

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Analýza metod sběru dopravně-inženýrských dat v městském prostředí
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **David Fejl**
Osobní číslo: **D16125**
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní stavitelství**
Téma práce: **Analýza metod sběru dopravně-inženýrských dat v městském prostředí**
Zadávající katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

Zásady pro vypracování

V rámci závěrečné práce popište a analyzujte aktuálně dostupné metody sběru DI dat v městském prostředí města Pardubice popř. Hradec Králové. Zaměřte se na polo/automatizované sběry dat a jejich využitelnost pro další použití jako podklad pro dopravní plánování a projektování staveb. Výstupem by měla být identifikace silných a slabých stránek jednotlivých systémů a u vybraných jejich porovnání s referenčním měřením např. ručním sčítáním. Struktura bakalářské práce je uvedena níže

- Úvod
- Analýza metod sběru dopravně inženýrských dat
- Stanovení cílů
- Získání a zpracování DI dat
- Vyhodnocení a porovnání výsledků
- Závěr a doporučení

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Technické podmínky TP 189 – Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích (2018)

SLABÝ, Petr. *Dopravní stavby a systémy 20, 30*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02453-9.

SLABÝ, Petr, Michal UHLÍK a Tomáš HAVLIČEK. *Dopravní inženýrství I. 2.*, přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04856-6.

KOČÁRKOVÁ, Dagmar. *Základy dopravního inženýrství*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03022-9.

HOLLAREK, Tomáš, Alica KALAŠOVÁ a Jela KUŠNIEROVÁ. *Dopravné inžinierstvo: návody na cvičenia*. Žilina: Vysoká škola dopravy a spojov, 1994. ISBN 80-7100-195-3.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavel Lopour, Ph.D.

Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání bakalářské práce: **26. října 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2021**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. října 2020

Prohlašuji:

Práci s názvem Analýza metod sběru dopravně-inženýrských dat v městském prostředí jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 16.5.2022

David Fejl v.r.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Lopouroví, Ph.D. za veškeré rady a doporučení při zpracovávání této práce. Další poděkování patří Ing. Petru Kvašovi za poskytnuté materiály a cenné konzultace. Na závěr děkuji celé své rodině za umožnění studia a veškerou podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

ANOTACE

Práce se zabývá analýzou metod sběru dopravně-inženýrských dat ve městě Pardubice. Dopravní analýzy se v Pardubicích provádí pomocí systému videodetekce s následným vyhodnocením v softwaru BriefCam. Pro stanovení spolehlivosti tohoto softwaru byly vybrány čtyři lokality, ze kterých se pořídily kamerové záznamy za různých světelných podmínek, které byly vyhodnoceny pomocí ručního sčítání. Byla zjišťována spolehlivost detekce chodců, cyklistů a druhů vozidel. Takto získané výsledky byly porovnány s výsledky ze softwaru. Na závěr bylo provedeno vyhodnocení.

KLÍČOVÁ SLOVA

dopravní průzkum, pozemní komunikace, intenzita, dopravní detektory, software BriefCam, spolehlivost

TITLE

Analysis of methods of collecting traffic-engineering data in the urban environment

ANNOTATION

The thesis deals with the analysis of methods of collecting traffic-engineering data in the city of Pardubice. Traffic analyses in Pardubice are performed by a video detection system with subsequent evaluation in the BriefCam software. To determine the reliability of this software, four locations were selected from which camera recordings was taken under different lighting conditions, which were evaluated by manual addition. The detection reliability of pedestrians, cyclists, types of vehicles was tested. The results obtained this way were compared with the results from the software. In conclusion an evaluation was performed.

KEYWORDS

traffic survey, roads, intensity, traffic detectors, software BriefCam, reliability

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	10
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	14
ÚVOD.....	15
1 DOPRAVNÍ INŽENÝRSTVÍ Z POHLEDU DOPRAVNÍCH PRŮZKUMŮ.....	16
1.1 Dopravní inženýrství.....	16
1.2 Dopravní proud	17
1.2.1 Charakteristiky dopravního proudu	17
1.3 Dopravní průzkum	19
1.3.1 Rozdělení dopravních průzkumů	20
1.3.2 Průzkum intenzity silniční dopravy v městském prostředí.....	22
2 POPIS DOPRAVNÍCH DETEKTORŮ	24
2.1 Intrusivní detektory	24
2.1.1 Indukční smyčky.....	24
2.1.2 Pneumatické detektory.....	27
2.1.3 Piezoelektrické detektory.....	28
2.1.4 Magnetické detektory	29
2.1.5 Detektory s vláknovou optikou.....	30
2.1.6 Porovnání intrusivních detektorů podle druhu sběru dat	31
2.2 Neintrusivní detektory.....	31
2.2.1 Mikrovlnné detektory	31
2.2.2 Ultrazvukové detektory.....	32
2.2.3 Systémy videodetekce.....	33
2.2.4 Pasivní infračervené detektory.....	35
2.2.5 Aktivní infračervené detektory	35
2.2.6 Akustické pasivní detektory.....	36
2.2.7 Kombinované detektory.....	36
2.2.8 Porovnání neintrusivních detektorů podle druhu sběru dat	37
3 ANALÝZA DOSTUPNÝCH METOD SBĚRU DOPRAVNĚ-INŽENÝRSKÝCH DAT V PARDUBICÍCH	38
3.1 Doprava v klidu.....	38
3.1.1 Magnetometrické detektory-Smart parking	38
3.2 Doprava v pohybu.....	42
3.2.1 Systémy videodetekce-pěší, cyklistická a automobilová doprava.....	42
3.2.2 Indukční smyčky-cyklistická doprava	44

3.2.3	Indukční smyčky a systémy videodetekce-dynamické řízení SSZ.....	46
4	ANALÝZA SPOLEHLIVOSTI DETEKCE OBJEKTŮ V SOFTWARE BRIEFCAM.....	51
4.1	Analýza videozáznamů z křižovatky Jahnova x Karla IV	55
4.1.1	Analýza videozáznamu ze dne 17.1.2022.....	55
4.1.2	Analýza videozáznamu ze dne 19.1.2020.....	58
4.1.3	Shrnutí dosažených výsledků z křižovatky Jahnova x Karla IV	61
4.2	Analýza videozáznamů z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše	63
4.2.1	Analýza videozáznamu ze dne 17.1.2022.....	63
4.2.2	Analýza videozáznamu ze dne 19.1.2022.....	65
4.2.3	Shrnutí dosažených výsledků z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše.....	68
4.3	Analýza videozáznamů z křižovatky Dašická x Štrossova	70
4.3.1	Analýza videozáznamu ze dne 17.1.2022.....	70
4.3.2	Analýza videozáznamu ze dne 19.1.2022.....	72
4.3.3	Shrnutí dosažených výsledků z křižovatky Dašická x Štrossova	75
4.4	Analýza videozáznamů z křižovatky Teplého x Lexova	77
4.4.1	Analýza videozáznamu ze dne 17.1.2022.....	77
4.4.2	Analýza videozáznamu ze dne 19.1.2022.....	79
4.4.3	Shrnutí dosažených výsledků z křižovatky Teplého x Lexova.....	81
4.5	Posouzení vhodnosti užití tolerancí softwaru a jejich úspěšností při detekci objektů rozdělených dle motorizace	83
4.5.1	Nemotorová doprava.....	85
4.5.2	Motorová doprava.....	86
4.6	Posouzení vhodnosti užití tolerancí softwaru a jejich úspěšností při detekci jednotlivých druhů objektů	87
4.6.1	Chodci.....	88
4.6.2	Osobní automobily.....	90
4.6.3	Cyklisté	92
4.6.4	Motocykly	94
4.6.5	Dodávky.....	96
4.6.6	Pick-up.....	98
4.6.7	Nákladní automobily.....	100
4.6.8	Autobusy	102
4.7	Shrnutí úspěšností zaznamenání dle skladby dopravního proudu.....	104
4.8	DISKUZE NAD VÝSLEDKY	106
5	ZÁVĚR A DOPORUČENÍ	108
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	110

SEZNAM PŘÍLOH.....	113
--------------------	-----

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 Vzor sčítacího listu z celostátního sčítání dopravy v roce 2020 [7].....	22
Obrázek 2 Mobilní aplikace pro sčítání dopravy [8]	23
Obrázek 3 Princip fungování indukčních smyček, Obr. Upravený autorem [11]	24
Obrázek 4 Půdorysné tvary a umístění indukčních smyček v jízdním pruhu [5]	26
Obrázek 5 Pneumatické trubice umístěné na povrchu vozovky [12]	27
Obrázek 6 Uložení piezoelektrického kabelu do vozovky [11].....	28
Obrázek 7 Schéma detekce fluxgate magnetometru, Obr. upravený autorem [13].....	29
Obrázek 8 Konstrukční složení detektoru s vláknovou optikou, Obr. upravený autorem [11]	30
Obrázek 9 Mikrovlnný radar Sierzega SR4 [15]	32
Obrázek 10 Kamerová detekce [18]	33
Obrázek 11 Analýza videozáznamu v softwaru BriefCam [20]	34
Obrázek 12 Analýza pěší dopravy v softwaru BriefCam [20].....	34
Obrázek 13 Pasivní infračervený senzor řady ASIM IR 250 [22].....	35
Obrázek 14 Senzor pro detekci vozidla v rámci projektu Smart parking	39
Obrázek 15 Parkovací stání s osazeným senzorem na parkovišti u zimního stadionu	39
Obrázek 16 Rozmístění parkovacích detektorů v Pardubicích, Obr. Upravený autorem [25]	40
Obrázek 17 Ukázka obsazenosti parkovacích ploch v aplikaci Smart City Center [26]	41
Obrázek 18 Ukázka obsazenosti parkoviště u zimního stadionu v aplikaci Smart City Center [26].....	41
Obrázek 19 Informační tabule obsazenosti parkovacích stání v ulici Jiráskova	42
Obrázek 20 Mapa znázorňující rozmístění kamer v Pardubicích [27]	43
Obrázek 21 Detail městského kamerového systému v Pardubicích [27].....	44
Obrázek 22 Mapa znázorňující rozmístění kamer s funkcí automatického čtení RZ [28]	44
Obrázek 23 Rozmístění sčítacích profilů v Pardubicích, Obr. Upravený autorem [25].....	45
Obrázek 24 Indukční smyčka v konfiguraci Greenway v ulici U Maťáku.....	46
Obrázek 25 Indukční smyčka v konfiguraci Selective v ulici Husova	46
Obrázek 26 Rozmístění indukčních smyček na křižovatkách v Pardubicích, Obr. Upravený autorem [25].....	47
Obrázek 27 Ukázka křižovatky ze softwaru eDaptiva, která je řízená pomocí systému videodetekce v kombinaci s indukčními smyčkami, Obr. Upravený autorem	49
Obrázek 28 Ukázka rozhraní softwaru eDaptiva spolu s pásovým diagramem	50
Obrázek 29 Umístění vybraných kamer v rámci prováděné analýzy dopravy, Obr. Upravený autorem [25].....	54
Obrázek 30 Pohled kamery č.8 pořízený 17.1.2022 v ranních hodinách	55
Obrázek 31 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022	56
Obrázek 32 Nastavení výřezu detekované plochy v rámci detekce pěších a cyklistů.....	56
Obrázek 33 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022 – profilový průřez.....	57
Obrázek 34 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022	58
Obrázek 35 Pohled kamery č.8 pořízený 19.1.2022 v odpoledních hodinách.....	58
Obrázek 36 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 19.1.2022	59

Obrázek 37 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 19.1.2022	60
Obrázek 38 Pohled kamery č.46 pořízený 17.1.2022 v ranních hodinách	63
Obrázek 39 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z ulice Anenská dne 17.1.2022	64
Obrázek 40 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 17.1.2022	65
Obrázek 41 Pohled kamery č.46 pořízený 19.1.2022 v odpoledních hodinách.....	65
Obrázek 42 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z ulice Anenská dne 19.1.2022	66
Obrázek 43 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 19.1.2022	67
Obrázek 44 Pohled kamery č.63 pořízený 17.1.2022 v ranních hodinách	70
Obrázek 45 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z ulice Štrossova dne 17.1.2022	71
Obrázek 46 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Dašická x Štrossova dne 17.1.2022.....	72
Obrázek 47 Pohled kamery č.63 pořízený 19.1.2022 v odpoledních hodinách.....	72
Obrázek 48 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z ulice Štrossova dne 19.1.2022.....	73
Obrázek 49 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Dašická x Štrossova dne 19.1.2022.....	74
Obrázek 50 Pohled kamery č.95 pořízený 17.1.2022 v ranních hodinách	77
Obrázek 51 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z ulice Teplého dne 17.1.2022	78
Obrázek 52 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Teplého x Lexova dne 17.1.2022	79
Obrázek 53 Pohled kamery č.95 pořízený 19.1.2022 v odpoledních hodinách.....	79
Obrázek 54 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z ulice Teplého dne 19.1.2022	80
Obrázek 55 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Teplého x Lexova dne 19.1.2022	81
Obrázek 56 Volkswagen Transporter řazený do kategorie dodávkových automobilů.....	96
Obrázek 57 Volkswagen Transporter řazený do kategorie osobních automobilů	96
Tabulka 1 Porovnání intrusivních detektorů.....	31
Tabulka 2 Porovnání neintrusivních detektorů.....	37
Tabulka 3 Lokality v Pardubicích s osazenými parkovacími senzory.....	39
Tabulka 4 Sčítací profily s indukčními smyčkami pro detekci cyklistů v Pardubicích.....	46
Tabulka 5 Indukční smyčky pro detekci vozidel na křižovatkách v Pardubicích	47
Tabulka 6 Předpokládané dělení druhů vozidel pro ověření spolehlivosti softwarové detekce [30].....	53
Tabulka 7 Tabulka pořízených videozáznamů pro vyhodnocení spolehlivosti softwaru.....	54
Tabulka 8 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022	55
Tabulka 9 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022 – profilový průzkum	57

Tabulka 10 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022	57
Tabulka 11 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 19.1.2022	59
Tabulka 12 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 19.1.2022	60
Tabulka 13 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022	62
Tabulka 14 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 19.1.2022	62
Tabulka 15 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z ulice Anenská dne 17.1.2022.....	63
Tabulka 16 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 17.1.2022.....	64
Tabulka 17 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z ulice Anenská dne 19.1.2022.....	66
Tabulka 18 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 19.1.2022.....	66
Tabulka 19 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 19.1.2022.....	69
Tabulka 20 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 17.1.2022.....	69
Tabulka 21 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z ulice Štrossova dne 17.1.2022.....	70
Tabulka 22 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Dašická x Štrossova dne 17.1.2022	71
Tabulka 23 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z ulice Štrossova dne 19.1.2022.....	73
Tabulka 24 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Dašická x Štrossova dne 19.1.2022	73
Tabulka 25 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křižovatky Dašická x Štrossova dne 17.1.2022	76
Tabulka 26 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křižovatky Dašická x Štrossova dne 19.1.2022	76
Tabulka 27 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z ulice Teplého dne 17.1.2022.....	77
Tabulka 28 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Teplého x Lexova dne 17.1.2022.....	78
Tabulka 29 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z ulice Teplého dne 19.1.2022.....	80
Tabulka 30 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Teplého x Lexova dne 19.1.2022.....	80
Tabulka 31 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křižovatky Teplého x Lexova dne 17.1.2022	82
Tabulka 32 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křižovatky Teplého x Lexova dne 19.1.2022	82

Tabulka 33 Porovnání absolutních hodnot softwarem detekovaných objektů spadajících do nemotorové dopravy	85
Tabulka 34 Porovnání absolutních hodnot softwarem detekovaných objektů spadajících do motorové dopravy	86
Tabulka 35 Porovnání hodnot rozdílu detekovaných chodců v rámci ručního sčítání a softwaru	89
Tabulka 36 Porovnání hodnot rozdílu detekovaných osobních automobilů v rámci ručního sčítání a softwaru	91
Tabulka 37 Tabulka vyjadřující počet úspěšně detekovaných cyklistů včetně četností softwarových chyb	93
Tabulka 38 Tabulka vyjadřující počet úspěšně detekovaných motocyklů včetně četností softwarových chyb	95
Tabulka 39 Tabulka vyjadřující počet úspěšně detekovaných dodávek včetně četností softwarových chyb	97
Tabulka 40 Tabulka vyjadřující počet úspěšně detekovaných pick-upů včetně četností softwarových chyb	99
Tabulka 41 Tabulka vyjadřující počet úspěšně detekovaných nákladních automobilů včetně četností softwarových chyb	101
Tabulka 42 Tabulka vyjadřující počet úspěšně detekovaných autobusů včetně četností softwarových chyb	103
Tabulka 43 Znázornění procentuální úspěšnosti softwarové detekce objektů rozdělených dle motorizace	104
Tabulka 44 Znázornění procentuální úspěšnosti softwarové detekce jednotlivých sledovaných objektů	105

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

DI	Dopravní inženýrství
DP	Dopravní průzkum
H	Hustota [voz/km]
I	Intenzita [voz/jednotka času]
MHD	Městská hromadná doprava
RZ	Registrační značka
SSZ	Světelné signalizační zařízení
TP	Technické podmínky
V	Rychlost [km/h]
V_1	Střední bodová rychlost [km/h]
V_m	Střední okamžitá rychlost [km/h]

ÚVOD

Dopravní průzkum jakožto zjišťování a statistické šetření základních dopravních charakteristik, kdy je potřeba data získat a následně vyhodnotit, je velmi důležitou součástí pro analýzu stávajícího stavu na pozemních komunikacích nebo pro návrh zlepšení a modernizaci pozemních komunikací a křižovatek. Způsoby sběru dat jsou prvotní fází, při které získáme reprezentativní hodnoty, které jsou dány zvolenou metodou sběru. V dřívějších dobách, kdy nebylo možné použít speciální technické zařízení jako jsou indukční smyčky, hadice umístěné v konstrukci vozovky, radarové či infračervené detektory a v neposlední řadě využití videokamer s následným softwarovým vyhodnocením pořízeného kamerové záznamu, byla nejdostupnější a nejjednodušší metoda ručního sčítání. Postupem času a neustálému vývoji nových technologií jsme však obdrželi propracované přístroje, které dokáží ulehčit práci a také čas při získávání těchto hodnot a zdokonalit tak jejich vypovídající hodnotu.

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou metod sběru dopravně-inženýrských dat. První část je zaměřena na popis oboru dopravního inženýrství a s ním spojených základních pojmů. Druhá kapitola obsahuje dosavadní poznatky o dopravních detektorech, které se v současnosti dají využívat pro získání těchto dat.

Praktická část se zabývá zjišťováním a popisem systémů, které jsou v Pardubicích využívány pro sběr dopravně-inženýrských dat. Jsou zde popsány systémy videodetekce, indukční smyčky pro monitoring cyklistické dopravy, indukční smyčky pro řízení světelných signalizačních zařízení a detektory, používající se v rámci projektu Smart Parking. Hlavním cílem této části je vyhodnocení spolehlivosti analýzy objektů v softwaru BriefCam, a to za různých světelných podmínek. Byly vybrány čtyři lokality, ze kterých byly pořízeny kamerové záznamy z brzkých ranních hodin a následně ze stejných kamer byly pořízeny záznamy za jasného počasí. Výsledkem bude tedy přesnost či chybovost používaných přístrojů a softwaru, v rámci dané metody a tím pádem určit, zda je tento systém vhodný pro co nejpřesnější zjištění dopravně-inženýrských dat, které budou sloužit jako podklad v rámci dopravního plánování a projektování dopravních staveb.

Cílem bakalářské práce je vyhodnocení identifikace silných a slabých stránek jednotlivých systémů a u vybraných systémů jejich porovnání v referenčním měření ve vybraných profilech.

1 DOPRAVNÍ INŽENÝRSTVÍ Z POHLEDU DOPRAVNÍCH PRŮZKUMŮ

První kapitola se zaměřuje na teoretický popis dopravního inženýrství (DI), dopravního proudu a jeho charakteristik. Dále se v této kapitole pojednává o dopravních průzkumech, jak se definují, člení a za jakým účelem se tyto průzkumy provádějí.

1.1 Dopravní inženýrství

DI je jeden z mnoha oborů vědy, jež se soustředí na studium, průzkum a prognózu jevů a zákonitostí v dopravě se zaměřením na komunikace. DI vytváří podklady pro silniční plánování a následné projektování silničních staveb, ale také zlepšení samotného řešení dopravy na již existujících komunikacích, a to s okamžitou platností anebo s výhledem do budoucna [1].

Jedná se o poměrně mladý vědní obor, který byl vyčleněn v USA ve 30. letech 20. století ze silničního inženýrství, kdy v této době docházelo k masivnímu rozvoji silniční dopravy. V Evropě započal tento automobilový „boom“ po 2. světové válce, mezi padesátými a šedesátými lety 20. století [2].

Cílem DI, jak již bylo zmíněno v prvním odstavci této kapitoly, je vytvořit vhodné podklady pro silniční plánování. V praxi to znamená například správně zvolit kategorii a popřípadě třídu navrhované komunikace (dálnice, silnice, místní komunikace a účelové komunikace). Dalším klíčovým prvkem je návaznost a určení jednotlivých kroků výstavby. Vytváří podklady pro silniční projektování, pomocí kterých dokážeme určit potřebné návrhové prvky, jako jsou návrhová a směrová rychlost, minimální hodnoty poloměrů oblouků, klopení vozovky, rozhledy pro zastavení a předjíždění a odvodnění. Zaměřuje se na uplatnění okamžitých dopravních řešení s cílem co nejefektivněji využít nynější dopravní zařízení s rostoucími nároky na dopravu. Dalším cílem DI je nalézt výhledové dopravní řešení v podobě stavebních úprav a návrhu přestavby stávajícího stavu [2].

Silniční doprava je velmi specifická a aby bylo dosaženo výše uvedených cílů, je nutné mít základními informace o dané komunikaci. Čtyřmi základními okruhy jsou: uživatelé komunikace (kdo komunikaci používá), dopravní charakteristiky (informace o průběhu dopravy-rychlost vozidel, rozměry a kapacita, možnost parkování, nehodovost apod.), dopravní průzkumy (zmapování dopravního proudu a jeho změn v prostoru a daném časovém horizontu) a dopravní prognózy (predikce výhledových charakteristik dopravního proudu v budoucnosti) [2].

1.2 Dopravní proud

Dopravní proud je proud jednotlivých vozidel, která se pohybují v určitém směru, a to v podmínkách stavebního uspořádání komunikace (šířkové poměry, vedení trasy) [3]. Dopravní proud se skládá z různých druhů vozidel, z nichž každý má specifické vlastnosti. Důležitými faktory ovlivňující dopravní proud jsou: řidič a jeho stav (fyzický i psychický), vozidlo a jeho technický stav, dopravní cesta (parametry a technický stav), prostředí (dostatečné rozhledy, dopravní značení, složitější křižovatky), počasí (silný déšť, sněžení, námraza) a také samotný dopravní proud (intenzita, skladba) [4].

1.2.1 Charakteristiky dopravního proudu

Hlavními charakteristikami dopravního proudu jsou: intenzita, hustota a rychlost.

Intenzita (I) je definována pro vozidla jedoucí stejným směrem jako počet vozidel, projíždějících určitým profilem (úsekem) komunikace za časovou jednotku [2]. Nejčastěji používanými jednotkami intenzity jsou vozidla za hodinu (hodinová intenzita), nebo ve vozidlech za den (denní intenzita), můžeme však dle potřeby měřit v libovolném časovém intervalu, například vozidla za minutu atd. Jedná se o nejvíce sledovanou charakteristiku dopravního proudu, která nám ukáže kapacitu dané komunikace, to znamená největší intenzitu, kterou je schopna komunikace převést.

Vypočítá se tedy dle vzorce (1), jako počet vozidel, které projedou daným úsekem za jednotku času.

$$I = \frac{N}{t} [\text{voz/hod}] \text{ popř. } [\text{voz/den}] \quad (1)$$

Kde:

N...měřené údaje=počet vozidel

t...jednotka času

Dalšími parametry, které lze určit z intenzity jsou: časový odstup a střední časový odstup. Časový odstup se definuje jako uplynulý čas po projetí dvou za sebou jedoucích vozidel určitým místem vozovky, vyjadřuje se v sekundách. Střední časový odstup je zprůměrovanou hodnotou všech časových odstupů a jednotkou jsou [s/voz] [2].

Hustota (H) je počet vozidel, jedoucích jedním směrem, zaznamenaný v určitý okamžik a vztahený na jednotkovou délku komunikace [2]. Nejčastěji se vyjadřuje ve vozidlech na kilometr nebo ve vozidlech na 100 metrů. Podle hustoty se také hodnotí úroveň kvality dopravy. Pro řidiče je tedy nejvýhodnější co nejmenší hustota na daném úseku, která umožní nerušený pohyb vozidel. Vypočítá se dle vztahu (2).

$$H = \frac{N}{l} [\text{voz/km}] \quad (2)$$

Kde:

N...měřené údaje=počet vozidel

l...délka úseku

Dalšími parametry, které lze určit z hustoty jsou: délkový odstup a střední délkový odstup [2].

Rychlost (V) je nejkomplikovanější charakteristikou dopravního proudu. Rozlišujeme rychlost střední bodovou a střední okamžitou, které se liší rozdílným způsobem měřením [2].

Střední bodová rychlost (V_1) je průměrná hodnota rychlosti dílčích rychlostí, které byly naměřeny v daném místě komunikace za určitý čas [2]. Vypočítá se dle vztahu (3).

$$V_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_{li} [\text{km/h}] \quad (3)$$

Kde:

N...měřené údaje=počet vozidel

V_{li} ...bodová rychlost jednotlivého vozidla

Střední okamžitá rychlost (V_m) je rychlost, která vychází z průměru rychlostí vozidel, nacházejících se na daném úseku v daný časový okamžik [2]. Oproti střední bodové rychlosti však není tak snadno zjistitelná, protože v daný okamžik potřebujeme znát rychlosti všech vozidel na měřeném úseku. Vypočítá se dle vztahu (4).

Kde:

$$V_m = \frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} V_{mi} \text{ [km/h]} \quad (4)$$

N_t ...měřené údaje=počet vozidel na vymezeném úseku dráhy

V_{mi} ... okamžitá rychlost jednotlivého vozidla

1.3 Dopravní průzkum

Pod pojmem dopravní průzkum (DP), rozumíme všechny činnosti, které je nutno provést pro získání co nejvíce informací o silniční anebo jakékoliv jiné dopravě a také o dopravních zařízeních [4]. Dopravní průzkumy jsou neodmyslitelnou součástí dopravního plánování a projektování, ale také modernizací či rekonstrukcí stávajících pozemních komunikací. U silničních dopravních průzkumů je klíčové obecně zjistit počet a druh dopravních prostředků (například: motocykly, osobní automobily, nákladní automobily, autobusy atd.) pohybujících se po dané dopravní cestě. Zjišťují se také počty chodců a cyklistů [5].

Cílem DP je získat kvalitativní a kvantitativní data o dopravě [5]. S jistotou nelze říct, že každý DP je absolutně spolehlivý. Pro zajištění co nejvyšší důvěryhodnosti těchto průzkumů, je třeba dbát na zásady provádění (viz TP 189). Dále je zapotřebí správného využití matematické statistiky a pravděpodobnosti, tak aby byla zajištěna věrohodnost sledovaných dat [2]. Relevantní DP musí být schopen nám odpovědět na níže uvedené otázky: [4]

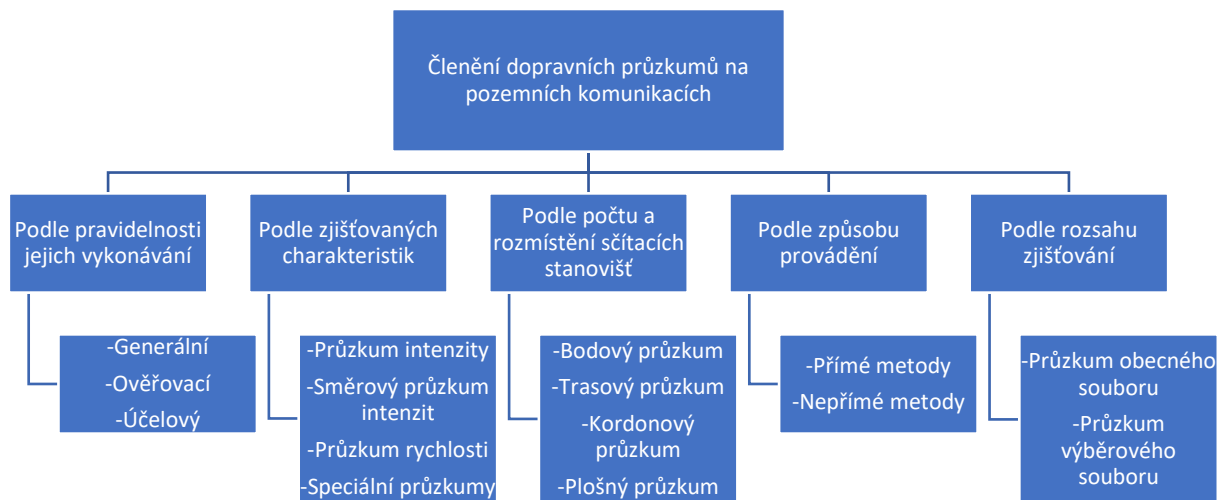
- Kolik? ...intenzita vozidel, chodců či cyklistů
- Odkud a kam? ...informace o zdroji a cíli dopravy, určuje směr dopravního proudu, podle požadované přesnosti se zdroj a cíl dopravy určuje např. z města do města, z obce do obce, z ulice do ulice a z městské části do nákupního centra atd.
- Kudy? ...po jaké komunikaci se sledované objekty pohybují
- Kdy? ...významný ukazatel intenzity dopravy a dopravního zatížení v určitém časovém rozmezí, tj. hodina, den, týden, měsíc nebo rok, pomocí kterého lze snadno určit dopravní nerovnosti (dopravní špička a dopravní sedlo)
- Čím? ...udává strukturu dopravního proudu (osobní vozidla, nákladní automobily, motocykly, MHD, lze sem zahrnout cyklisty i pěší)
- Proč? ...za jakým účelem lidé cestují (práce, vzdělání, lékař, úřady, sport, kultura a jiné)
- V jaké kvalitě? ...doba trvání cesty, rychlost dopravního proudu, kolikrát byl řidič nucen zastavit, kvalita pozemní komunikace

Od těchto předpokladů se odvíjí časová (doba měření v terénu) a technická (přístrojová) náročnost při sběru dat i při jejich vyhodnocení. Ve většině případů nám DP neposkytne přesné a ucelené informace o dané dopravní situaci, to můžeme eliminovat tím, že si sestavíme priority a výstupy, které chceme průzkumem získat [2].

1.3.1 Rozdělení dopravních průzkumů

DP můžeme dělit podle různých hledisek. Můžeme je rozdělit například podle druhu dopravy na silniční, železniční, leteckou, vodní či cyklistickou. Jelikož je tato bakalářská práce zaměřena na sběr DI dat na pozemních komunikacích, je zde uvedeno pouze členění DP týkajících se pozemních komunikací.

Schéma členění a popis dopravních průzkumů na pozemních komunikacích dle [2]:



- Generální průzkum slouží ke zjištění informací o veškerých druzích dopravy, provádí se za účelem poznání současného stavu a také ke zjištění údajů nezbytných pro prognózu dopravy. Realizuje se v rozmezí v časovém horizontu 8-10 let.

- Ověřovací průzkum se realizuje za účelem permanentního pozorování změn, ale také vývoje dopravních charakteristik všech druhů dopravy.

- Účelový průzkum vychází z potřeb, které jsou nezbytné pro plánování, organizaci a řízení dopravy. Tyto potřeby tedy určují rozsah, metodu a zpracování výsledků daného průzkumu.

- Průzkum intenzity se provádí za účelem získání informací, kolik vozidel projede příslušným profilem komunikace za určitý čas.










- Směrový průzkum intenzit spočívá ve zjišťování počtu vozidel za jednotku času, které projedou mezi určitými zdroji nebo cíli.
- Průzkum rychlosti se provádí pro zjištění rychlosti vozidel v dopravním proudu, jedná se například o okamžitou, cestovní a jízdni rychlost.
- Speciální průzkumy se realizují za účelem zjištění atypických dopravně-inženýrských údajů, mezi které patří například čas, který uplyne při nástupu a výstupu cestujících z hromadné dopravy, měření hluku a exhalací atd.
- Bodový průzkum se provádí pouze na jednom stanovišti nebo na více stanovištích, bez jakékoliv návaznosti na sebe.
- Trasový průzkum se realizuje na stanovištích, rozmístěných podél trasy, na které zjišťujeme základní informace o dopravním proudu.
- Kordonový průzkum se provádí na vjezdech nebo výjezdech ze sledovaného území. Tímto druhem průzkumu se tak sledují zdrojové a cílové vztahy.
- Plošný průzkum se uskutečňuje tak, že stanoviště jsou umístěna jednak po celém obvodu sledované oblasti, tak i uvnitř, aby byla zaručena možnost zjištění vnitrooblastních a mezioblastních vztahů.
- Přímé metody pro zjišťování intenzity dopravy jsou například metody ručního sčítání či použití poloautomatických nebo automatických detektorů.
- Nepřímé metody pro zjišťování intenzity dopravy jsou například metody prováděné anketou či dotazníkem.
- Průzkum obecného souboru spočívá v pozorování všech účastníků silničního provozu, u kterých se zjišťuje daný dopravní jev.
- Průzkum výběrového souboru spočívá v pozorování pouze vybraných účastníků silničního provozu, přičemž z výsledků z tohoto pozorování se usuzuje na vlastnosti základního souboru.


1.3.2 Průzkum intenzity silniční dopravy v městském prostředí

Průzkum intenzity dopravy se tedy provádí za účelem zjištění počtu dopravních prostředků nebo osob, které projedou nebo projdou daným úsekem za jednotku času. Intenzita dopravy je klíčový podklad pro dimenzování, poznání časových závislostí na dané komunikaci a v neposlední řadě například podá představu o nezbytném počtu sčítačů v případě provádění ručního průzkumu [3]. Tyto průzkumy lze provádět metodami přímými a nepřímými [2].

Ruční sčítání je jedna z možných metod a co se týče náročnosti na technické vybavení nejdostupnější metoda provádění DP. K tomuto druhu dopravního průzkumu je třeba náležitě vyškolená osoba, které bude DP provádět, papírový formulář a zapisovací pomůcky. Sčítači zaznamenávají čárkou každý průjezd dopravních prostředků do předem připraveného papírového formuláře (viz. Obrázek 1), ve kterém jsou rozděleny druhy vozidel. U ručních průzkumů hraje důležitou roli lidský faktor, zejména u průzkumů trvajících delší dobu, ale také při vysokých intenzitách. Dochází tedy k únavě a možné nepozornosti sčítačů a tím pádem není takto provedený DP zcela relevantní [6].

Dalším možným způsobem zaznamenání průjezdu vozidel je užitím nahrávacího zařízení, kdy každý průjezd nahlásíme [6]. Nejjednodušší je použití například mobilního telefonu vybaveným zvukovým záznamníkem, který v dnešní době vlastní téměř každý. Stejně jako u zápisu do papírového formuláře, se zde zaznamenává druh a směr průjezdu vozidel. Při zpracování takto pořízeného záznamu, je výhodou možnost zjištění časových rozestupů projíždějících vozidel.

SČÍTACÍ LIST	SMĚR 1:			SMĚR 2:		
	Od	do	Celkem	Od	do	Celkem
 Dobří/špatně						
 Lehké						
 Střední						
 Těžké						
 Návěsové soupravy						
 Autobusy						
 Motocykly						
 Traktory						
 Kola						



Datum: _____

Číslo silnice: _____

Číslo úseku: _____

Prohlašuji, že jsem všechno údaje uvedl/a správně.
Podpis: _____

Obrázek 1 Vzor sčítacího listu z celostátního sčítání dopravy v roce 2020 [7]

Od roku 2016 se však celostátní sčítání dopravy (CSD) provádí pomocí mobilní aplikace, která nahradila dříve používané papírové formuláře. V aplikaci jsou rozděleny jízdní pruhy a pod každým jízdním pruhem je seznam kategorií vozidel (viz. Obrázek 2). Po každém průjezdu vozidla tedy stačí kliknout na ikonu kategorie příslušného dopravního prostředku, který právě projel daným jízdním pruhem. Klasické papírové formuláře pro sčítání byly pouze jako záložní varianta. Na silnicích s větší intenzitou dopravy, je zapotřebí až čtyřech sčítačů [8]. Právě z důvodu větších intenzit na dané komunikaci, lze v aplikaci nastavit jaké kategorie vozidel bude každý sčítač zaznamenávat. Jeden sčítač bude mít na starost všechny druhy nákladních vozidel a druhý osobní automobily. Další výhodou této aplikace je, že vás pomocí GPS naviguje na přidělený úsek sčítání, takže se nemůže stát, že by se sčítání provádělo na špatném místě [9].



Obrázek 2 Mobilní aplikace pro sčítání dopravy [8]

2 POPIS DOPRAVNÍCH DETEKTORŮ

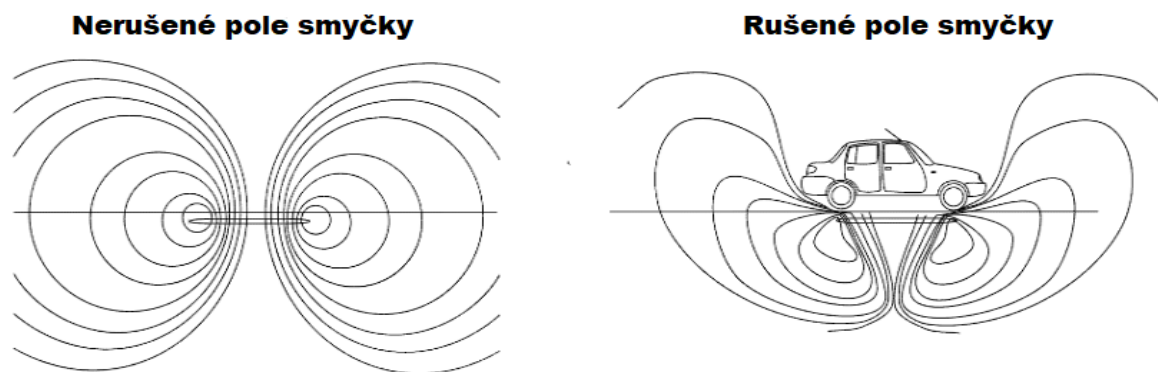
Tato kapitola popisuje dostupné dopravní detektory, používající se pro sběr DI dat a poskytuje tak přehled metod, pro zjišťování intenzity dopravy jakožto hlavní charakteristiku dopravního proudu. DI data se získávají pomocí dvou druhů detektorů, a to intrusivními a neinrusivními detektory.

2.1 Intrusivní detektory

Intrusivními detektory rozumíme ty detektory, které vyžadují zásah do vozovky. Instalace těchto detektorů bývá časově a technologicky zpravidla náročnější oproti neinrusivním detektorům. Jelikož většina intrusivních detektorů zůstává součástí vozovky, je vhodné je využít na místech, kde je zapotřebí dlouhodobějšího monitorování dopravy.

2.1.1 Indukční smyčky

Indukční smyčky jsou dopravní detektory, které jsou nejčastěji používány na měření intenzity. Kromě měření intenzity dopravy nám však tyto detektory dále měří obsazenost pruhů či rychlost vozidel. V případě použití kombinace dvou smyček, lze zjistit i kategorie vozidel [5]. Jejich fungování je založeno na principu změny indukčnosti smyčky způsobené přejezdem kovového předmětu, kterým může být vozidlo, motocykl či jízdní kolo (viz. Obrázek 3). Smyčka je tvořena vodičem, umístěným pod povrchem vozovky, který se vkládá do předem připravené drážky (30-120 mm) v jízdním pruhu [10]. Obecně platí, že všechny tvary indukčních smyček mají přibližně stejné výsledky detekce, avšak některé tvary mají určité výhody. Například pro identifikaci kolon, je nejvýhodnější použití dlouhé smyčky a pro detekci cyklistů se využívá smyček šikmých. Nejpoužívanějšími tvary v Evropě jsou však zpravidla obdélníkové (viz. Obrázek 4) [5].



Obrázek 3 Princip fungování indukčních smyček, Obr. Upravený autorem [11]

Citlivost indukční smyčky je ovlivněna hloubkou, ve které se vodič nachází (čím je vyšší hloubka uložení, tím je nižší citlivost). Důležitá je také délka propojovacího kabelu, přítomnost kovových předmětů (inženýrské sítě) a materiál vozovky (elektricky nevodivý) [5].

Složení detektoru je dle [5] následující:

- jeden, popřípadě více závitů izolovaného vodiče opatřeným vysoce odolným pláštěm, který odolá například následným zalitím drážky asfaltovou směsí
- kabel, který propojuje indukční smyčku s propojovacím boxem
- propojovací box (zesilovač)
- řídicí jednotka, interpretující změny elektrických vlastností indukční smyčky po přejezdu kovového předmětu
- zdroj střídavého napětí

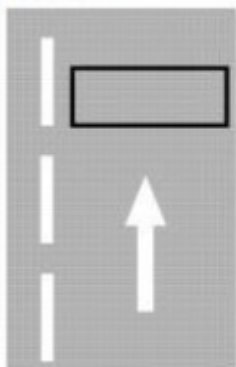
Výhody použití indukčních smyček dle [5]:

- správné fungování za každého počasí
- přizpůsobitelná víceúčelová konstrukce
- vyzkoušená fungující technologie poskytující podstatné dopravní parametry
- přijatelné pořizovací náklady

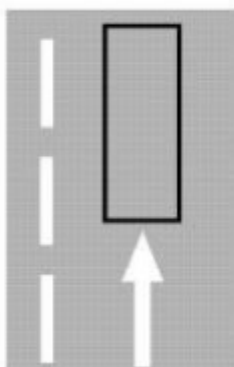
Nevýhody použití indukčních smyček dle [5]:

- nutnost omezení dopravního provozu při instalaci nebo údržbě
- poruchy způsobené nedostatečnou kvalitou povrchů vozovky
- pohybem smyčky, způsobené například bržděním těžkých nákladních vozidel dochází ke snižování životnosti
- v případě oprav dané vozovky je třeba dbát na přítomnost indukční smyčky, obvykle je nutná reinstalace detektoru
- vytvořením drážky pro umístění smyčky, dochází ke snižování životnosti vozovky
- nutnost stálé (rutinní) údržby

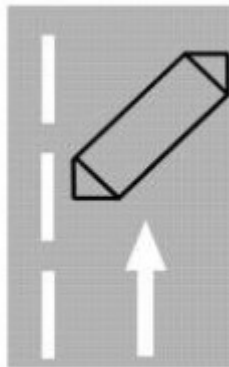
Pravouhelná krátká smyčka



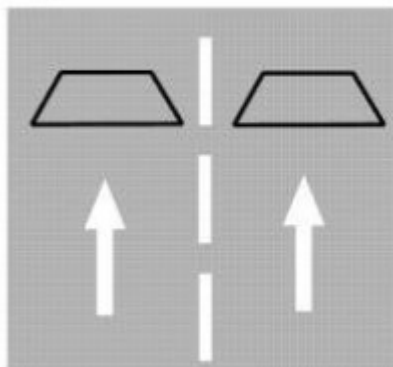
Dlouhá smyčka



Šikmá smyčka



Trapézová smyčka



Obrázek 4 Půdorysné tvary a umístění indukčních smyček v jízdním pruhu [5]

2.1.2 Pneumatické detektory

Jedná se o vůbec první dopravní detektory, které se používaly pro sledování intenzity vozidel. Jejich největší výhodou je snadná instalace a mobilita. Jsou to v podstatě gumové trubičky nebo hadice, které jsou uloženy na povrchu vozovky (viz. Obrázek 5). Princip detekce vozidel spočívá ve změně tlaku v trubičce, ke které dojde vlivem stlačení koly vozidla po přejezdu. Tato změna tlaku vede k aktivaci přepínače, který pošle signál. Tyto změny tlaku (impulsy) zaznamenává řídicí jednotka [5]. Trubky se ukládají kolmo na směr projíždějících vozidel. Kromě intenzity jsme touto metodou schopni dále zjistit také klasifikaci vozidel, obsazenost a v případě použití dvou detektorů také rychlost vozidel. Výhodou této technologie je velice rychlá instalace a nízká pořizovací cena (cca 30 000 Kč). Naopak nevýhodou je časté porušení pláště trubičky vlivem dopravy, při vyšších intenzitách dopravy hrozí nepřesné počítání náprav. U této metody je také určitá závislost na počasí, kdy se nedoporučuje provádět měření například za deště nebo když sněží [11].



Obrázek 5 Pneumatické trubice umístěné na povrchu vozovky [12]

2.1.3 Piezoelektrické detektory

Jedná se o novější typ detektorů založených na technologii piezopolymeru. Vzhledově připomínají koaxiální kabel, od kterého se liší tím, že místo izolátoru uvnitř kabelu je zde použitý piezometr. Uplatňuje se zde dynamický piezoelektrický efekt, to znamená, že se elektrický náboj vytváří pouze v případě, když dojde ke změně vnějších sil, které působí na senzor [11]. Tyto kabely se ukládají do předem vyfrézované drážky ve vozovce (viz. Obrázek 6), které se poté zalijí asfaltem nebo epoxidem. Jsou připojeny k řídicí jednotce, která detekuje změny elektrických vlastností kabelu, které se mění po průjezdu vozidla. Při průjezdu vozidla se senzorem generuje napětí (vlivem stlačení kabelu), které je přímo úměrné působící síle (váze vozidla). Tyto detektory umožňují měřit intenzitu, obsazenost, rychlost a směr vozidla, klasifikaci vozidel, počet náprav a také jejich hmotnost. Nevýhodou tohoto detektoru je, že zaznamenává průjezdy vozidel jedoucích alespoň 15 km/h. Doporučený teplotní rozsah pro správné fungování detektoru je od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ [5].



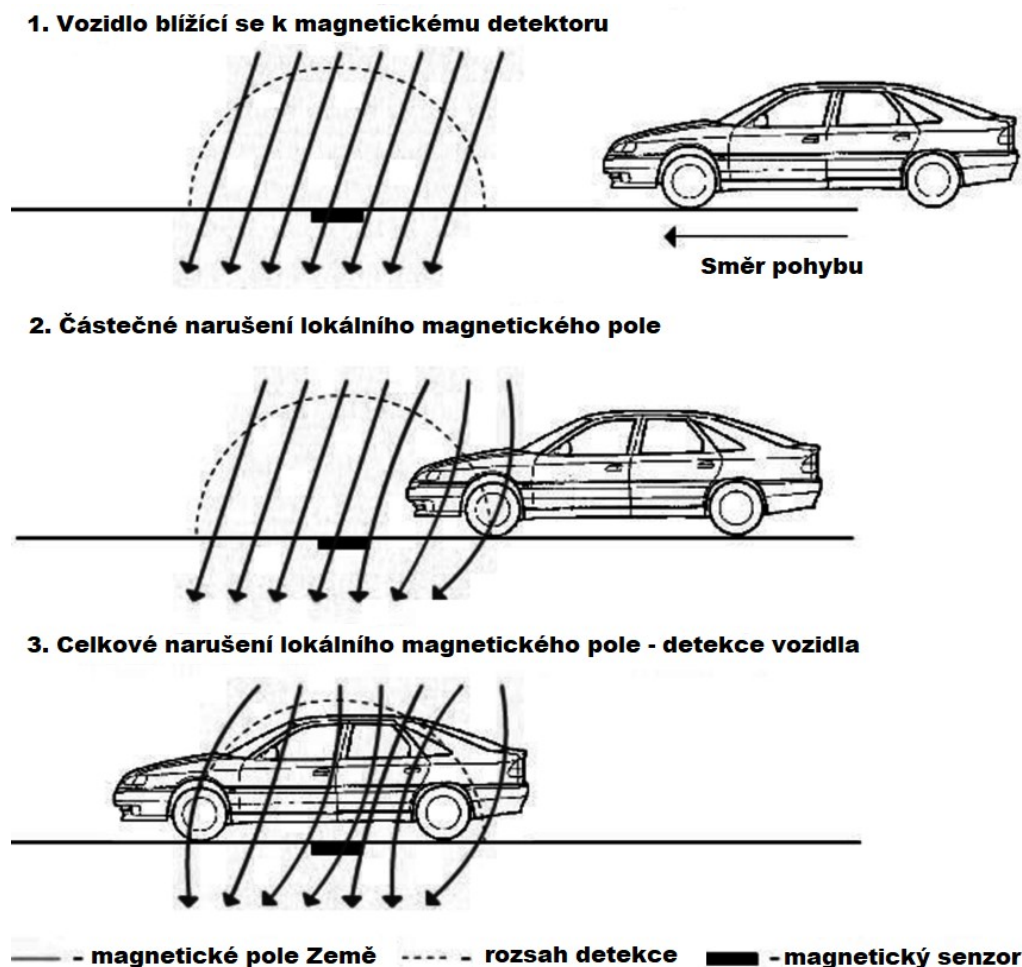
Obrázek 6 Uložení piezoelektrického kabelu do vozovky [11]

2.1.4 Magnetické detektory

Magnetické detektory se typově dělí na fluxgate magnetometry a magnetoindukční senzory [11].

Fluxgate magnetometry

Jsou založeny na principu měření hustoty siločar magnetického pole Země, kdy projíždějící auta (kovové části) v blízkosti senzoru zvyšují hustotu těchto siločar (viz. Obrázek 7). V prostoru pod projíždějícím vozidlem dochází k nahuštění siločar, a naopak po stranách vozidla dojde k poklesu hustoty. Skládají se z válcové sondy uložené ve vozovce, propojovacího boxu, propojovacího kabelu, řídicí jednotky a ze zdroje napájení. Využívají se pro měření intenzity, přítomnosti, obsazenosti a v případě použití dvou detektorů i pro měření rychlosti. Výhodou tohoto detektoru je nízká cena, odolná konstrukce a menší rozměry zařízení, tím pádem se mohou používat v konstrukcích obsahujících velké množství výztuže (mosty), kde není vhodné provádět významnější zásahy do vozovky. Nevýhodou je nutný zásah do vozovky a menší zóny detekce u některých modelů [11].



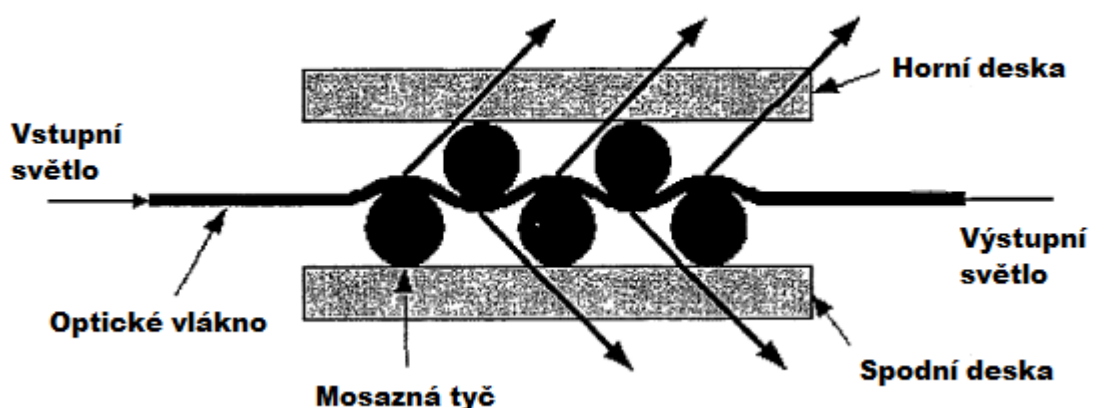
Obrázek 7 Schéma detekce fluxgate magnetometru, Obr. upravený autorem [13]

Magnetoindukční senzory

Princip fungování je stejný jako u fluxgate magnetometrů, tedy spočívá ve změně magnetického pole Země při průjezdu vozidla v rozsahu detektoru. Detektorem je zachycena změna elektrických vlastností vinutí (nízké napětí), kdy tyto změny jsou dále interpretovány řídicí jednotkou a vyhodnoceny. Liší se však konstrukcí, kdy samotný detektor má tvar projektilu, který má magneticky stabilní jádro, uložené v tunelu tvořeného z nemagnetického materiálu. Výhodou je velká mechanická odolnost a nepříliš obtížná instalace (vyvrtání otvoru do vozovky). Tyto detektory jsou schopny detekovat vozidla jedoucí více než 5-10 km/h [11].

2.1.5 Detektory s vláknovou optikou

Jedná se o poměrně nově používanou technologii, která detekuje projíždějící vozidla na základě deformace optického kabelu, umístěného na kulatinách (viz. Obrázek 8). Při projetí vozidla dojde ke stlačení, které vede k pohybu kulatin což má za následek ohnutí vlákna. Právě při tomto ohybu vlákna optického kabelu dochází k emisi světla. Intenzita smyčky se měří na konci smyčky a následně je vyhodnocena. Výhodou této technologie je její vysoká přesnost a nízká cena [11]. Detektory s vláknovou optikou od společnosti SAFIBRA umožňují měřit kromě standartně zjišťovaných dat jako je intenzita, klasifikace, rychlost, obsazenost, přítomnost, hmotnost vozidel a počet jejich náprav, také data speciální jako jsou například vibrace, mechanické napětí, hmotnost na jedno kolo nebo schopnost detekce plochých pneumatik [14].



Obrázek 8 Konstrukční složení detektoru s vláknovou optikou, Obr. upravený autorem [11]

2.1.6 Porovnání intrusivních detektorů podle druhu sběru dat

		Měřené veličiny						
		Intenzita	Rychlost vozidel	Klasifikace vozidel	Obsazenost	Přítomnost vozidel	Hmotnost vozidel	Počet náprav
Typy detektorů	Indukční smyčky	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne
	Pneumatické detektory	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano
	Piezoelektrické detektory	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
	Magnetické detektory	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano	Ne	Ne
	Detektory s vláknovou optikou	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano

Tabulka 1 Porovnání intrusivních detektorů

Z výše zmíněné tabulky vyplývá, že pro získání co nejvíce DI dat a informací o vozidlech v dopravním proudu, je nejvýhodnější použití piezoelektrických detektorů společně s detektory s vláknovou optikou. Naopak nejméně vhodné se jeví použití magnetických detektorů, které jako jediné z uvedených intrusivních detektorů neposkytují informace o klasifikaci vozidel.

2.2 Neintrusivní detektory

U neintrusivních detektorů není třeba zásahu do vozovky a tím pádem jejího narušení a zkrácení životnosti. Další jejich výhodou je snadnější instalace a možnost tyto detektory přemísťovat.

2.2.1 Mikrovlnné detektory

Mikrovlnný detektor je zařízení, založené na principu vysílání a následného příjmu mikrovlnných paprsků [10]. Uplatňuje se zde tzv. Dopplerův efekt-signál, který má konstantní frekvenci vyslaný z radaru se odrazí zpět od jedoucího vozidla, tím dojde k frekvenčnímu posunu, a právě to je signál pro detekci přítomnosti vozidla. Detektory pracují s vlnovými délkami v rozmezí 1-30 cm a s frekvencí 1-30 GHz, přičemž nejvíce užívaná frekvence má hodnotu 24,125 GHz. Kromě detekce přítomnosti vozidel tyto detektory poskytují další údaje jako jsou: rychlost vozidel a jejich délka (klasifikace), intenzita a obsazenost jízdních pruhů. Mikrovlnné detektory se umísťují buď přímo nad vozovku anebo vedle vozovky. V případě stacionárních detektorů se volí umístění nad vozovku, kdy se radar upevňuje na konstrukce

(portály liniového řízení) ve výšce 5-7 metrů. Druhý způsob je užití mobilních detektorů, které se umísťují vedle vozovky, kdy se radar nejčastěji připevňuje na konstrukci svislého dopravního značení ve výšce 1,7-3 metry nad vozovkou. Při zjišťování intenzity dopravy je vhodnější umístění radaru nad vozovku, a to z toho důvodu, že nedochází ke stínění vozidel [5]. Jedním z nejvíce užívaných mikrovlnných radarů je radar Sierzega SR4 (viz. Obrázek 9).



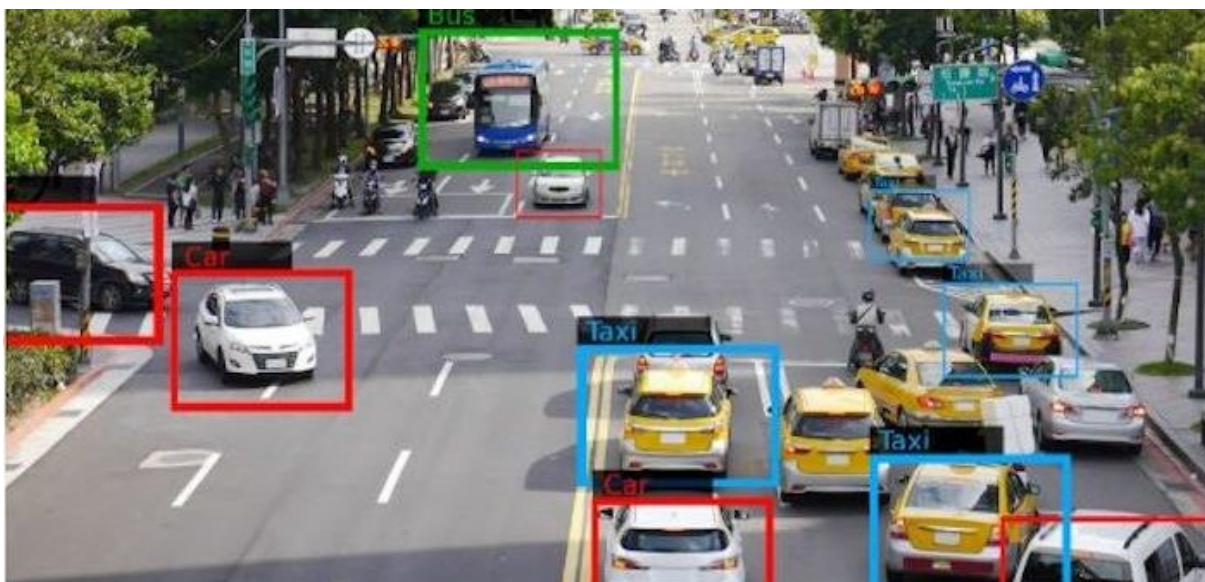
Obrázek 9 Mikrovlnný radar Sierzega SR4 [15]

2.2.2 Ultrazvukové detektory

Ultrazvukový detektor vysílá tlakové vlny zvukové energie o frekvenci (25-50 kHz), tudíž jsou lidským uchem nezaznamatelné. Měří se čas, který uplyne, než se odražená vlna vrátí zpět do detektoru. K detekci vozidla dojde, jakmile se změřený čas liší od hodnoty času, které odpovídá vzdálenosti povrchu vozovky. Ultrazvukové detektory měří intenzitu, přítomnost, obsazenost, délku a výšku vozidel. V případě měření rychlosti detektor vysílá dvě vlny pod jinými úhly. Tyto detektory se dají použít i pro měření na komunikacích o více jízdnicích. Nevýhodou je možnost ovlivnění přesnosti detektoru většími změnami teplot, popřípadě zvýšeným nárazovým větrem. Vyšší intervaly vyslaných vln mohou ovlivnit měření obsazenosti obzvláště v případě, že se vozidla pohybují ve větší rychlosti [16].

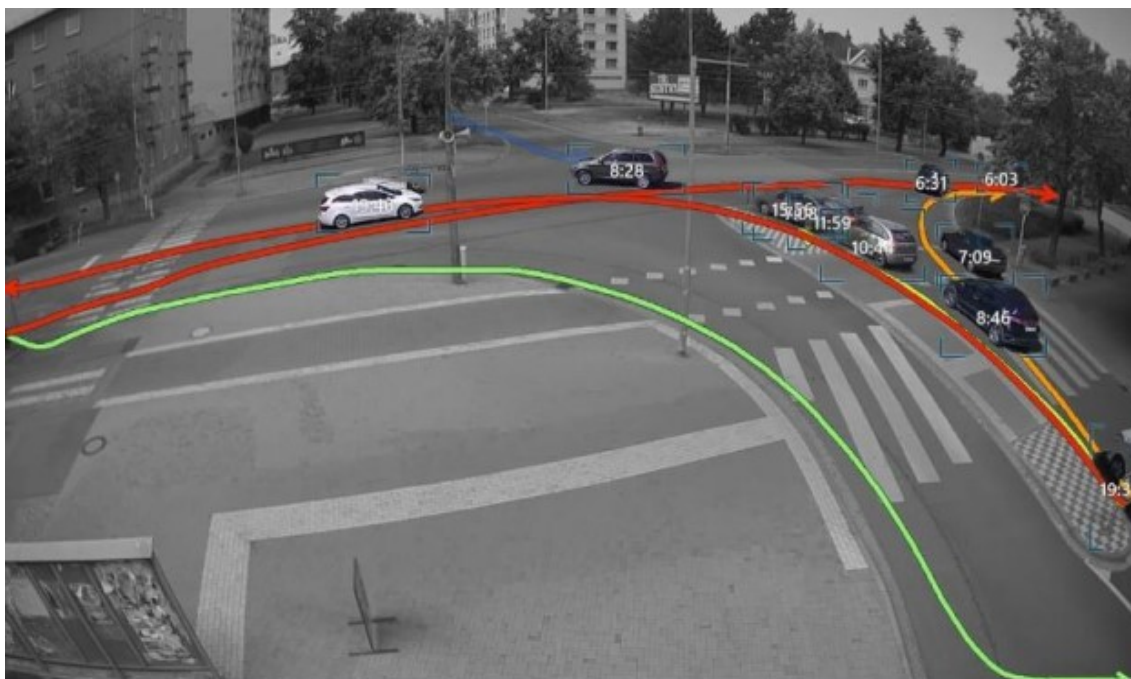
2.2.3 Systémy videodetekce

Tyto systémy využívají analýzy obrazu k získání informací o přítomnosti vozidel ve sledovaném místě [10]. Je to typ nedestruktivního detektoru, kdy se kamera nejčastěji umísťuje například na sloupy veřejného osvětlení či sloupy světelné signalizace, ze kterých snímá dané místo. Fungují na principu digitalizace statického obrazu, kdy se mění hodnoty barev a jasů vlivem projíždějících vozidel. Právě tato změna je signálem pro detekci a identifikaci vozidel [17]. Správné fungování těchto detektorů je do určité míry ovlivněno také počasím, narušeno od indukčních smyček. Spolehlivost a přesnost je závislá na vlivech počasí, kdy například při hustém sněžení, dešti či mlze dochází k výrazné snížení viditelnosti kamery. Výhodou tohoto systému je možnost sledování velkého prostoru (více jízdních pruhů) jedinou kamerou. Další výhodou videodetekce je sledování aktuální dopravní situace.



Obrázek 10 Kamerová detekce [18]

Důležitým prvkem videodetekce je správný software, který pořízený záznam z kamer následně zpracuje. Dnešní softwary jsou schopny rozpoznat velké množství objektů, jako jsou například auta, pěší, cyklisté, těžká nákladní vozidla, autobusy atd. Pomocí takto získaných dat lze provést dopravní sčítání, analýzy komplikovaných dopravních toků a statistiku vývoje dopravy v čase. Některé programy umí také vytvářet tzv. heat mapy, které barevně rozlišují místa s odlišnými frekvencemi pohybu. Takto softwarově zpracovaná data lze poté exportovat například do programu MS Excel, pro lepší zobrazení a další práci s daty [19]. Příkladem těchto softwarů pro analýzu pořízených záznamů je například BriefCam (viz. Obrázek 11, 12) nebo GoodVision.



Obrázek 11 Analýza videozáznamu v softwaru BriefCam [20]



Obrázek 12 Analýza pěší dopravy v softwaru BriefCam [20]

2.2.4 Pasivní infračervené detektory

Pasivní infračervené detektory se používají pro zjišťování intenzity, přítomnosti, obsazenosti a rychlosti vozidel [16]. Fungují na principu výměny tepla pomocí záření mezi samotným detektorem a snímaným předmětem. Tato technologie je založena na teorii, že každé těleso, ať už vozidlo nebo člověk, vyzařuje určité tepelné záření. Výměna tepla je závislá tedy na rozdílu teplot (vozovka-vozidlo), plochou a také povrchem snímaného objektu. Hojně se tyto detektory používají pro detekci chodců v blízkosti přechodů a jsou náhradou klasických mechanických tlačítek pro umožnění přejití. Výhodou těchto detektorů je do určité míry nezávislost na počasí, jelikož se toto záření šíří i za deště či mlhy. Tyto detektory jsou schopny zaznamenat již rozdíl 1 °C mezi objektem a detektorem. Nevýhodou je skutečnost, že tepelné záření vydávají i jiné zdroje, jako je například slunce nebo veřejné osvětlení a je nutné zvolit správné umístění detektoru [21].



Obrázek 13 Pasivní infračervený senzor řady ASIM IR 250 [22]

2.2.5 Aktivní infračervené detektory

Aktivní infračervené detektory narušují od pasivních využívají záření pomocí LED diod, kterým pokryjí tzv. blízkou infračervenou oblast. Vyslaný paprsek se odrazí od detekovaného objektu a měří čas, kdy se odražený vrátí zpět. Detektor takto přijatou energii poté přemění na elektrický signál kvůli následnému zpracování. Důležitou roli hraje také materiál povrchu, od kterého se vyslaný paprsek odrazí [16]. Dají se použít pro zjišťování intenzity, obsazenosti, rychlosti a kategorie vozidel [5]. Jejich výhodou je možnost použití pro sledování provozu na komunikacích o více pruzích. Pro správně fungování aktivních infračervených detektorů není důležité, zdali je noc nebo den, nýbrž snížená viditelnost v daném prostředí, která je způsobená například hustým sněžením či mlhou. Příkladem aktivních infračervených radarů jsou radary LIDAR [16].

2.2.6 Akustické pasivní detektory

Tyto detektory jsou schopny měřit průjezd (intenzitu), přítomnost, obsazenost a rychlost vozidel pomocí akustické energie anebo slyšitelných zvuků, které jsou způsobené automobilovým provozem. Nedoporučují se používat na místech, kde se předpokládá pomalý průjezd vozidel a v místech, se zvýšeným hlukem v prostředí. V těchto místech může dojít ke zkreslení zaznamenaného zvukového záznamu, což vede ke špatné detekci vozidel a tím snížení relevantnosti DP prováděných pomocí těchto detektorů. Další nevýhodou akustických detektorů je určitá závislost na počasí [23]. Rychlost vozidel se určuje pomocí speciálního softwarového algoritmu. Výhodou těchto detektorů je možnost detekce ve více jízdnicích pruzích, nacházejících se v detekční zóně [16].

2.2.7 Kombinované detektory

Jak již z názvu vyplývá, jedná se o detektory založené na kombinaci výše uvedených technologií, a to konkrétně mikrovln, ultrazvuku a pasivního infračerveného záření. Kombinací těchto fyzikálních principů dochází ke zvýšení přesnosti měření. U těchto detektorů se dosahuje přesnost $\pm 3 \%$ při počítání vozidel a v případě měření rychlosti vozidel jedoucích méně než 100 km/h je přesnost také $\pm 3 \%$. Správné fungování detektorů je zaručeno v teplotním intervalu $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ až $+70 \text{ }^\circ\text{C}$ a vlhkostí vzduchu dosahující maximálně 95 % relativní vlhkosti. Příkladem kombinovaných detektorů jsou detektory ASIM. Tyto detektory jsou určeny pro sledování provozu pouze jednoho jízdnicího pruhu, nad kterým jsou umístěny (například na portálu liniového řízení). Používají se při zjišťování počtu všech vozidel, přítomnosti a případné identifikaci dopravní zácpy, obsazenosti a časového odstupu, kategorizaci vozidel a rychlosti jednotlivých vozidel [16].

2.2.8 Porovnání neintrusivních detektorů podle druhu sběru dat

		Měřené veličiny					
		Intenzita	Rychlost vozidel	Klasifikace vozidel	Obsazenost	Přítomnost vozidel	Více jízdních pruhů
Typy detektorů	Mikrovlnné detektory	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
	Ultrazvukové detektory	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
	Systémy videodetekce	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
	Pasivní infračervené detektory	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano	Ne
	Aktivní infračervené detektory	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano
	Akustické pasivní detektory	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano	Ano
	Kombinované detektory	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne

Tabulka 2 Porovnání neintrusivních detektorů

Z výše zmíněné tabulky vyplývá, že pro komplexní analýzu dopravního proudu je vhodné využití mikrovlnných detektorů, ultrazvukových detektorů a systému videodetekce. U ultrazvukových detektorů a systému videodetekce je však nevýhodou závislost přesnosti detekce na počasí, zatímco u mikrovlnných radarů nikoliv. U systému videodetekce je ale velkou výhodou oproti mikrovlnným a ultrazvukovým detektorům možnost sledování aktuální dopravní situace v celé sledované oblasti, nebo možnost zpětného prohlédnutí záznamu například v případě dopravní nehody.

3 ANALÝZA DOSTUPNÝCH METOD SBĚRU DOPRAVNĚ- INŽENÝRSKÝCH DAT V PARDUBICÍCH

Tato kapitola obsahuje analýzu metod sběru DI dat, které se používají v Pardubicích, a to s rozdělením na dopravu v klidu a dopravu v pohybu.

3.1 Doprava v klidu

3.1.1 Magnetometrické detektory-Smart parking

V roce 2020 začalo v Pardubicích zřizování projektu Smart parking neboli systému inteligentního parkování. Prvotním krokem v rámci tohoto projektu byla rekonstrukce parkovacích automatů. Velkou výhodou nově vybudovaných automatů oproti těm dřívějším, je umožnění zaplacení parkovného pomocí platební karty, SMS zprávy anebo pomocí mobilních aplikací (MPLA, ParkSimply, SMART4CITY a ParkDots). Ve starších automatech byla umožněna pouze platba mincemi. Další výhodou těchto nových automatů je online detekce provozního stavu, to znamená například přenos informací, když dochází papír v tiskárně, když je plný mincovník, slabá baterie atd. Další výhodou je online přenos informací v reálném čase o platbách včetně registračních značek [24].

Klíčovým prvkem jsou senzory kruhového tvaru, zdánlivě připomínající šedé puky (viz. Obrázek 14), které jsou pomocí jádrového vrtu osazeny do vozovky v ose parkovacího stání. Detektor se skládá z ochranného pouzdra, baterie, magnetometrického senzoru spolu s nanoradarem a vrchního ochranného krytu, kdy v případě, že dojde k poškození senzoru či baterie, tak se tyto komponenty dají snadno vyměnit. Životnost baterie u těchto senzorů je zhruba 5 let. Kromě informace o obsazenosti parkovacího místa, budou tyto detektory díky integrovanému Bluetooth senzoru poskytovat informace o tom, že na místě stojí vozidlo, které má k tomu parkovací oprávnění jako rezident, kdy zmiňovaný Bluetooth senzor bude ve spojení s elektronickým parkovacím oprávněním umístěným ve vozidle, které bude nahrazovat parkovací karty [24].

Po osazení senzoru dochází k vlastní kalibraci, která trvá zhruba 24 hodin, kdy se senzor kalibruje na základě místa osazení, kde „vnímá“ magnetické pozadí a tím dochází k jeho kalibraci. Tyto senzory odhalí pomocí magnetometru přítomnost vozidla na daném parkovacím stání a poté je tato informace odeslána do centrální databáze. Garantovaná přesnost těchto senzorů by měla být minimálně 97 %. V Pardubicích je celkem 39 lokalit s těmito senzory (viz. Tabulka 3). Všechny tyto lokality se vyskytují v zónách, kde je parkování placeno, kromě sídliště na Závodu Míru [24].



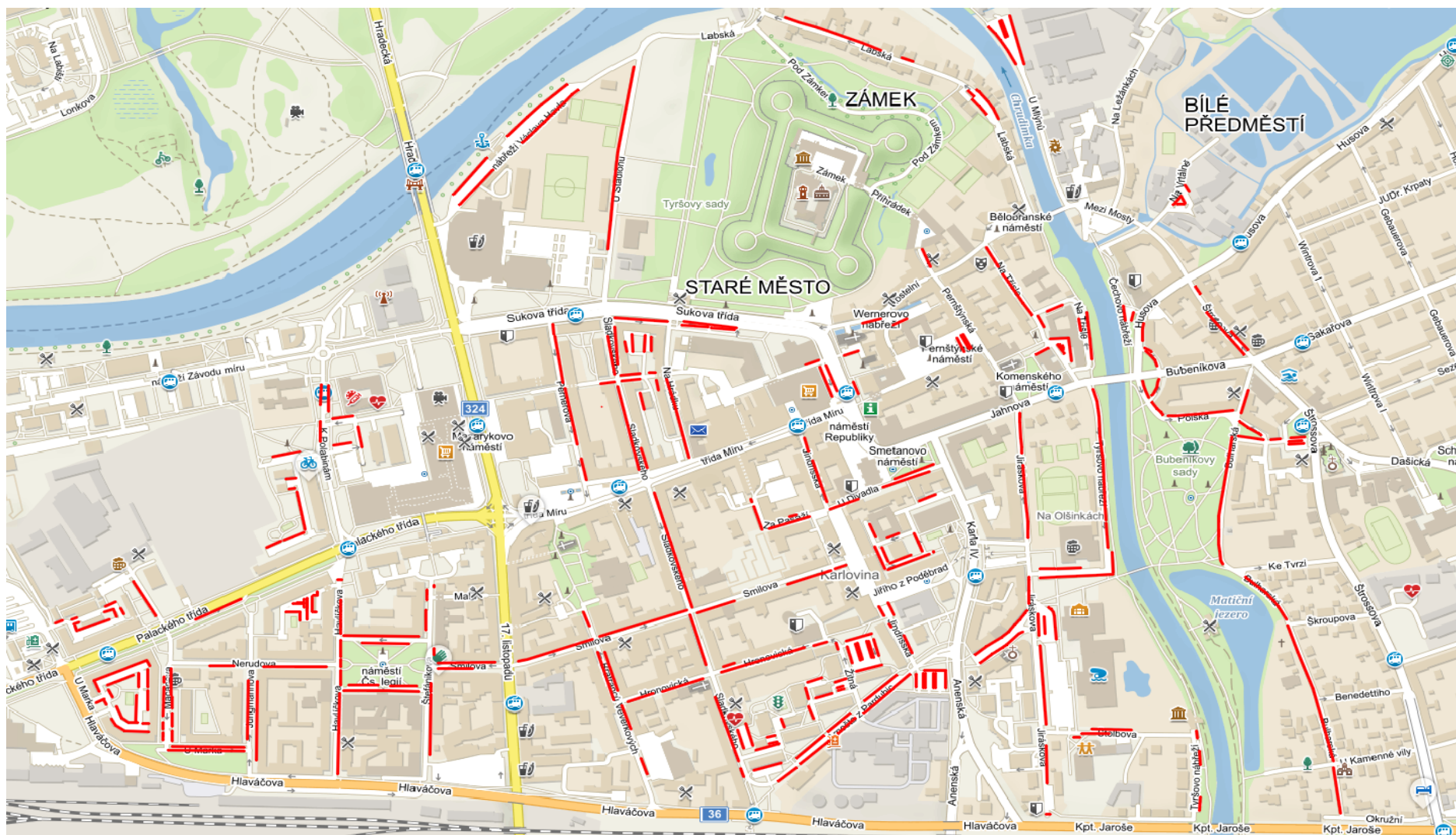
Obrázek 14 Senzor pro detekci vozidla v rámci projektu Smart parking



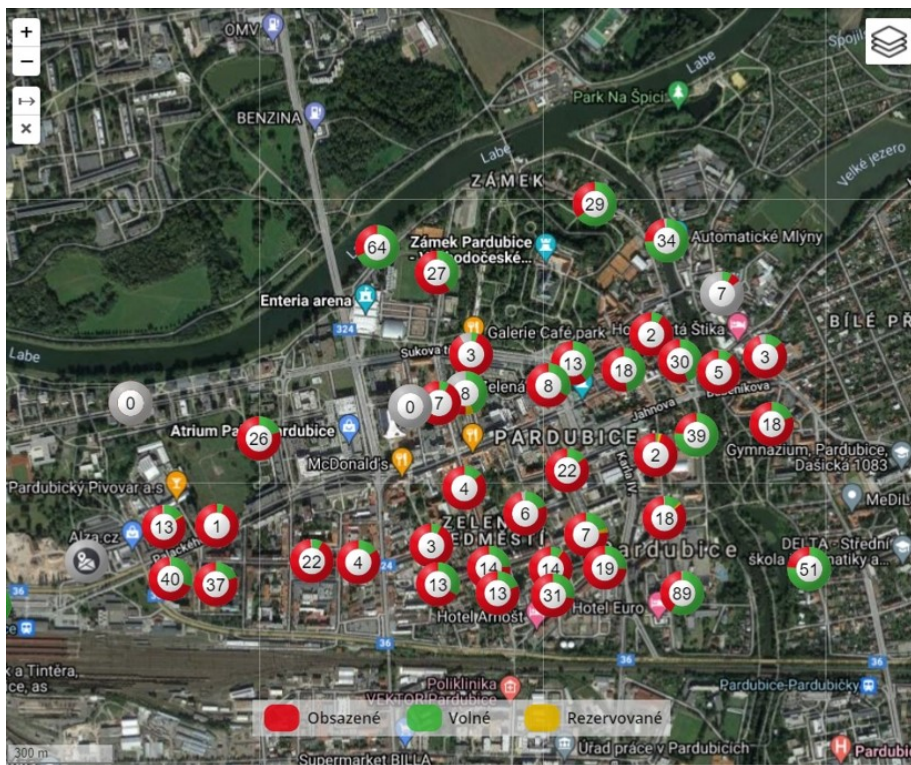
Obrázek 15 Parkovací stání s osazeným senzorem na parkovišti u zimního stadionu

Sladkovského	Jindřišská	Arnošta z Pardubic
Smilova	Štolbova	Macanova
Nábřeží V. Havla	U Kostelíčka	U Marka
Bratřanců Veverkových	Bulharská	Nám. Čs. Legií
Smetanovo náměstí	Štrossova	Štefánikova
Na Třísele	Žitná	Havlíčková
Hronovická	Jiráskova	K Polabinám
Za Pasáží	U Husova sboru	Autobusové nádraží
Na Vrtálně	Zámecká	Pernštýnské náměstí
Čechovo nábřeží	Polská	Tyršovo nábřeží
U Stadionu	Pernerova	Na Hrádku
Sukova třída	Wernerovo nábřeží	Nerudova
U Divadla	Labská	U Mlýnů

Tabulka 3 Lokality v Pardubicích s osazenými parkovacími senzory



Obrázek 16 Rozmístění parkovacích detektorů v Pardubicích, Obr. Upravený autorem [25]



Obrázek 17 Ukázka obsazenosti parkovacích ploch v aplikaci Smart City Center [26]



Obrázek 18 Ukázka obsazenosti parkoviště u zimního stadionu v aplikaci Smart City Center [26]

V Pardubicích se nyní nachází i informačních tabule (viz. Obrázek 19), které ukazují počet volných parkovacích stání v dané ulici. Tyto tabule reprezentují výsledky obsazenosti parkovacích senzorů a pomohou řidičům snadněji nalézt parkovací stání bez toho, aniž by museli zajíždět na samotné parkoviště a volné místo pro zaparkování vozu hledat.



Obrázek 19 Informační tabule obsazenosti parkovacích stání v ulici Jiráskova

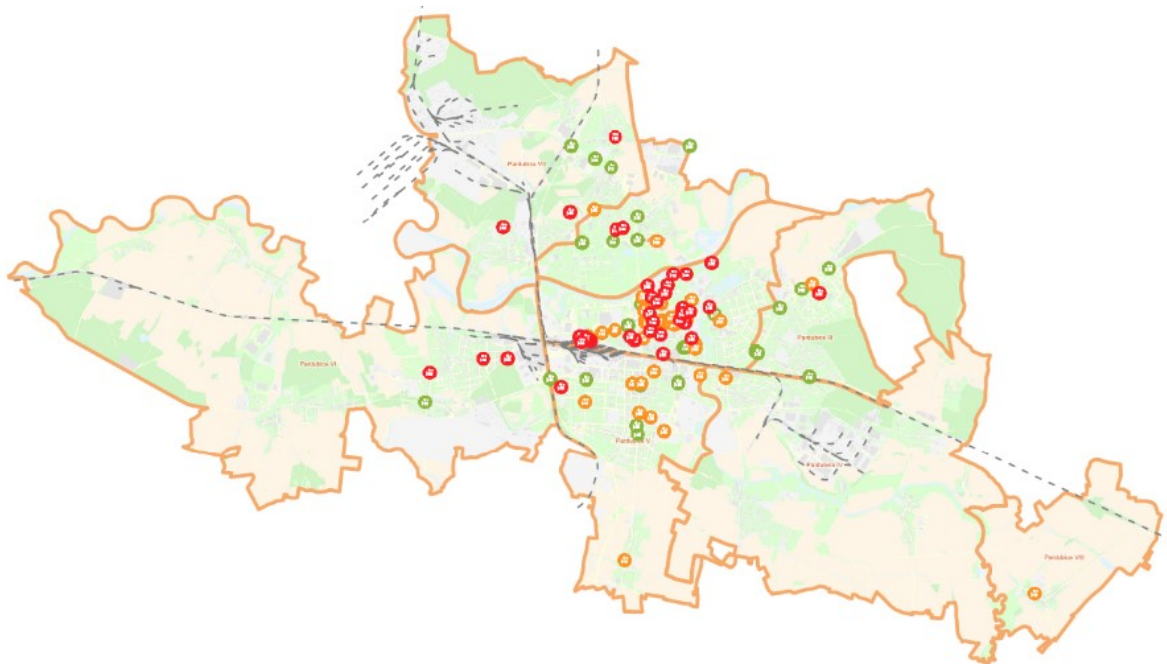
3.2 Doprava v pohybu

3.2.1 Systémy videodetekce-pěší, cyklistická a automobilová doprava

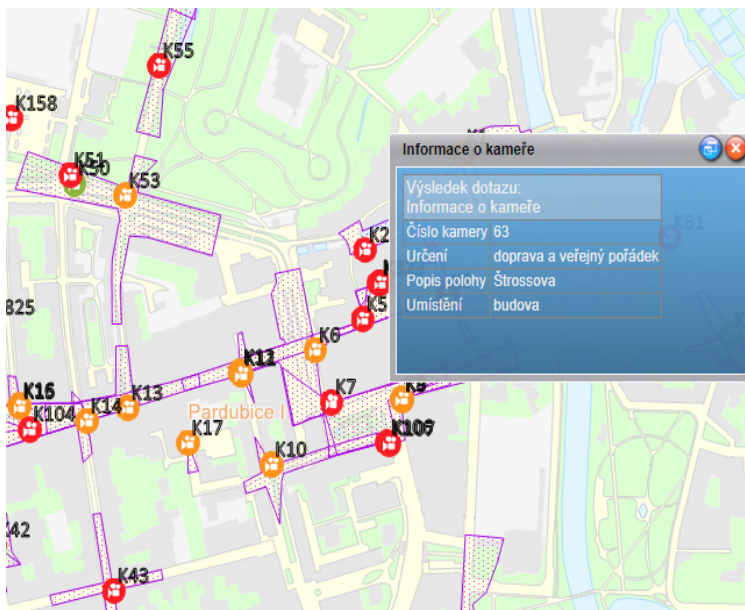
V Pardubicích se pro zjišťování DI dat využívá především kamerového systému. Nachází se zde celkově 129 kamer, které jsou rozděleny dle účelu monitoringu a to dopravy, veřejného pořádku anebo sledování dopravy i veřejného pořádku. Čistě pro monitorování dopravy se v Pardubicích nachází 38 kamer, kdy mezi těmito kamerami se nachází i 14 kamer s funkcí automatického čtení registračních značek (RZ). Pro sledování veřejného pořádku se využívá 45 kamer a pro sledování jak dopravy, tak veřejného pořádku je zde rozmístěno 46 kamer (viz. Obrázek 20). Kamery pro sledování dopravy jsou na obrázku znázorněny zeleně, pro sledování veřejného pořádku jsou znázorněny červeně a oranžově pro sledování jak dopravy, tak veřejného pořádku. Každá kamera, která se zde nachází má přiřazené vlastní číslo a je možné zjistit její polohu, umístění kamery a sledovaný prostor (viz. Obrázek 21) [27]. Nejčastěji používanými kamerami pro výše zmíněné účely jsou kamery od značky Samsung s rozlišením 2 Mpx.

Pro vyhodnocení pořízeného videozáznamu se používá software BriefCam-Past, jedná se tedy o verzi BriefCamu, která jak již z názvu vypovídá, provádí pouze post-analýzu pořízeného záznamu, tedy analýzu záznamu zpětně. Tento software je velmi efektivní, a to především kvůli variabilitě třídění a možností filtrování objektů nacházejících se v kamerovém záznamu. V tomto softwaru lze filtrovat mnoho druhů objektů a jejich kategorie, jako jsou osoby (muži, ženy, děti), silniční vozidla (motocykly, osobní automobily, pick-up, dodávky, nákladní automobily a autobusy), jiné dopravní prostředky (vlak, člun, letadlo) a v neposlední řadě zvířata. Další výhodou tohoto softwaru je možnost třídění objektů podle směru, kterým se pohybují, oblasti (na videozáznamu se vybere pouze určitá oblast, ve které bude provedena analýza), rychlosti (pro zjištění například překročení dovolené rychlosti), velikosti, barvy a podobnosti.

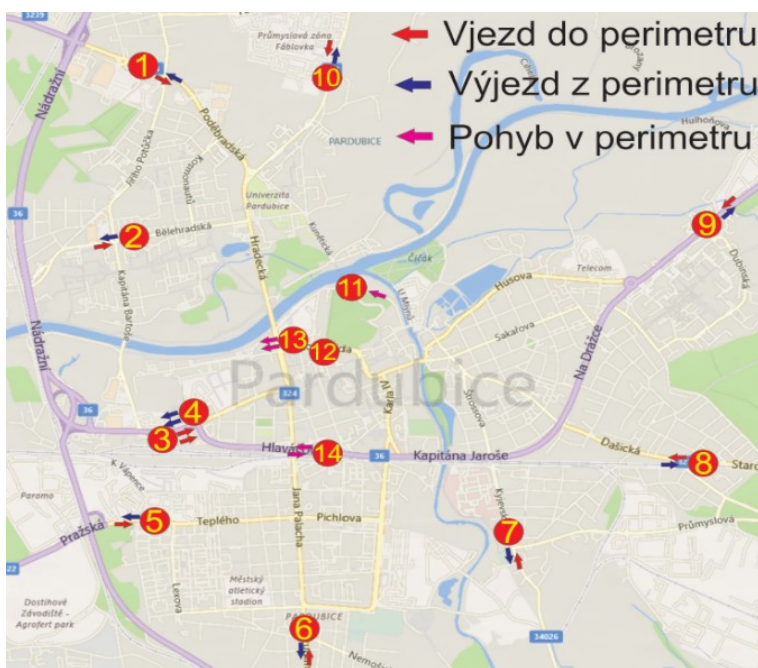
Výše zmíněné kamery jsou tedy vhodné pro provádění DP dodatečně, kdy se využije záznamu z těchto kamer a následně se vyhodnotí v softwaru. Nicméně pro kontinuální měření dat z dopravy, jak již bylo zmíněno v úvodní části této kapitoly, se v Pardubicích nachází 14 kamer s funkcí automatické kontroly vozidel, které slouží především pro účely policie České republiky, kdy tyto kamery jsou vybaveny systémem automatického čtení RZ. Tyto kamery tedy zaznamenávají hodnoty nepřetržitě celý rok, avšak bez rozlišování kategorie vozidel, výstupem jsou tedy intenzity ze 14 profilů (viz. Obrázek 22).



Obrázek 20 Mapa znázorňující rozmístění kamer v Pardubicích [27]



Obrázek 21 Detail městského kamerového systému v Pardubicích [27]



Obrázek 22 Mapa znázorňující rozmístění kamer s funkcí automatického čtení RZ [28]

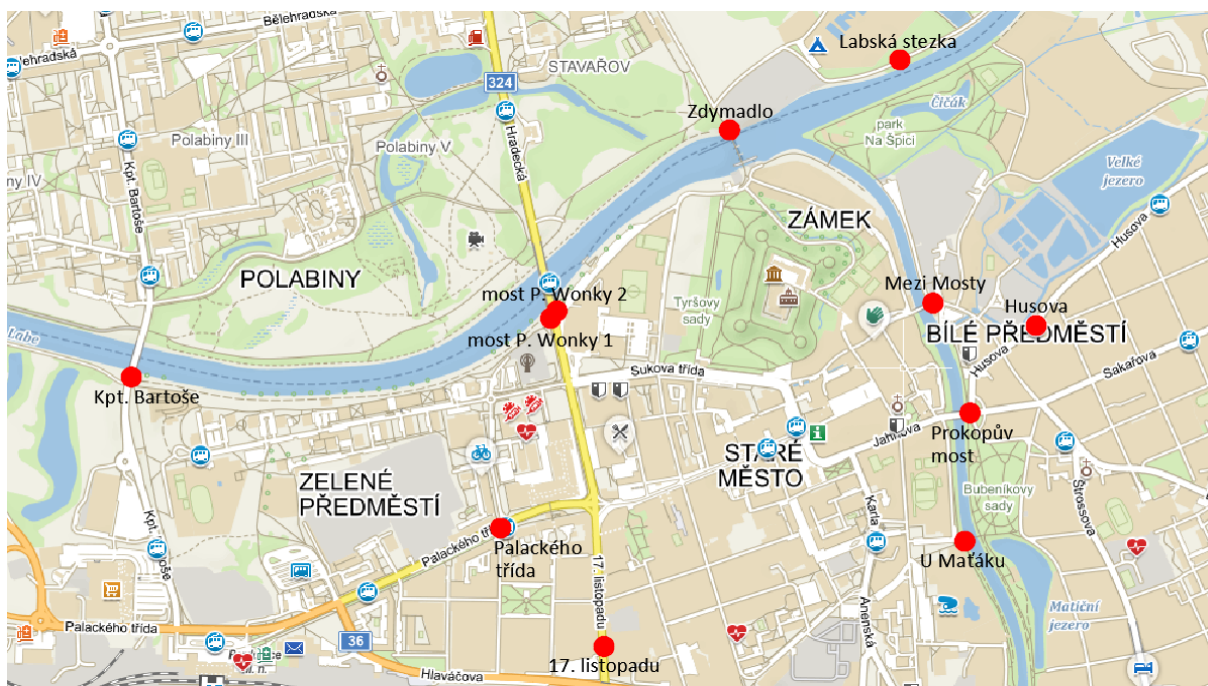
3.2.2 Indukční smyčky-cyklistická doprava

Ze všech druhů doprav, má velmi značný podíl doprava cyklistická a také proto se o Pardubicích mluví, jako o městě cyklistů. Cyklistická doprava disponuje velkou mírou variability pro potřeby uživatele silničního provozu, a to ve smyslu například zkrácení doby čekání při ranních a odpoledních dopravních kongescích. Cyklistická doprava se zde monitoruje pomocí indukčních smyček.

Monitorování cyklistů ve městě Pardubice se provádí pomocí automatických sčítačů značky Eco-counter, kterých se ve městě nachází pět. Sčítače Eco-counter jsou tvořeny datovou jednotkou, do které se ukládají datové záznamy po dobu 22 měsíců, indukčními smyčkami ZELT a baterií [29].

Je sledováno celkem jedenáct profilů (viz. Obrázek 23), přičemž tři profily jsou sledovány permanentně a další dva sčítače jsou rozdělovány mezi zbylých osm profilů. Přesouvání těchto dvou sčítačů probíhá podle předem stanoveného harmonogramu. Ve všech jedenácti profilech jsou nainstalovány indukční smyčky a schránky, které slouží pro umístění datové a napájecí jednotky [29].

Jelikož se tyto profily liší svým charakterem provozu, kdy některé profily jsou určeny pouze pro cyklisty a některé jsou naopak se smíšeným provozem, tak se indukční smyčky provádí v konfiguracích Selective a Greenway. Konfigurace Selective (viz. Obrázek 24), se používá na profilech se smíšeným provozem, aby byly zaznamenávány pouze cyklisté. Naopak konfigurace Greenway (viz. Obrázek 25), se používá na profilech určených pro cyklisty, kvůli spolehlivější detekci cyklistů jedoucích například ve větších skupinách. Záznamy se ze zmíněných deseti sčítačích profilů přenáší do počítače pomocí Bluetooth, výjimkou je profil „most P. Wonky 1“, který automaticky odesílá datové záznamy 1x denně na server. U tohoto sčítacího profilu je osazen také totem, zobrazující datum, počet zaznamenaných cyklistů za příslušný den a také za rok [29].



Obrázek 23 Rozmístění sčítacích profilů v Pardubicích, Obr. Upravený autorem [25]

Umístění	Monitoring	Konfigurace smyčky	Příloha A
Most Pavla Wonky 1	Stálý	Greenway	Obr. A1
Most Pavla Wonky 2	Proměnlivý	Greenway	-
Palackého třída	Proměnlivý	Greenway	-
17. listopadu	Stálý	-	-
Kpt. Bartoše	Proměnlivý	Greenway	Obr. A2
Mezi Mosty	Proměnlivý	Selective	Obr. A3
Husova	Proměnlivý	Selective	Obr. A4
Prokopův most	Proměnlivý	Selective	Obr. A5
U Maťáku	Stálý	Greenway	Obr. A6
Zdymadlo	Proměnlivý	Greenway	Obr. A7
Labská stezka	proměnlivý	Greenway	Obr. A8

Tabulka 4 Sčítací profily s indukčními smyčkami pro detekci cyklistů v Pardubicích



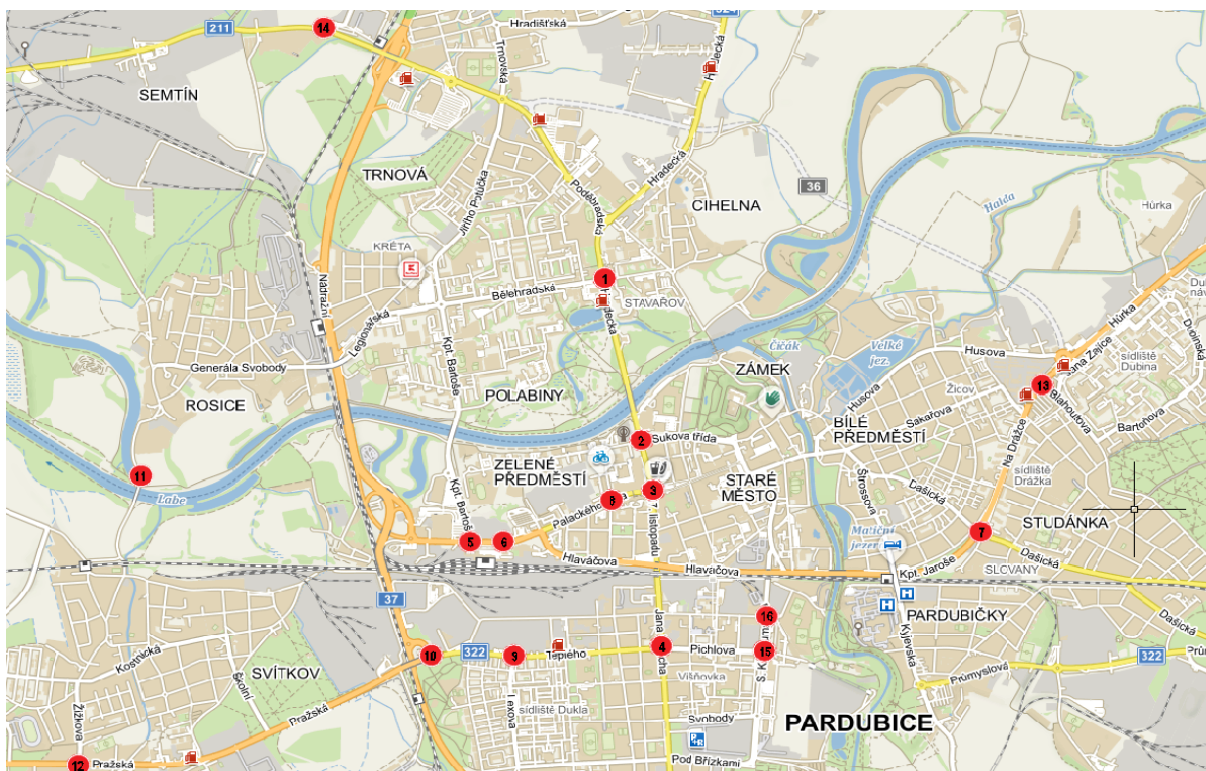
Obrázek 24 Indukční smyčka v konfiguraci Selective v ulici Husova



Obrázek 25 Indukční smyčka v konfiguraci Greenway v ulici U Maťáku

3.2.3 Indukční smyčky a systémy videodetekce-dynamické řízení SSZ

V Pardubicích se indukční smyčky vyskytují celkem na šestnácti křižovatkách (viz. Obrázek 26), přičemž na pěti křižovatkách jsou indukční smyčky v kombinaci se systémem videodetekce. Používají se pro dynamické řízení světelných signalizačních zařízení (SSZ), kdy tyto detektory reagují na aktuální provoz v reálném čase a dle provozu prodlužují či zkracují jednotlivé intervaly a tím pádem zajišťují plynulejší provoz na těchto křižovatkách. Všechny tyto detektory (indukční smyčky a systémy videodetekce) jsou spravovány pomocí softwaru eDaptiva.



Obrázek 26 Rozmístění indukčních smyček na křižovatkách v Pardubicích, Obr. Upravený autorem [25]

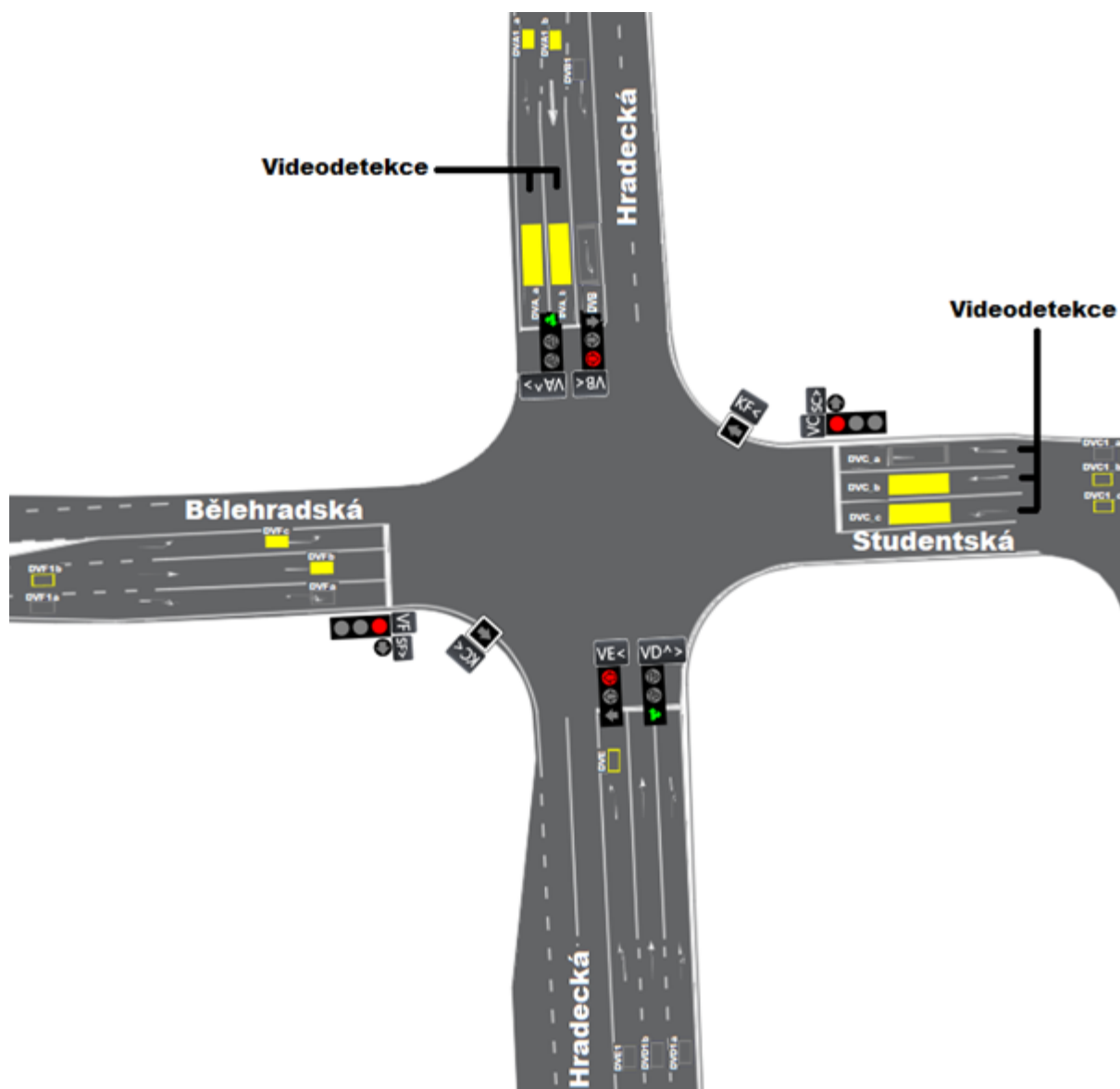
Pořadové číslo	Umístění	Způsob detekce
1	Hradecká – Bělehradská	Indukční smyčky + videodetekce
2	Masarykovo náměstí – Sukova tř.	Indukční smyčky + videodetekce
3	Masarykovo náměstí – Palackého	Indukční smyčky
4	J. Palacha – Teplého	Indukční smyčky
5	Palackého třída – Kpt. Bartoše	Indukční smyčky
6	Palackého – odbočení MHD	Indukční smyčky
7	Dašická – Na Drážce	Indukční smyčky
8	Palackého – K Polabinám	Indukční smyčky
9	Teplého – Lexova	Indukční smyčky + videodetekce
10	Nadjezd u Parama – Teplého	Indukční smyčky
11	Most přes Labe v Rosicích nad Labem	Indukční smyčky
12	Pražská – Žižkova	Indukční smyčky
13	Na Drážce – Blahoutova	Indukční smyčky
14	Poděbradská I/36 – III/3239	Indukční smyčky
15	S.K. Neumanna – Pichlova	Indukční smyčky + videodetekce
16	S.K. Neumanna – Na Spravedlnosti	Indukční smyčky + videodetekce

Tabulka 5 Indukční smyčky pro detekci vozidel na křižovatkách v Pardubicích

Jak již bylo zmíněno, v Pardubicích jsou SSZ na pěti křižovatkách řízeny jak indukčními smyčkami, tak kamerami. Jako ukázka tohoto tzv. hybridu, byla vybrána křižovatka Hradecká – Bělehradská, kde je pět jízdnic pruhů pod systémem videodetekce (viz. Obrázek 27) a na zbylých sedmi jízdnic pruzích jsou nainstalovány indukční smyčky. Videodetekce sleduje v každém jízdnic pruhu dvě místa, první místo se nachází v blízkosti stopčáry a vzdálenější druhé místo slouží pro detekci vytvořené kolony v daném pruhu.

Jakmile je obdélník vybarvený žlutou barvou, znamená to, že detekční zóna je v tuto chvíli obsazena vozidlem, pokud je žlutý pouze okraj obdélníku, tak detekční zóna není obsazena vozidlem, ale vozidlo přejelo tuto detekční zónu a jedná se o výzvu, kdy doposud nebyl přidělen zelený signál pro tuto signální skupinu. Pokud je okraj obdélníku šedý, tak detekční zóna není obsazena a ani zde není výzva pro signální skupinu. Díky tomuto softwaru je možno sledovat aktuální dopravní situaci na těchto křižovatkách.

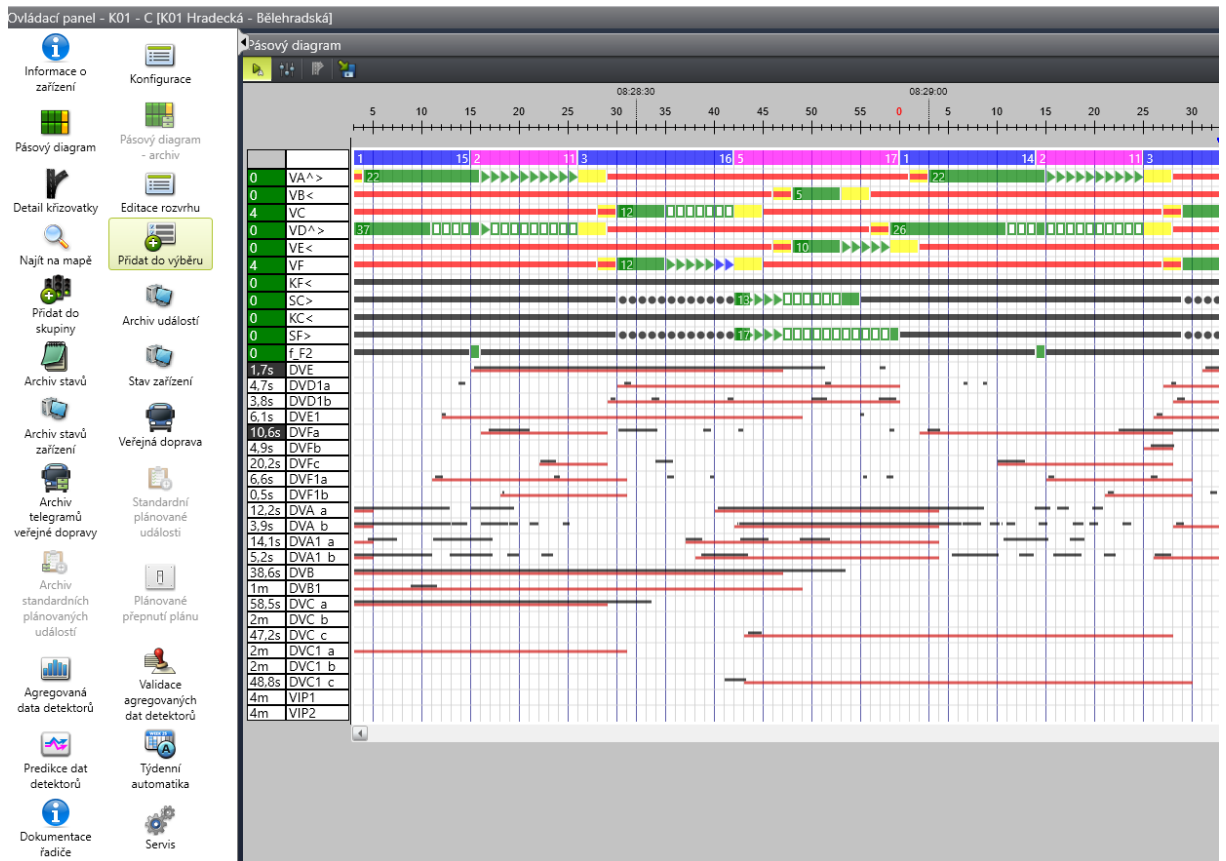
Z hlediska financí je videodetekce v porovnání s indukčními smyčkami sice nákladnější, ale na druhou stranu z pohledu poruchovosti, u systému videodetekce není třeba při opravě zavírat daný jízdnic pruh. Dalším důvodem pro pořízení videodetekce oproti indukčním smyčkám je například nevhodné umístění stopčáry, která není dostatečně předsunutá, kdy řidiči nemají ideální výhled na semaforey a tím pádem zastavují tedy před stopčárou. V případě použití indukční smyčky tedy nemusí dojít k detekci vozidla a zaznamenat tak jeho přítomnost, muselo by dojít k posunutí indukční smyčky namísto v případě použití detekce stačí pozměnit a posunout detekční zónu sledovanou kamerou. Další výhodou videodetekce je možnost sledování až šesti detekčních zón (virtuálních smyček) v jízdnic pruzích jedinou kamerou.



Obrázek 27 Ukázka křižovatky ze softwaru eDaptiva, která je řízená pomocí systému videodetekce v kombinaci s indukčními smyčkami, Obr. Upravený autorem

Indukční smyčky=DVB, DVB1, DVE, DVE1, DVD1b, DVD1a, DVFa, DVF1a, DVFb, DVF1b, DVFc

Videodetekce= DVA_a, DVA_b, DVA1_a, DVA1_b, DVC_a, DVC_b, DVC_c, DVC1_a, DVC1_b, DVC1_c



Obrázek 28 Ukázka rozhraní softwaru eDaptiva spolu s pásovým diagramem

4 ANALÝZA SPOLEHLIVOSTI DETEKCE OBJEKTŮ V SOFTWARE BRIEFCAM

Hlavním cílem praktické části této bakalářské práce je vyhodnocení spolehlivosti detekce objektů v softwaru BriefCam. Výsledky z tohoto softwaru budou porovnány s výsledky z vlastního vyhodnocení stejného kamerového záznamu. Zmiňovaný záznam je pořízený z městského kamerového systému v Pardubicích. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.2.1, software BriefCam dokáže klasifikovat mnoho druhů objektů, v rámci bakalářské práce o vyhodnocení spolehlivosti při detekování chodců, cyklistů a vozidel rozdělených na (motocykly, osobní automobily, dodávkové automobily-dodávky a pick-upy, nákladní automobily a autobusy) dle TP 219, s výjimkou nákladních souprav, které BriefCam nedokáže klasifikovat. Rozdělení druhů vozidel dle TP 219 je uvedeno v Tabulce 6. Skladbu dopravního proudu dle kategorií vozidel lze posuzovat i například dle TP 189, ale u těchto technických předpisů jsou do osobních vozidel řazeny i dodávkové automobily, pro ověření spolehlivosti detekce softwaru byla tedy zvolena kategorizace dle TP 219, jelikož BriefCam rozeznává osobní vozidla od dodávkových. Do dodávkových automobilů se dle TP 219 řadí všechny nákladní automobily do 3,5 t celkové hmotnosti, a to tedy klasické dodávky a pick-upy, avšak z výše zmíněných důvodů byla tato kategorie ještě rozdělena na dodávky a pick-upy.







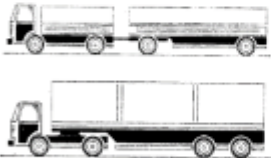


Pro analýzu videozáznamu byly vybrány čtyři lokality, ve kterých byla již v minulosti prováděna analýza dopravy v softwaru BriefCam s následným porovnáním s vlastním sčítáním, kdy byly zjištěny větší nepřesnosti než při analýzách v jiných lokalitách. Pro prověření BriefCamu budou provedeny analýzy videozáznamů ve stejných lokalitách, avšak za jiných světelných podmínek. Z výsledků analýzy by tak měl být patrný rozdíl spolehlivosti detekce za snížené viditelnosti v ranních hodinách a také za jasného počasí, při dobrých světelných podmínkách. První záznam byl pořízený dne 17.1.2022 a to od 7:00-8:00 za snížené viditelnosti s občasným sněžením s východem slunce v 7:48. Druhý záznam byl pořízený 19.1.2022 od 13:00-14:00 za jasného a slunečného počasí.

Pro zjištění spolehlivosti softwarové detekce druhů vozidel, byla stanovena doba analýzy na 30 minut. V případě detekce cyklistů a chodců se vyhodnocovaly celé hodinové záznamy. Pro dosažení co největší přesnosti při ručním sčítání z videozáznamu, byl každý jízdní pruh vyhodnocovaný samostatně. Každé projeté vozidlo bylo zaznamenáno čárkou do předem připravených papírových formulářů s rozlišením druhu vozidla. Tato metoda je v porovnání s ručním sčítáním v terénu mnohem přesnější a efektivnější, a to z toho důvodu, že je možné si záznam kdykoliv zastavit či zpomalit a daný automobil patřičně zatřídit. Další výhodou je

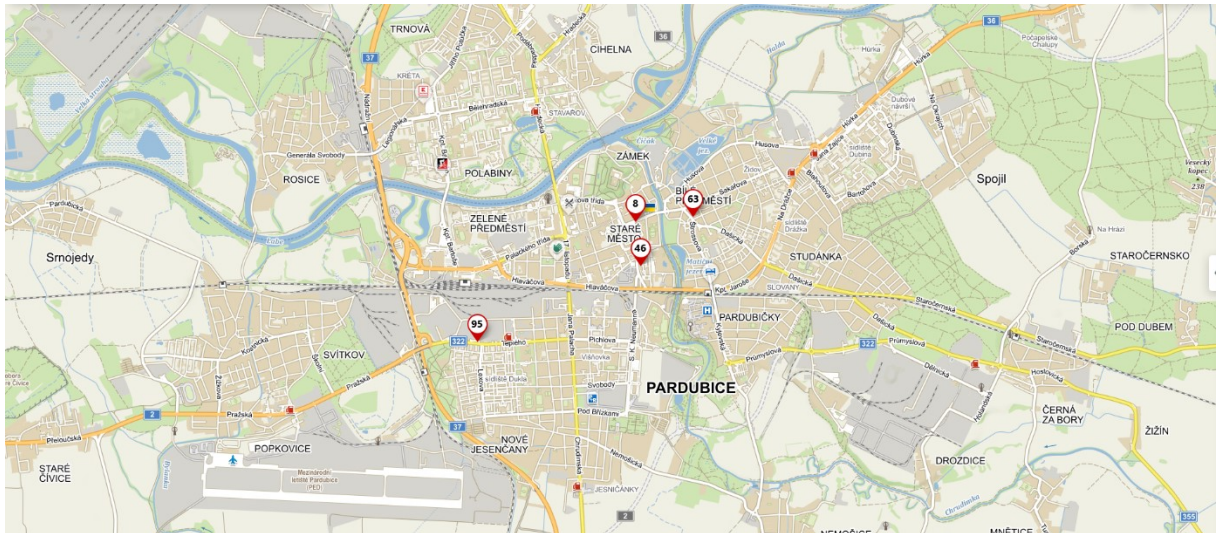
úspora času, kdy v případě nízké frekvence sledovaných objektů lze videozáznam přehrávat rychleji a ušetřit si tak čas především u záznamů trvajících delší dobu.

V softwaru BriefCam lze nastavit také přesnost výsledků odpovídající zvoleným kritériím. V této funkci s názvem tolerance lze nastavit celkem tři druhy přesností, a to konkrétně strict, normal a loose. Varianta strict nabízí menší počet výsledků, ale vysokou přesnost těchto výsledků, které odpovídají zvoleným kritériím. I v této úrovni je možné zahrnutí objektů, které neodpovídají zadaným filtrům, avšak je to nejméně pravděpodobné v porovnání s tolerancí normal a loose. Tolerance normal zahrnuje většinu výsledků, které odpovídají nastaveným filtrům, avšak riziko zahrnutí nesprávného objektu je zde vyšší. Přesnost tolerance loose je nízká, a proto obdržíme velké množství výsledků, avšak s největší chybovostí. Ve vyhodnocování spolehlivosti softwaru BriefCam se uvažovalo tedy pouze s tolerancí strict a normal.

Výsledky vyhodnocení videozáznamů budou zpracovány formou tabulek. V tabulkách budou uvedeny výsledky zjištěné metodou ručního sčítání z videozáznamu a pomocí softwaru BriefCam, členěné na toleranci strict a toleranci normal. Výsledky budou dále znázorněny a porovnány pomocí sloupcových grafů. Na závěr každé kapitoly bude uvedena tabulka s vyhodnocením dvou druhů chybovostí, kterých se BriefCam dopustil u námi sledovaných objektů. Budou se vyhodnocovat dva druhy chybovosti softwaru, první chybovostí je nezaznamenání daného objektu softwarem a druhou chybovostí je chybné rozpoznání druhu objektu.

Značka Druh vozidla	Popis	Označení Vyhlášky 341/2014 Sb.	Označení při CSD	Ilustrační obrázek	Hlukové výpočty	Emisní výpočty	Dopady na životní prostředí
M Motocykly	Jednostopá motorová vozidla, i s postranním vozíkem, čtyřkolky	L	M		osobní (OA)	osobní (OA)	vozidla celkem (SV)
O Osobní automobily	Osobní automobily bez přívěsů i s přívěsy	M1, M1+O	O				
D Dodávkové automobily	Nákladní automobily do 3,5 t celkové hmotnosti	N1, N1+O	LN*				
N Nákladní automobily	Nákladní automobily nad 3,5 t a do 12 t celkové hmotnosti.	N2	LN*, SN**		nákladní (NA)	těžká nákladní (TNA)	
	Nákladní automobily nad 12 t celkové hmotnosti, speciální nákladní automobily	N3	TN				
	Traktory a zvláštní vozidla	T, C R, S, Z	TR				
K Nákladní soupravy	Přívěsové a návěsové nákladní soupravy	N2+O, N3+O	SNP**, TNP, NSN,		nákladní soupravy (NS)	těžká nákladní (TNA)	
	Traktory a zvláštní vozidla s přívěsem	T+O, C+O, R+O, S+O Z+O	TRP				
A Autobusy	Vozidla určená pro přepravu osob a jejich zavazadel, která mají víc než 9 míst (včetně kloubových autobusů a autobusů s přívěsy)	M2, M3 M2+O, M3+O	A, AK		nákladní (A = NA, AK = NS)	Autobusy (BUS)	

Tabulka 6 Předpokládané dělení druhů vozidel pro ověření spolehlivosti softwarové detekce [30]



Obrázek 29 Umístění vybraných kamer v rámci prováděné analýzy dopravy, Obr. Upravený autorem [25]

Číslo městské kamery	Popis polohy	Pohled kamery	Datum	Čas	Umístění kamery Příloha B
8	Jahnova x Karla IV	Obr.30	17.1.2022	7:00-8:00	Obr. B1
46	Anenská – podjezd	Obr.38	17.1.2022	7:00-8:00	Obr. B2
63	Štrossova	Obr. 44	17.1.2022	7:00-8:00	Obr. B3
95	Teplého	Obr. 50	17.1.2022	7:00-8:00	Obr. B4
8	Jahnova x Karla IV	Obr.35	19.1.2022	13:00-14:00	Obr. B1
46	Anenská – podjezd	Obr.41	19.1.2022	13:00-14:00	Obr. B2
63	Štrossova	Obr.47	19.1.2022	13:00-14:00	Obr. B3
95	Teplého	Obr.53	19.1.2022	13:00-14:00	Obr. B4

Tabulka 7 Tabulka pořízených videozáznamů pro vyhodnocení spolehlivosti softwaru

4.1 Analýza videozáznamů z křižovatky Jahnova x Karla IV

Tato kamera je umístěna na střeše v rohu budovy Střední průmyslové školy elektrotechnické, je určena pro sledování dopravy a veřejného pořádku. Monitoruje ulice Jahnova, Karla IV a přilehlé Smetanovo náměstí. Pro účely bakalářské práce byla její prepozice nastavena na stykovou křižovatku Jahnova x Karla IV.

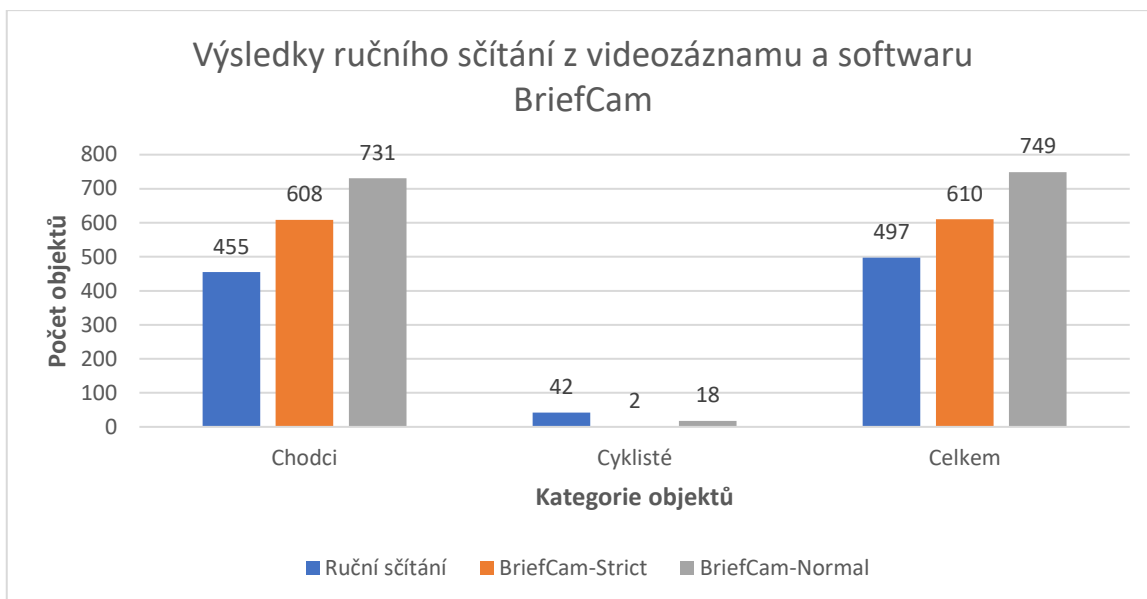
4.1.1 Analýza videozáznamu ze dne 17.1.2022



Obrázek 30 Pohled kamery č.8 pořízený 17.1.2022 v ranních hodinách

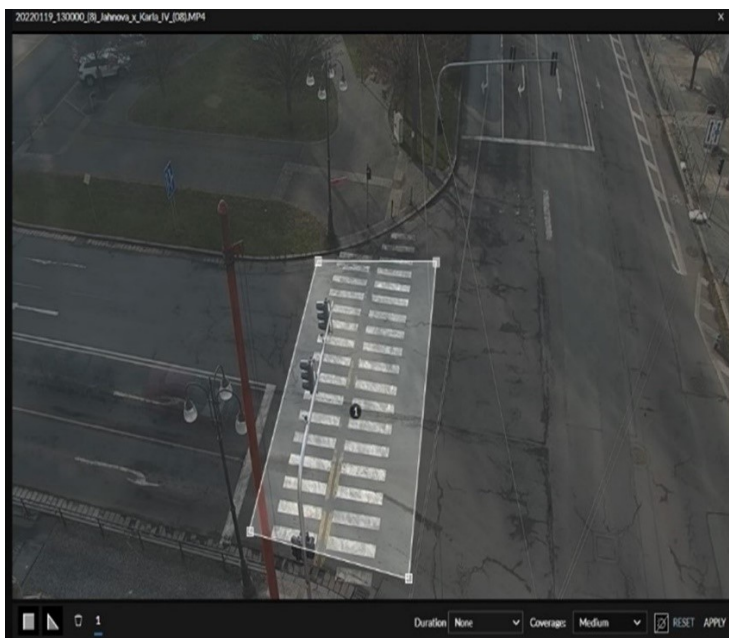
Kamera č.8 - Jahnova x Karla IV		17.1.2022	7:00-8:00
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Chodci	455	608	731
Cyklisté	42	2	18
Celkem	497	610	749

Tabulka 8 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022



Obrázek 31 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwaru BriefCam z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022

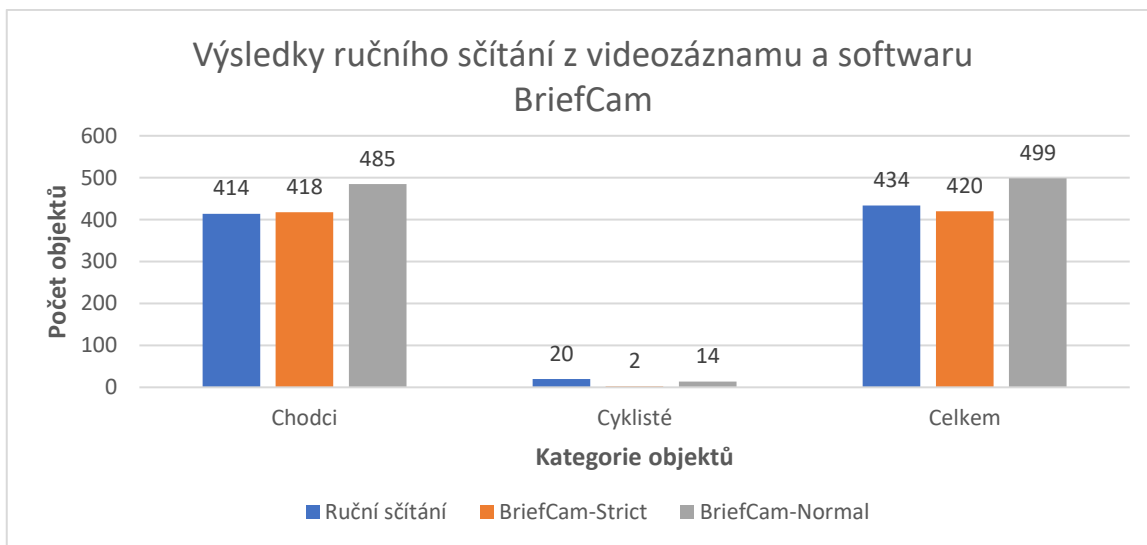
Jelikož se výsledky z ručního sčítání pěších a cyklistů, kteří se objevili v celé sledované oblasti z kamery č.8 velmi lišily oproti výsledkům ze softwaru BriefCam, bylo provedeno kontrolní profilové sčítání pěších a cyklistů. Byly zaznamenávány pouze chodci a cyklisté, kteří přešli nebo přešli přes přechod (viz. Obrázek 32).



Obrázek 32 Nastavení výřezu detekované plochy v rámci detekce pěších a cyklistů

Kamera č.8 - Jahnova x Karla IV – profilový průzkum		17.1.2022	7:00-8:00
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Chodci	414	418	485
Cyklisté	20	2	14
Celkem	434	420	499

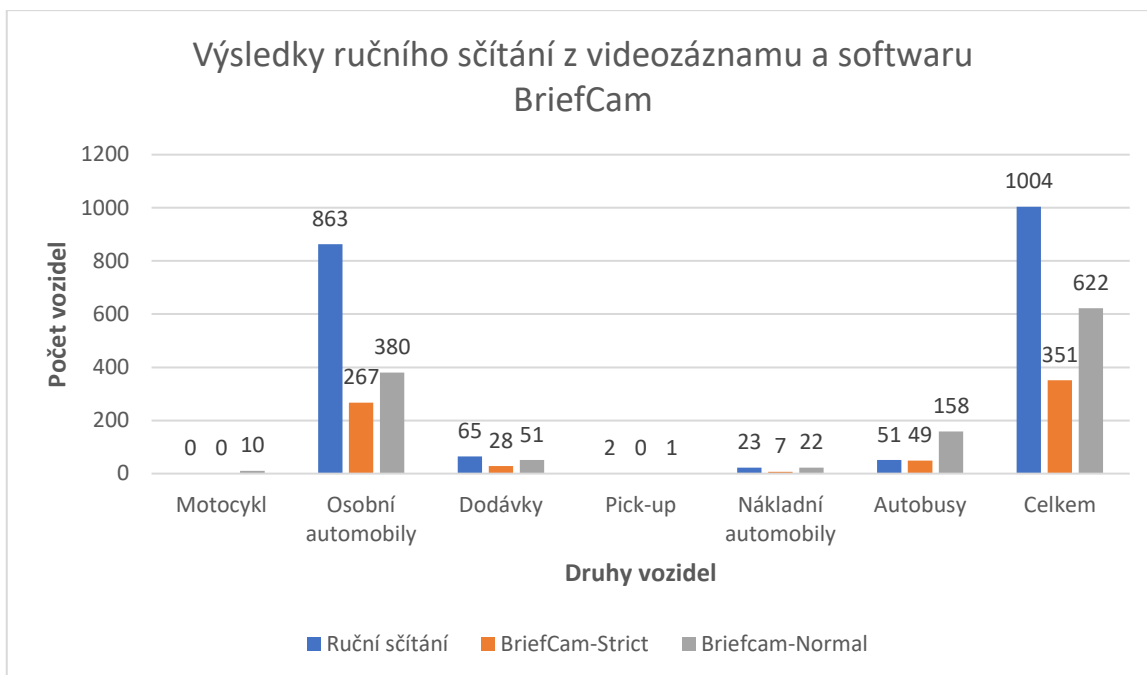
Tabulka 9 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022 – profilový průzkum



Obrázek 33 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022 – profilový průzkum

Kamera č.8 - Jahnova x Karla IV		17.1.2022	7:00-7:30
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Motocykly	0	0	10
Osobní automobily	863	267	380
Dodávkové automobily	Dodávky	65	51
	Pick-up	2	1
Nákladní automobily	23	7	22
Autobusy	51	49	158
Celkem	1004	351	622
Jiné objekty			
Vlak	0	55	164
Letadlo	0	52	114
Člun	0	1	9
Celkem	0	108	287

Tabulka 10 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022



Obrázek 34 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022

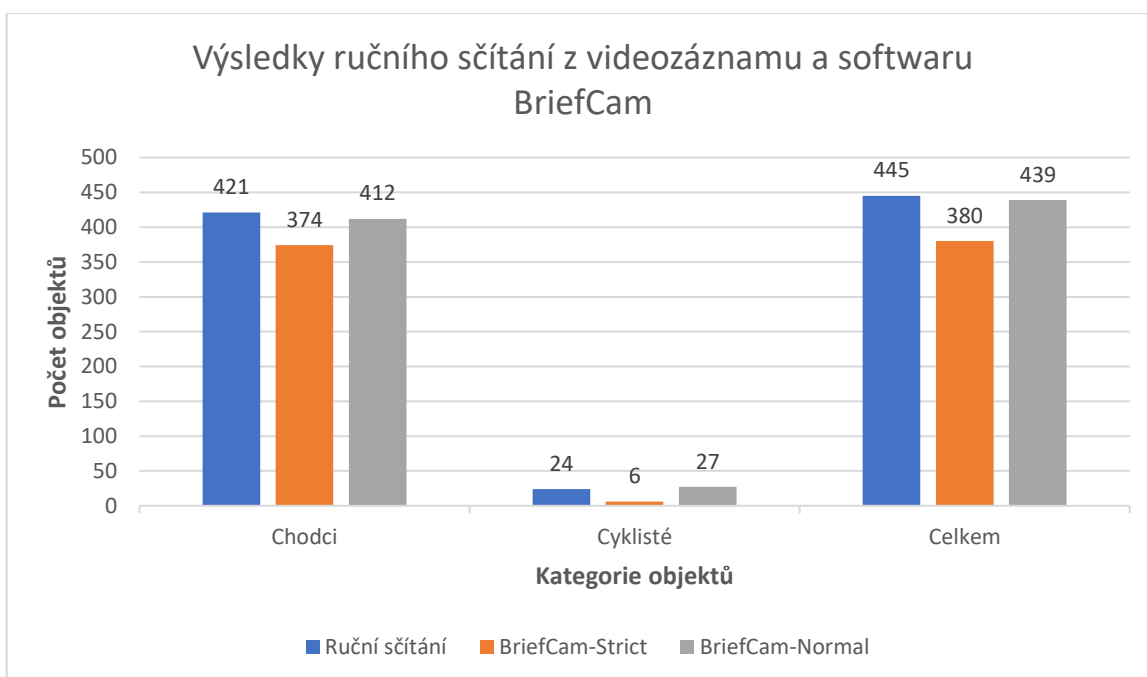
4.1.2 Analýza videozáznamu ze dne 19.1.2020



Obrázek 35 Pohled kamery č.8 pořízený 19.1.2022 v odpoledních hodinách

Kamera č.8 - Jahnova x Karla IV – profilový průzkum		19.1.2022	13:00-14:00
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Chodci	421	374	412
Cyklisté	24	6	27
Celkem	445	380	439

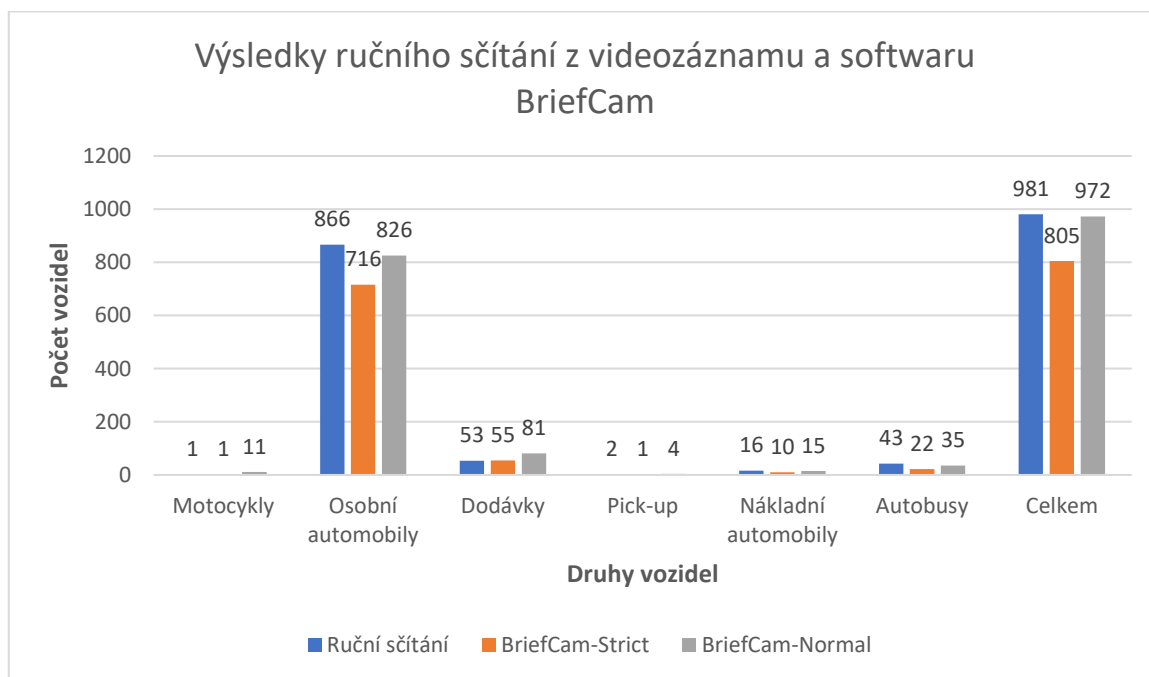
Tabulka 11 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 19.1.2022



Obrázek 36 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 19.1.2022

Kamera č.8 - Jahnova x Karla IV		19.1.2022	13:00-13:30
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Motocykly	1	1	11
Osobní automobily	866	716	826
Dodávkové automobily	Dodávky	53	81
	Pick-up	2	4
Nákladní automobily	16	10	15
Autobusy	43	22	35
Celkem	981	805	972
Jiné objekty			
Vlak	0	4	13
Člun	0	5	15
Celkem	0	9	28

Tabulka 12 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 19.1.2022



Obrázek 37 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 19.1.2022

4.1.3 Shrnutí dosažených výsledků z křižovatky Jahnova x Karla IV

Při analýze videozáznamu pořízeného z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022 bylo ručně nasčítáno celkem 1438 sledovaných objektů, přičemž BriefCam v toleranci strict jich detekoval pouze 771, což odpovídá 53,62 % úspěšnosti detekce vůči skutečnému počtu. Vyhodnocení obou druhů chybovostí se vypočítalo pomocí váženého průměru u všech druhů sledovaných objektů, vyjma chodců a osobních automobilů, kdy byla vypočítána chybovost v rozpoznání typu objektu, která v toleranci strict činí 67,88 % a průměrná hodnota chybovosti spočívající v nezaznamenání objektu je 78,21 %. V toleranci normal bylo nalezeno 1121 sledovaných objektů, což odpovídá zachycení 77,96 % objektů ze skutečného počtu. Průměrná chybovost v rozpoznání typu objektu je u této tolerance 75,37 % a chybovost spočívající v nezaznamenání objektu dosahuje hodnoty 51,67 %. Výsledky s vyhodnocením chybovostí z této křižovatky ze dne 17.1.2022 jsou uvedeny v Tabulce 13.

Při analýze videozáznamu pořízeného z křižovatky Jahnova x Karla IV dne 19.1.2022 bylo ručně nasčítáno celkem 1426 sledovaných objektů. BriefCam v toleranci strict jich zaznamenal 1185, z čehož vyplývá, že bylo dosaženo 83,1 % úspěšnosti zachycení. Byla vypočítána průměrná chybovost v rozpoznání typu objektu, která v toleranci Strict činí 43,56 % a průměrná hodnota chybovosti spočívající v nezaznamenání objektu je 53,46 %. V toleranci normal BriefCam detekoval 1411 sledovaných objektů, což odpovídá 98,95 % úspěšnosti záznamu. V toleranci normal dosahuje průměrná chybovost v rozpoznání typu objektu hodnoty 52,94 % a chybovost spočívající v nezaznamenání objektu hodnoty 26,74 %. Výsledky s vyhodnocením chybovostí z této křižovatky ze dne 19.1.2022 jsou uvedeny v Tabulce 14.

Jahnova x Karla IV	Skutečné napočítané hodnoty	Strict					Normal				
		Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v ropoznání typu objektu	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v ropoznání typu objektu	Chybovost v nezaznamenání
			Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem				Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem		
Chodci	414	418	-	-	-	-	485	-	-	-	-
Cyklisté	20	2	0	18	0,00%	90,00%	14	3	9	21,43%	45,00%
Motocykly	0	0	0	0	0,00%	0,00%	10	10	0	100,00%	0,00%
Osobní automobily	863	267	-	-	-	-	380	-	-	-	-
Dodávky	65	28	7	44	25,00%	67,69%	51	16	30	31,37%	46,15%
Pick-up	2	0	0	2	0,00%	100,00%	1	1	2	100,00%	100,00%
Nákladní automobily	23	7	5	21	71,43%	91,30%	22	16	17	72,73%	73,91%
Autobusy	51	49	37	39	75,51%	76,47%	158	127	20	80,38%	39,22%
Celkové	1438	771	49	124	67,88%	78,21%	1121	173	78	75,37%	51,67%

Tabulka 13 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křížovky Jahnova x Karla IV dne 17.1.2022

Jahnova x Karla IV	Skutečné napočítané hodnoty	Strict					Normal				
		Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v ropoznání typu objektu	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v ropoznání typu objektu	Chybovost v nezaznamenání
			Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem				Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem		
Chodci	421	374	-	-	-	-	412	-	-	-	-
Cyklisté	24	6	0	18	0,00%	75,00%	27	3	0	11,11%	0,00%
Motocykly	1	1	1	1	100,00%	100,00%	11	10	0	90,91%	0,00%
Osobní automobily	866	716	-	-	-	-	826	-	-	-	-
Dodávky	53	55	21	19	38,18%	35,85%	81	37	9	45,68%	16,98%
Pick-up	2	1	1	2	100,00%	100,00%	4	4	2	100,00%	100,00%
Nákladní automobily	16	10	0	6	0,00%	37,50%	15	2	3	13,33%	18,75%
Autobusy	43	22	0	21	0,00%	48,84%	35	2	10	5,71%	23,26%
Celkové	1426	1185	23	67	43,56%	53,46%	1411	58	24	52,94%	26,74%

Tabulka 14 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křížovky Jahnova x Karla IV dne 19.1.2022

4.2 Analýza videozáznamů z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše

Tato kamera je umístěna na střeše dvanáctipatrové budovy a slouží pro sledování dopravy v ulici Anenská a Arnošta z Pardubic. Pro účely bakalářské práce byla její prepozice nastavena na křižovatku Anenská x Kpt. Jaroše.

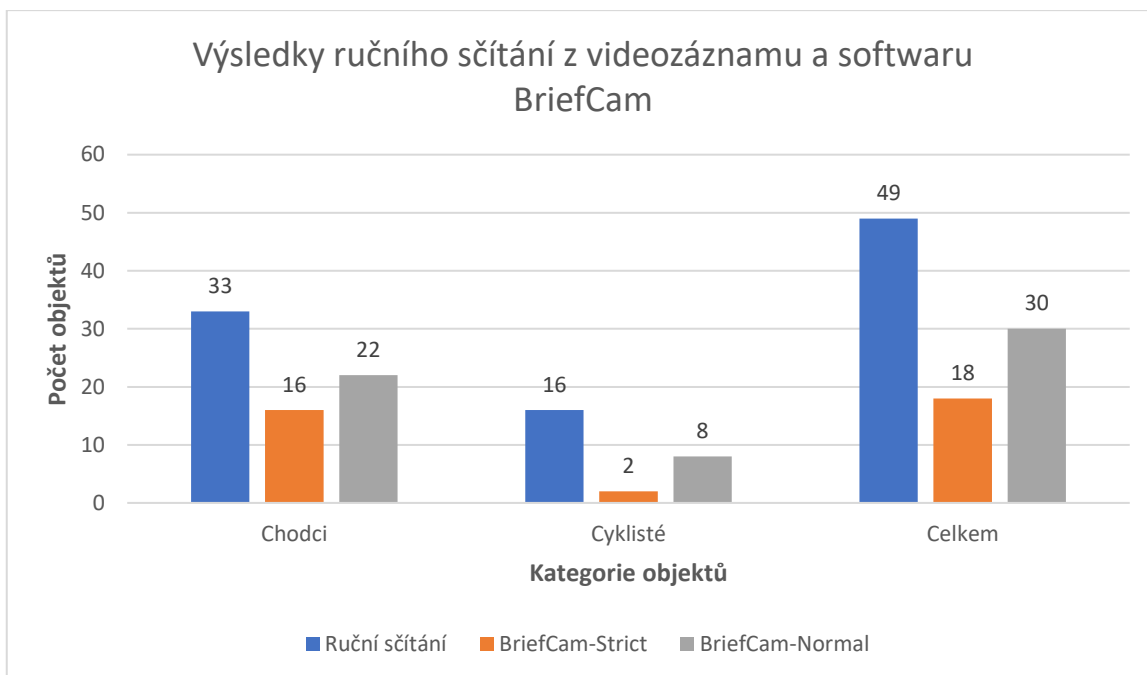
4.2.1 Analýza videozáznamu ze dne 17.1.2022



Obrázek 38 Pohled kamery č.46 pořízený 17.1.2022 v ranních hodinách

Kamera č.46 – Anenská-podjezd – profilový průzkum		17.1.2022	7:00-8:00
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Chodci	33	16	22
Cyklisté	16	2	8
Celkem	49	18	30

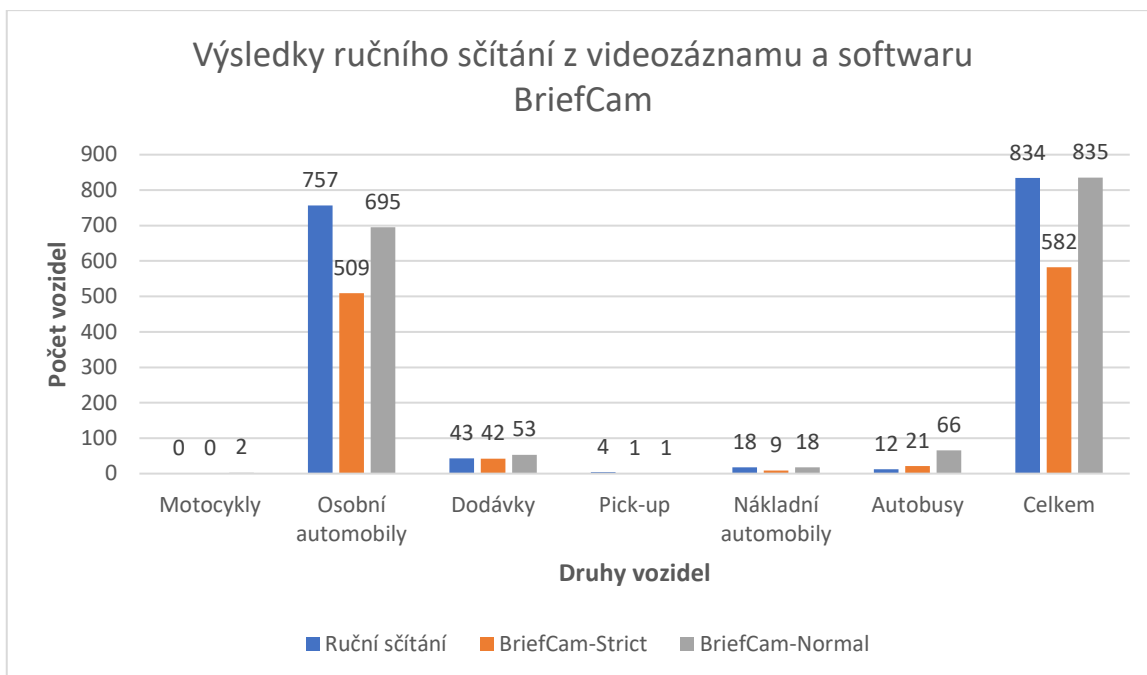
Tabulka 15 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z ulice Anenská dne 17.1.2022



Obrázek 39 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z ulice Anenská dne 17.1.2022

Kamera č.46 – Anenská – podjezd		17.1.2022	7:00-7:30
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Motocykly	0	0	2
Osobní automobily	757	509	695
Dodávkové automobily	Dodávky	43	53
	Pick-up	4	1
Nákladní automobily	18	9	18
Autobusy	12	21	66
Celkem	834	582	835
Jiné objekty			
Vlak	0	5	20
Letadlo	0	2	18
Celkem	0	7	38

Tabulka 16 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 17.1.2022



Obrázek 40 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 17.1.2022

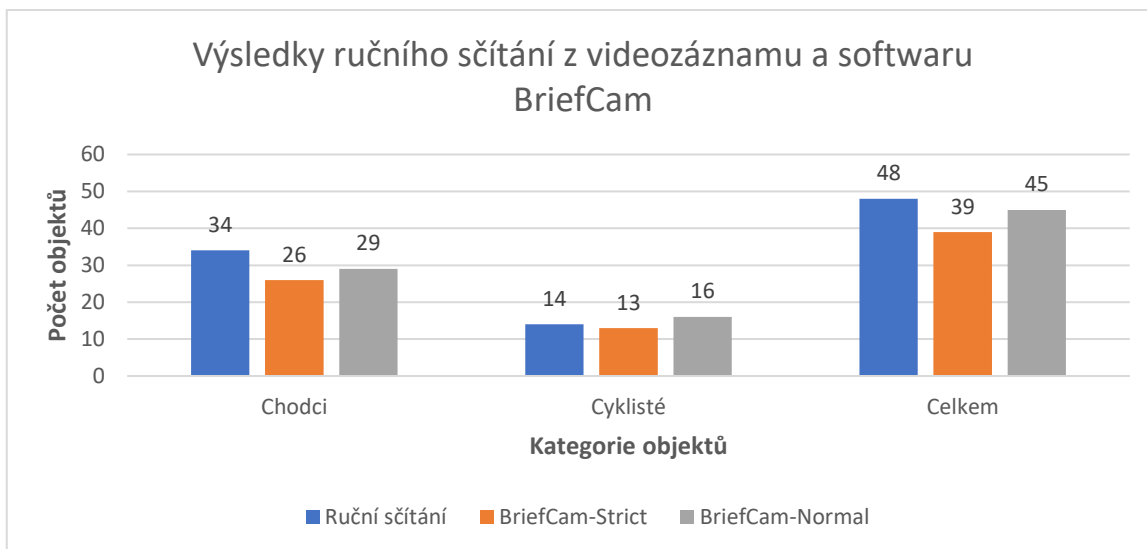
4.2.2 Analýza videozáznamu ze dne 19.1.2022



Obrázek 41 Pohled kamery č.46 pořízený 19.1.2022 v odpoledních hodinách

Kamera č.46 – Anenská- podjezd – profilový průzkum		19.1.2022	13:00-14:00
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Chodci	34	26	29
Cyklisté	14	13	16
Celkem	48	39	45

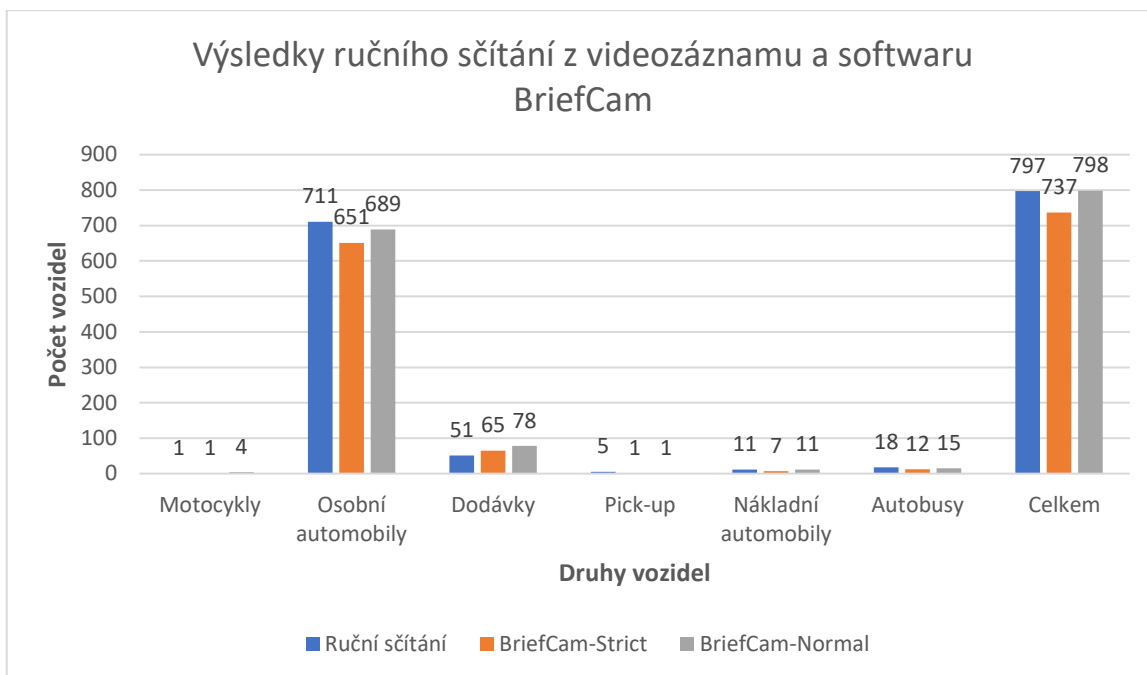
Tabulka 17 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z ulice Anenská dne 19.1.2022



Obrázek 42 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z ulice Anenská dne 19.1.2022

Kamera č.46 – Anenská – podjezd		19.1.2022	13:00-13:30
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Motocykly	1	1	4
Osobní automobily	711	651	689
Dodávkové automobily	Dodávky	51	65
	Pick-up	5	1
Nákladní automobily	11	7	11
Autobusy	18	12	15
Celkem	797	737	798
Jiné objekty			
Vlak	0	5	17
Člun	0	1	1
Celkem	0	6	18

Tabulka 18 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 19.1.2022



Obrázek 43 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 19.1.2022

4.2.3 Shrnutí dosažených výsledků z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše

Při analýze videozáznamu pořízeného z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 17.1.2022 bylo ručně nasčítáno celkem 883 sledovaných objektů, přičemž BriefCam v toleranci strict jich detekoval 600, z čehož plyne, že zachytil 67,95 % objektů ze skutečného počtu. Vyhodnocení obou druhů chybovostí se vypočítalo pomocí váženého průměru u všech druhů sledovaných objektů, vyjma osobních automobilů. Chybovost v rozpoznání typu objektu v toleranci strict dosahuje hodnoty 40,33 % a průměrná hodnota chybovosti v nezaznamenání objektu je 59,78 %. V toleranci normal bylo detekováno 865 zkoumaných objektů, což odpovídá 97,96 % ze skutečného počtu. Průměrná chybovost v rozpoznání typu objektu je u této tolerance 68,27 % a chybovost spočívající v nezaznamenání objektu 43,42 %. Výsledky s vyhodnocením chybovostí z této křižovatky ze dne 17.1.2022 jsou uvedeny v Tabulce 19.

Při analýze videozáznamu pořízeného z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 19.1.2022 bylo ručně nasčítáno celkem 845 sledovaných objektů, přičemž BriefCam v toleranci strict jich zaznamenal 776, což odpovídá 91,83 % úspěšnosti zachycení sledovaných objektů. Byla vypočítána průměrná chybovost v rozpoznání typu objektu v toleranci strict činí 39,84 % a průměrná hodnota chybovosti spočívající v nezaznamenání objektu je 37,77 %. V toleranci normal BriefCam detekoval 843 sledovaných objektů, což odpovídá 99,76 % úspěšnosti záchytu. U této tolerance dosahuje průměrná chybovost v rozpoznání typu objektu hodnoty 44,57 % a chybovost spočívající v nezaznamenání objektu hodnoty 34,53 %. Výsledky s vyhodnocením chybovostí z této křižovatky ze dne 19.1.2022 jsou uvedeny v Tabulce 20.

Anenská x Kpt. Jaroše	Skutečné napočítané hodnoty	Strict					Normal				
		Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v ropoznání typu objektu	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v ropoznání typu objektu	Chybovost v nezaznamenání
			Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem				Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem		
Chodci	33	16	1	18	6,25%	54,55%	22	3	14	13,64%	42,42%
Cyklisté	16	2	0	14	0,00%	87,50%	8	1	9	12,50%	56,25%
Motocykly	0	0	0	0	0,00%	0,00%	2	2	0	100,00%	0,00%
Osobní automobily	757	509	-	-	-	-	695	-	-	-	-
Dodávky	43	42	15	16	35,71%	37,21%	53	21	11	39,62%	25,58%
Pick-up	4	1	1	4	100,00%	100,00%	1	1	4	100,00%	100,00%
Nákladní automobily	18	9	1	10	11,11%	55,56%	18	5	5	27,78%	27,78%
Autobusy	12	21	10	1	47,62%	8,33%	66	56	2	84,85%	16,67%
Celkové	883	600	28	63	40,33%	59,78%	865	89	45	68,27%	43,42%

Tabulka 19 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 17.1.2022

Anenská x Kpt. Jaroše	Skutečné napočítané hodnoty	Strict					Normal				
		Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v ropoznání typu objektu	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v ropoznání typu objektu	Chybovost v nezaznamenání
			Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem				Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem		
Chodci	34	26	0	8	0,00%	23,53%	29	1	6	3,45%	17,65%
Cyklisté	14	13	0	1	0,00%	7,14%	16	2	0	12,50%	0,00%
Motocykly	1	1	0	0	0,00%	0,00%	4	3	0	75,00%	0,00%
Osobní automobily	711	651	-	-	-	-	689	-	-	-	-
Dodávky	51	65	25	11	38,46%	21,57%	78	35	8	44,87%	15,69%
Pick-up	5	1	1	5	100,00%	100,00%	1	1	5	100,00%	100,00%
Nákladní automobily	11	7	1	5	14,29%	45,45%	11	3	3	27,27%	27,27%
Autobusy	18	12	0	6	0,00%	33,33%	15	0	3	0,00%	16,67%
Celkové	845	776	27	36	39,84%	37,77%	843	45	25	44,57%	34,53%

Tabulka 20 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše dne 19.1.2022

4.3 Analýza videozáznamů z křižovatky Dašická x Štrossova

Tato kamera je umístěna na budově Magistrátu města Pardubic a slouží pro sledování dopravy a veřejného pořádku. Monitoruje ulice Štrossova a U Kostelíčka. Pro účely bakalářské práce byla její prepozice nastavena na křižovatku Dašická x Štrossova, která je pro řidiče, kteří toto místo neznají poměrně nepřehledná.

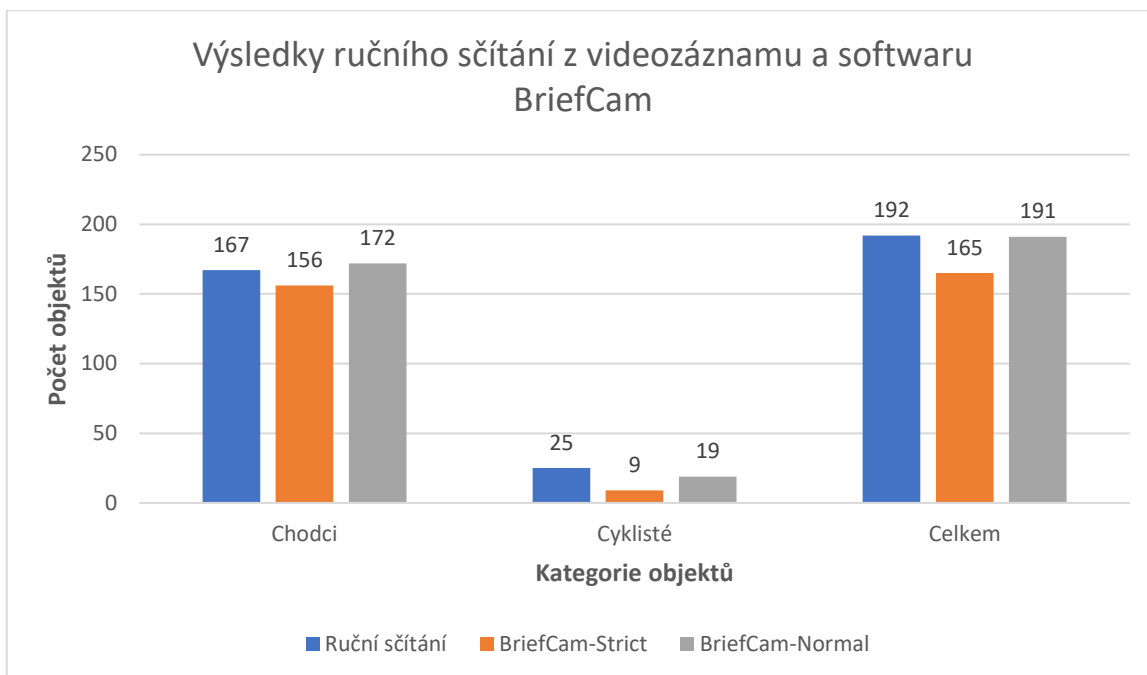
4.3.1 Analýza videozáznamu ze dne 17.1.2022



Obrázek 44 Pohled kamery č.63 pořízený 17.1.2022 v ranních hodinách

Kamera č.63 – Štrossova – profilový průzkum		17.1.2022	7:00-8:00
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Chodci	167	156	172
Cyklisté	25	9	19
Celkem	192	165	191

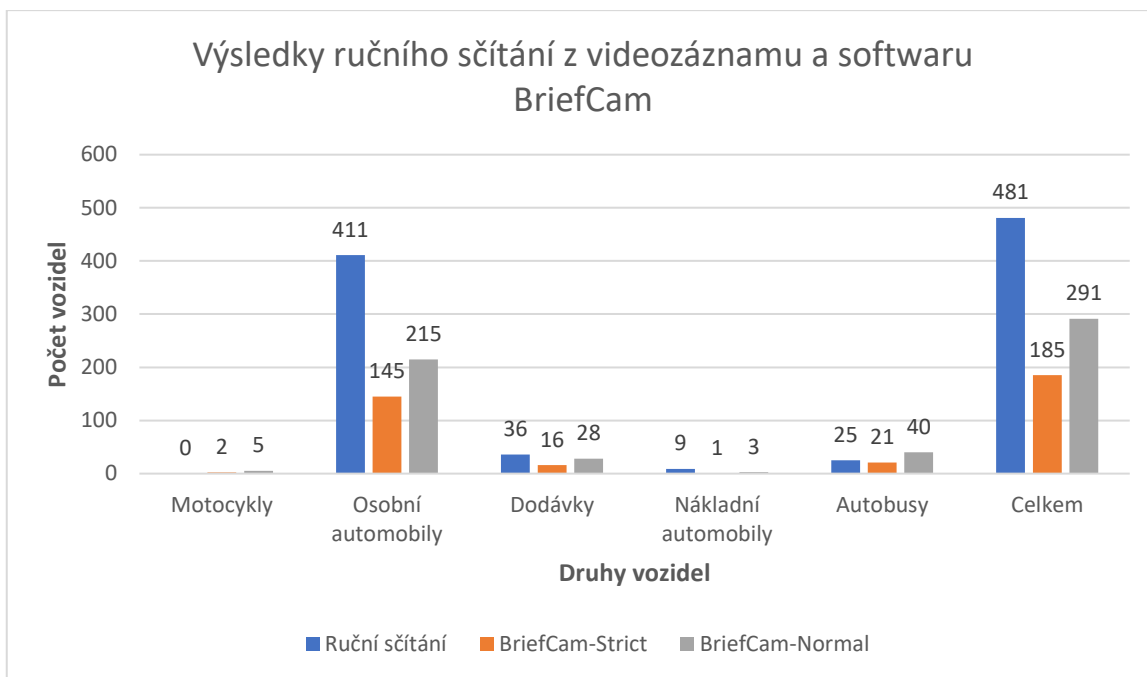
Tabulka 21 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z ulice Štrossova dne 17.1.2022



Obrázek 45 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z ulice Štrossova dne 17.1.2022

Kamera č.63 – Štrossova		17.1.2022	7:00-7:30
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Motocykly	0	2	5
Osobní automobily	411	145	215
Dodávkové automobily	Dodávky	36	28
	Pick-up	0	0
Nákladní automobily	9	1	3
Autobusy	25	21	40
Celkem	481	185	291
Jiné objekty			
Vlak	0	27	71
Letadlo	0	19	70
Celkem	0	46	141

Tabulka 22 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Dašická x Štrossova dne 17.1.2022



Obrázek 46 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Dašická x Štrossova dne 17.1.2022

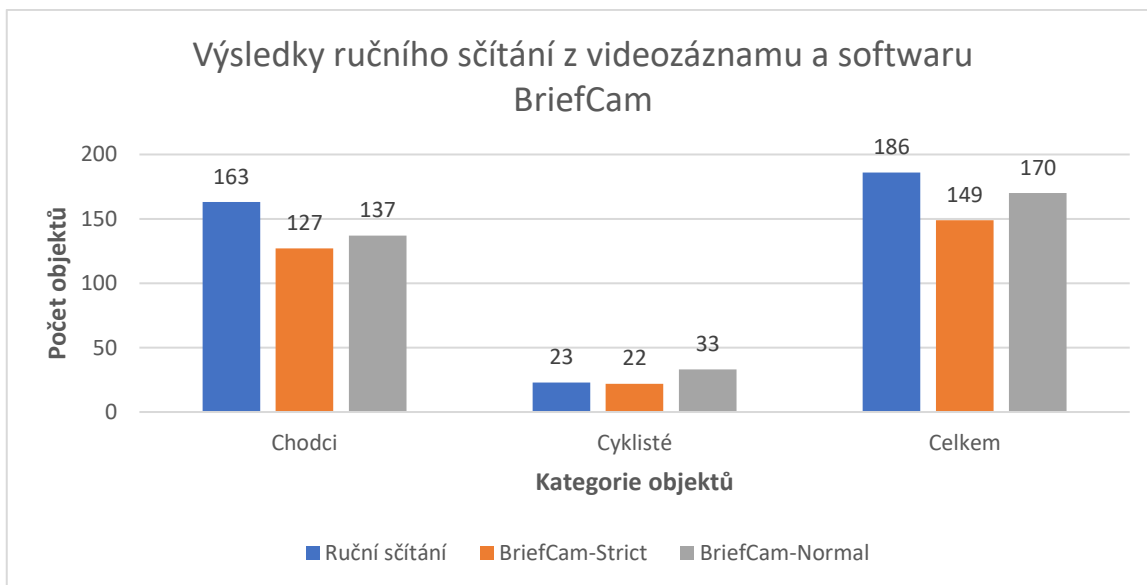
4.3.2 Analýza videozáznamu ze dne 19.1.2022



Obrázek 47 Pohled kamery č.63 pořízený 19.1.2022 v odpoledních hodinách

Kamera č.63 – Štrossova – profilový průzkum		19.1.2022	13:00-14:00
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Chodci	163	127	137
Cyklisté	23	22	33
Celkem	186	149	170

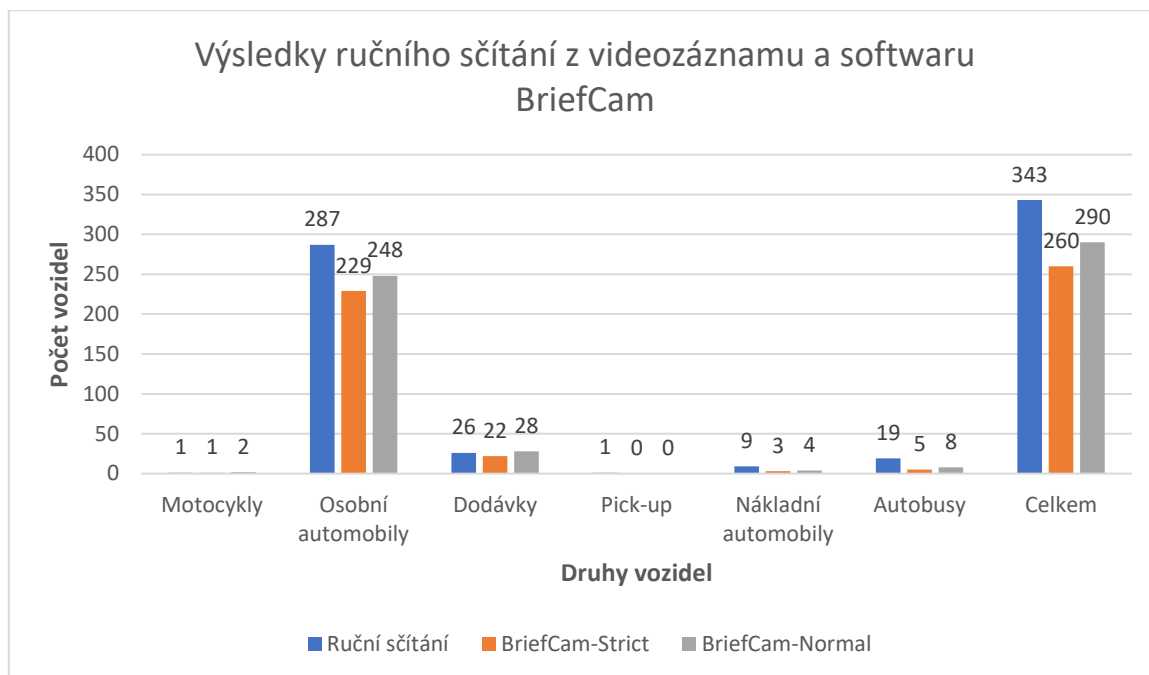
Tabulka 23 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z ulice Štrossova dne 19.1.2022



Obrázek 48 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z ulice Štrossova dne 19.1.2022

Kamera č.63 – Štrossova		19.1.2022	13:00-13:30
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Motocykly	1	1	2
Osobní automobily	287	229	248
Dodávkové automobily	Dodávky	26	22
	Pick-up	1	0
Nákladní automobily	9	3	4
Autobusy	19	5	8
Celkem	343	260	290
Jiné objekty			
Vlak	0	29	57
Celkem	0	29	57

Tabulka 24 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Dašická x Štrossova dne 19.1.2022



Obrázek 49 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Dašická x Štrossova dne 19.1.2022

4.3.3 Shrnutí dosažených výsledků z křížovky Dašická x Štrossova

Při analýze videozáznamu pořízeného dne 17.1.2022 z křížovky Dašická x Štrossova bylo ručně nasčítáno celkem 673 sledovaných objektů, přičemž BriefCam v toleranci strict jich napočítal pouze 350, což odpovídá zachycení 52,01 % ze skutečného počtu. Vyhodnocení obou druhů chybovostí se vypočítalo pomocí váženého průměru u všech druhů sledovaných objektů, vyjma chodců a osobních automobilů, kdy byla vypočítána chybovost v rozpoznání typu objektu, která v toleranci strict činí 38,48 % a průměrná hodnota chybovosti spočívající v nezaznamenání objektu je 66,72 %. V toleranci normal bylo nalezeno 482 sledovaných objektů, což odpovídá záchytu 71,62 % ze skutečného počtu. Průměrná chybovost v rozpoznání typu objektu je u této tolerance 49,44 % a chybovost spočívající v nezaznamenání objektu 34,81 %. Výsledky s vyhodnocením chybovostí z této křížovky ze dne 17.1.2022 jsou uvedeny v Tabulce 25.

Při analýze videozáznamu pořízeného z křížovky Dašická x Štrossova dne 19.1.2022 bylo ručně nasčítáno celkem 529 sledovaných objektů, přičemž BriefCam v toleranci strict jich zaznamenal 409, což odpovídá zaznamenání 77,32 % vůči ručnímu sčítání. Byla vypočítána chybovost v rozpoznání typu objektu, která v toleranci strict činí 22,73 % a průměrná hodnota chybovosti spočívající v nezaznamenání objektu je 57,51 %. V toleranci normal BriefCam detekoval 460 sledovaných objektů, což odpovídá 86,96 % úspěšnosti záchytu těchto objektů. U této tolerance dosahuje průměrná chybovost v rozpoznání typu objektu hodnoty 30,61 % a chybovost spočívající v nezaznamenání objektu hodnoty 50,13 %. Výsledky s vyhodnocením chybovostí z této křížovky ze dne 19.1.2022 jsou uvedeny v Tabulce 26.

Dašická x Štrossova	Skutečné napočítané hodnoty	Strict					Normal				
		Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v rozpoznání typu objektu	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v rozpoznání typu objektu	Chybovost v nezaznamenání
			Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem				Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem		
Chodci	167	156	-	-	-	-	172	-	-	-	-
Cyklisté	25	9	1	17	11,11%	68,00%	19	1	7	5,26%	28,00%
Motocykly	0	2	2	0	100,00%	0,00%	5	5	0	100,00%	0,00%
Osobní automobily	411	145	-	-	-	-	215	-	-	-	-
Dodávky	36	16	5	25	31,25%	69,44%	28	9	17	32,14%	47,22%
Pick-up	0	0	0	0	0,00%	0,00%	0	0	0	0,00%	0,00%
Nákladní automobily	9	1	0	8	0,00%	88,89%	3	1	7	33,33%	22,22%
Autobusy	25	21	6	10	28,57%	40,00%	40	19	4	47,50%	16,00%
Celkové	673	350	14	60	38,48%	66,72%	482	35	35	49,44%	34,81%

Tabulka 25 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křižovatky Dašická x Štrossova dne 17.1.2022

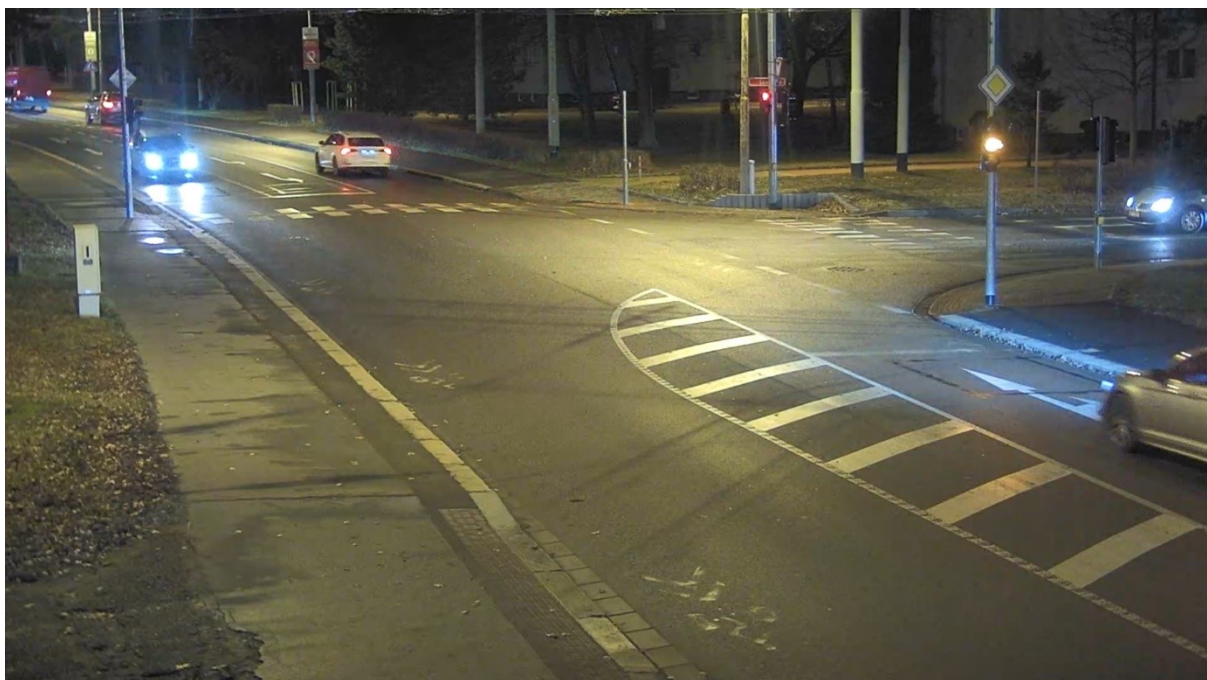
Dašická x Štrossova	Skutečné napočítané hodnoty	Strict					Normal				
		Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v rozpoznání typu vozidla	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v rozpoznání typu vozidla	Chybovost v nezaznamenání
			Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem				Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem		
Chodci	163	127	-	-	-	-	137	-	-	-	-
Cyklisté	23	22	2	3	9,09%	13,04%	33	10	0	30,30%	0,00%
Motocykly	1	1	0	0	0,00%	0,00%	2	1	0	50,00%	0,00%
Osobní automobily	287	229	-	-	-	-	248	-	-	-	-
Dodávky	26	22	6	10	27,27%	38,46%	28	8	6	28,57%	23,08%
Pick-up	1	0	0	1	0,00%	100,00%	0	0	1	0,00%	100,00%
Nákladní automobily	9	3	0	6	0,00%	66,67%	4	0	5	0,00%	55,56%
Autobusy	19	5	0	14	0,00%	73,68%	8	0	11	0,00%	57,89%
Celkové	529	409	8	34	22,73%	57,51%	460	19	23	30,61%	50,13%

Tabulka 26 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křižovatky Dašická x Štrossova dne 19.1.2022

4.4 Analýza videozáznamů z křižovatky Teplého x Lexova

Tato kamera je umístěna v blízkosti zastávky Dukla vozovna na stožáru trolejové traktce a slouží pro sledování dopravy v ulici Teplého a Lexova. Pro účely bakalářské práce byla její prepozice nastavena na křižovatku Teplého x Lexova.

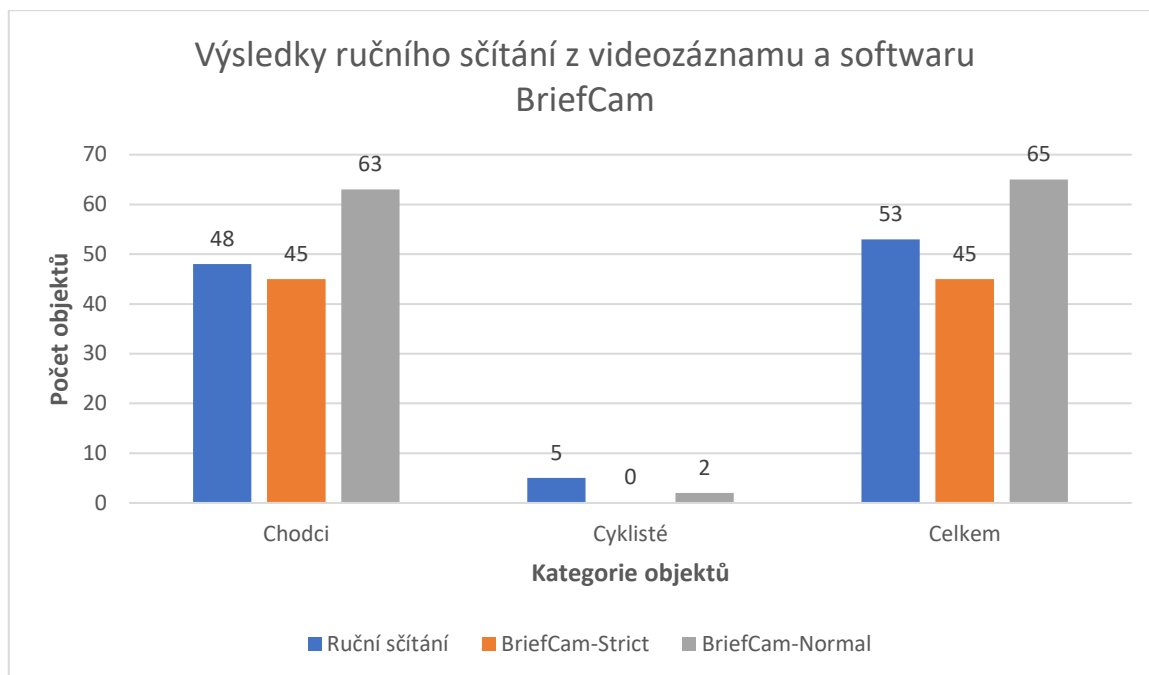
4.4.1 Analýza videozáznamu ze dne 17.1.2022



Obrázek 50 Pohled kamery č.95 pořízený 17.1.2022 v ranních hodinách

Kamera č.95 – Teplého		17.1.2022	7:00-8:00
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Chodci	48	45	63
Cyklisté	5	0	2
Celkem	53	45	65

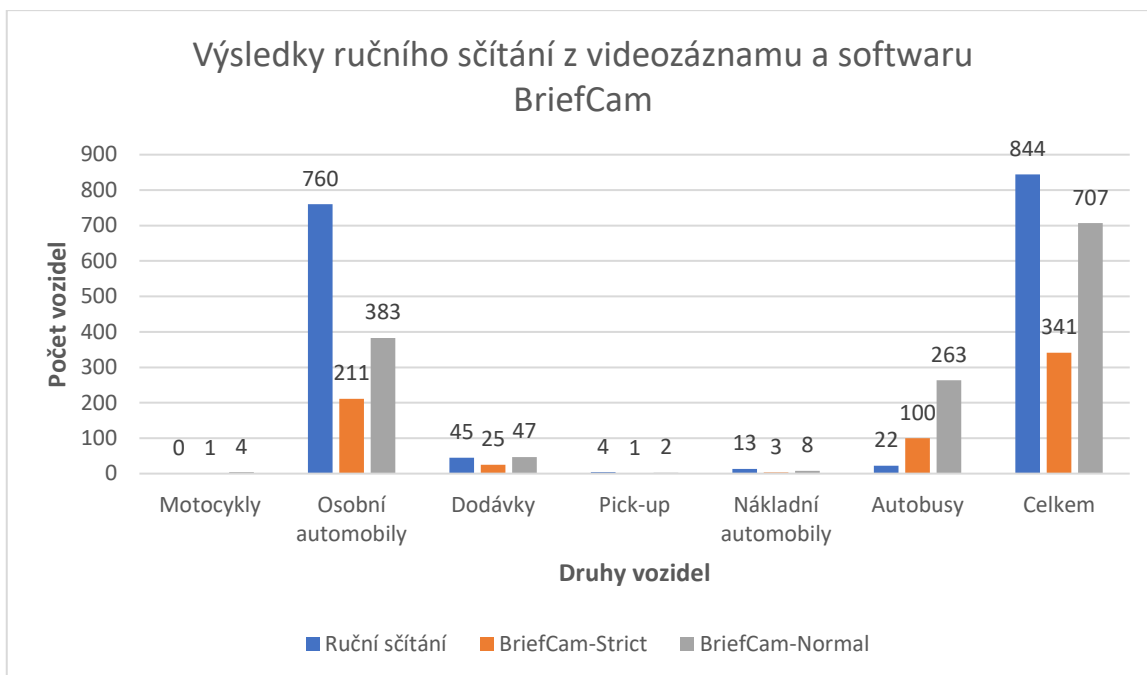
Tabulka 27 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z ulice Teplého dne 17.1.2022



Obrázek 51 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z ulice Teplého dne 17.1.2022

Kamera č.95 – Teplého		17.1.2022	7:00-7:30
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Motocykly	0	1	4
Osobní automobily	760	211	383
Dodávkové automobily	Dodávky	45	47
	Pick-up	4	2
Nákladní automobily	13	3	8
Autobusy	22	100	263
Celkem	844	341	707
Jiné objekty			
Vlak	0	10	53
Letadlo	0	3	23
Celkem	0	13	76

Tabulka 28 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Teplého x Lexova dne 17.1.2022



Obrázek 52 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Teplého x Lexova dne 17.1.2022

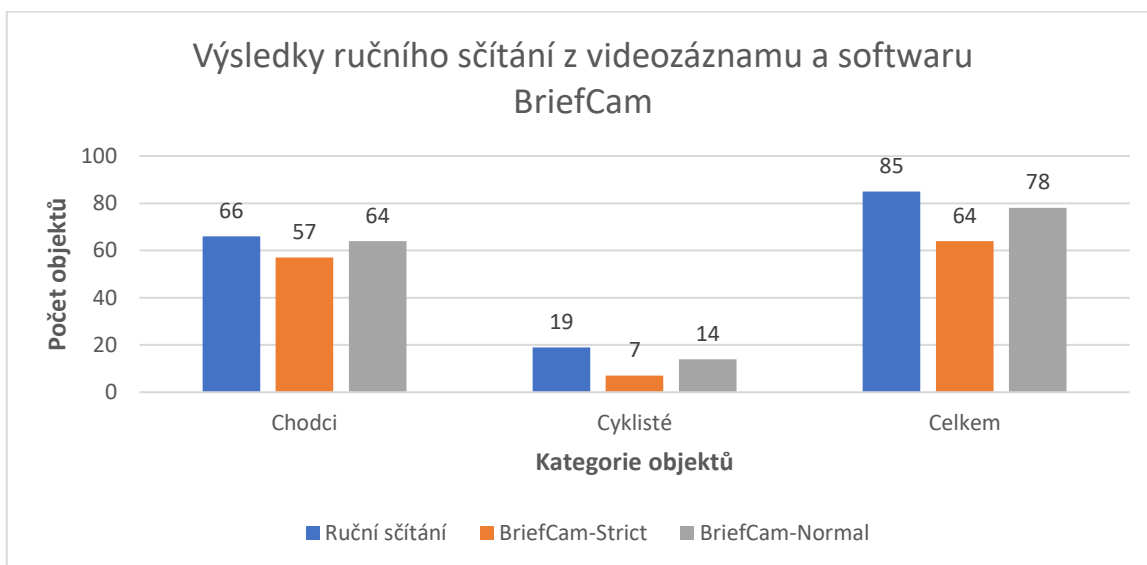
4.4.2 Analýza videozáznamu ze dne 19.1.2022



Obrázek 53 Pohled kamery č.95 pořízený 19.1.2022 v odpoledních hodinách

Kamera č.95 – Teplého		19.1.2022	13:00-14:00
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Chodci	66	57	64
Cyklisté	19	7	14
Celkem	85	64	78

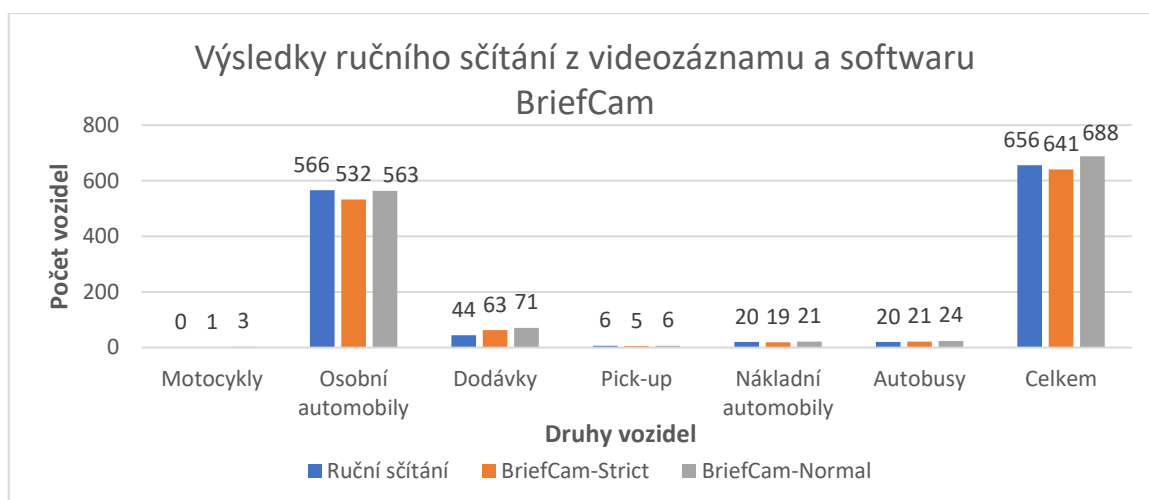
Tabulka 29 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce pěších a cyklistů z ulice Teplého dne 19.1.2022



Obrázek 54 Grafické porovnání výskytu pěších a cyklistů zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z ulice Teplého dne 19.1.2022

Kamera č.95 – Teplého		19.1.2022	13:00-13:30
Druh objektu	Ruční sčítání	BriefCam	
		Strict	Normal
Motocykly	0	1	3
Osobní automobily	566	532	563
Dodávkové automobily	Dodávky	44	63
	Pick-up	6	5
Nákladní automobily	20	19	21
Autobusy	20	21	24
Celkem	656	641	688
Jiné objekty			
Vlak	0	2	8
Celkem	0	2	8

Tabulka 30 Hodnoty z ručního sčítání a softwarové detekce druhů vozidel z křižovatky Teplého x Lexova dne 19.1.2022



Obrázek 55 Grafické porovnání výskytu druhů vozidel zaznamenaných ručním sčítáním a softwarem BriefCam z křižovatky Teplého x Lexova dne 19.1.2022

4.4.3 Shrnutí dosažených výsledků z křižovatky Teplého x Lexova

Při analýze videozáznamu pořízeného z křižovatky Teplého x Lexova dne 17.1.2022 bylo ručně nasčítáno celkem 897 sledovaných objektů, přičemž BriefCam v toleranci strict jich napočítal pouze 386, což odpovídá zaznamenání pouhých 43,03 % ze skutečného počtu. Vyhodnocení obou druhů chybovostí se vypočítalo pomocí váženého průměru u všech druhů sledovaných objektů, vyjma chodců a osobních automobilů, kdy byla vypočítána chybovost v rozpoznání typu objektu, která v toleranci strict činí 80,02 % a průměrná hodnota chybovosti spočívající v nezaznamenání objektu je 68,13 %. V toleranci normal bylo nalezeno 772 sledovaných objektů, což odpovídá záhytu 86,06 % ze skutečného počtu. Průměrná chybovost v rozpoznání typu objektu je u této tolerance 88,99 % a chybovost spočívající v nezaznamenání objektu hodnoty 42,85 %. Výsledky s vyhodnocením chybovostí z této křižovatky ze dne 17.1.2022 jsou uvedeny v Tabulce 31.

Při analýze videozáznamu pořízeného dne 19.1.2022 bylo ručně nasčítáno celkem 741 sledovaných objektů, přičemž BriefCam v toleranci strict jich zaznamenal 705, což odpovídá 95,14 % záhytu vůči skutečnému počtu objektů. Byla vypočítána chybovost v rozpoznání typu objektu, která v toleranci strict činí 38,00 % a průměrná hodnota chybovosti spočívající v nezaznamenání objektu je 38,98 %. V toleranci normal BriefCam detekoval 766 sledovaných objektů, z čehož vyplývá, že u některých objektů došlo k vícenásobnému zaznamenání. U této tolerance dosahuje průměrná chybovost v rozpoznání typu objektu hodnoty 43,18 % a chybovost spočívající v nezaznamenání objektu hodnoty 24,59 %. Výsledky s vyhodnocením chybovostí z této křižovatky ze dne 17.1.2022 jsou uvedeny v Tabulce 32.

Teplého x Lexova	Skutečné napočítané hodnoty	Strict					Normal				
		Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v ropoznání typu objektu	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v ropoznání typu objektu	Chybovost v nezaznamenání
			Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem				Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem		
Chodci	48	45	-	-	-	-	63	-	-	-	-
Cyklisté	5	0	0	5	0,00%	100,00%	2	0	3	0,00%	60,00%
Motocykly	0	1	1	0	100,00%	0,00%	4	4	0	100,00%	0,00%
Osobní automobily	760	211	-	-	-	-	383	-	-	-	-
Dodávky	45	25	9	29	36,00%	64,44%	47	18	16	38,30%	35,56%
Pick-up	4	1	0	3	0,00%	75,00%	2	0	2	0,00%	50,00%
Nákladní automobily	13	3	1	11	33,33%	84,62%	8	3	8	37,50%	61,54%
Autobusy	22	100	85	7	85,00%	31,82%	263	245	4	93,16%	18,18%
Celkové	897	386	96	55	80,02%	68,13%	772	270	33	88,99%	42,85%

Tabulka 31 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křížovky Teplého x Lexova dne 17.1.2022

Teplého x Lexova	Skutečné napočítané hodnoty	Strict					Normal				
		Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v ropoznání typu vozidla	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Špatně zaznamenaných		Chybovost v ropoznání typu vozidla	Chybovost v nezaznamenání
			Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem				Chybné výsledky	Nezaznamenané softwarem		
Chodci	66	57	-	-	-	-	64	-	-	-	-
Cyklisté	19	7	0	12	0,00%	63,16%	14	2	7	14,29%	36,84%
Motocykly	0	1	1	0	100,00%	0,00%	3	3	0	100,00%	0,00%
Osobní automobily	566	532	-	-	-	-	563	-	-	-	-
Dodávky	44	63	25	6	39,68%	13,64%	71	32	5	45,07%	11,36%
Pick-up	6	5	0	1	0,00%	16,67%	6	0	0	0,00%	0,00%
Nákladní automobily	20	19	1	2	5,26%	10,00%	21	2	1	9,52%	5,00%
Autobusy	20	21	3	2	14,29%	10,00%	24	4	0	16,67%	0,00%
Celkové	741	705	30	23	38,00%	38,98%	766	43	13	43,18%	24,59%

Tabulka 32 Vyhodnocení chybovostí výsledků softwaru z křížovky Teplého x Lexova dne 19.1.2022

4.5 Posouzení vhodnosti užití tolerancí softwaru a jejich úspěšností při detekci objektů rozdělených dle motorizace

Jelikož se výsledky softwaru ve většině případů až příliš mnoho lišily od skutečných hodnot z ručního sčítání a hodnoty chybovostí, ať už z rozpoznání typu objektu nebo z nezaznamenání dosahovaly překvapivě vysokých čísel, bylo proto vytvořeno rozdělení dle motorizace objektů. Toto rozdělení bylo vytvořeno na základě analýzy, pomocí které se ověří, zda je tento software vhodný a dosáhne vyšších hodnot úspěšnosti detekce z hlediska celkového počtu detekovaných objektů.

V následujících tabulkách (Tabulka 33-34) jsou uvedeny výsledky softwaru v podobě absolutních hodnot, bez rozlišení, zda je správná kategorizace. Rozdíly obsahující hodnoty se záporným znaménkem představují počet objektů, který chybí do dosažení skutečného stavu, v opačném případě se jedná o počet objektů, které software detekoval navíc. Do nemotorové dopravy byly zařazeni chodci a cyklisté a do motorové dopravy zbytek námi zkoumaných druhů vozidel.

Jelikož je tato a následující podkapitola (4.6) zaměřená na porovnání vhodnosti užití jednotlivých režimů tolerancí, a to subjektivním porovnáním počtu správně detekovaných objektů v souvislosti s mírou chybovostí, ale také vyhodnocením úspěšnosti detekce softwarem, bylo z důvodu globálního porovnání těchto úspěšností vytvořena jednotná kategorizace hodnocení úspěšnosti do pěti úrovní, které jsou uvedeny níže.

Kategorie úspěšnosti záznamu:

- **velmi vysoká úspěšnost (80-100 %) – tmavě zelená barva**
- **vysoká úspěšnost (60-80 %) – světle zelená barva**
- **střední úspěšnost (40-60 %) – žlutá barva**
- **nízká úspěšnost (20-40 %) – oranžová barva**
- **velmi nízká úspěšnost (0-20 %) – červená barva**

U objektů (chodci a osobní automobily), kde nebylo možné vyhodnotit počty chyb a nešlo provést analýzu chybovosti a následné zhodnocení celkové úspěšnosti, která vychází ze správně detekovaných objektů, bylo nutné přizpůsobit hodnocení pouze z hlediska procentuálních podílů výsledků softwaru, vztažené k hodnotě ručního sčítání. Tím pádem musíme brát v potaz, že jejich teoretická „úspěšnost“ zahrnuje i hodnoty špatně detekovaných objektů, čímž dochází k nadhodnocení „úspěšnosti“ vůči skutečným správně naměřeným objektům. Tím pádem může docházet k tomu, že celkové průměry, které vycházející z dílčích procentuálních podílů ze všech křižovatek, převyšují hranici 100 %.

V případě hodnot, které převyšují 100 % hranici „úspěšnosti“ zaznamenání, byly intervaly po 20 % určující kategorii úspěšnosti vztaženy i právě nad tuto hodnotu 100 %. Z těchto tabulek, ve kterých jsou znázorněny procentuální podíly výsledků softwaru vztažené k hodnotě ručního sčítání, barevně rozdělené dle příslušné kategorie úspěšnosti detekce je patrné, jakých hladin úspěšnosti se dosáhlo na jednotlivých křižovatkách užitím jednotlivých režimů tolerancí v závislosti na podmínkách viditelnosti.

4.5.1 Nemotorová doprava

Z Tabulky 33 je patrné, že v případě detekce objektů, spadajících do nemotorové dopravy, dostaneme za zhoršených podmínek viditelnosti výsledky, které se více blíží hodnotám z ručního sčítání využitím tolerance strict, a to na křižovatkách Jahnova x Karla IV a Teplého x Lexova. Na zbylých dvou křižovatkách je příznivější využití tolerance normal. V opačném případě za jasných podmínek viditelnosti dosahuje software příznivějších výsledků na všech sledovaných křižovatkách v toleranci normal.

Z pohledu celkového procentuálního podílu zachycených objektů, ze všech sledovaných křižovatek bylo vypočteno, že za zhoršených podmínek viditelnosti je výhodnější využití tolerance normal, jehož procentuální podíl zachycení těchto objektů činí 99,58 % se směrodatnou odchylkou 23,66 %. Tuto průměrnou hodnotu však zkreslují hodnoty převyšující hranici 100 % na křižovatkách Jahnova x Karla IV a Teplého x Lexova. V toleranci strict bylo dosaženo hodnoty 76,09 % a nepatrně nižší odchylkou, která činí 23,19 %.

V případě softwarové detekce nemotorových objektů za jasných podmínek viditelnosti, bylo v toleranci strict dosaženo celkového procentuálního podílu zachycení ze všech křižovatek 80,51 % se směrodatnou odchylkou 3,60 %. V toleranci normal bylo dosaženo hodnoty 93,89 % s odchylkou 2,89 %.

Nemotorová doprava	Zhoršené podmínky viditelnosti						
	Ruční sčítání	BriefCam					
		Strict	Rozdíl (Strict vs ruční)	Procentuální podíl (Strict vs ruční)	Normal	Rozdíl (Normal vs ruční)	Procentuální podíl (Normal vs ruční)
Jahnova x Karla IV	434	420	-14	96,77%	499	65	114,98%
Anenská x Kpt. Jaroše	49	18	-31	36,73%	30	-19	61,22%
Dašická x Štrossova	192	165	-27	85,94%	191	-1	99,48%
Teplého x Lexova	53	45	-8	84,91%	65	12	122,64%
Celkové	728	648	-80	76,09%	785	57	99,58%
Nemotorová doprava	Jasně podmínky viditelnosti						
	Ruční sčítání	BriefCam					
		Strict	Rozdíl (Strict vs ruční)	Procentuální podíl (Strict vs ruční)	Normal	Rozdíl (Normal vs ruční)	Procentuální podíl (Normal vs ruční)
Jahnova x Karla IV	445	380	-65	85,39%	439	-6	98,65%
Anenská x Kpt. Jaroše	48	39	-9	81,25%	45	-3	93,75%
Dašická x Štrossova	186	149	-37	80,11%	170	-16	91,40%
Teplého x Lexova	85	64	-21	75,29%	78	-7	91,76%
Celkové	764	632	-132	80,51%	732	-32	93,89%

Tabulka 33 Porovnání absolutních hodnot softwarem detekovaných objektů spadajících do nemotorové dopravy

4.5.2 Motorová doprava

Z Tabulky 34 vyplývá, že při sloučení všech druhů vozidel z dopravního proudu do jedné skupiny motorových vozidel, dostaneme za zhoršených podmínek viditelnosti výsledky, které se více blíží hodnotám z ručního sčítání v toleranci normal, a to na všech sledovaných křižovatkách. Co se týče detekce objektů spadajících do motorových vozidel za jasných podmínek viditelnosti, dosahuje software lepších výsledků také v toleranci normal, vyjma křižovatky Teplého x Lexova, kde je lepší využití tolerance strict.

Při vyhodnocení průměrných procentuálních podílů softwarem zaznamenaných motorových objektů za snížených podmínek viditelnosti, bylo v toleranci strict dosaženo poměrně nízkých hodnot „úspěšnosti zaznamenání“, s výjimkou křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše. Průměrný procentuální podíl zachycení je ze všech sledovaných křižovatek v toleranci strict roven 45,90 % se směrodatnou odchylkou 13,93 %. V toleranci normal je průměrná hodnota procentuálního podílu zaznamenání ze všech křižovatek již o mnoho vyšší, kdy celkový procentuální podíl zaznamenání je roven 76,58 % s odchylkou 16,42 %.

Za jasných podmínek viditelnosti, je celkový průměrný procentuální podíl zachycení objektů spadajících do motorové dopravy ze všech křižovatek v toleranci strict roven 87,01 % se směrodatnou odchylkou 8,58 %. V toleranci normal je celková průměrná hodnota procentuálního podílu ze všech křižovatek rovna 97,16 % s odchylkou 7,60 %.

Motorová doprava	Zhoršené podmínky viditelnosti						
	Ruční sčítání	BriefCam					
		Strict	Rozdíl (Strict vs ruční)	Procentuální podíl (Strict vs ruční)	Normal	Rozdíl (Normal vs ruční)	Procentuální podíl (Normal vs ruční)
Jahnova x Karla IV	1004	351	-653	34,96%	622	-382	61,95%
Anenská x Kpt. Jaroše	834	582	-252	69,78%	835	1	100,12%
Dašická x Štrossova	481	185	-296	38,46%	291	-190	60,50%
Teplého x Lexova	844	341	-503	40,40%	707	-137	83,77%
Celkové	3163	1459	-1704	45,90%	2455	-708	76,58%
Motorová doprava	Jasně podmínky viditelnosti						
	Ruční sčítání	BriefCam					
		Strict	Rozdíl (Strict vs ruční)	Procentuální podíl (Strict vs ruční)	Normal	Rozdíl (Normal vs ruční)	Procentuální podíl (Normal vs ruční)
Jahnova x Karla IV	981	805	-176	82,06%	972	-9	99,08%
Anenská x Kpt. Jaroše	797	737	-60	92,47%	798	1	100,13%
Dašická x Štrossova	343	260	-83	75,80%	290	-53	84,55%
Teplého x Lexova	656	641	-15	97,71%	688	32	104,88%
Celkové	2777	2443	-334	87,01%	2748	-29	97,16%

Tabulka 34 Porovnání absolutních hodnot softwarem detekovaných objektů spadajících do motorové dopravy

4.6 Posouzení vhodnosti užití tolerancí softwaru a jejich úspěšností při detekci jednotlivých druhů objektů

Jak již bylo avizováno, z důvodu dlouhodobé nefunkčnosti softwaru, nebylo možné provést vyhodnocení chybovostí výsledků v rámci detekce chodců a osobních automobilů, s výjimkou křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše, kde se provedlo vyhodnocení chybovosti pouze v případě chodců. U těchto dvou objektů se tedy vyhodnocovaly pouze výsledky softwaru, bez rozlišení toho, zda je správná kategorizace daného objektu.

V tabulkách (Tabulka 35-36) jsou vyjádřeny hodnoty rozdílu počtu detekovaných objektů pomocí softwaru v obou režimech tolerancí vůči ručnímu, tedy skutečnému počtu objektů, a to jak za zhoršených, tak jasných podmínek viditelnosti. Rozdíly obsahující hodnoty se záporným znaménkem představují počet objektů, který chybí do dosažení skutečného stavu, v opačném případě se jedná o počet objektů, které software detekoval navíc.

U všech ostatních druhů objektů bylo provedeno určení chybovostí v maximálním možném rozsahu pro funkčnost softwaru. V tabulkách (Tabulka 37-42) jsou uvedeny počty správně určených, chybně rozpoznaných a nezaznamenaných objektů softwarem, včetně jejich procentuálních hodnot. U těchto objektů, kde bylo možné provést vyhodnocení chybovostí, byla úspěšnost jejich zaznamenání vyhodnocena na základě počtu správně detekovaných objektů, vztažených k hodnotě z ručního sčítání. Úspěšnost zaznamenání se hodnotila jako v předešlé podkapitole dle zmíněných kategorií.

4.6.1 Chodci

Z Tabulky 35 pak vyplývá, že za jasných podmínek viditelnosti dosahuje software přesnějších výsledků v toleranci normal, a to ve všech sledovaných oblastech. V případě zhoršených podmínek viditelnosti, jsou na křižovatkách Jahnova x Karla IV a Teplého x Lexova příznivější výsledky softwaru v toleranci strict, oproti křižovatkám Anenská x Kpt. Jaroše a Dašická x Štrossova, kde je výhodnější využití tolerance normal.

V případě detekce chodců za snížených podmínek viditelnosti dosahuje software vysokých hodnot „úspěšnosti zaznamenání“ s výjimkou křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše, kdy průměrný procentuální podíl zachycení je ze všech sledovaných křižovatek v toleranci strict roven 84,15 % se směrodatnou odchylkou 20,82 %. V toleranci normal dosáhla průměrná hodnota procentuálního podílu zaznamenání ze všech křižovatek hodnoty 104,52 % s odchylkou 24,03 %.

Za jasných podmínek viditelnosti jsou výsledné průměrné hodnoty procentuálních podílů ze všech křižovatek nižší, a to v obou tolerancích v porovnání s výsledky těchto podílů za zhoršených viditelnostních podmínek, což je pravděpodobně způsobené chybným nebo vícenásobným zaznamenáním objektů z ranních hodin. V toleranci strict je celkový průměrný procentuální podíl zachycení chodců ze všech sledovaných křižovatek roven 82,40 % se směrodatnou odchylkou 5,30 %. V toleranci normal je celková průměrná hodnota procentuálního podílu zaznamenání chodců ze všech křižovatek hodnota rovna 91,04 % s odchylkou 6,40 %.

Chodci	Zhoršené podmínky viditelnosti						
	Ruční sčítání	BriefCam					
		Strict	Rozdíl (Strict vs ruční)	Procentuální podíl (Strict vs ruční)	Normal	Rozdíl (Normal vs ruční)	Procentuální podíl (Normal vs ruční)
Jahnova x Karla IV	414	418	4	100,97%	485	71	117,15%
Anenská x Kpt. Jaroše	33	16	-17	48,48%	22	-11	66,67%
Dašická x Štrossova	167	156	-11	93,41%	172	5	102,99%
Teplého x Lexova	48	45	-3	93,75%	63	15	131,25%
Celkové	662	635	-27	84,15%	742	80	104,52%
Chodci	Jasně podmínky viditelnosti						
	Ruční sčítání	BriefCam					
		Strict	Rozdíl (Strict vs ruční)	Procentuální podíl (Strict vs ruční)	Normal	Rozdíl (Normal vs ruční)	Procentuální podíl (Normal vs ruční)
Jahnova x Karla IV	421	374	-47	88,84%	412	-9	97,86%
Anenská x Kpt. Jaroše	34	26	-8	76,47%	29	-5	85,29%
Dašická x Štrossova	163	127	-36	77,91%	137	-26	84,05%
Teplého x Lexova	66	57	-9	86,36%	64	-2	96,97%
Celkové	684	584	-100	82,40%	642	-42	91,04%

Tabulka 35 Porovnání hodnot rozdílu detekovaných chodců v rámci ručního sčítání a softwaru

4.6.2 Osobní automobily

Z Tabulky 36 je patrné, že na všech sledovaných křižovatkách, a to jak za zhoršených, tak jasných podmínek viditelnosti, dosáhl vyšší přesnosti BriefCam v toleranci normal vůči skutečným hodnotám naměřených při ručním sčítání. Nicméně zde je patrné, jak velkou roli hrají podmínky viditelnosti na zaznamenání osobních vozidel softwarem, kdy například na křižovatce Jahnova x Karla IV software v toleranci normal za ranních hodin zaznamenal pouze 44,03 % z celkového počtu 863 osobních vozidel. Za jasných podmínek viditelnosti byla dosažena nejvyšší hodnota procentuálního rozdílu mezi softwarem a ručním sčítáním z tolerance normal v ulici Dašická x Štrossova, která činí 13,59 % z celkového počtu 287 osobních vozidel.

Při vyhodnocení průměrných procentuálních podílů softwarem zaznamenaných osobních automobilů za snížených podmínek viditelnosti, dosahuje BriefCam poměrně nízkých hodnot „úspěšnosti zaznamenání“, s výjimkou křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše, kdy průměrný procentuální podíl zachycení je ze všech sledovaných křižovatek v toleranci strict roven 40,31 % se směrodatnou odchylkou 15,78 %. V toleranci normal dosáhla průměrná hodnota procentuálního podílu zaznamenání ze všech křižovatek hodnoty 59,64 % s odchylkou 18,83 %.

Za jasných podmínek viditelnosti jsou výsledné průměrné hodnoty procentuálních podílů ze všech křižovatek již o mnoho vyšší, a to v obou tolerancích v porovnání s výsledky těchto podílů za zhoršených viditelnostních podmínek. V toleranci strict je celkový průměrný procentuální podíl zachycení osobních automobilů ze všech sledovaných křižovatek roven 87,01 % se směrodatnou odchylkou 5,92 %. V toleranci normal je celková průměrná hodnota procentuálního podílu zaznamenání osobních automobilů ze všech křižovatek rovna 94,54 % s odchylkou 4,92 %.

Osobní automobily	Zhoršené podmínky viditelnosti						
	Ruční sčítání	BriefCam					
		Strict	Rozdíl (Strict vs ruční)	Procentuální podíl (Strict vs ruční)	Normal	Rozdíl (Normal vs ruční)	Procentuální podíl (Normal vs ruční)
Jahnova x Karla IV	863	267	-596	30,94%	380	-483	44,03%
Anenská x Kpt. Jaroše	757	509	-248	67,24%	695	-62	91,81%
Dašická x Štrossova	411	145	-266	35,28%	215	-196	52,31%
Teplého x Lexova	760	211	-549	27,76%	383	-377	50,39%
Celkové	2791	1132	-1659	40,31%	1673	-1118	59,64%
Osobní automobily	Jasně podmínky viditelnosti						
	Ruční sčítání	BriefCam					
		Strict	Rozdíl (Strict vs ruční)	Procentuální podíl (Strict vs ruční)	Normal	Rozdíl (Normal vs ruční)	Procentuální podíl (Normal vs ruční)
Jahnova x Karla IV	866	716	-150	82,68%	826	-40	95,38%
Anenská x Kpt. Jaroše	711	651	-60	91,56%	689	-22	96,91%
Dašická x Štrossova	287	229	-58	79,79%	248	-39	86,41%
Teplého x Lexova	566	532	-34	93,99%	563	-3	99,47%
Celkové	2430	2128	-302	87,01%	2326	-104	94,54%

Tabulka 36 Porovnání hodnot rozdílu detekovaných osobních automobilů v rámci ručního sčítání a softwaru

4.6.3 Cyklisté

Z níže uvedené tabulky (Tabulka 37) je patrné, že za snížených podmínek viditelnosti je vhodné pro přesnější detekování cyklistů na křižovatkách Dašická x Štrossova a Teplého x Lexova využít toleranci normal, z důvodu stejného počtu chyb jako v režimu strict, avšak s vyšším počtem správně identifikovaných objektů. U zbylých dvou křižovatek lze aplikovat toleranci normal, podmíněnou vyšším počtem chybně určených cyklistů v porovnání s tolerancí strict, avšak s vyšším počtem správně určených objektů.

Za jasných podmínek viditelnosti se lépe jeví užití tolerance normal, pro křižovatky Jahnova x Karla IV a Teplého x Lexova, kdy ve srovnání s režimem strict je počet správně určených objektů bližší k hodnotě skutečné, s menším počtem nezaznamenaných objektů. Využití tolerance strict by připadalo pro křižovatky Anenská x Kpt. Jaroše a Dašická x Štrossova.

Při softwarové detekci cyklistů za zhoršených podmínek viditelnosti, dosahuje software velmi nízkých hodnot úspěšnosti, o čemž také svědčí průměrná hodnota úspěšnosti zaznamenaných cyklistů, která v průměru ze všech křižovatek činí v toleranci strict pouze 13,63 % se směrodatnou odchylkou 11,59 % a v toleranci normal 52,69 % s odchylkou 12,44 %.

Za jasných podmínek viditelnosti je průměrná hodnota úspěšnosti již podstatně vyšší, kdy v průměru ze všech sledovaných oblastí, bylo v toleranci strict zaznamenáno 60,41 % cyklistů se směrodatnou odchylkou 29,86 %, která je způsobena nízkým procentem zaznamenaných cyklistů na křižovatkách Jahnova x Karla IV a Teplého x Lexova. V toleranci normal je průměrná hodnota úspěšnosti zaznamenaných cyklistů ze všech křižovatek rovna 90,79 % s odchylkou 15,96 %, která je opět způsobená nižším procentem detekovaných cyklistů z křižovatky Teplého x Lexova.

Cyklisté	Zhoršené podmínky viditelnosti														
	Ruční sčítání	BriefCam													
		Strict							Normal						
		Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání
Jahnova x Karla IV	20	2	2	10,00%	0	0,00%	18	90,00%	14	11	55,00%	3	21,43%	9	45,00%
Anenská x Kpt. Jaroše	16	2	2	12,50%	0	0,00%	14	87,50%	8	7	43,75%	1	12,50%	9	56,25%
Dašická x Štrossova	25	9	8	32,00%	1	11,11%	17	68,00%	19	18	72,00%	1	5,26%	7	28,00%
Teplého x Lexova	5	0	0	0,00%	0	0,00%	5	100,00%	2	2	40,00%	0	0,00%	3	60,00%
Celkové	66	13	12	13,63%	1	2,78%	54	86,38%	43	38	52,69%	5	9,80%	28	47,31%
Cyklisté	Jasně podmínky viditelnosti														
	Ruční sčítání	BriefCam													
		Strict							Normal						
		Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání
Jahnova x Karla IV	24	6	6	25,00%	0	0,00%	18	75,00%	27	24	100,00%	3	11,11%	0	0,00%
Anenská x Kpt. Jaroše	14	13	13	92,86%	0	0,00%	1	7,14%	16	14	100,00%	2	12,50%	0	0,00%
Dašická x Štrossova	23	22	20	86,96%	2	9,09%	3	13,04%	33	23	100,00%	10	30,30%	0	0,00%
Teplého x Lexova	19	7	7	36,84%	0	0,00%	12	63,16%	14	12	63,15%	2	14,29%	7	36,84%
Celkové	80	48	46	60,41%	2	2,27%	34	39,59%	90	73	90,79%	17	17,05%	7	9,21%

Tabulka 37 Tabulka vyjadřující počet úspěšně detekovaných cyklistů včetně četností softwarových chyb

4.6.4 Motocykly

Při ručním sčítání v ranních hodinách, byl zjištěn nulový výskyt těchto objektů, viz následující tabulka (Tabulka 38), kde téměř s jistotou můžeme říci, že ve všech sledovaných oblastech dosáhl software příznivějších výsledků v toleranci strict. Následným průzkumem v odpoledních hodinách za jasných viditelnostních podmínek, byl počet zachycených objektů již vyšší. Na třech křižovatkách lze s jistotou opět konstatovat, že příznivějších výsledků dosáhl BriefCam v toleranci strict, výjimkou je křižovatka Jahnova x Karla IV, kde problém nejednoznačného zvolení vhodného režimu tolerance závisí na typu chyby, kdy z pohledu celkového počtu chyb je vhodnější využít toleranci strict.

Co se týče softwarové detekce motocyklů za zhoršených viditelnostních podmínek a její úspěšnosti, nemohla být provedena analýza úspěšnosti z toho důvodu, že se ani na jedné ze sledovaných křižovatek nevyskytl ani jeden motocykl.

Za jasných podmínek viditelnosti je průměrná hodnota úspěšnosti detekce motocyklů v toleranci strict rovna 66,67 % se směrodatnou odchylkou 47,14 %, která je způsobena nulovým procentem úspěšnosti detekce těchto objektů na křižovatce Jahnova x Karla IV. Tato průměrná hodnota byla vypočtena pouze ze třech křižovatek, z důvodu nulového výskytu motocyklů na křižovatce Teplého x Lexova. V toleranci normal je průměrná hodnota úspěšnosti zaznamenaných motocyklů ze třech křižovatek rovna 100 %.

Motocykly	Zhoršené podmínky viditelnosti														
	Ruční sčítání	BriefCam													
		Strict							Normal						
		Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenaní	Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenaní
Jahnova x Karla IV	0	0	0	-	0	0,00%	0	0,00%	10	0	-	10	100,00%	0	0,00%
Anenská x Kpt. Jaroše	0	0	0	-	0	0,00%	0	0,00%	2	0	-	2	100,00%	0	0,00%
Dašická x Štrossova	0	2	0	-	2	100,00%	0	0,00%	5	0	-	5	100,00%	0	0,00%
Teplého x Lexova	0	1	0	-	1	100,00%	0	0,00%	4	0	-	4	100,00%	0	0,00%
Celkové	0	3	0	-	3	50,00%	0	0,00%	21	0	-	21	100,00%	0	0,00%
Motocykly	Jasně podmínky viditelnosti														
	Ruční sčítání	BriefCam													
		Strict							Normal						
		Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenaní	Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenaní
Jahnova x Karla IV	1	1	0	0,00%	1	100,00%	1	100,00%	11	1	100,00%	10	90,91%	0	0,00%
Anenská x Kpt. Jaroše	1	1	1	100,00%	0	0,00%	0	0,00%	4	1	100,00%	3	75,00%	0	0,00%
Dašická x Štrossova	1	1	1	100,00%	0	0,00%	0	0,00%	2	1	100,00%	1	50,00%	0	0,00%
Teplého x Lexova	0	1	0	-	1	100,00%	0	0,00%	3	0	-	3	100,00%	0	0,00%
Celkové	3	4	2	66,67%	2	50,00%	1	25,00%	20	3	100,00%	17	78,98%	0	0,00%

Tabulka 38 Tabulka vyjadřující počet úspěšně detekovaných motocyklů včetně četností softwarových chyb

4.6.5 Dodávky

Při vyhodnocování výsledků dodávkových automobilů softwarem BriefCam, bylo zjištěno chybné rozlišování osobních automobilů od dodávkových. Nejčastěji projíždějícím automobilem, u kterého nastal výše zmíněný problém, byl Volkswagen Transporter, který se může řadit dodávkových automobilů (viz. Obrázek 56), ale také do kategorie osobních automobilů (viz. Obrázek 57). Ač se na první pohled může zdát, že se tento automobil řadí do kategorie dodávkových automobilů, tak se do této kategorie řadí pouze tehdy, když se v zadní části nachází jenom nákladový prostor. Naopak do kategorie osobních automobilů se řadí v případě, když je výhradně určen pro přepravu lidí a zpravidla má prosklená okna v zadní části. Dalším takovým případem byl automobil Citroen Berlingo.

Z výše zmíněných důvodů a při pohledu na Tabulku 39 tedy vyplývá, že tento software není příliš vhodný pro rozlišování dodávkových automobilů.

Při vyhodnocení úspěšnosti softwarem detekovaných dodávek za zhoršených podmínek viditelnosti, bylo v průměru ze všech křižovatek v toleranci strict dosaženo 40,30 % úspěšnosti zaznamenání se směrodatnou odchylkou 13,11 %. V toleranci normal je průměrná hodnota úspěšnosti zaznamenání rovna 61,37 % s odchylkou 9,67 %.

V případě jasných podmínek viditelnosti, byla na základě dílčích průměrů úspěšností zaznamenaných dodávek ze všech křižovatek, vypočtena průměrná hodnota úspěšnosti zaznamenání, která v toleranci strict činí 72,62 % se směrodatnou odchylkou 10,21 %. V toleranci normal je průměrná hodnota úspěšnosti zaznamenaných dodávek ze všech křižovatek rovna 83,22 % s odchylkou 4,19 %.



Obrázek 56 Volkswagen Transporter řazený do kategorie dodávkových automobilů



Obrázek 57 Volkswagen Transporter řazený do kategorie osobních automobilů

Dodávky	Zhoršené podmínky viditelnosti														
	Ruční sčítání	BriefCam													
		Strict							Normal						
		Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání
Jahnova x Karla IV	65	28	21	32,31%	7	25,00%	44	67,69%	51	35	53,85%	16	31,37%	30	46,15%
Anenská x Kpt. Jaroše	43	42	27	62,79%	15	35,71%	16	37,21%	53	32	74,42%	21	39,62%	11	25,58%
Dašická x Štrossova	36	16	11	30,56%	5	31,25%	25	69,44%	28	19	52,78%	9	32,14%	17	47,22%
Teplého x Lexova	45	25	16	35,56%	9	36,00%	29	64,44%	47	29	64,44%	18	38,30%	16	35,56%
Celkové	189	111	75	40,30%	36	31,99%	114	59,70%	179	115	61,37%	64	35,36%	74	38,63%
Dodávky	Jasně podmínky viditelnosti														
	Ruční sčítání	BriefCam													
		Strict							Normal						
		Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání
Jahnova x Karla IV	53	55	34	64,15%	21	38,18%	19	35,85%	81	44	83,02%	37	45,68%	9	16,98%
Anenská x Kpt. Jaroše	51	65	40	78,43%	25	38,46%	11	21,57%	78	43	84,32%	35	44,87%	8	15,69%
Dašická x Štrossova	26	22	16	61,54%	6	27,27%	10	38,46%	28	20	76,92%	8	28,57%	6	23,08%
Teplého x Lexova	44	63	38	86,37%	25	39,68%	6	13,64%	71	39	88,64%	32	45,07%	5	11,36%
Celkové	174	205	128	72,62%	77	35,90%	46	27,38%	258	146	83,22%	112	41,05%	28	16,78%

Tabulka 39 Tabulka vyjadřující počet úspěšně detekovaných dodávek včetně četností softwarových chyb

4.6.6 Pick-up

Při vyhodnocení výsledků u objektů typu pick-up (viz. Tabulka 40) bylo zjištěno, že na křižovatkách Anenská x Kpt. Jaroše a Dašická x Štrossova dosáhl software stejných výsledků v obou režimech tolerance, a to jak za zhoršených, tak příznivějších podmínek viditelnosti. Z tohoto důvodu tedy nelze jednoznačně říci, který režim je vhodnější pro danou oblast za daných podmínek viditelnosti. Co se týče křižovatky Teplého x Lexova, tak je zde výhodnější využití tolerance normal, a to v obou podmínkách viditelnosti. Na křižovatce Jahnova x Karla IV je posuzování vhodnějšího režimu složité z toho důvodu, že ani v jednom případě nedošlo ke správné detekci objektu, vhodnější režim lze tedy posuzovat pouze na základě menšího počtu chybně zaznamenaných objektů a z toho lze usoudit, na vhodnost užití tolerance strict.

Při vyhodnocení softwarové úspěšnosti zaznamenaných pick-upů za zhoršených podmínek viditelnosti, dosahuje software velmi nízkých hodnot úspěšnosti, o čemž také svědčí průměrná hodnota úspěšnosti zaznamenaných pick-upů, která v průměru ze třech křižovatek činí v toleranci strict pouze 8,33 % se směrodatnou odchylkou 11,79 %. Na křižovatce Dašická x Štrossova nemohla být ověřena úspěšnost detekce z důvodu nulového výskytu pick-upů. V toleranci normal bylo dosaženo průměrné hodnoty úspěšnosti 16,67 % s odchylkou 23,57 %.

I přes jasné podmínky viditelnosti dosahuje software velmi nízkých hodnot úspěšnosti zaznamenání těchto objektů, kdy výjimkou je zde křižovatka Teplého x Lexova. Průměrná hodnota úspěšnosti zachycení, je ze všech křižovatek v toleranci strict rovna 20,83 % se směrodatnou odchylkou 36,08 %. V případě tolerance normal, je hodnota úspěšnosti zachycení velmi podobná s tolerancí strict, kdy bylo v průměru zaznamenáno pouze 25 % objektů s odchylkou 43,03 %. Tyto vysoké odchylky jsou způsobené vysokým procentem úspěšnosti zaznamenání dosažené na křižovatce Teplého x Lexova, a naopak nulovým procentem zaznamenání na zbylých křižovatkách.

Pick-up	Zhoršené podmínky viditelnosti														
	Ruční sčítání	BriefCam													
		Strict							Normal						
		Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání
Jahnova x Karla IV	2	0	0	0,00%	0	0,00%	2	100,00%	1	0	0,00%	1	100,00%	2	100,00%
Anenská x Kpt. Jaroše	4	1	0	0,00%	1	100,00%	4	100,00%	1	0	0,00%	1	100,00%	4	100,00%
Dašická x Štrossova	0	0	0	-	0	0,00%	0	0,00%	0	0	-	0	0,00%	0	0,00%
Teplého x Lexova	4	1	1	25,00%	0	0,00%	3	75,00%	2	2	50,00%	0	0,00%	2	50,00%
Celkové	10	2	1	8,33%	1	25,00%	9	68,75%	4	2	16,67%	2	50,00%	8	62,50%
Pick-up	Jasně podmínky viditelnosti														
	Ruční sčítání	BriefCam													
		Strict							Normal						
		Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání
Jahnova x Karla IV	2	1	0	0,00%	1	100,00%	2	100,00%	4	0	0,00%	4	100,00%	2	100,00%
Anenská x Kpt. Jaroše	5	1	0	0,00%	1	100,00%	5	100,00%	1	0	0,00%	1	100,00%	5	100,00%
Dašická x Štrossova	1	0	0	0,00%	0	0,00%	1	100,00%	0	0	0,00%	0	0,00%	1	100,00%
Teplého x Lexova	6	5	5	83,33%	0	0,00%	1	16,67%	6	6	100,00%	0	0,00%	0	0,00%
Celkové	14	7	5	20,83%	2	50,00%	9	79,17%	11	6	25,00%	5	50,00%	8	75,00%

Tabulka 40 Tabulka vyjadřující počet úspěšně detekovaných pick-upů včetně četností softwarových chyb

4.6.7 Nákladní automobily

Při pohledu na následující tabulku (Tabulka 41) lze říci, že za jasných podmínek viditelnosti, je na křižovatce Dašická x Štrossova výhodnější využití tolerance normal, která dosahuje stejné hodnoty chybovostí výsledků jako tolerance strict, avšak s vyšším počtem správně zaznamenaných objektů. U zbylých křižovatek jak za zhoršených, tak jasných podmínek viditelnosti je nutné si opět zvolit preferenci, zda je pro nás důležitější dosáhnout nižší chybovosti v kategorizaci vozidel, na úkor větší chybovosti v nezaznamenání anebo naopak.

Při detekci nákladních automobilů za snížených podmínek viditelnosti dosahuje software nízkých hodnot úspěšnosti zaznamenání, což potvrzuje průměrná hodnota úspěšnosti zachycení, která v průměru ze všech křižovatek v toleranci strict činí pouze 19,91 % se směrodatnou odchylkou 14,37 %. V toleranci normal bylo dosaženo hodnoty 39,75 % s odchylkou 19,68 %.

Za jasných podmínek viditelnosti je průměrná hodnota úspěšnosti vyšší, a to zhruba o 40 %, kdy v průměru ze všech sledovaných oblastí, bylo v toleranci strict zaznamenáno 60,09 % nákladních automobilů, se směrodatnou odchylkou 20,29 %. V toleranci normal je průměrná hodnota úspěšnosti zaznamenání u těchto objektů ze všech křižovatek rovna 73,36 % s odchylkou 18,49 %.

Nákladní automobily	Zhoršené podmínky viditelnosti														
	Ruční sčítání	BriefCam													
		Strict							Normal						
		Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání
Jahnova x Karla IV	23	7	2	8,70%	5	71,43%	21	91,30%	22	6	26,08%	16	72,73%	17	73,91%
Anenská x Kpt. Jaroše	18	9	8	44,45%	1	11,11%	10	55,56%	18	13	72,22%	5	27,78%	5	27,78%
Dašická x Štrossova	9	1	1	11,11%	0	0,00%	8	88,89%	3	2	22,22%	1	33,33%	7	77,77%
Teplého x Lexova	13	3	2	15,39%	1	33,33%	11	84,62%	8	5	38,46%	3	37,50%	8	61,54%
Celkové	63	20	13	19,91%	7	28,97%	50	80,09%	51	26	39,75%	25	42,84%	37	60,25%
Nákladní automobily	Jasně podmínky viditelnosti														
	Ruční sčítání	BriefCam													
		Strict							Normal						
		Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání	Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenání
Jahnova x Karla IV	16	10	10	62,50%	0	0,00%	6	37,50%	15	13	81,25%	2	13,33%	3	18,75%
Anenská x Kpt. Jaroše	11	7	6	54,54%	1	14,29%	5	45,45%	11	8	72,73%	3	27,27%	3	27,27%
Dašická x Štrossova	9	3	3	33,33%	0	0,00%	6	66,67%	4	4	44,44%	0	0,00%	5	55,56%
Teplého x Lexova	20	19	18	90,00%	1	5,26%	2	10,00%	21	19	95,00%	2	9,52%	1	5,00%
Celkové	56	39	37	60,09%	2	4,89%	19	39,91%	51	44	73,36%	7	12,53%	12	26,65%

Tabulka 41 Tabulka vyjadřující počet úspěšně detekovaných nákladních automobilů včetně četností softwarových chyb

4.6.8 Autobusy

Z níže uvedené tabulky (Tabulka 42) jednoznačně vyplývá, že za zhoršených podmínek viditelnosti, je na křižovatce Anenská x Kpt. Jaroše výhodnější využití tolerance strict, a to z důvodu menší chybovosti týkající se jak chyb v nezaznamenání, tak v případě v rozpoznání typu objektu oproti toleranci normal. V případě křižovatek Jahnova x Karla IV a Teplého x Lexova nelze jasně říci, jaký režim tolerance je zde vhodnější, ale na základě chybně kategorizovaných objektů, které v toleranci normal několikanásobně převyšovaly skutečné naměřené počty objektů, by bylo lepší využít toleranci strict, podmíněnou vyšším počtem nezaznamenaných objektů. Pro křižovatku Dašická x Štrossova je vhodné spíše použít tolerance strict.

Za jasných podmínek viditelnosti je patrné, že na křižovatkách Anenská x Kpt. Jaroše a Dašická x Štrossova jsou hodnoty počtu chyb softwaru stejné v obou případech tolerancí, avšak v toleranci normal byl zaznamenán vyšší počet správně zaznamenaných objektů a tím pádem je vhodnější využití tohoto režimu tolerance. Co se týče křižovatky Jahnova x Karla IV, tak i zde se lépe jeví využití tolerance normal, z hlediska vyššího počtu správně určených objektů, avšak na úkor vyššího počtu chyb při špatné kategorizaci objektu. Na křižovatce Teplého x Lexova je určení vhodnějšího režimu tolerance nejasné z toho důvodu, kdy se může zdát výhodnější použití tolerance normal, ale pouze za předpokladu, že bude přijata skutečnost, při které bude dosaženo vyššího počtu chybně kategorizovaných objektů, avšak s nulovým počtem nezaznamenaných objektů v porovnání s ručním sčítáním. V případě upřednostnění tolerance strict bude dosaženo menšího počtu správně určených objektů a tím pádem vyššího počtu nezaznamenaných objektů, avšak s nižším procentem chybovosti v rámci rozpoznání typu objektu.

Při softwarové detekci autobusů za zhoršených podmínek viditelnosti, bylo v průměru ze všech křižovatek v toleranci strict dosaženo 60,84 % úspěšnosti zaznamenání se směrodatnou odchylkou 24,48 %. V toleranci normal je průměrná hodnota úspěšnosti zaznamenání rovna 77,47 % s odchylkou 9,67 %.

Za jasného počasí bylo v toleranci strict dosaženo menší hodnoty průměrné úspěšnosti zaznamenaných autobusů ze všech křižovatek než za zhoršených viditelnostních podmínek, přičemž průměrná hodnota úspěšnosti dosahuje hodnoty 58,54 % se směrodatnou odchylkou 23,17 %. V toleranci normal je průměrná hodnota úspěšnosti zaznamenaných autobusů ze všech křižovatek rovna 75,55 % s odchylkou 21,08 %.

Autobusy	Zhoršené podmínky viditelnosti														
	Ruční sčítání	BriefCam													
		Strict							Normal						
		Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenaní	Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenaní
Jahnova x Karla IV	51	49	12	23,53%	37	75,51%	39	76,47%	158	31	60,78%	127	80,38%	20	39,22%
Anenská x Kpt. Jaroše	12	21	11	91,67%	10	47,62%	1	8,33%	66	10	83,33%	56	84,85%	2	16,67%
Dašická x Štrossova	25	21	15	60,00%	6	28,57%	10	40,00%	40	21	84,00%	19	47,50%	4	16,00%
Teplého x Lexova	22	100	15	68,18%	85	85,00%	7	31,82%	263	18	81,77%	245	93,16%	4	18,18%
Celkové	110	191	53	60,84%	138	59,18%	57	39,16%	527	80	77,47%	447	76,47%	30	22,52%
Autobusy	Jasně podmínky viditelnosti														
	Ruční sčítání	BriefCam													
		Strict							Normal						
		Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenaní	Celkem	Správně určené softwarem	Úspěšnost	Chybně rozpoznané softwarem	Chybovost v rozpoznání typu objektu	Nezaznamenané objekty softwarem	Chybovost v nezaznamenaní
Jahnova x Karla IV	43	22	22	51,16%	0	0,00%	21	48,84%	35	33	76,75%	2	5,71%	10	23,26%
Anenská x Kpt. Jaroše	18	12	12	66,67%	0	0,00%	6	33,33%	15	15	83,33%	0	0,00%	3	16,67%
Dašická x Štrossova	19	5	5	26,32%	0	0,00%	14	73,68%	8	8	42,11%	0	0,00%	11	57,89%
Teplého x Lexova	20	21	18	90,00%	3	14,29%	2	10,00%	24	20	100,00%	4	16,67%	0	0,00%
Celkové	100	60	57	58,54%	3	3,57%	43	41,46%	82	76	75,55%	6	5,60%	24	24,46%

Tabulka 42 Tabulka vyjadřující počet úspěšně detekovaných autobusů včetně četností softwarových chyb

4.7 Shrnutí úspěšností zaznamenání dle skladby dopravního proudu

Na základě vyhodnocení chybovostí softwaru u detekce objektů, rozdělených dle motorizace nebo v rámci samostatných objektů, byl mimo jiné hlavní parametr úspěšnost, jehož hodnoty jsou jako výsledný produkt této práce uvedeny v souhrnných tabulkách (Tabulka 43-44). Jednotlivé hodnoty, jež jsou v tabulce uvedeny, jsou zařazeny do kategorií úspěšností, které již byly definovány v předešlých kapitolách. Tyto tabulky tedy představují přehled o tom, jakých hodnot a kategorií úspěšností zaznamenání bylo dosaženo, při využití jednotlivých režimů tolerance softwaru v závislosti na podmínkách viditelnosti, sledované oblasti a kategorii sledovaného objektu.

Pro názornost a objektivnost hodnocení, jsou v tabulkách uvedeny i průměrné hodnoty úspěšnosti detekce v obou tolerancích, jenž buď zohledňují lokality jako celek, nebo jednotlivou sledovanou oblast se zohledněním detekce všech druhů objektů.

Úspěšnost detekce za zhoršených podmínek viditelnosti	Nemotorová doprava		Motorová doprava		Průměrná úspěšnost detekce všech objektů	
	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal
Jahnova x Karla IV	96,77%	114,98%	34,96%	61,95%	65,87%	88,46%
Anenská x Kpt. Jaroše	36,73%	61,22%	69,78%	100,12%	53,26%	80,67%
Dašická x Štrossova	85,94%	99,48%	38,46%	60,50%	62,20%	79,99%
Teplého x Lexova	84,91%	122,64%	40,40%	83,77%	62,65%	103,20%
Průměrná úspěšnost detekce objektů	76,09%	99,58%	45,90%	76,58%		
Úspěšnost detekce za jasných podmínek viditelnosti	Nemotorová doprava		Motorová doprava		Průměrná úspěšnost detekce všech objektů	
	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal
Jahnova x Karla IV	85,39%	98,65%	82,06%	99,08%	83,73%	98,87%
Anenská x Kpt. Jaroše	81,25%	93,75%	92,47%	100,13%	86,86%	96,94%
Dašická x Štrossova	80,11%	91,40%	75,80%	84,55%	77,95%	87,97%
Teplého x Lexova	75,29%	91,76%	97,71%	104,88%	86,50%	98,32%
Průměrná úspěšnost detekce objektů	80,51%	93,89%	87,01%	97,16%		

Tabulka 43 Znárodnění procentuální úspěšnosti softwarové detekce objektů rozdělených dle motorizace

Úspěšnost detekce za zhoršených podmínek viditelnosti	Chodci		Osobní automobily		Cyklisté		Motocykly		Dodávky		Pick-up		Nákladní automobily		Autobusy		Průměrná úspěšnost detekce všech objektů	
	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal
Jahnova x Karla IV	100,97%	117,15%	30,94%	44,03%	10,00%	55,00%	-	-	32,31%	53,85%	0,00%	0,00%	8,70%	26,08%	23,53%	60,78%	29,49%	50,99%
Anenská x Kpt. Jaroše	48,48%	66,67%	67,24%	91,81%	12,50%	43,75%	-	-	62,79%	74,42%	0,00%	0,00%	44,45%	72,22%	91,67%	83,33%	46,73%	61,74%
Dašická x Štrossova	93,41%	102,99%	35,28%	52,31%	32,00%	72,00%	-	-	30,56%	52,78%	-	-	11,11%	22,22%	60,00%	84,00%	43,73%	64,38%
Teplého x Lexova	93,75%	131,25%	27,76%	50,39%	0,00%	40,00%	-	-	35,56%	64,44%	25,00%	50,00%	15,39%	38,46%	68,18%	81,77%	37,95%	65,19%
Průměrná úspěšnost detekce objektů	84,15%	104,52%	40,31%	59,64%	13,63%	52,69%	-	-	40,30%	61,37%	8,33%	16,67%	19,91%	39,75%	60,84%	77,47%		
Úspěšnost detekce za jasných podmínek viditelnosti	Chodci		Osobní automobily		Cyklisté		Motocykly		Dodávky		Pick-up		Nákladní automobily		Autobusy		Průměrná úspěšnost detekce všech objektů	
	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal	Strict	Normal
Jahnova x Karla IV	88,84%	97,86%	82,68%	95,38%	25,00%	100,00%	0,00%	100,00%	64,15%	83,02%	0,00%	0,00%	62,50%	81,25%	51,16%	76,75%	53,48%	76,32%
Anenská x Kpt. Jaroše	76,47%	85,29%	91,56%	96,91%	92,86%	100,00%	100,00%	100,00%	78,43%	84,32%	0,00%	0,00%	54,54%	72,73%	66,67%	83,33%	65,79%	74,65%
Dašická x Štrossova	77,91%	84,05%	79,79%	86,41%	86,96%	100,00%	100,00%	100,00%	61,54%	76,92%	0,00%	0,00%	33,33%	44,44%	26,32%	42,11%	52,26%	61,99%
Teplého x Lexova	86,36%	96,97%	93,99%	99,47%	36,84%	63,15%	-	-	86,37%	88,64%	83,33%	100,00%	90,00%	95,00%	90,00%	100,00%	80,98%	91,89%
Průměrná úspěšnost detekce objektů	82,40%	91,04%	87,01%	94,54%	60,41%	90,79%	66,67%	100,00%	72,62%	83,22%	20,83%	25,00%	60,09%	73,36%	58,54%	75,55%		

Tabulka 44 Znárodnění procentuální úspěšnosti softwarové detekce jednotlivých sledovaných objektů

4.8 DISKUZE NAD VÝSLEDKY

Z důvodu vyšších hodnot chybovostí u jednotlivých druhů sledovaných objektů, se tyto objekty rozdělily pouze do dvou skupin dle motorizace, a to na nemotorovou a motorovou dopravu, které se vyhodnotily pouze z hlediska absolutních hodnot, bez rozlišování, zda tyto objekty byly správně kategorizovány. Tímto sloučením objektů se dosáhlo podstatně vyšších hodnot úspěšnosti detekce objektů. Za zhoršených podmínek viditelnosti dosáhneme v rámci tohoto hrubého rozdělení v průměru ze všech křižovatek minimální kategorii úspěšnosti, kterou je střední úspěšnost, a to konkrétně v případě motorové dopravy, oproti jasným podmínkám viditelnosti, kde dosáhneme v průměru ze všech křižovatek velmi vysokých úspěšností.

V případě detekce jednotlivých druhů objektů za zhoršených podmínek viditelnosti bylo průměrně ze všech sledovaných křižovatek alespoň z jednoho režimu tolerance softwaru dosaženo velmi vysoké úspěšnosti detekce pouze u chodců. Vysoké úspěšnosti bylo dosaženo při detekování autobusů a dodávek. Střední úspěšnost detekce připadá pro osobní automobily a cyklisty. Nízká úspěšnost byla dosažena při detekci nákladních automobilů a velmi nízká úspěšnost připadá pro vozidla typu pick-up. Naopak za jasných podmínek viditelnosti bylo průměrně ze všech sledovaných křižovatek alespoň z jednoho režimu tolerance výsledků softwaru dosaženo velmi vysoké úspěšnosti detekce u chodců, osobních automobilů, cyklistů, motocyklů a dodávek. Vysoké úspěšnosti bylo dosaženo při detekci nákladních automobilů a autobusů. Nízká úspěšnost detekce připadá pro pick-upy.

Z výsledků, které jsme získali pomocí softwaru, je tedy patrná velká variabilita vůči skutečným referenčním záznamům objektů. Každá lokalita, která byla sledována, byla z hlediska vhodnosti využití tolerancí softwaru velmi individuální. Pokud bude nutno pro účely DP rozdělit objekty do samostatných kategorií, je nutné, aby volba režimů tolerancí softwaru byla individuální z pohledu sledovaných křižovatek, a to zejména za zhoršených podmínek viditelnosti, kde se tato variabilita projevuje nejvíce oproti jasným podmínkám viditelnosti.

Příčiny vedoucí k chybám mohou být složeny z více faktorů, kterými jsou například viditelnostní podmínky, umístění kamery a s ním spojený úhel pozorování, či formát a kvalita pořízeného videozáznamu a v neposlední řadě také druh sledovaného objektu a vliv překážek v dané oblasti. Například při první analýze videozáznamu u detekce chodců a cyklistů, byl výrazný rozdíl mezi hodnotami z ručního sčítání a hodnot ze softwaru, což bylo způsobeno vlivem vícenásobného zaznamenání objektů, zejména chodců. Toto vícenásobné zaznamenání objektů nastávalo většinou v případě, kdy sledovaný objekt procházel za překážkou. Dalším

zásadním problémem bylo zjištění chybného rozlišování dodávkových automobilů softwarem, do kterých byly řazeny v mnoha případech i osobní automobily.

Ze získaných videozáznamů je velmi komplikované pro některé druhy objektů jednoznačně určit, který režim tolerance softwaru je vhodnější pro detekci využít. Ve většině případů dosahoval software menší chybovosti v rozpoznání typu objektu v toleranci strict, podmíněnou větší chybovostí v nezaznamenání daného objektu. Záleží tedy na účelu dopravního průzkumu, zdali bude kladen na důraz na detekování co nejpřesnějšího počtu vozidel jako celku anebo bude potřebné zjistit poměrnou skladbu dopravního proudu a na základě tohoto účelu lze přisoudit, která tolerance softwaru bude pro daný průzkum efektivnější. Pokud by došlo ke změně nastavení kamery vůči sledované oblasti z hlediska výšky, úhlu pozorování, přisvětlení, popřípadě doplněním novějším typem kamery s vyšší kvalitou videozáznamu, mohli bychom docílit přesnějších výsledků.

5 ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Tato bakalářská práce se sestává ze dvou částí, a to teoretické a praktické. V úvodu teoretické části je seznámení s oborem dopravního inženýrství a definování základních pojmů, jako je dopravní proud a dopravní průzkum. Převážná většina teoretické části však spočívá v rozboru jednotlivých typů systémů pro sběr DI dat, s rozdělením na detektory intrusivní a neinrusivní, kdy na konci každé podkapitoly je závěrečné porovnání možných výstupů z daného systému.

Z dosavadního poznání veškerých možných metod sběru DI dat, které jsou v současné době dostupné, je v městském prostředí Pardubic klíčovým prvkem pro získání těchto dat videodetekce. Ovšem je nutné podotknout, že se v tomto prostředí vyskytují i jiné systémy jako jsou indukční smyčky, které se jednak používají pro monitorování cyklistické dopravy, ale také pro detekci vozidel na křižovatkách, v rámci dynamického řízení SSZ. Poslední metodou uvedenou v této práci, je metoda sledování dopravy v klidu v rámci projektu Smart parking, kde je monitoring zajištěn pomocí magnetometrických detektorů umístěných v osách parkovacích stání.

Praktická část byla zaměřena na metodu sběru DI dat pomocí videodetekce s vyhodnocením spolehlivosti detekce objektů pomocí softwaru BriefCam. Důvod této volby spočíval na základě faktu, že v převážné většině případů se dopravní analýzy v Pardubicích provádí právě touto metodou s využitím výše zmíněného softwaru. Pro ověření schopnosti detekce objektů pomocí softwaru byly získány videozáznamy z ranních hodin, které odpovídaly zhoršeným podmínkám viditelnosti a z odpoledních hodin jakožto jasných podmínek viditelnosti. Po softwarovém vyhodnocení videozáznamů, byly tyto výsledky porovnány s ručním referenčním sčítáním provedeným na stejných videozáznamech a na základě tohoto porovnání, byly určeny chybovosti dat a jejich četnosti ve dvou režimech tolerance. Výsledkem bylo zjištění, že v porovnání ručním sčítáním se BriefCam dopouští dvou druhů chybovostí, a to jak z nezaznamenaných, tak ze špatně kategorizovaných objektů.

Na základě vyhodnocených výsledků softwarů, bylo provedeno subjektivní zhodnocení vhodnosti použití režimů tolerance, jenž bylo mnohdy individuální a prokázání vhodnosti tolerance je tedy velmi diskutabilní. Z tohoto důvodu, byl vytvořen jednotný systém hodnocení úspěšnosti, řazených do několika kategorií.

Metoda sběru DI dat v rámci ručního sčítání je vhodná pro krátkodobé průzkumy, kde podstatná nevýhoda spočívá v lidském faktoru. Z tohoto důvodu je pro dlouhodobější dopravní průzkumy výhodné využití videodetekčních systémů s následným softwarovým vyhodnocením. Zatímco ruční vyhodnocení pořízených videozáznamů trvalo desítky hodin, software stejné videozáznamy vyhodnotil ihned. Nesmírnou výhodou těchto softwarů pro vyhodnocení videozáznamů je tedy rychlé zpracování.

Na druhou stranu je softwarové vyhodnocení videozáznamu vysoce ovlivněno klimatickými podmínkami, což má za následek například chybné klasifikování automobilů do kategorií jako jsou čluny, vlaky či letadla anebo velmi malým procentem úspěšnosti zaznamenání sledovaných objektů. Dalším a velmi důležitým faktorem ovlivňující úspěšnost detekce spočívá v technických parametrech kamery a její konfiguraci vůči sledované oblasti.

Silné stránky softwaru BriefCam spočívají v rychlosti vyhodnocení videozáznamu, množství druhů objektů a jejich kategorie, možnosti třídění objektů podle směru, kterým se pohybují, rychlosti či barvy a mnoho dalších filtrů a různých nastavení, kterými BriefCam disponuje. V případě detekce chodců a cyklistů, zde bylo využito možnosti vymezení sledované oblasti, aby nedocházelo k vícenásobnému záznamu pěších vlivem překážek ve sledované lokalitě. Další výhodou je možnost vytvoření video synopse, která nám vyhodnocovaný hodinový videozáznam při průzkumu pěších a cyklistů zkrátila do 8 minut a 39 sekund.

Přínos této bakalářské práce spočívá v doporučeném přiřazení využití jednotlivých režimů tolerance softwaru, v závislosti na skladbě dopravního proudu, viditelnosti, popřípadě objektů řazených podle motorizace. V případě provádění dopravní analýzy ze stejných křižovatek jako byly zkoumány i v této práci, může být využito právě těchto výsledků a na základě vyhodnocených úspěšností, bude tedy patrné, jakých hodnot úspěšnosti můžeme v dané lokalitě a druhu sledovaného objektu dosáhnout. Takto získané výsledky pomocí softwaru, jakožto hodnoty krátkodobého průzkumu je možné podrobit určení odhadu RPDÍ.

Při provádění dopravního průzkumu touto metodou s využitím softwaru, je doporučeno využívat videozáznamy pořízených za jasných podmínek viditelnosti, kde se obecně dosahuje vyšší úspěšnosti zaznamenání. Nutno brát v potaz, že tyto výsledky vycházejí pouze z vyhodnocení dvou videozáznamů pro rozdílné podmínky viditelnosti, a to z různých datumů měření připadající na jednu kameru. Z tohoto důvodu by bylo vhodné provést analýzu videozáznamů po sobě následujících dnů, a to za stejných podmínek, které by se mohly podrobit statistickému šetření.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SLABÝ, Petr, Michal UHLÍK a Tomáš HAVLÍČEK. *Dopravní inženýrství I. 2.*, přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04856-6.
- [2] KOČÁRKOVÁ, Dagmar. *Základy dopravního inženýrství*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-010-3022-9.
- [3] JIRAVA, Petr a Petr SLABÝ. *Dopravní inženýrství*. Praha: České vysoké učení technické, 1990. ISBN 80-01-00213-6.
- [4] HOLLAREK, Tomáš, Alica KALAŠOVÁ a Jela KUŠNIEROVÁ. *Dopravné inžinierstvo: Návod na cvičenia*. Žilina: Vysoká škola dopravy a spojov, 1994. ISBN 80-7100-195-3.
- [5] KŘIVDA, Vladislav. *Základy organizace a řízení silniční dopravy*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1253-3.
- [6] *TP 189-STANOVENÍ INTENZIT DOPRAVY NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH* [online]. 2018 [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_189_2018_final.pdf
- [7] VARS BRNO A.S. *Sčítání dopravy 2020*. Dostupné také z: <https://www.vars.cz/scitani-dopravy-2020>
- [8] VOKÁČ, Martin. *Nuda k uzoufání. Vyzkoušeli jsme si, jaké je to být sčítačem dopravy* [online]. 2016 [cit. 2021-10-20]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/jihlava/zpravy/scitani-dopravy-v-havlickove-brode.A160415_131948_jihlava-zpravy_mv
- [9] PEŠOUTOVÁ, Tereza. *Probíhá sčítání dopravy. Místo čárek na papír pomáhá brigádníkům mobilní aplikace* [online]. 2020 [cit. 2021-10-20]. Dostupné z: <https://vysocina.rozhlas.cz/probiha-scitani-dopravy-misto-carek-na-papir-pomaha-brigadnikum-mobilni-aplikace-8263644#volume>
- [10] *Systémy pro silniční dopravu: Dopravní detektory* [online]. AŽD Praha s.r.o. [cit. 2021-09-23]. Dostupné z: https://www.azd.cz/backend_bootstrap.php?netwings_query_key=/storage/get/175-
- [11] PŘIBYL, Ondřej. *Detektory zasahující do vozovky, úvod do detekce* [online]. Ústav aplikované matematiky ČVUT v Praze, Fakulta dopravní [cit. 2021-09-29]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/108072633-Detektory-zasahujici-do-vozovky-uvod-do-detekce.html>
- [12] *Traffic Data Monitoring Palmerston NT - Establishment of Traffic Stations: Technologies* [online]. In: . [cit. 2021-10-04]. Dostupné z: <https://www.tams.net.au/technology.aspx>

- [13] *Earth's magnetic field distortion caused by a moving vehicle* [online]. In: . 2014 [cit. 2021-10-06]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Earths-magnetic-field-distortion-caused-by-a-moving-vehicle-Rys-1-Zaburzenie-pola_fig1_287944531
- [14] HOLUB, Jan. *Využití optovláknové technologie a senzorů v dopravě a městech*. Praha, 2019. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Ing. Ladislav Šásek, CSc.
- [15] *Vehicle Traffic Counter SR4* [online]. [cit. 2021-10-22]. Dostupné z: <https://www.sierzega.com/Portals/0/Hotcakes/Data/products/fbbac524-1ab9-42ca-b199-21e8b16b15af/additional/a408480b-08b5-46fb-9a0f-1b0dc79cc283/medium/verkehrszaehlgeraet-sierzega-sr4-fahrzeugzaehlung.jpg>
- [16] PŘIBYL, Ondřej. *Neintrusivní dopravní detektory* [online]. Ústav aplikované matematiky ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2016 [cit. 2021-10-11]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/142984536-Neintrusivni-dopravni-detektory.html>
- [17] *Kapitola III. ITS (Inteligentní Dopravní Systémy) (ČÁST 2): Videodetekce* [online]. Fakulta strojní, VŠB-TU Ostrava, 2009 [cit. 2021-09-24]. Dostupné z: <http://projekt150.ha-vel.cz/node/93>
- [18] *Autonomous AI-based traffic surveillance system offers +98% accuracy* [online]. 2020 [cit. 2021-09-24]. Dostupné z: <https://www.traffictechanologytoday.com/news/machine-vision-alpr/autonomous-ai-based-traffic-surveillance-system-offers-98-accuracy.html#prettyPhoto>
- [19] *Dopravní chování v datech: Inovativní metody rychlého získávání víceúčelových dopravních dat z kamerových záznamů* [online]. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2018 [cit. 2021-09-27]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/file/sbornik-konference-dopravni-chovani-v-datech/>
- [20] PTÁČEK, Martin. *ORGANIZACE SČÍTÁNÍ CYKLISTŮ V PARDUBICÍCH* [online]. [cit. 2021-09-27]. Dostupné z: https://www.scitace.cz/Scitace/media/PDF/05_Ptacek_Pardubice_Organizace-scitani-cyklistu-v-Pardubicich.pdf
- [21] PŘIBYL, Pavel a Radim MACH. *Řídicí systémy silniční dopravy*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-010-2811-9.
- [22] *Office of Highway Policy Information: A Summary of Vehicle Detection and Surveillance Technologies use in Intelligent Transportation Systems* [online]. In: . [cit. 2021-10-08]. Dostupné z: <https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/pubs/vdstits2007/05pt2.cfm>
- [23] *Traffic Control Systems Handbook: Chapter 6. Detectors* [online]. 2017 [cit. 2021-10-11]. Dostupné z: https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop06006/chapter_6.htm
- [24] KVAŠ, Petr, náměstek primátora [ústní sdělení]. *Smart parking*. Pardubice, 2022.

- [25] *Mapy.cz* [online]. *Mapy.cz* [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.7678686&y=50.0344208&z=15&q=pardubice&source=muni&id=1258>
- [26] KVAŠ, Petr. *Ukázka z aplikace Smart city center*. Pardubice, 2022.
- [27] *MĚSTSKÝ KAMEROVÝ SYSTÉM V PARDUBICÍCH* [online]. In: . [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://mapy.pardubice.eu/MyCity/kamery>
- [28] PTÁČEK, Martin. *Městský kamerový systém: Mapa s rozmištěním 14 kamer s funkcí automatického načítání registrační značky*. Pardubice.
- [29] JIRSA, Vojtěch, Luboš KALA a Ondřej NEJEDLÝ. *Sledování intenzit cyklistické dopravy v Pardubicích* [online]. 2015 [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://www.scitace.cz/Scitace/files/f0/f0d6b5a3-28e8-4de0-b3e6-119ff4efe7f1.pdf>
- [30] *TP 219 DOPRAVNĚ INŽENÝRSKÁ DATA PRO KVANTIFIKACI VLIVŮ AUTOMOBILOVÉ DOPRAVY NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ* [online]. Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací, 2019 [cit. 2022-02-08]. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_219_2019.pdf

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Fotodokumentace indukčních smyček monitorujících cyklisty	114
Příloha B – Fotodokumentace umístění kamer, ze kterých byly pořízeny videozáznamy	119
Příloha C – Ukázka softwaru BriefCam	121

Příloha A – Fotodokumentace indukčních smyček monitorujících cyklisty



Obrázek A1 Indukční smyčka u mostu Pavla Wonky



Obrázek A2 Indukční smyčka na cyklostezce Kpt. Bartoše



Obrázek A3 Indukční smyčka v ulici Mezi Mosty



Obrázek A3 Indukční smyčka v ulici Mezi Mosty



Obrázek A4 Indukční smyčka v ulici Husova



Obrázek A5 Indukční smyčka na Prokopově mostu



Obrázek A6 Indukční smyčka v ulici U Maťáku



Obrázek A7 Indukční smyčka u zdymadla



Obrázek A8 Indukční smyčka na Labské stezce

Příloha B – Fotodokumentace umístění kamer, ze kterých byly pořízeny videozáznamy



Obrázek B1 Umístění kamery č.8 na křižovatce Jahnova x Karla IV



Obrázek B2 Umístění kamery č.45 v ulici Anenská

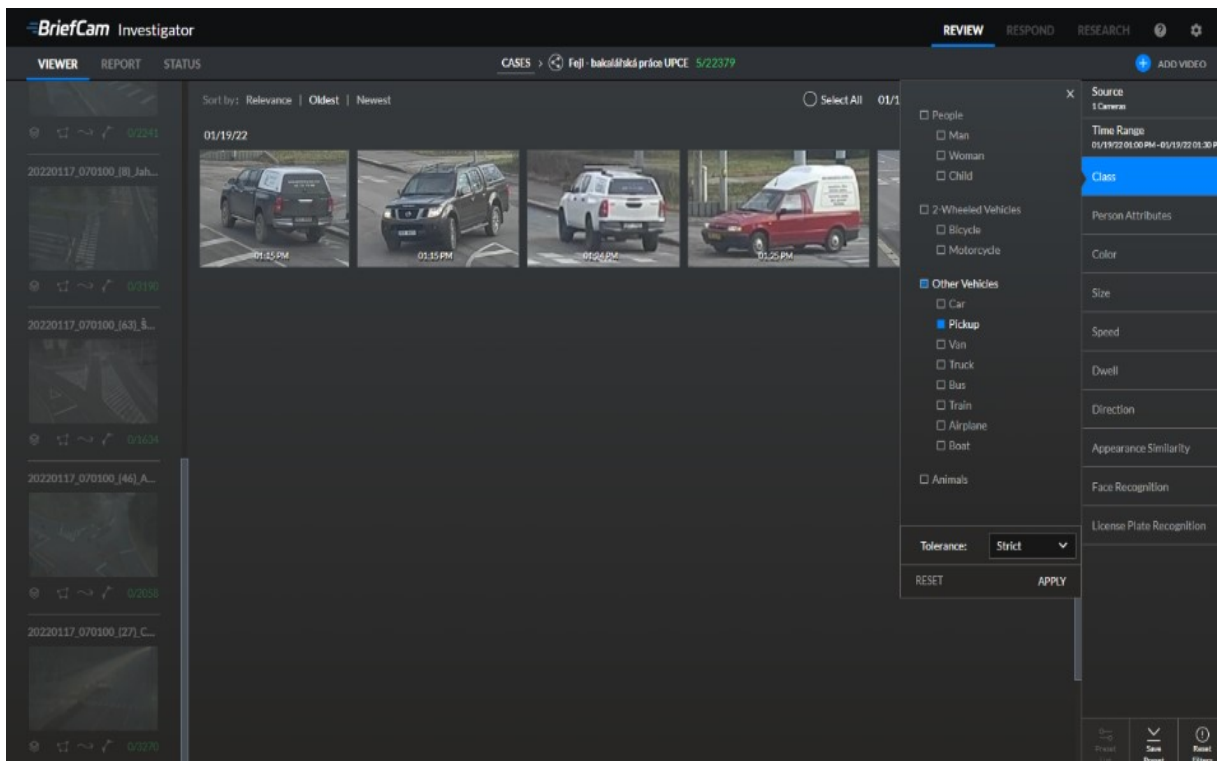


Obrázek B3 Umístění kamery č.63 v ulici Štrossova

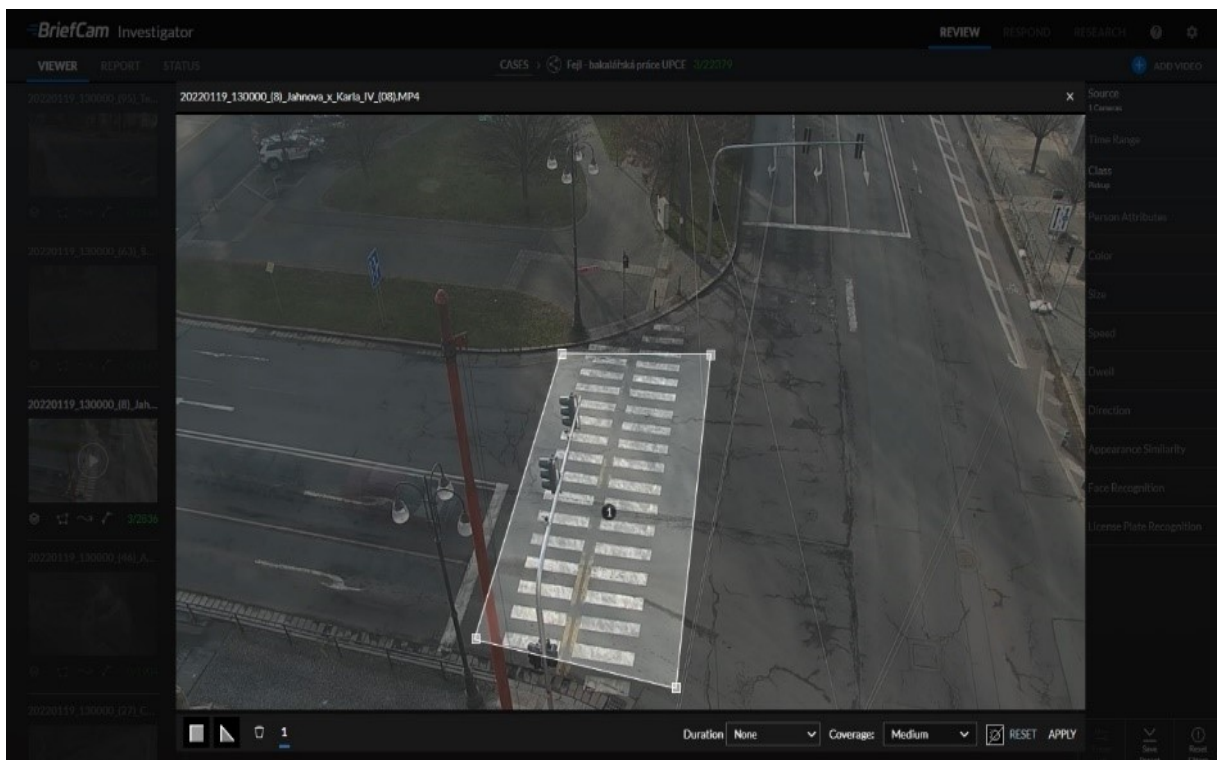


Obrázek B4 Umístění kamery č.95 v ulici Teplého

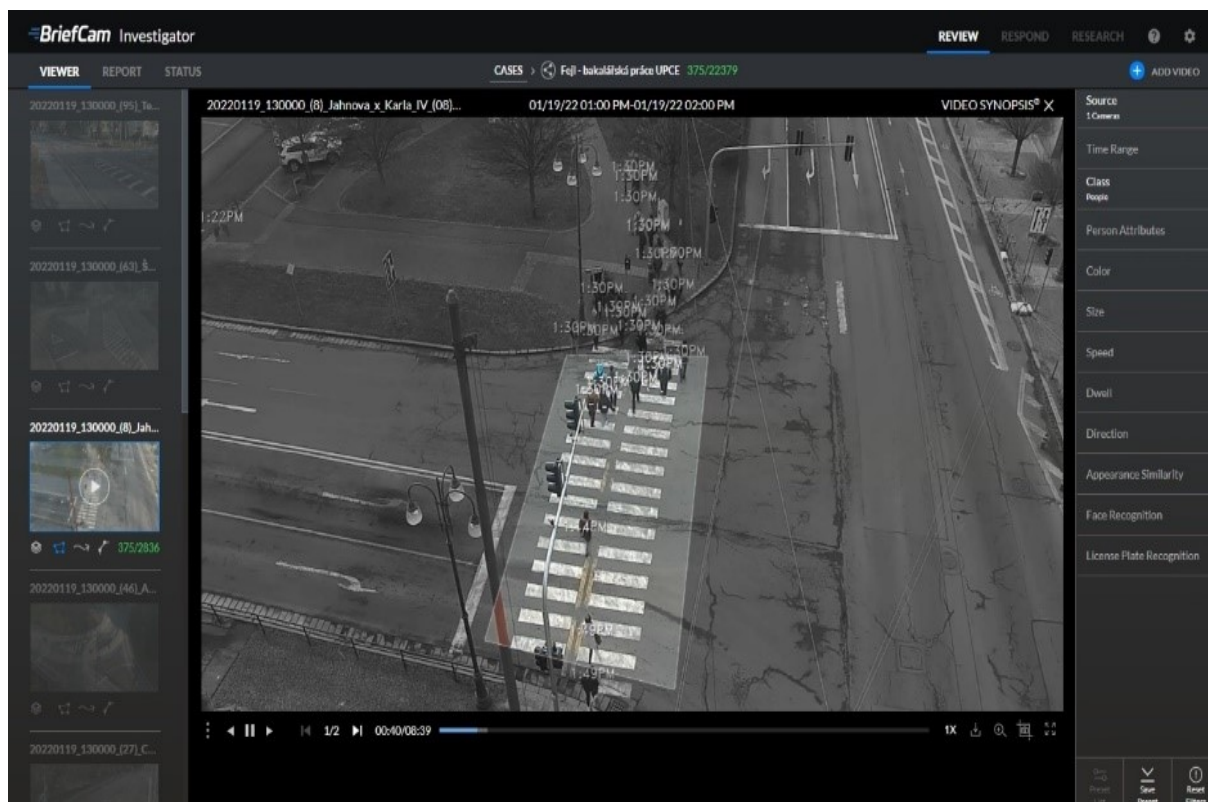
Příloha C – Ukázka softwaru BriefCam



Obrázek C1 Ukázka výsledků softwarem detekovaných pick-upů na křižovatce Teplého x Lexova



Obrázek C2 Ukázka vymezení detekovaného prostoru v softwaru na křižovatce Jahnova x Karla IV



Obrázek C3 Ukázka z vytvořené video synopsis