



## **Metodika automatizovaného vyhodnocování agresivního chování**

Evidenční č. projektu: **TA02031465**  
Název projektu: **Automatické sledování agresivních  
a nebezpečných řidičů motorových vozidel**

Zpracovatel: **ČVUT v Praze, Fakulta dopravní  
SPEL a.s.**

Počet stran: **28**

Datum vydání: **4. 12. 2014**

Autoři: **doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.**  
**Ing. Stanislav Novotný, Ph.D.**  
**Ing. Dmitry Rozhdestvenskiy**  
**Jan Válek**  
**Ing. Jana Kadlecová, Ph.D.**  
**Ing. Petr Svoboda, Ph.D.**  
**Ing. Matěj Černý**

Oponenti: **Dr. Ing. Jiří Došek**, vedoucí Akademie  
dopravního vzdělávání ve společnosti *DEKRA  
CZ, a.s.*

**Ing. Libor Topol**, soudní znalec jmenovaný  
krajským soudem v r. 2005 v oboru silniční  
doprava se specializací na analýzu silničních  
nehod, zaměstnanec *ŘSD ČR*, technicko-správní  
úsek silnice I. tř. a rychlostní komunikace okr.  
Benešov

**prof. Ing. Václav Matoušek, CSc.**, zástupce  
vedoucího katedry informatiky a výpočetní  
techniky, Fakulta aplikovaných věd,  
Západočeská univerzita v Plzni, vedoucí  
Oddělení inteligentních metod zpracování dat

## **Anotace**

Předmětem tohoto dokumentu je stanovení metodiky pro automatizované určení agresivních, nebezpečných a ofenzivních znaků chování řidičů. Základem pro vytvoření metodiky je popis projevů nevhodného chování řidičů a jejich principy a popis technologických vlastností sledovacích systémů. Metodika vznikla v rámci projektu vědy a výzkumu „Automatické sledování agresivních a nebezpečných řidičů motorových vozidel“ (TA02031465), který je realizovaný v rámci programu Alfa Technologické agentury ČR.

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>4</b>
1.1	<i>Cíle metodiky</i> .....	4
<b>2</b>	<b>Vlastní popis metodiky</b> .....	<b>5</b>
2.1	<i>Rozhraní metodiky a popis řešené problematiky</i> .....	5
2.1.1	Vstupy do metodiky .....	5
2.1.2	Výstupy metodiky.....	5
2.1.3	Popis projevů nevhodného chování .....	5
2.1.4	Popis využitelných technologií.....	8
2.1.5	Požadavky na stávající technologie a systémy .....	8
2.2	<i>Postup automatizovaného vyhodnocování nevhodného chování</i> .....	12
2.2.1	Sledování informací o jízdě vozidel za pomoci vozidlových jednotek.....	13
2.2.2	Sledování trajektorie vozidel pomocí videodetekce .....	16
2.2.3	Identifikace vozidel pomocí rozpoznání RZ/SPZ.....	18
<b>3</b>	<b>Srovnání novosti postupů</b> .....	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>Popis uplatnění certifikované metodiky</b> .....	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>Ekonomické aspekty</b> .....	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Seznam literatury</b> .....	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>Seznam publikací předcházející metodice</b> .....	<b>28</b>

## 1 Úvod

Nevhodné chování řidičů je takovým druhem chování, které negativně působí na ostatní řidiče i na celkové parametry dopravního proudu a které je způsobeno osobním rozhodnutím řidičů se tak chovat. Rozhodování řidičů závisí na celé škále příčin, které jsou z velké části tvořeny osobnostními kvalitami řidičů a jejich schopnostmi. Na rozhodování řidičů působí také řada dalších vlivů různého charakteru.

Velmi často se hovoří o agresivním chování řidičů. Pro potřeby detailnějšího popisu je však nutné toto pojmenování více zobecnit. Za vhodnější termíny lze považovat „nevhodné projevy chování řidičů“ či stručněji „nevhodné chování“. Tento termín totiž postihuje základní typy chování řidičů podle jejich motivů včetně chovní agresivního.

Nevhodné chování řidičů podle své závažnosti snižuje komfort jízdy, omezuje či přímo ohrožuje ostatní účastníky provozu. Kromě toho může vést k různě závažným problematickým dopravním situacím, které by bez adekvátní reakce vedly až ke vzniku skutečného konfliktu – dopravní nehodě.

Tento materiál popisuje metodiku pro automatizované určení agresivních, nebezpečných a ofenzivních znaků chování řidičů na základě studie projevů takového chování. Dokument je jedním z výsledků projektu vědy a výzkumu „TA02031465 – Automatické sledování agresivních a nebezpečných řidičů motorových vozidel“, realizovaného v rámci programu Alfa Technologické agentury ČR.

### 1.1 Cíle metodiky

Cílem metodiky je návrh a formulace principů jednotlivých částí expertního systému, který na základě lokální dopravní situace v kombinaci se statickými a aktuálními daty o sledovaných místech a důležitých informacích od jednotlivých účastníků provozu je schopen vyhodnotit a určit agresivní, nebezpečné či ofenzivní znaky chování řidičů. Tato metodika navazuje na certifikovanou metodiku „Architektura sledovacího systému“ z roku 2013, jejímž cílem bylo určení architektury, parametrů a obecných požadavků na systém sledování a měření, jenž je schopen dodávat relevantní data pro navrhovaný expertní systém.

Stěžejní náplní této metodiky je způsob automatizovaného vyhodnocování nevhodného chování za využití současných technologií sledovacích a měřicích systémů, které obecně umožňují měřit různé dopravní i další parametry.

## 2 Vlastní popis metodiky

### 2.1 Rozhraní metodiky a popis řešené problematiky

Aby tato metodika mohla být využita, je potřeba popsat problematiku nevhodných projevů chování řidičů, používanou terminologii a také definovat základní vstupy a výstupy, se kterými metodika pracuje.

#### 2.1.1 Vstupy do metodiky

Metodika využívá následující vstupy:

- Seznam nevhodných projevů chování řidičů
- Seznam požadavků na použité technologie
- Seznam technologií použitelných pro sledování určitých projevů chování řidičů.

#### 2.1.2 Výstupy metodiky

Metodika předpokládá následující výstup:

- Algoritmy a postupy pro automatizované vyhodnocování nevhodného chování řidičů za použití vybraných stávajících technologií

#### 2.1.3 Popis projevů nevhodného chování

Jednotlivé typy nevhodného chování mají odlišné projevy, ale v důsledcích a závažnosti mohou být v určitých situacích velmi podobné či shodné.

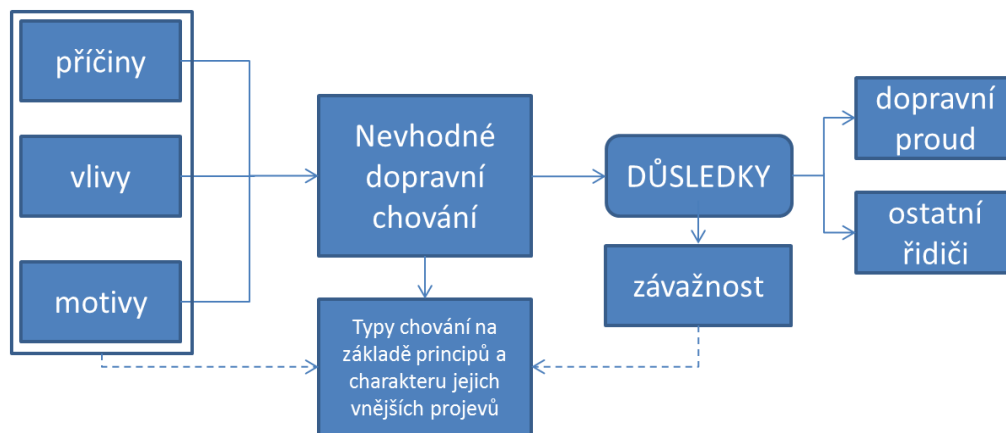
Obecné typy nevhodného chování:

- **ustrašené jednání** – jednání nezkušených či nejistých řidičů (případně i zkušených řidičů) v situacích, které převyšují jejich zkušenosti a znalosti. Ustrašené chování je nebezpečné z důvodů často nepředvídatelných a zbrklých reakcí.
- **riskantní chování** – jízda bez ohledů na bezpečnost vlastní i ostatních řidičů. Ve většině případů jde o přeceňování řidičských schopností a zkušeností, často motivované předváděním se před spolujezdcí, kolemjdoucími i před sebou samým. K riskantnímu chování mají tendenci především mladší řidiči (ale nejenom oni).
- **netolerantní jednání** – jde o často o další pomyslný stupeň riskantního chování, při kterém řidič snižuje ohled na ostatní řidiče, případně jej přestane brát vůbec. Určité

osoby, především egocentrické, mají k takovému chování přirozený sklon. Řada různých vlivů či jejich kombinací může k takovému chování řidiče snadno dovést.

- **agresivní jednání** – jde o nebezpečné chování, kterým řidiči dosahují svých cílů na úkor ostatních řidičů, které dokonce přímo svým chováním ohrožují. Případné důsledky takového chování jsou velmi závažné.

Schéma na obrázku 1 popisuje příčiny, motivy a typické důsledky nevhodného chování řidičů. Detailní popis konkrétních projevů nevhodného chování řidičů je základním a nejdůležitějším krokem při stanovení požadavků na sledovací a měřicí systémy a jejich architekturu.



Obrázek 1: Schéma popisu projevů nevhodného chování řidičů

V rámci realizace metodiky jsou definována a popsána řada nevhodných projevů chování řidičů. Nejedná se o konečný seznam tohoto chování, protože při jeho sestavení velmi záleží na cílech, které popisem sledujeme. Některé uvedené chování tak lze například dále více specifikovat, či lze rozlišovat různé varianty. Následující seznam uvádí ty základní typy chování, které jsou pro další řešení této problematiky dostačující.

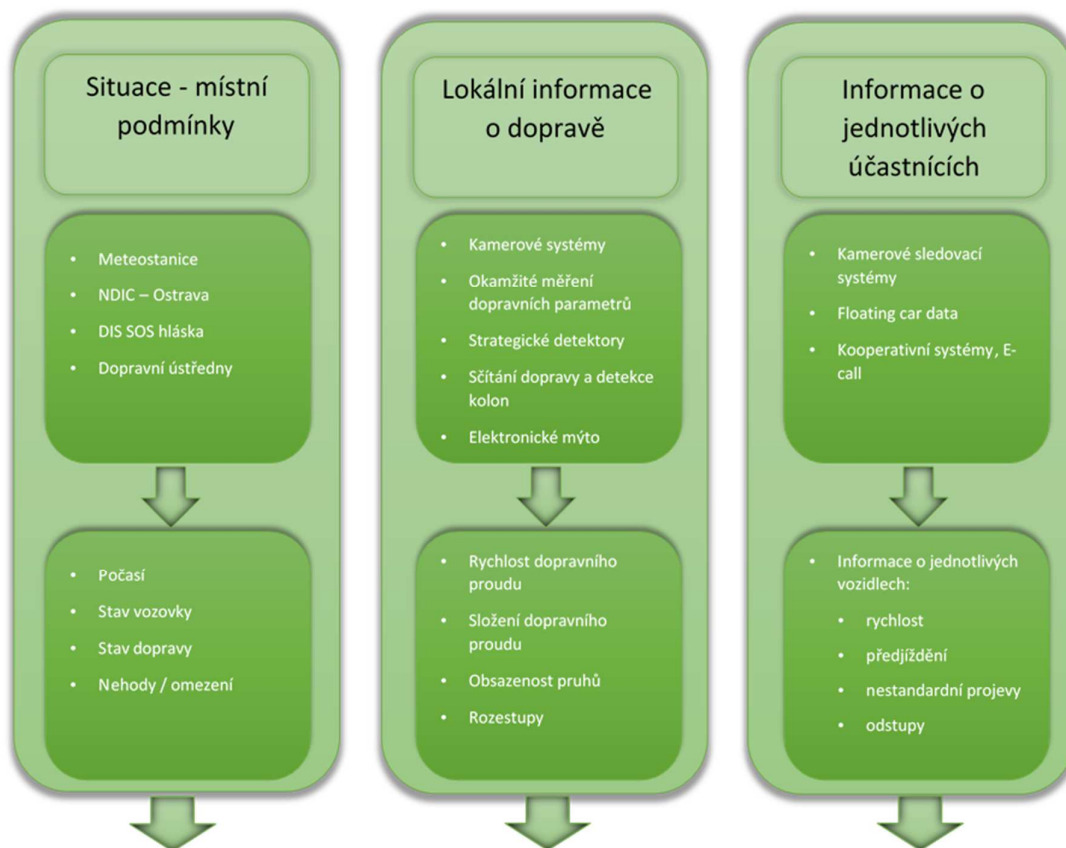
#### Seznam nevhodných projevů chování řidičů:

- projevy řidiče
  - nerozsvícená potkávací světla
  - netlumení dálkových světel
  - špatné využití mlhových světel
  - špatné využití směrovek
  - vytváření hluku či kouře
  - akustické signály
  - světelné signály
  - pokřikování či gesta

- fyzický útok
  - jiné aktivity během jízdy
- doprava v klidu
  - parkování ve druhé či třetí řadě vozidel
  - zastavení nebo stání omezující provoz
- jízda v jízdním pruhu
  - nedodržení bezpečné vzdálenosti
  - příliš pomalá jízda
  - bezdůvodné brzdění před jiným vozidlem
  - brzdění provozu v rychlém pruhu
  - výrazné překročení bezpečné rychlosti
  - nerespektování jízdního pruhu
  - jízda pouze v rychlém (či prostředním) pruhu
  - jízda po tramvajovém pásu
- jízda křižovatkou
  - bezohledný vjezd do křižovatky
  - nedání přednosti v jízdě
  - jízda na červenou
  - vjíždění do zablokované křižovatky
  - otáčení v křižovatce
  - nerespektování řadících pruhů
- předjíždění
  - předjíždění v nepřehledném úseku
  - předjíždění kolony vozidel
  - předjíždění v rámci kolony
  - předjíždění zprava
- přejezd mezi jízdními pruhy
  - náhlá změna směru jízdy
  - klíčkování mezi auty ve více pruzích
  - nevyužití odbočovacího pruhu
  - blokování průjezdu ve vedlejším pruhu
  - nerespektování principu zipu
- další
  - neopatrné a bezohledné řízení
  - agresivní způsob jízdy
  - závodění v provozu
  - unikání před policií
  - poškozování vozovky a zařízení
  - poškozování vozidel
  - nedání přednosti chodcům na přechodu

## 2.1.4 Popis využitelných technologií

Využitelné systémy můžeme rozdělit do třech skupin, které neodpovídají jejich typickému umístění, ale typu informací, které přináší o dopravní situaci. V první skupině jsou systémy, které poskytují informace o globální situaci na komunikaci, ve druhé skupině systémy popisující lokální dopravní situaci a ve třetí skupině systémy, které popisují chování jednotlivých vozidel. Tyto tři skupiny jsou včetně typicky měřených parametrů uvedeny na následujícím obrázku (Obrázek 2).



Obrázek 2: Skupiny technologií pro sledování a popis dopravní situace

## 2.1.5 Požadavky na stávající technologie a systémy

Požadavky definované pro stávající, testované či teprve vyvíjené systémy a technologie obsahují především popis vlastností systémů, které by výrazně přispěly k automatizovanému sledování charakteru chování řidičů. Pomocí těchto požadavků jsou v podstatě definovány parametry nových systémů a technologií, které jsou pro rozpoznání povahy chování nezbytné.



### **Sledované parametry na stávajících systémech a technologiích:**

- sledování trajektorie vozidel - využití videodetekčního systému
- identifikace vozidel v rámci sledovaného úseku či v oblasti – rozpoznání RZ/SPZ
- sledování dalších informací o jízdě konkrétních vozidel – využití vozidlových jednotek

#### **2.1.5.1 Videodetekční systém**

Na vybraných portálech dopravního značení (cca po 500m) umístit kamery co nejbližše ose dálnice, ve výšce cca 8–10m. Je vhodné využít barevné kamery s přepínáním den/noc, v povětrnostním krytu s clonou proti oslnění, s temperováním, s videodetekcí sloužící pro sledování dopravního proudu a dopravních kongescí a popř. doplněné dalšími funkcemi podle požadovaného programového vybavení. Kamery by měly být vybaveny převodníkem A/D a převodníkem na optiku. Předpokládá se přenos po Eternetu s přidělenou IP adresou.

Kamery je možné rozdělit na kamery fixní a otočné s funkcí přiblížení.

**Fixní kamery** - pro kamerové systémy s detekcí (např. detekce nehod, detekce skladby a počtu vozidel, apod.) jsou preferovány fixní kamery. Proces zpracování obrazu je velice náročný na kvalitu snímaného obrazu, proto je nutné mít dostatečně kvalitní kamery. Funkce systému je založena na počítačovém zpracování obrazu snímaného kamerami. Použité digitální kamery musí mít velké rozlišení. Díky vysokému rozlišení je kamera schopna detekovat vozidlo v celé šíři jízdního pruhu. Snímky vozidel se dále zpracovávají ve výpočetní jednotce - rozpoznání tvaru vozidla, sledování pohybu na vozovce, čtení registrační značky, apod. Výsledkem zpracování je přesná informace o situaci na vozovce.

**Otočné kamery** - operátor může otočnou kamerou sledovat dopravu a silniční infrastrukturu z různých poloh kamery a s využitím přiblížení. Otočné kamery je možné také využít pro detekci, je ale potřeba, aby detekční jednotka uměla ukládat vícečetné konfigurace pro různé polohy kamery.

**Optimální umístění kamery** závisí na požadovaném využití dohled nebo detekce. Obvykle bývá kamera umístěna v nejvyšší možné poloze nad středem detekční zóny (např. na portále nebo na stropě tunelu). Pokud to není možné, umísťuje se do blízkosti nejrychlejšího pruhu, aby se zamezilo maskování ostatních vozidel nákladními auty jedoucími v pomalém pruhu. Je žádoucí montovat kamery na stabilní konstrukci z důvodu omezení vlivu vibrací na kvalitu obrazu.

**Zorné pole** závisí na výšce a objektivu kamery. Detekční pásmo pro stojící vozidla je zpravidla:

- 350 m až 750 m na tělese dálnice
- 20x výška umístění kamery uvnitř tunelu

V obrazu kamery by neměl být vidět horizont a musí se zabránit dopadu slunečních paprsků do čočky kamery. Kamery s velkým vertikálním sklonem poskytují jasnější rozlišení za sebou jedoucích vozidel.

Standardní videodetekční systémy jsou schopny detekce následujících stavů:

- počet vozidel
- rychlost
- hustota
- klasifikace
- průjezdový čas
- interval průjezdu

### **2.1.5.2 Systém rozpoznání RZ/SPZ**

Schopnost rozpoznání registračních značek (RZ) a státních poznávacích značek (SPZ) je důležitá pro identifikaci vozidel v rámci úsekového sledování. Cílem tohoto rozpoznání není pouze snaha o identifikaci konkrétního vozu či řidiče, který se nechová vhodným způsobem, ale i možnost kvalitnějšího vyhodnocení nevhodného chování. Teprve na základě informace o tom, zda je zvýšená míra nevhodného chování řidičů v daném úseku způsobena pouze jedním nebo řadou vozidel, je možné usuzovat na závažnost celé situace. V rámci možnosti rozpoznávání značek vozidel je vždy nutné řešit související legislativní otázky. RZ/SPZ totiž může být za určitých okolností považována za osobní údaj a její zpracování může narážet na související omezení. Využívané systémy tak musí mít tuto problematiku vyřešenou.

Pro automatizované rozpoznávání registračních značek (RZ) a státních poznávacích značek (SPZ) vozidel je nutná integrace takové funkce do sledovacího kamerového systému. Systém musí rozpoznat značky zaznamenané kamerami systému a také musí umět přečíst poznávací značky všech zahraničních vozidel pohybujících se na všech silničních komunikacích v ČR.

Systém automaticky detekuje vozidlo opatřené RZ či SPZ v zorném poli detailové kamery a následně RZ/SPZ přeloží do datového formátu (OCR). Tyto procesy probíhají v reálném čase a výsledná rozpoznaná značka musí být k dispozici bezprostředně po detekci vozidla (max. do

1 sekundy). Systém musí být schopen rozpoznat SPZ/RZ minimálně všech států EU a úspěšnost takového automatického rozpoznání musí být minimálně 90% (za předpokladu, že je RZ čistá a čitelná a kamera je čistá).

Kamery detekčního systému neustále sledují měřená místa. Instaluje se vždy jedna kamera na jeden jízdní pruh. Kamera musí umožňovat noční vidění, kdy za pomoci speciálních infračervených reflektorů pořizuje ostré snímky jedoucích vozidel za tmy a zhoršených světelných podmínek. IR přísvit musí mít takovou intenzitu, aby byly RZ/SPZ rozpoznatelné systémem i za tmy a zhoršených světelných podmínek.

### **2.1.5.3 Technologie vozidlových jednotek**

Technologie vozidlových jednotek je založena na poskytování informací z vozidla o jeho chování do systému, který tato data dále z globálního pohledu zpracovává, tzv. FCD (floating car data). Vozidlo vybavené palubní jednotkou v pravidelných intervalech odesílá anonymní informaci o své poloze, aktuální rychlosti případně dalších stavech (například zapnutý či vypnutý motor). Na základě těchto dat lze vyhodnocovat aktuální stav dopravy, tedy hodnotit hustotu a rychlost dopravního proudu v dané lokalitě. Kvalita tohoto hodnocení závisí především na podílu vozidel, která jsou vybavena palubní jednotkou. Pro dostatečnou kvalitu stačí, když je tento podíl cca 5% ze všech vozidel. Řada aplikací již v dnešní době tato data z plovoucích vozidel využívá a například na jejich základě zobrazuje aktuální dopravní zatížení určitých úseků.

Možnost popisu chování konkrétního vozidla se provádí buďto jeho sledováním s využitím videodetekce, nebo na základě dat, která poskytne samo vozidlo. Tyto informace mohou být doplněny o záznamy s řady dalších senzorů a zařízení vozidla, jako je např. akcelerace, frekvence a intenzita brzdění, pohyb volantu. Tato data nesou kromě jiného informaci o náhlých zásazích řidiče do řízení, které jsou většinou nezbytnou reakcí na nastalou dopravní situaci (např. náhle vjetí jiného vozidla do jízdního pruhu, prudké brzdění před jedoucím vozidlem apod.).

Současná praxe ukazuje, že podobné systémy vozidlových jednotek dokážou velmi věrohodně detekovat nebezpečné události a reakce řidičů. Přeneseně pak dokážou vyhodnocovat i chování řidičů. Pro předávání informací z vozidla nad rámec FCD je nutnou podmínkou dobré technologické i legislativní zajištění ochrany osobních dat, aby měl takový systém šanci na větší rozšíření mezi řidiči. Vozidla vybavená příslušnou palubní jednotkou automaticky poskytují data o svém chování. Zároveň by mohla být včas informována o zásadním snížení

míry bezpečnosti v situaci a místě, kde se právě nachází. V budoucnu je možné počítat s vyšším využitím chytrých telefonů komunikujících s palubním počítačem či přímo s technologiemi, které budou vybavením vozidel. Do té doby je možné pracovat s daty z jiných zařízení, jako jsou například různá zařízení připojitelná na sběrnici vozidla či například řidičské videokamery.

V současné době jsou již k dispozici kamery, tzv. černé skříňky, poskytující komplexní záznam celé řady parametrů, včetně videa. Kamery mají tzv. FULL HD rozlišení bez interpolace jsou vybaveny záznamem pozice pomocí GPS a třemi navzájem kolnými akcelerometry. Pro systém plovoucích vozidel je ovšem v budoucnu počítáno s nasazením běžných uživatelských „smart zařízení“ (chytrý telefon, tablet, chytrý fotoaparát), které zažívají v posledních několika letech obrovský rozmach, díky velmi příznivému poměru ceny a užitné hodnoty. Již běžně dostupné „smart zařízení“ dokážou plnit následující požadavky v rámci sledovacího systému:

- Kamera se schopností záznamu ve vysokém rozlišení, min. 30sn/s
- 3osý akcelerometr
- GPS lokalizace
- Možnost připojení k datové sběrnici vozidla (CAN bus)
- Grafické uživatelské rozhraní
- Konektivita – spojení se serverem, využití rychlých mobilních datových přenosů

Předpokládá se, že by v budoucnu, s postupem rozvoje technologií, mohlo nasazení „smart zařízení“ eliminovat potřebu (nebo alespoň počet) řady ostatních součástí sledovacího systému.

## ***2.2 Postup automatizovaného vyhodnocování nevhodného chování***

Metodika popisuje postupy, aplikované algoritmy a využití technologie pro automatizovanou detekci různých typů nevhodného dopravního chování. Jedná se o tyto metody:

- sledování informací o jízdě vozidel (trajektorie, identifikace) za pomoci vozidlových jednotek
- sledování trajektorie vozidel pomocí videodetekce
- identifikace vozidel v rámci sledovaného úseku či v oblasti pomocí rozpoznání RZ/SPZ

## 2.2.1 Sledování informací o jízdě vozidel za pomoci vozidlových jednotek

Vozidlo by mělo být schopné rozpoznat nevhodné chování řidiče daného vozidla a také nevhodné chování řidičů jiných vozidel v blízkém okolí. Rozlišujeme několik projevů nevhodného chování řidičů motorových vozidel rozpoznatelné pomocí vozidlových jednotek:

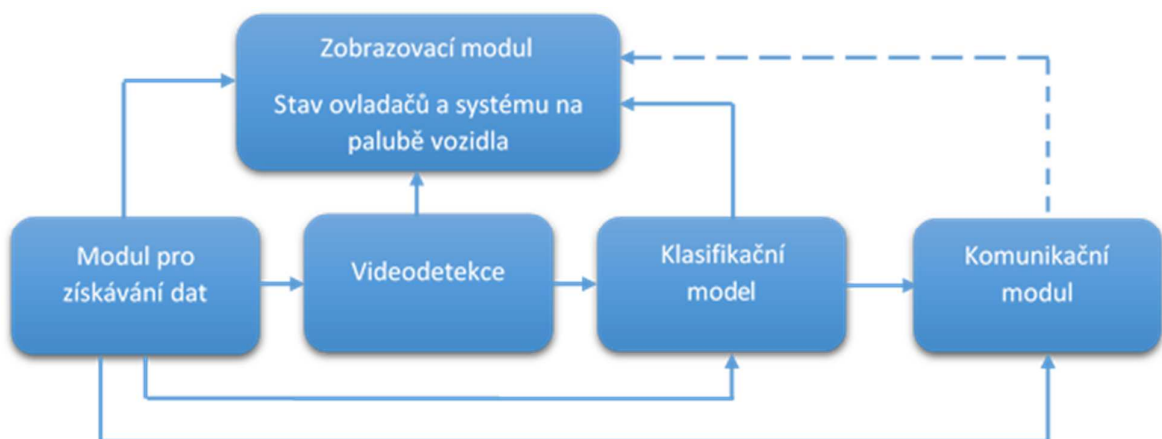
- Porušování maximální dovolené rychlosti
- Častá a bezdůvodná změna jízdního pruhu
- Nedodržování bezpečného rozestupu vozidel
- Ignorování světelného signalizačního zařízení
- Špatné nebo absentující upozornění o změně směru jízdy
- Jízda ve špatném pruhu

K rozpoznání výše zmíněných chování potřebujeme zjišťovat tyto informace z okolí vozidla:

- Relativní rychlost a rychlost okolních vozidel
- Pozice okolních vozidel vůči vlastnímu vozidlu

Z vlastní vozidla je třeba získávat informace o aktuální rychlosti a pozici. Tato data musí být spolehlivá a přesná. Pro funkci systému je dále nutné znát s předstihem vlastnosti silnice – rychlostní limity, počty pruhů a křižovatky.

Následující obrázek ukazuje schéma systému ve vozidle:



Obrázek 3: Schéma systému ve vozidle

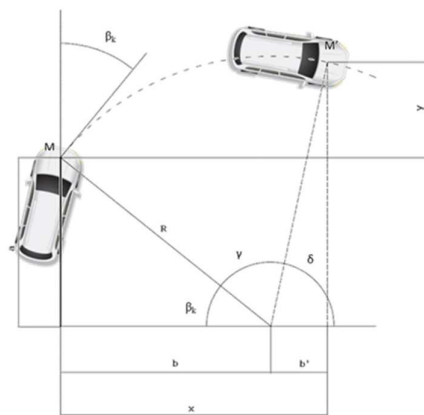
### 2.2.1.1 Návrh modulu pro získávání dat

Funkce modulu jsou:

- Získávat data z externího akcelerometru a gyroskopu
- Získávat stav vozidla skrz sběrnici CAN

- Získávat informaci o poloze z přijímače GPS
- Upřesnění polohy výpočtem z dostupných dat

System GPS není vždy dostatečně přesný pro lokalizaci auta, které se pohybuje vysokou rychlostí. Někdy není signál dostupný vůbec (v tunelu nebo za špatných povětrnostních podmínek). Z tohoto důvodu musí být poloha vozidla upřesňována či dopočítávána výpočtem z dostupných dat. Tato teoretická poloha vozidla je vypočítávána pomocí tzv. Ackermannova pravidla [1], které předpokládá, že při zatáčení vozidla se osy všech kol setkávají v jednom bodě, který je zároveň střed otáčení. K dalšímu zpřesnění se využívá dat z dalších senzorů (akcelerometr, gyroskop). Pro sloučení dat s informacemi z GPS je využit Kalmanův filtr [2].



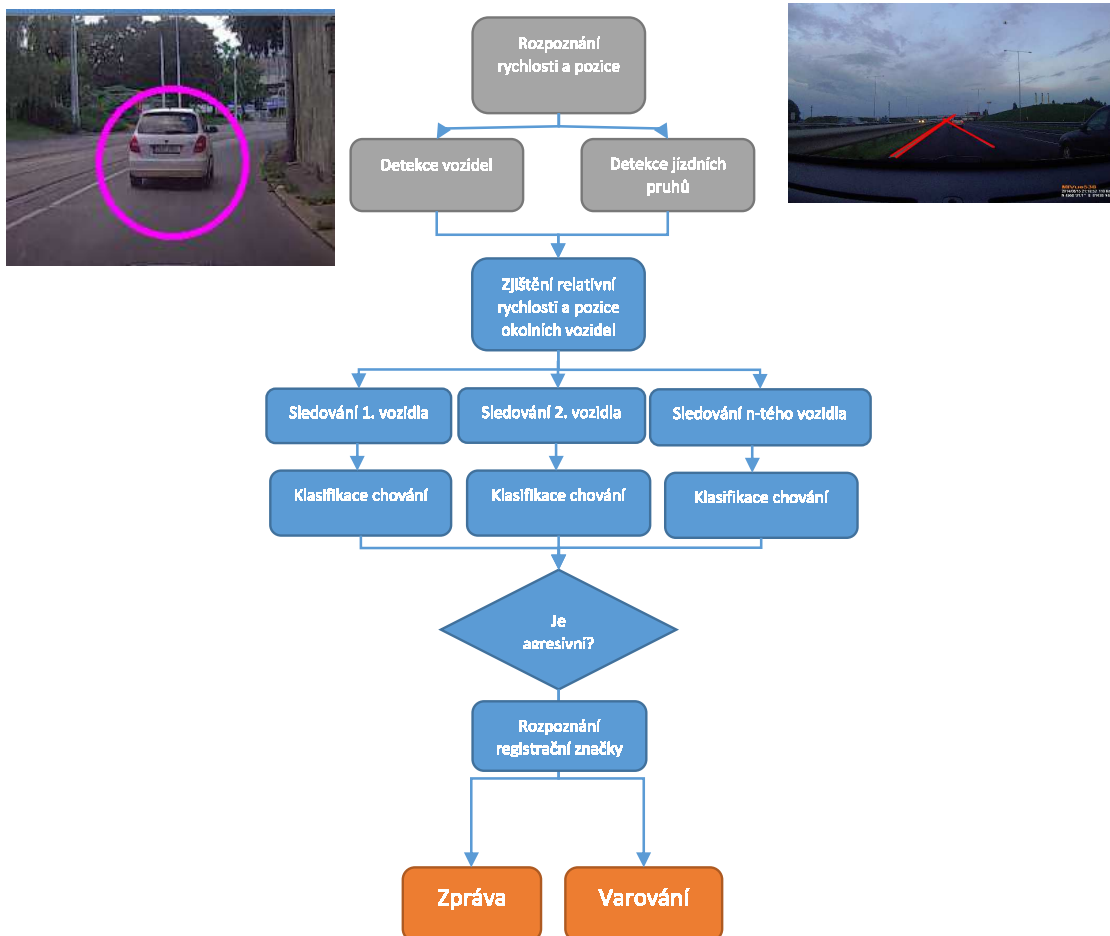
Obrázek 4: Ackermannovo pravidlo

### 2.2.1.2 Modul videodetekce

Modul pro zpracování obrazu je základním článkem systému. Tento modul zprostředkovává následující funkce:

- **Zachytávání videa z dostupných zdrojů** za pomoci speciální profesionální kamery s vysokou citlivostí, rozlišením a snímkovací frekvencí pro kvalitní zpracování obrazu. Obraz by měl být nahráván také pro následnou offline analýzu.
- **Rozpoznávání vozidel a dopravního značení v okolí** pomocí příznakového rozpoznávání (Feature-based cascade classifier) - efektivní metoda využitelná pro detekci [3]. Jedná se o metodu, ve které se stroj učí vyhodnocovat objekty z obrázků nebo videa pomocí předem naučené řady pozitivních a negativních detekcí objektů. Toto rozpoznávání musí být trénováno v předstihu a výsledný XML soubor by měl být dostupný pro třídící proces.

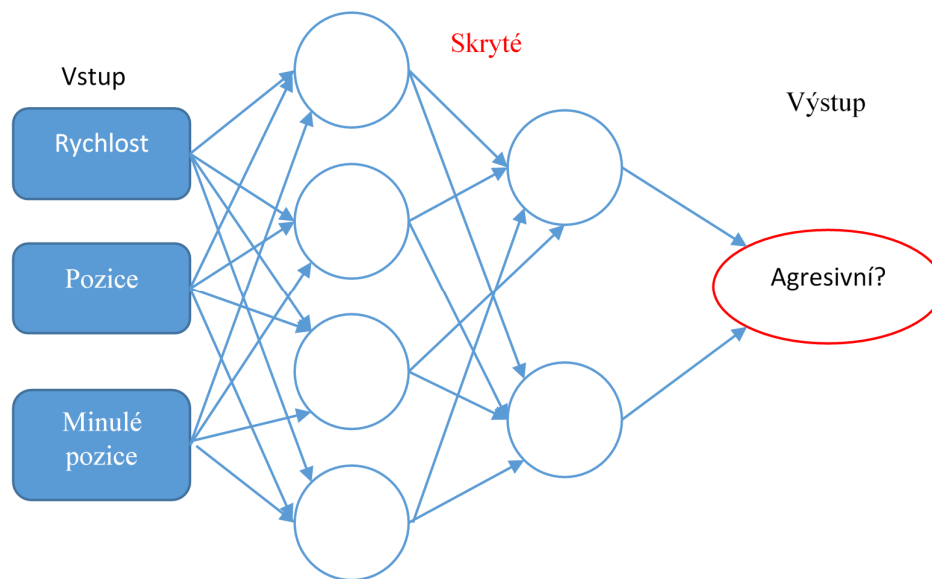
- **Sledování polohy rozpoznaných okolních vozidel** za použití algoritmů Mean-Shift Tracking Algorithm [4] a OpenTLD [5]. Tyto jsou využívány nejen pro sledování polohy vozidel, ale i pro optimalizaci s cílem snížení výpočetní náročnosti procesu. Tyto algoritmy umožňují sledovat vybraný objekt ve videu s menší výpočetní náročností, než by umožňoval algoritmus založený na stálé detekci objektu.
- **Detekce jízdních pruhů** na základě těchto metod: Weighted Mean Shift [6], Hough methods [7] nebo Caltech Lane Detection [8] – tyto metody jsou použity pro zjišťování vodorovného dopravního značení.
- **Lokalizace sledovaných objektů a zjišťování rychlosti vůči vlastnímu autu** pomocí průběžného vyhodnocování poloh vozidel v 2D modelu okolí
- **Rozpoznání registrační značky „agresivního vozidla“** za využití neuronových sítí a knihovny OpenCV (otevřená multiplatformní knihovna pro manipulaci s obrazem).  
Na následujícím obrázku je znázorněn vývojový diagram modulu videodetekce.



Obrázek 5: Vývojový diagram modulu video detekce

### 2.2.1.3 Klasifikační model

Na základě dat z videodetekce klasifikační model vyhodnotí, zdali se dané vozidlo v okolí chová agresivně či nikoli. Pro tento úkol je vhodné využít neuronové sítě. Pro trénink této sítě je nutné mít předem k dispozici referenční data, podle kterých systém řidiče vyhodnocuje. Jako vstupy do systému se využívají data o rychlosti a současné a minulé pozici okolních vozidel.



Obrázek 6: Neuronová síť pro klasifikaci chování na základě vybraných vstupů

### 2.2.2 Sledování trajektorie vozidel pomocí videodetekce

Stacionární videosystém je umístěn na bočnici vozovky v dostatečné výšce. Architektura systému je podobná jako v případě architektury plovoucích vozidel, s výjimkou modulu získávání dat. Jelikož není třeba zjišťovat informace o pohybu systému samotného. Hlavní rozdíl je v aplikovaném algoritmu pro detekci a sledování vozidel. Systém videodetekce musí umožňovat rozpoznání vozidel v definovaných pozicích a sledování trajektorie vozidel s ohledem na jejich vzájemnou polohu a polohu vzhledem k vozovce.

Systém videodetekce je možné rozdělit na dvě části:

- Detekce vozidla
- Výpočet trajektorie

#### 2.2.2.1 Detekce vozidla

Při softwarové detekci vozidla se využívá zpracování obrazu, proto je třeba snímat scénu kontinuálně. Díky tomu jsou kladeny vysoké nároky na snímkovací frekvenci kamery, tím



narůstá množství zpracovávaných dat a nároky na výpočetní výkon. Detekci vozidla je možné řešit následujícími způsoby:

- Porovnávání snímků s referenční oblastí.
- Separace statického pozadí.
- Optický tok.

Při porovnávání snímků s referenční oblastí jsou parametry referenční oblasti porovnávány s parametry stejných oblastí v následujících snímcích. Nejčastěji je porovnávána střední hodnota jasu v oblasti. Nevýhodou této metody je nutnost uložení referenční oblasti bez vozidla a náchylnost na změny světelných poměrů v průběhu dne. Náchylnost na změny světelných poměrů je možné odstranit periodickým snímáním referenční oblasti. Největší výhodou této metody je její jednoduchost.

Při separaci pozadí je sečteno několik po sobě jdoucích snímků a je vypočten medián každého obrazového bodu. Takto získaný obraz obsahuje pouze pozadí bez ohledu na to, zda je na snímku vozidlo nebo není. Detekce se provádí porovnáním aktuálního snímku se separovaným pozadím. Tato metoda je velmi efektivní, ale zpracovává větší množství dat než předchozí metoda.

Při použití optického toku se algoritmus snaží vyhledat v po sobě jdoucích snímcích směr pohybu jednotlivých obrazových bodů nebo oblastí. Pokud se vozidlo nachází v obraze, projeví se jako výrazný optický tok v oblasti vozidla. Metoda optického toku je pro využití v tomto případě nejvhodnější.

Modul detekce vozidla by měl poskytovat následující data:

- Pozici vozidla pro daný zpracovaný snímek
- Velikost vozidla (obrys) pro daný zpracovaný snímek

### **2.2.2.2 Výpočet trajektorie**

Modul výpočtu trajektorie navazuje na modul detekce vozidla. Výpočet detekce vozidla v obraze je zpracován v čase a výsledkem výpočtu je trajektorie vozidla. Modul výpočtu trajektorie by měl poskytovat následující data:

- Polohu vozidla v čase
- Rychlost vozidla a vektor jeho akcelerace v čase

### 2.2.3 Identifikace vozidel pomocí rozpoznání RZ/SPZ

Součástí rozpoznání nevhodného chování je jednoznačná identifikace konkrétního vozu či řidiče pro případné následné sledování či k získání informace o tom, zda je zvýšená míra nevhodného chování řidičů v daném úseku způsobena pouze jedním nebo řadou vozidel. V návaznosti na tuto skutečnost lze usoudit na závažnost celé situace.

#### 2.2.3.1 Typy registračních značek v ČR

V současné době jsou v České republice nejrozšířenější registrační značky vydávané od roku 2004. Na obrázku 7 je zobrazena registrační značka Typ 101, která je nejrozšířenější.



Obrázek 7: Registrační značka Typ 101

Tyto značky obsahují modrý pruh s logem Evropské unie a označením státu původu. Tento pruh by mohl tvořit problémy při segmentaci registrační značky, protože snižuje rozdíl jasu v okolí okraje registrační značky. Značka má rozměry 520mm x 110mm a obsahuje 7 černých znaků na bílém pozadí znaků. Značka musí zároveň obsahovat minimálně jednu číslici a jedno písmeno. V této sérii se mohou vyskytovat i typy značek s jiným barevným provedením, například typ 151 (Obrázek 8) nebo typ 201 (Obrázek 9), určený pro vozidla členů diplomatických misí či typ 301 (Obrázek 10), určený pro historická vozidla, který má zároveň minimální možný počet znaků.



Obrázek 8: Registrační značka Typ 151



Obrázek 9: Registrační značka Typ 201



Obrázek 10: Registrační značka Typ 301

Dalším typem značek, který je na českých silnicích hojně zastoupen, je typ vydávaný v letech 2001 – 2004, který svými rozměry, variantami a uspořádáním znaků odpovídají registračním značkám vydávaným po roce 2004, ale neobsahuje modrý pruh s logem evropské unie.

Na registračních značkách vydávaných po roce 2001 je použita znaková sada založená na *DIN 1451 Mittelschrift*. Pro snadnější rozpoznávání se na registračních značkách nepoužívají znaky „G“ a „Q“ které mohou být snadno zaměněny za znaky „C“ a „O“.

### 2.2.3.2 Požadavky

Systém snímání SPZ/RZ musí umožnit dostatečně přesnou detekci SPZ/RZ s úspěšností detekce přes 90 procent případů. Tyto hodnoty pravděpodobnosti jsou uvažovány za běžných světelných podmínek a za předpokladu nepoškozených a neznečištěných registračních značek. Při znečištění registrační značky rapidně klesá pravděpodobnost jejího úspěšného rozpoznání.

### 2.2.3.3 Požadavky na rozlišení kamery

Při požadavcích na rozlišení se vychází z minimálního počtu horizontálních obrazových bodů připadajících na jeden znak potřebných pro správnou funkci rozpoznávání znaků deterministickými metodami. Toto minimum bylo po předchozích experimentech určeno na 5 obrazových bodů. Z důvodu zvýšení robustnosti systému bylo minimum zvýšeno na dvojnásobek. Jelikož šířka znaku je přibližně 1/10 šířky registrační značky, minimální počet horizontálních obrazových bodů je určen na 100.

### 2.2.3.4 Požadavky na výběr kamery

Při výběru videokamery je nutné zvážit požadavky na rozlišení a na rychlost snímání. Nároky na snímovací frekvenci závisí na předpokládané rychlosti vozidel. Pokud bude frekvence velmi nízká, může se stát, že vozidlo projede snímanou oblastí mezi jednotlivými snímky. Vzdálenost, kterou vozidlo urazí mezi dvěma snímky, je rovna maximálnímu rozdílu polohy vozidla na snímku, ve kterém bylo vozidlo detekováno. Ukázka ujetých vzdáleností mezi snímky při vybraných rychlostech a snímovací frekvenci 10 snímků za vteřinu je v následující tabulce.

Tabulka 1: Ujetá vzdálenost mezi snímky při vybraných rychlostech

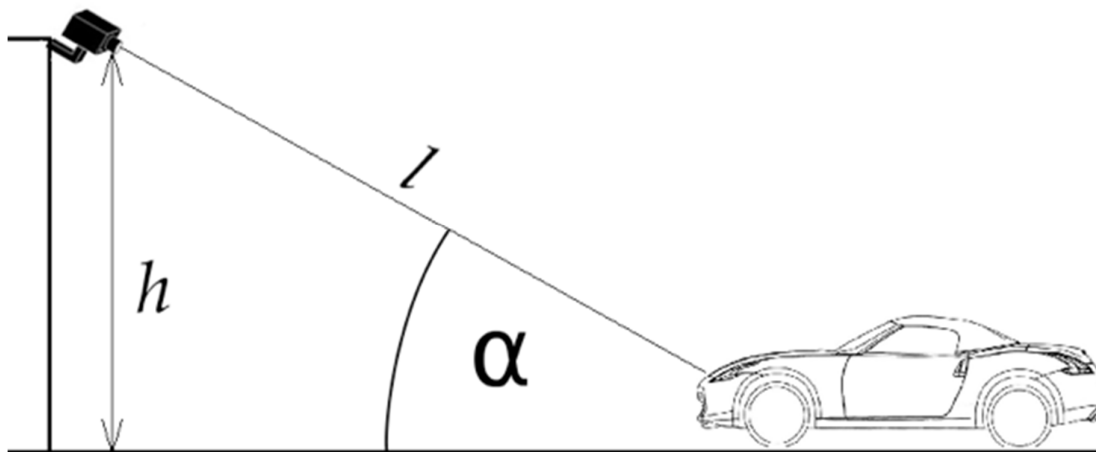
Rychlost [km/h]	50	90	130	200
Ujetá vzdálenost [m]	1.39	2.5	3.61	5.56

### 2.2.3.5 Požadovaná elevace a počet obrazových bodů

Ohnisková vzdálenost objektivu by měla být vypočtena na základě požadované elevace a minimálního počtu obrazových bodů na šířku registrační značky. Elevace je stanovena na 30 stupňů. Při snížení elevace dochází ke skrývání blízko jedoucích vozidel za sebe, naopak při zvětšování elevace dochází k větší deformaci znaků, což způsobuje problémy při rozpoznávání. Snímací vzdálenost se vypočítá pomocí elevace a vzdáleností kamery nad vozovkou ze vzorce:

$$l = \frac{h}{\sin \alpha} \quad (1)$$

kde  $l$  je snímací vzdálenost,  $h$  je výška nad vozovkou a  $\alpha$  je elevace. Pro vzorový případ dostáváme snímací vzdálenost cca 10 metrů. Nákres pozice snímací sestavy z boku:

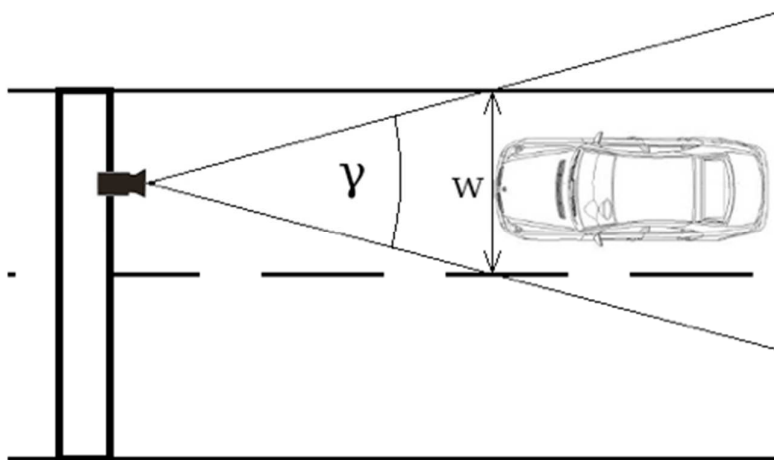


Obrázek 11: Nákres pozice snímací sestavy z boku

Pro výpočet úhlu záběru je nejdříve vypočtena maximální šířka záběru. Ze znalosti minimálního počtu obrazových bodů na registrační značku, šířky registrační značky a rozlišení kamery je vypočtena pomocí následujícího vzorce:

$$w = \frac{pw \cdot Hres}{Pmin} \quad (2)$$

kde  $w$  je šířka záběru,  $pw$  je šířka registrační značky,  $Hres$  horizontální rozlišení kamery a  $Pmin$  je minimální počet obrazových bodů na šířku registrační značky. Nákres snímání sestavy shora:



Obrázek 12: Nákres snímání sestavy shora

Maximální šířka záběru pro doporučené umístění vychází 6,72 metrů. Z toho vyplývá, že jeden obrazový bod bude široký cca. 5,2 mm. Maximální horizontální úhel záběru je vypočten podle následujícího vzorce:

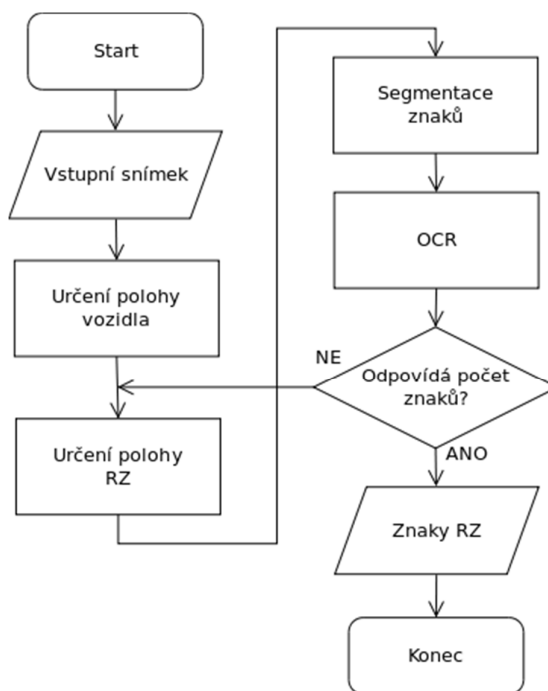
$$\gamma = 2 \cdot \arctan\left(\frac{w}{2 \cdot l}\right) \quad (3)$$

kde  $\gamma$  je maximální horizontální úhel záběru,  $w$  šířka záběru a  $l$  snímání vzdálenost. Odtud dostáváme pro doporučené umístění maximální horizontální úhel záběru  $37,1^\circ$

### 2.2.3.6 Požadované osvětlení

Pro správnou funkci snímání zařízení i za zhoršených světelných poměrů je nutné použít infračervené přisvětlení/blesk, použití viditelného přisvětlení/blesku není možné z důvodu možného oslnění řidičů.

### 2.2.3.7 Vývojový diagram kompletního systému pro rozpoznávání RZ/SPZ



Obrázek 13: Vývojový diagram kompletního systému pro rozpoznávání RZ/SPZ

### **3 Srovnání novosti postupů**

Metodika automatizovaného vyhodnocování agresivního chování přináší komplexní řešení sledování a vyhodnocování chování řidiče v reálném čase. Systém spojuje databázi definovaných problematických chování a stávající zařízení, která mají toto chování monitorovat. Umožňuje navrhnout nutné vybavení pro sledování určitého jevu, nebo naopak informovat o sledovatelných jevech v závislosti na dostupném technickém vybavení. Metodika řeší využitelnost stávajících systémů jako zdrojů dat pro sledování projevů chování řidičů. Metodika umožňuje v závislosti na technologickém vývoji dynamicky přidávat další subsystémy pro sledování a vyhodnocování jízdy řidiče. Výstupy je možné centralizovat, ukládat a vyhodnocovat (využívat) dalšími návaznými systémy, online i po jízdě.

## **4 Popis uplatnění certifikované metodiky**

Tato metodika poskytuje podklady pro využití stávajících technologií z pohledu možnosti sledování nevhodných projevů chování řidičů. Předpokládanými uživateli metodiky mohou být orgány státní správy, které mají v kompetenci koncepční řešení bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích a další subjekty, které používají nebo zpracovávají informace o chování řidičů. Metodika je vhodná i pro ty subjekty, které se obecně zabývají problematikou bezpečnosti provozu na pozemních komunikacích či jinak pracují s nevhodnými projevy chování řidičů na komunikacích (např. dopravní psychologové, lektori, dopravní instituce VaV apod.). Možnými uživateli metodiky tedy mohou být například Ministerstvo dopravy, Policie ČR, správci komunikací (ŘSD apod.), instituce školící profesionální řidiče, projektanti dopravně telematických systémů a další.



## **5 Ekonomické aspekty**

Náklady lze uvažovat především v rovině personálního zajištění implementace, za předpokladu, že stávající technologie je už instalovaná v požadované kvalitě.

Ekonomické přínosy lze spatřovat v širším využití dat z již existujících systémů. Metodika přispívá k tomu, aby byly současné systémy maximálně využívány a v případě potřeby pouze doplněny o další potřebné technologie, místo budování zcela nových a izolovaných systémů. Hlavním ekonomickým přínosem je ovšem nasazení takového systému a následné očekávané snížení dopadů dopravních nehod.

## 6 Seznam literatury

- [1] Genta G.: Motor Vehicle Dynamics: Modeling and Simulation, Series on Advanced in Mathematics for Applied Sciences, Vol. 43, 1997, ISBN 9810229119
- [2] Faragher R.: Understanding the Basis of the Kalman Filter Via a Simple and Intuitive Derivation, IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE Vol 132, 2012, pp.128-132, <<http://www.cl.cam.ac.uk/~rmf25/papers/Understanding%20the%20Basis%20of%20the%20Kalman%20Filter.pdf>>
- [3] Viola P., Jones M.: Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features, Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on computer vision and patern recognition, 2001, <<https://www.cs.cmu.edu/~efros/courses/LBMV07/Papers/viola-cvpr-01.pdf>>
- [4] Gorry, Benjamin; Chen, Zezhi; Hammond, Kevin; Wallace, Andy; Michaelson, Greg: Using Mean-Shift Tracking Algorithms for Real-Time Tracking of Moving Images on an Autonomous Vehicle Testbed Platform, International Journal of Computer Science & Engineering;2007, Vol. 1 Issue 3, p165, September 2007. <<http://www-fp.cs.st-andrews.ac.uk/embounded/pubs/papers/IRMA07.pdf>>
- [5] Georg Nebehay, Roman Pflugfelder: Consensus-based Matching and Tracking of Keypoints for Object Tracking, Winter Conference on Applications of Computer Vision, 2014 <[http://www.gnebehay.com/publications/wacv\\_2014/wacv\\_2014.pdf](http://www.gnebehay.com/publications/wacv_2014/wacv_2014.pdf)>
- [6] Rodolfo Tapia-Espinoza, Miguel Torres-Torriti: Robust Lane Sensing and Departure Warning under Shadows and Occlusions, Special Issue "New Trends towards Automatic Vehicle Control and Perception Systems" ISSN 1424-8220 , 2013, p. 3270-3298, <<http://www.mdpi.com/1424-8220/13/3/3270/htm>>
- [7] Duda, R. O., Hart, P. E.: Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures, Communications of the ACM, Vol. 15 1, Jan. 1972, pp. 11–15, <<http://www.cse.unr.edu/~bebis/CS474/Handouts/HoughTransformPaper.pdf>>
- [8] Mohamed Aly: Real time Detection of Lane Markers in Urban Streets, Intelligent Vehicles Symposium, 2008 IEEE, 4-6 June 2008, pp 7–12, <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4621152>>
- [9] Bouget, Jean-Yves: Pyramidal Implementation of the Lucas Kanade, <[http://trac.assembla.com/dilz\\_mgr/export/272/doc/ctl-tracking/algo\\_tracking.pdf](http://trac.assembla.com/dilz_mgr/export/272/doc/ctl-tracking/algo_tracking.pdf)>

- [10] Dobrovolný, Martin: Rychlý algoritmus rozpoznání registračních značek vozidel. Perner's contacts, 2009, roč. 4, č. 3. ISSN: 1801-674X.
- [11] Duan, T, D. Hong Du, T, L. Phuoc, T, V. Hoang, N, V.: Building an Automatic Vehicle License-Plate Recognition System . In Intl. Conf. in Computer Science. Can Tho: 2005.
- [12] Enyedi, B. Konyha, L. Fazekas, K.: Real time number plate localization algorithms. Journal of electrical engineering, 2006, vol. 57, no. 2, 69 -77. ISSN 1335-3632
- [13] Iwanovski , M.: Automatic car number plate detection using morphological image processing, <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.140.5346&rep=rep1&type=pdf>>
- [14] Odone, F.: Experiments on a License Plate Recognition System . URL: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.144.972&rep=rep1&type=pdf>>
- [15] Ozbay, S. Ercelebi E.: Automatic Vehicle Identification by Plate Recognition . In Proceedings of world academy of science, engineering and technology. vol. 9. 2005, ISSN: 1307-6884
- [16] Vibha, L. Venkatesha, M. Prasanth, G, Rao. Suhas, N. Deepa, S. Venugopal, K, R. Patnaik, L, M.: Moving Vehicle Identification using Background Registration Technique for Traffic Surveillance . In Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2008, Hong Kong: 2008. ISBN: 978-988-98671-8-8
- [17] Viola, Paul, Jones, Michael: Robust Real-time Object Detection . In Second international workshop on statistical and computational theories of vision – modeling, learning, computing, and sampling, Vancouver: 2001
- [18] Yaguchi, M. Ogawa, K.: Robust Vehicle Detection with Optical Flow. Bulletin of Computational Science Research Center, 2004, vol. 17, s. 91-96, ISSN:1347-6726.

## 7 Seznam publikací předcházející metodice

Metodika je originálním dílem a vychází především z řady vlastních studií, výzkumných a odborných zpráv. Dále vychází ze zkušeností dopravních odborníků zapojených do řešení projektu TA02031465 – Automatické sledování agresivních a nebezpečných řidičů motorových vozidel.

Ke zpracování této metodiky byly využity následující autorské práce:

- I. Novák, M. - Bouchner, P. - Novotný, S., *Spolehlivost interakce řidiče s vozidlem*, Parlamentní magazín. 2012, roč. 2012, č. 1, s. 27-29. ISSN 1804-9729.
- II. Bouchner, P. - Faber, J. - Hrubeš, P. - Matoušek, V. - Novák, M. - et al., *Road accident reduction*, Roma: ARACNE editrice S.r.l., 2010. 280 p. ISBN 978-88-548-3550-4.
- III. Bouchner, P. - Ambrožová, Z. - Novák, M. - Novotný, S. - Sýkora, O. - et al., *Monitoring projevů agresivního chování při řízení motorových vozidel na území ČR*, Bezpečná dopravní infrastruktura. Praha: CityPlan s.r.o., 2010, s. 1-7.
- IV. Novák, M. - Bouchner, P. - Novotný, S. - Sýkora, O. - Piekník, R. - et al., *Agresivní projevy řidičů motorových vozidel* [Výzkumná zpráva]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, Ústav řídicí techniky a telematiky, 2009. LSS 377/09. 80 s.
- V. Bouchner P. a kol., *Dopravní systémy ve městech a na dálnicích* [Výzkumná zpráva projektu Automatické sledování agresivních a nebezpečných řidičů motorových ASLAN], Praha FD ČVUT, 2012
- VI. Bouchner, P. - Novotný, S. - Langr, M. - Svoboda, P.: *Architektura sledovacího systému - metodika určení způsobu umístění prvků sledovacího systému pro vyhodnocení povahy chování řidiče* [Certifikovaná metodika], Fakulta dopravní, ČVUT v Praze, 2013.