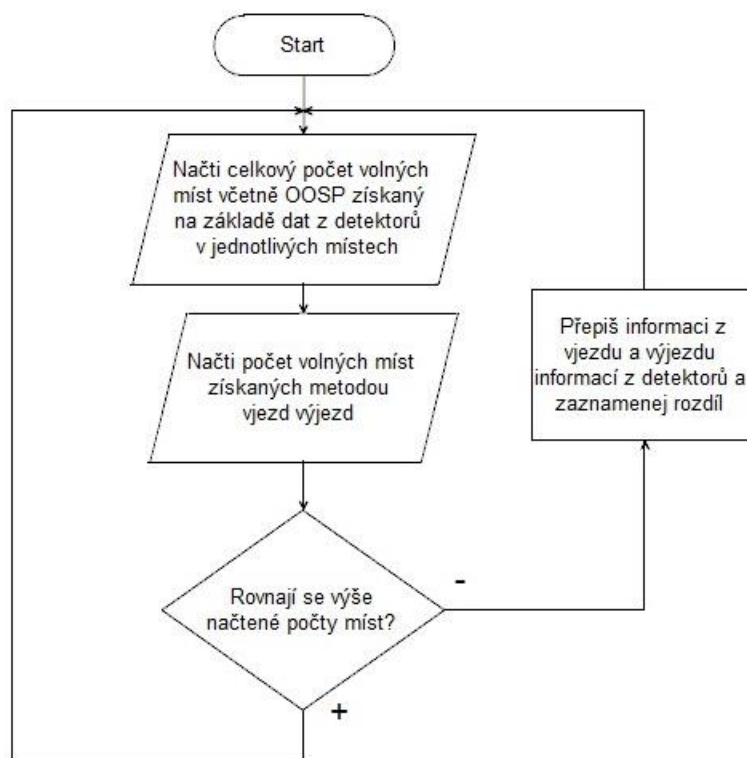


Obr. 25: Algoritmus pro zobrazení počtu volných míst na vnějších PIT

### 2.5.7 Algoritmus pro synchronizaci dat

Algoritmus pro synchronizaci dat (Obr. 26), se spouští jednou za noc. Provedení v nočních hodinách je z důvodu menšího vytížení parkoviště. Pracuje v řídicí jednotce. Metodou vjezd,

výjezd mohou vzniknout inkrementální chyby počtu vozidel v objektu (nenačtením vozidel). Smyslem tohoto algoritmu je porovnání dat získaných metodou vjezd, výjezd a získaných dat z jednotlivých detektorů umístěných na každém parkovacím místě a to lze provést, kdy nedochází k pohybu vozidel v objektu. Pokud se tyto hodnoty rovnají, je vše v pořádku. Jestliže jsou počty volných míst rozdílné, přepíše se výstupní informace z metody vjezd, výjezd informací získanou z detektorů na jednotlivých parkovacích místech.



Obr. 26: Algoritmus pro synchronizaci dat

### 2.5.8 Algoritmus pro odesílání dat na centrální řídicí systém

Tento algoritmus, pracuje jen v případě požádání o data vyšší úrovní hierarchie telematického systému. Odesílá informace jako je ID parkoviště, počet klasických volných míst, počet volných míst pro OOSP, čas odeslání a pracuje v řídicí jednotce. Vývojový diagram algoritmu je na Obr. 27



Obr. 27: Algoritmus pro odeslání dat na 2. úroveň hierarchie

## 2.6 Analýza spolehlivosti a funkčnosti systému

Analýza spolehlivosti se zabývá situacemi a následným chováním systému při poruchách, výpadcích a nefunkčnosti komponent systému. Při nefunkčnosti jednotlivých detektorů umístěných na každém parkovacím místě se místa automaticky indikují jako obsazená. Systém žádá jednotlivé detektory o data, pokud tato data neobdrží, je nastaven poruchový stav, indikuje stav obsazeno a bude nutný servisní zásah.

Může nastat stav nefunkčnosti PIT. Operátor parkoviště má možnost převzít manuální řízení PIT a nastavovat její hodnoty. Je nutné, aby obsluha parkoviště několikrát za den zkontrolovala funkčnost PIT z důvodu možného přerušení komunikace nebo nefunkčnosti jednotlivých PIT (PIT není běžně vybavena systémem automatické kontroly funkčnosti, není tedy zpětná vazba z PIT do řídicího počítače).

Při nefunkčnosti vjezdových a výjezdových systémů je nutný manuální zásah pracovníků parkoviště, pro umožnění vjezdu a výjezdu uživatelů parkoviště. Pro případ výpadku energie, bude na parkovišti instalován záložní zdroj, pro umožnění vypnutí tabulí a přechod do nouzového provozu, zároveň dojde k vypnutí zobrazování počtu volných míst na vnějších PIT. V nouzovém provozu nebudou účastníci parkoviště informováni o stavu míst na parkovišti a bude taktéž zajištěn manuální zásah pracovníků parkoviště. V případě výpadku řídicího počítače by byl systém nefunkční, a proto je nutné tento počítač zálohovat a zajistit

mu záložní zdroj napájení, pro bezpečné vypnutí systému v případě výpadku dodávky elektrické energie.

### 3 Implementace na řídicí systémy

Cílem této kapitoly je implementovat jeden z navržených algoritmů na řídicí systémy. Pro implementaci bude využita laboratoř řídicích systémů na Fakultě dopravní ČVUT. K implementaci byl zvolen algoritmus zobrazení počtu volných míst na vnější PIT (Obr. 25). Je nutné detekovat vozidla na vjezdu a výjezdech, a proto bude taktéž implementován algoritmus metody vjezd, výjezd (Obr. 22).

#### 3.1 Použitý hardware

Pro implementaci algoritmů bylo využito vybavení laboratoře, která zahrnuje osobní počítače, síť, programovatelné automaty (PLC), moduly vstupních tlačítek a výstupní moduly programovatelných displejů. Komunikace mezi osobními počítači probíhá přes síť Ethernet. Komunikace mezi PLC, programovatelnými displeji a osobními počítači probíhá přes síť DH 485. Programovatelné automaty jsou výrobkem společnosti Allen Bradley. Pro testování výstupu na proměnnou informační tabuli byl využit programovatelný výstupní modul obrazovky s dotykovým displejem PanelView 900. Dále byl použit automat SLC-500 s procesorem typu 1747-L532 a 16 kB paměti. Vstupní veličiny jsou zadávány přes modul tlačítek, který je zapojen do automatu.

#### 3.2 Konfigurace

Pomocí softwaru RSLogix500 byl algoritmus určený pro PLC konfigurován a implementován. Ke konfiguraci je potřeba vstupního a výstupního modulu PLC. Ke vstupnímu modulu jsou připojena tři tlačítka pro simulování indukčních smyček na vjezdu a dvou výjezdech. Dále tři tlačítka, která simulují načtení parkovací karty hotelu nebo servisní služby u vjezdového a výjezdových automatů. Tlačítka jsou umístěna na ovládacím panelu PLC ve čtyřech řadách po dvou tlačítkách (první řada není využita). Jako výstupní modul byl využit programovatelný dotykový displej, který byl nakonfigurován v prostředí PanelBuilder32. Použité proměnné v programu s popisem jsou zobrazeny v Tab. 5. Proměnné značené písmenem I jsou tlačítka vstupního modulu. Dále proměnné značené písmenem B jsou binární proměnné. Pokud je proměnná značena písmenem N, jedná se o proměnnou celočíselnou. Proměnné značené písmenem O, jsou výstupní proměnné. Začíná-li označení písmenem T, jedná se o časovač.

Tab. 5: Použité proměnné v programu

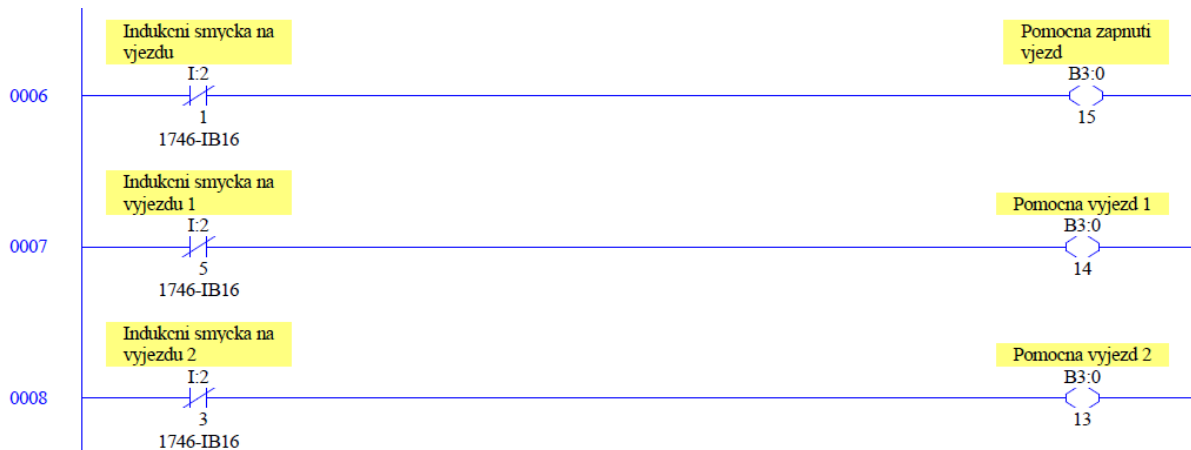
Proměnná	Popis
I2:1	Indukční smyčka na vjezdu (druhá řada levé tlačítko)
I2:5	Indukční smyčka na výjezdu 1 (druhá řada pravé tlačítko)
I2:3	Indukční smyčka na výjezdu 2 (čtvrtá řada levé tlačítko)
I2:2	Načtení hotelové/servisní karty na vjezdu (třetí řada levé tlačítko)
I2:6	Načtení hotelové/servisní karty na výjezdu 1 (třetí řada pravé tlačítko)
I2:7	Načtení hotelové/servisní karty na výjezdu 2 (čtvrtá řada pravé tlačítko)
O1:19 – O1:21	Výstupní proměnné
B3:0 – B3:2	Pomocné proměnné
B3:3 – B3:8	Pomocné proměnné
B3:9	Zobrazení volno na PIT
B3:13 – B3:15	Pomocné proměnné
N7:1	Pomocná proměnná
N7:2	Počet volných míst
N7:3	Počet volných míst pro OOSP (zadáváno v programu)
N7:4	Počet volných míst snížený o OOSP
N7:5 – N7:7	Pomocné proměnné pro matematický výpočet
T4:0 – T4:2	Časovače

### 3.3 Implementace algoritmů

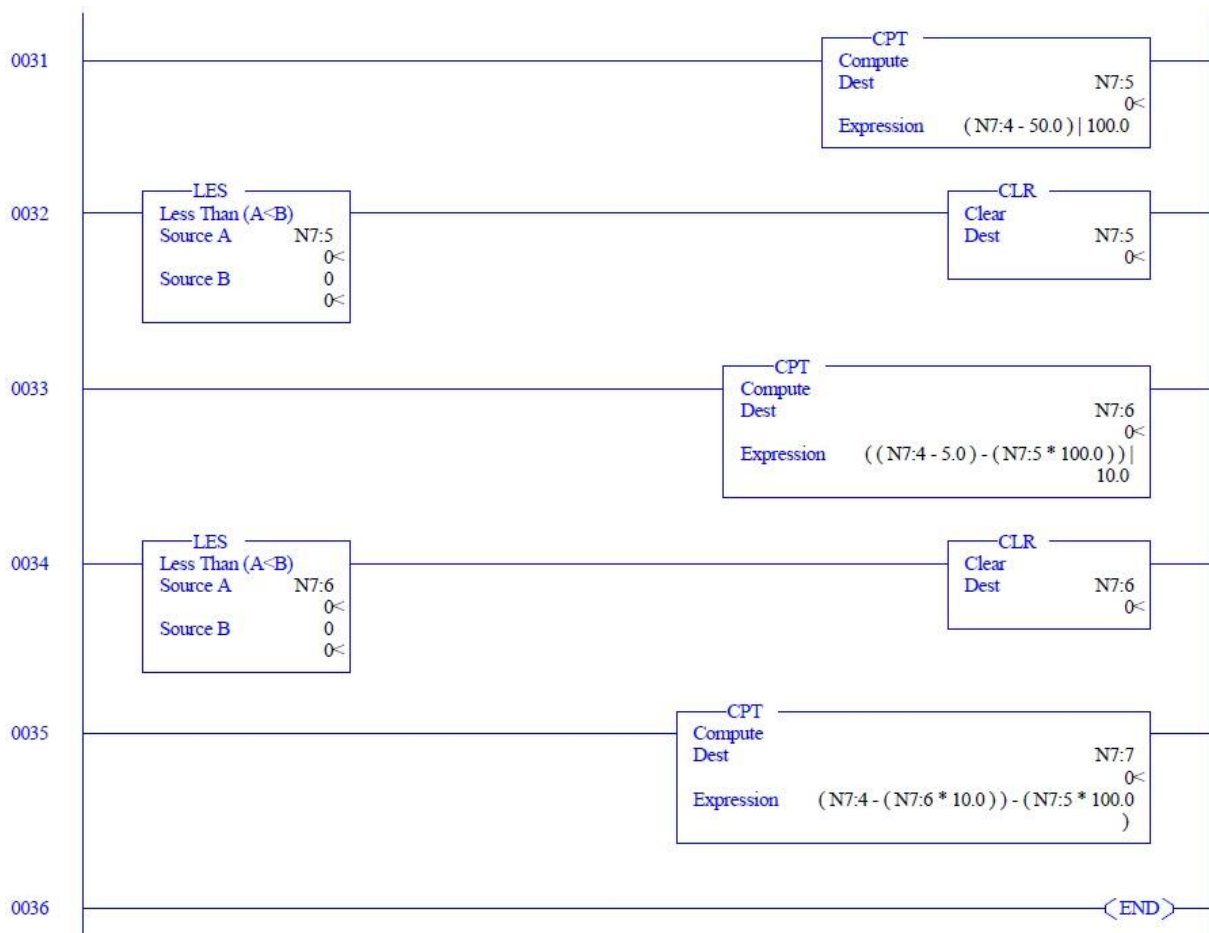
V prostředí RSLogix 500 byl naprogramován algoritmus pomocí grafického jazyku liniových schémat (nazývaný též jako tzv. žebříková struktura – z angl. *Ladder logic*), který se velice podobá schématu elektrického zapojení. Levá část liniového schématu znázorňuje napájecí sběrnice a pravá část znázorňuje zemnicí sběrnice. Elektrická energie teče přes série spojených nebo rozpojených kontaktů a napájí cívku. Kontakty, které jsou rozepnuté, blokují elektrickou energii a sepnuté kontakty tuto energii propouští. Pokud jsou splněny podmínky levé části linie, vykoná se příkaz na pravé straně linie. Pokud tyto podmínky splněny nejsou, přejde program na následující linii. Program pracuje cyklicky a po skončení poslední linie přejde opět na linii první. [10]

V liniích 0006 – 0008 je stisknutím tlačítek simulováno projetí přes indukční smyčky na vjezdu a výjezdech (Obr. 28). V dalších liniích stiskem tlačítek je simulováno načtení parkovací karty servisních vozidel nebo uživatelů hotelu Clarion. Pokud je do deseti sekund od načtení parkovací karty projeto přes indukční smyčku, program vyhodnotí vozidlo jako servisní nebo hotelové a nezapočítává je k celkovému počtu obsazených míst. Na Obr. 29 je

zobrazena část naprogramovaného algoritmu, který pomocí matematického výpočtu pro zaokrouhlování zobrazuje na displeji počty volných míst načtený metodou vjezd, výjezd. Počet volných míst pro OOSP (výstup z algoritmu pro rozdělení dat z detektorů do zón) je simulován hodnotou proměnné N7:3, neboť příslušný algoritmus není implementován. Celý program je k nalezení v příloze A.

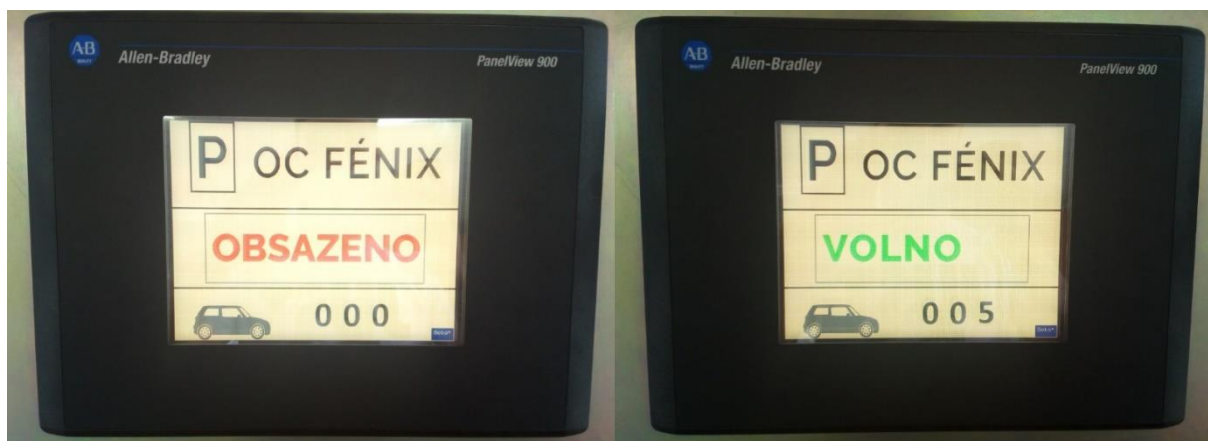


Obr. 28: Simulování indukčních smyček na vjezdu a výjezdech



Obr. 29: Matematický výpočet pro zobrazení tří číslic hodnoty počtu volných míst na displeji

Implementace algoritmu na displej je velice jednoduchá. V prostředí PanelBuilder32 se vloží navržené obrázky v jednom z podporovaných formátů displeje podle navrženého vzhledu PIT a nakonfiguruje se propojení jednotlivých proměnných z liniového schématu s displejem. Simulování PIT na programovatelném displeji je zobrazeno na fotografii pořízené v laboratoři na Obr. 30. Naprogramování displeje a jeho navržení je k nalezení v příloze B.



Obr. 30: Simulování PIT na programovatelném displeji

### 3.4 Testování algoritmu

Testování programu probíhalo nahráním naprogramovaného algoritmu do PLC a dotykového displeje a následným sledováním reakce při stisku jednotlivých tlačítek simulovaných vstupů. Byly testovány situace, které mohou na parkovišti nastat, jako například přesažení počtu volných míst. Jednotlivá vozidla byla zadávána pomocí tlačítek a výsledky algoritmu byly zobrazovány na programovatelném displeji. Testování algoritmu probíhalo v online režimu, který prostředí umožňuje. Cílem testování algoritmu bylo ověřit správnost funkce algoritmu.



## Závěr

Cílem této práce bylo nabytí teoretických a praktických zkušeností s řídicími systémy. Zvoleným řídicím systémem byl programovatelný automat PLC poskytnutý firmou Allen Bradley. Dalším z cílů bylo také seznámení se s různými telematickými systémy používanými na parkovištích, detektory a akčními členy využívanými v parkovacích objektech. Všechny uvedené cíle byly splněny.

Teoretická část byla zaměřena na problematiku a rozčlenění druhů parkování. Také byla provedena analýza telematických systémů spjatých s parkováním, analýza jednotlivých detektorů a akčních členů používaných v parkovacích objektech.

V praktické části bylo cílem vyhledat vhodný hromadný parkovací objekt k navržení informačního systému. V tomto parkovacím objektu byly provedeny úpravy pro rozšíření funkce stávajícího telematického systému. Nutnými úpravami byla změna některých směrů jízdy uvnitř parkoviště. Dále byly navrženy proměnné informační tabule nutné k informování o volných parkovacích místech uvnitř a vně objektu. Byly instalovány detektory a indikátory spolu s řídicím systémem. V rámci navržení tohoto systému byly sestaveny algoritmy pro správnou funkci.

Vybraný algoritmus pro informování o počtu volných míst v celém parkovacím objektu (včetně vyhodnocení počtu volných míst metodou vjezd, výjezd) byl následně implementován na prostředí programovatelných automatů pomocí jazyka liniových schémat. Dále byl nakonfigurován modul obrazovky s dotykovým displejem pro simulování proměnné informační tabule. Algoritmus byl testován v online módu, který umožňuje prostředí programovatelných automatů. Výsledky navrženého algoritmu byly sledovány na displeji.

Navržený systém pracoval dle předpokladů. V návazných pracích lze pokračovat v implementaci dalších navržených algoritmů. Možným rozšířením navrženého systému je vytvoření vizualizační aplikace pro operátorský panel, určený pro pracovníky dispečerského centra v místě parkoviště, který by zobrazoval stav jednotlivých proměnných informačních tabulí, detektorů a indikátorů a umožňoval vstup operátora.

## Seznam použitých zdrojů

### Knihy

- [1] Příbyl, P. Svítek, M: Inteligentní dopravní systémy. Praha: BEN -technická literatura, 2001, 543 s. ISBN 80-7300-029-6.
- [2] Příbyl, P.: Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 184 s. ISBN 80-01-03122-5.
- [3] Svítek, M: Telematika nad dopravními sítěmi. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2004, 263 s., ISBN 80-01-03087-3.

### Internetové zdroje

- [4] PADĚLEK, Tomáš. Provoz a projektování místních komunikací: Doprava v klidu [online]. [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: [http://www.lss.fd.cvut.cz/Members/langr/2010-drup/2010-drup-2-pdf/at\\_download/file](http://www.lss.fd.cvut.cz/Members/langr/2010-drup/2010-drup-2-pdf/at_download/file)
- [5] PŘIBYL, Ondřej. Měření a zpracování dat: Detektory zasahující do vozovky, úvod do detekce [online]. [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <http://zolotarev.fd.cvut.cz/mzd/ctrl.php?act=show,section,63>
- [6] DOBROVOLNÝ, Martin. Rychlý algoritmus rozpoznání registračních značek vozidel [online]. [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: [http://pernerscontacts.upce.cz/15\\_2009/Dobrovolny.pdf](http://pernerscontacts.upce.cz/15_2009/Dobrovolny.pdf)
- [7] America Pink. Automatic number plate recognition [online]. [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://america.pink/images/5/1/9/6/7/9/en/3-automatic-number-plate-recognition.jpg>
- [8] MAPY.CZ. [online]. [cit. 2016-07-10]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.5026176&y=50.1102579&z=16&l=0&source=addr&id=11489954>
- [9] MAPY.CZ. [online]. [cit. 2016-07-12]. Dostupné z: <https://mapy.cz/dopravni?x=14.5021013&y=50.1088988&z=18&l=0>
- [10] WALTEROVÁ, Todd. Přednosti a slabiny liniových schémat [online]. 2007 [cit. 2016-07-15]. Dostupné z: <http://www.controlengcesko.com/hlavni-menu/artykuly/artykul/article/prednosti-a-slabiny-liniovych-schemat/>

- [11] SWARCO TRAFFIC CZ S.R.O. Monitorování parkovacích míst: Čidla [online]. 2012 [cit. 2016-04-12]. Dostupné z: <https://www.swarco.com/stcz/Produkty-Slu%C5%BEby/Parkov%C3%A1n%C3%AD/Detekce/Monitorov%C3%A1n%C3%AD-parkovac%C3%ADch-m%C3%ADst-%C4%8Didla>
- [12] AŽD PRAHA S.R.O. Systémy pro silniční dopravu: Parkovací systémy [online]. 2012 [cit. 2016-07-18]. Dostupné z: <https://www.azd.cz/admin/files/Dokumenty/pdf/Produkty/Silnicni/Parkovaci-systemy.pdf>
- [13] SVÍTEK, Miroslav. Trendy mýtných (EFC) systémů [online]. [cit. 2016-08-15]. Dostupné z: <http://expert.fd.cvut.cz/datastore/presentation/Svitek-RSD-seminar-trendy-EFC-1.pdf>
- [14] BÁRTA, David. Chytré pouliční parkování [online]. [cit. 2016-08-15]. Dostupné z: <http://www.scmagazine.cz/casopis/01-13/chytre-poulicni-parkovani?locale=cs>
- [15] TSK: intenzity dopravy. [online]. [cit. 2016-08-20]. Dostupné z: <https://www.tsk-praha.cz/wps/portal/root/aktualni-doprava/parkoviste/>
- [16] ŘEZÁČ, Miloslav. Dopravní stavitelství: Jednotlivé, řadové a hromadné garáže [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: [http://fast10.vsb.cz/rezac/download/dsn/PG6-RG\\_a\\_HG.pdf](http://fast10.vsb.cz/rezac/download/dsn/PG6-RG_a_HG.pdf)

## Seznam obrázků

Obr. 1: Systémová architektura parkovacích systémů (řídící část) .....	14
Obr. 2: Využití dvou indukčních smyček na vjezdu do obchodního centra Nový Smíchov, Praha .....	16
Obr. 3: Ultrazvukový detektor v obchodním centru Florentinum, Praha .....	16
Obr. 4: Optická závora s odděleným vysílačem a přijímačem .....	17
Obr. 5: Optická závora se společným vysílačem a přijímačem .....	18
Obr. 6: Dekompozice systému rozpoznávání registračních značek vozidel [6] .....	18
Obr. 7: Základní funkční prvky systému ALPR [7] .....	19
Obr. 8: Proměnná informační tabule s počtem volných míst a navigací v obchodním centru Arkády Pankrác, Praha .....	20
Obr. 9: LED ve vypnutém stavu v obchodním centru (foto pořízeno v Florentinum, Praha) ..	21
Obr. 10: Informování řidičů o počtu volných míst na parkovištích [12] .....	23
Obr. 11: Poloha hromadného parkovacího objektu [8] .....	26
Obr. 12: Schéma uspořádání parkoviště a umístění stávajících systémů (překresleno z fotodokumentace) .....	27
Obr. 13: Funkce systému .....	30
Obr. 14: Informační toky mezi funkcemi .....	31
Obr. 15: Rozmístění proměnných informačních tabulí a detektorů .....	33
Obr. 16: Typy navržených tabulí .....	35
Obr. 17: Umístění venkovních PIT .....	36
Obr. 18: Návrh venkovních PIT .....	37
Obr. 19: Ukázka části kódu pro odesílání dat ve formátu XML .....	37
Obr. 20: Algoritmus pro detektory .....	39
Obr. 21: Rozdělení parkovacích míst do zón .....	40
Obr. 22: Algoritmus pro metodu vjezd výjezd .....	41
Obr. 23: Algoritmus pro zobrazení stavu na indikátoru .....	42
Obr. 24: Algoritmus pro zobrazování počtu volných míst na vnitřních PIT .....	43
Obr. 25: Algoritmus pro zobrazení počtu volných míst na vnějších PIT .....	44
Obr. 26: Algoritmus pro synchronizaci dat .....	45
Obr. 27: Algoritmus pro odeslání dat na 2. úroveň hierarchie .....	46
Obr. 28: Simulování indukčních smyček na vjezdu a výjezdech .....	50
Obr. 29: Matematický výpočet pro zobrazení tří číslic hodnoty počtu volných míst na displeji	50

Obr. 30: Simulování PIT na programovatelném displeji..... 51

## Seznam tabulek

Tab. 1: Funkce systému .....	29
Tab. 2: Rozdělení parkoviště na zóny .....	33
Tab. 3: Zobrazení informací na jednotlivých PIT .....	34
Tab. 4: Přiřazení typů PIT k jednotlivým místům větvení tras .....	35
Tab. 5: Použité proměnné v programu .....	49

## Seznam příloh

Přílohy jsou k dispozici na přiloženém disku CD.

Příloha A: Implementace na PLC (Program + report)

*BP MIRA.rss (projekt RSLogix) (66 kB)*

*BP MIRA.pdf (88 kB)*

Příloha B: Implementace na dotykový displej (Program + report)

*BP Míra.PBA (Projekt PanelBuilder32) (2,1 MB)*

*BP MIRA DISP.pdf (36 kB)*

Příloha C: Pořízené fotografie

*Fotografie.zip (358 MB)*