

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

ODBOR ZNALECTVÍ VE STROJÍRENSTVÍ, ANALÝZA DOPRAVNÍCH NEHOD A OCEŇOVÁNÍ MOTOROVÝCH VOZIDEL
DEPARTMENT OF EXPERTISE IN MECHANICAL ENGINEERING, ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS AND VEHICLE ASSESSMENT

ZJIŠTĚNÍ DOBY POTŘEBNÉ PRO ŘIDIČE K VYHODNOCENÍ SITUACE ZA VOZIDLEM PŘI ODBOČOVÁNÍ A PŘEDJÍŽDĚNÍ
DETERMINATION OF DURATION THAT DRIVER NEEDS TO ASSESS THE SITUATION BEHIND THE VEHICLE IN COURSE OF TURNING OR OVERTAKING MANOEUVRES

TEZE DIZERTAČNÍ PRÁCE
ABBREVATED DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE — Ing. Michal Belák
AUTHOR

ŠKOLITEL — doc. Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2020

OBSAH

OBSAH 3
1 ÚVOD A MOTIVACE 4
1.1 Formulace problémové situace 4
1.2 Formulace problému 6
2 SOUČASNÝ STAV 7
2.1 Problematika odbočování a předjíždění v právní úpravě 7
2.2 Nepřímý výhled z vozidla 7
2.3 Člověk jako prvek soustavy 7
2.4 Reakční doba 9
2.4.1 Definice reakční doby 9
2.4.2 Složky reakční doby 10
2.5 Doba věnována pohledům do zpětných zrcátek 11
2.6 Možnosti analýzy chování řidiče 12
2.6.1 Měření na jízdních simulátorech 12
2.6.2 Naturalistické studie 12
2.6.3 Jízdní zkoušky 13
2.6.4 Sledování směru pohledu řidiče a pohybu hlavy 13
2.6.5 Měření vozidlových a dalších dat 14
2.7 Faktory ovlivňující vnímání a reakce 14
2.8 Shrnutí analýzy současného stavu 17
3 NÁVRH PROVEDENÍ EXPERIMENTU 20
4 REALIZACE EXPERIMENTŮ 22
5 ANALÝZA NAMĚŘENÝCH DAT 23
5.1 Předpoklady a požadavky kladené na analýzu 23
5.2 Prostá kontrola situace za vozidlem 25
5.3 Předjíždění 26
5.4 Odbočování 27
6 VÝSLEDKY, JEJICH LIMITACE A DISKUZE 29
7 ZÁVĚR, NÁVRHY NA DALŠÍ VÝZKUM A PŘÍNOS PRÁCE 32
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 35
SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA 39

1 ÚVOD A MOTIVACE

Automobilová doprava se stala nedílnou součástí lidského života a člověku umožňuje naplňovat množství potřeb od základních, kdy cílem je např. převoz osob a zboží potřebného k denní existenci, po zprostředkování zábavy či relaxace, kdy je cílem samotná cesta. Od dob, z počátku automobilismu, kdy jedno vozidlo připadalo na několik stovek až tisícovek lidí se s nárůstem ekonomiky a životních standardů dostala společnost do situace, kdy ve vyspělých ekonomikách připadá na jednu domácnost i několik vozidel, nepočítaje vozidla komerční. S nárůstem počtu vozidel na pozemních komunikacích zejména ve městech a městských aglomeracích a jejich okolí souvisí logicky zvýšené riziko vzniku dopravních nehod, a že se nejedná pouze o riziko, vypovídají i absolutní čísla ze statistik dopravní nehodovosti.

Svým zaměřením tato práce spadá do oblasti forenzních věd, konkrétně odvozené vědní disciplíny soudního inženýrství, resp. do jeho specializace orientované na technickou analýzu silničních nehod. Soudní inženýrství tvoří vědeckou, teoretickou, znalostní a metodologickou základnu soudního znalectví. Soudní znalectví je teoreticko – aplikační obor, v rámci něhož se realizuje znalecká činnost, v tomto případě v dopravě.

Tato dizertační práce se zabývá zjištěním doby, kterou řidič potřebuje k vyhodnocení situace za svým vozidlem při jízdních manévrech odbočování a předjíždění, tedy popisem chování řidiče při nepřímé viditelnosti objektů. Jedná se o běžné a časté manévry, které řidič vykonává při řízení vozidla v silničním provozu. Pokud má řidič v úmyslu začít odbočovat nebo předjíždět, a tímto úkonem nechce ohrozit či omezit jiné účastníky silničního provozu ani sebe, je pro něj nutné dostatečně znát situaci kolem svého vozidla, zejména pak za ním.

Potřeba znalosti doby, kterou řidič potřebuje ke kontrole situace za vozidlem prostřednictvím zpětných zrcátek, vzniká především v oblasti řešení reálných silničních nehod, a to např. z důvodu, že v době, kdy je pozornost věnována pohledu do zrcátek, může dojít ke vzniku potenciálního nebezpečí před vozidlem. V případě některých situací je zase potřebné zjistit, zda řidič mohl dostatečně vyhodnotit situaci za svým vozidlem a zabránit tím krizové situaci. Dosažené výsledky umožní prohloubení teoretických znalostí a praktických kompetencí v oblasti analýzy dopravních nehod, kde se znalci často setkávají s otázkou, zda mohl řidič zabránit nehodě tím, že by vyhodnotil situaci za vozidlem jinak, nebo zdali vůbec mohl vyhodnotit tuto situaci jako nebezpečnou, zda vozidlo mohl pomocí zpětných zrcátek registrovat, nebo zda kontrola situace za vozidlem před započetím uvažovaného manévru mohla být příčinou dopravní nehody.

1.1 FORMULACE PROBLÉMOVÉ SITUACE

Jen v posledních dvou letech 2018 a 2019 bylo Policií ČR řešeno cca *210 tisíc* dopravních nehod, při kterých bylo usmrceno *1 112* osob, *4 575* osob zraněno těžce a *49 150* osob zraněno lehce. Dle statistik řidiči motorových vozidel zavinili v roce 2019 *80,2 %* dopravních nehod. V *67,7 %* případů byl příčinou nesprávný způsobu jízdy s *1,7%* podílem nesprávného předjíždění. Dle detailnějšího rozdělení nesprávného způsobu jízdy pak v *20,4 %* z celkového počtu nehod zaviněných řidiči bylo jako nejčastější příčina určeno nevěnování se řízení vozidla, nesprávné otáčení nebo couvání v *10,6 %* případů, v *10,4 %* případů pak jiný druh nesprávné jízdy. Mezi deset nejčastějších příčin vzniku dopravních nehod dále patřilo v letech 2018 a 2019 nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem a vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu [2][3].

Ze statistických dat nehodovosti nejsou sice zcela zřejmé konkrétní případy, kdy nedošlo k dostatečné kontrole situace za vozidlem, resp. kdy tato byla v příčinné souvislosti se vznikem dopravní nehody, je z nich ale možné usuzovat, že k takovým nehodám v mnoha případech při odbočování a předjíždění dochází, což je zřejmé mj. i ze soudně inženýrské praxe. Nehody typu odbočování – předjíždění jsou v ČR velmi často řešeny znalci z oboru dopravy s cílem posoudit průběh takových nehod, jejich příčiny a také popsat možnosti, jaké měli řidiči k tomu, aby nehodě zabránili.

Chmelík [8] k problematice znaleckého zkoumání dopravních nehod, jejichž příčinou bylo nesprávné předjíždění nebo odbočování, uvádí, že znalec může z technického hlediska stanovit, zda odbočující vozidlo již bylo na počátku odbočování předjížděno, zda ze směru a způsobu jeho jízdy mohlo být zřejmé, že odbočuje a za jakých podmínek mohlo odbočující nebo předjíždějící vozidlo zabránit nehodě a dále, že rozdíly rychlostí mezi předjíždějícím a odbočujícím vozidlem jsou značné a ve většině případů má větší šanci zabránit střetu odbočující řidič.

Dle Cooka a kol. v [5] existuje vztah mezi špatnou viditelností vyplývající z různých konstrukčních charakteristik vozidla a kritickými incidenty. Viditelnost z vozidla můžou zhoršovat např. znečistění skel, jejich nedostatečné očištění ale i samotné konstrukční uspořádání sloupků, umístění zrcátek, jejich velikost atd. Když měli respondenti Cookova výzkumu navrhnout vylepšení konstrukce vozidel, které by snížilo riziko jejich účasti na kritických situacích a nehodách, dominujícím doporučením byla lepší viditelnost. Nejvíc respondentů požadovalo lepší zpětné zrcátko, následovalo lepší odmlžování oken, snížení oslnění čelního skla a lepší výhled z vozidla.

Dle pojetí problémové situace v [1],[4] a [50] je tedy v našem případě zřejmé, že dochází k dopravním nehodám při odbočování a předjíždění, tedy jízdních manévrech, které vyžadují od řidiče přesvědčení se o situaci za vozidlem. To se nejčastěji realizuje nepřímým výhledem z vozidla, tedy za použití zpětných zrcátek. V situacích, kdy dochází k takovým dopravním nehodám, je z objektivních důvodů, kterými jsou požadavky zadavatelů, vyžadováno řešení předstřetového pohybu a posouzení možností odvrácení střetu (MOS) účastníky. Jedná se tedy o časoprostorovou analýzu dané kritické situace a její časový průběh vycházející z dříve provedené komplexní analýzy nehodového děje. V praxi ale neexistuje dostatečný soubor kvantifikovaných údajů týkající se informací o době potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem zejména pomocí zpětných zrcátek, o které se mohou při svých analýzách znalci z oboru analýzy dopravních nehod opřít.

Obecně je možné se v literatuře setkat zejména s pojmem reakční doba, kterou Bradáč [6] definuje ze soudně inženýrského hlediska jako čas od vjemu do uvedení zařízení v činnost naučeným způsobem. Dle této definice se pak dále reakční doba skládá z optické reakce, psychické reakce a svalové reakce. Tato práce se bude primárně zabývat optickou a psychickou reakcí řidiče, který mění směr jízdy vozidla. Jedná se o dobu, během které dojde ke zpracování vizuální informace a k rozhodnutí o následném konání. Na konci této složky reakční doby řidiče je motorická odezva neboli svalová reakce.

Problémovou situací je neznalost doby (zejména její definice a délky) potřebné pro kontrolu situace za vozidlem řidičem, v případech, kdy chtěl např. odbočovat či předjíždět, a to u dopravních nehod, které je nutné z objektivních příčin soudně inženýrsky analyzovat. Tato doba nebyla prozatím systematicky posuzována. V uvedených případech není důležitá pouze kontrola před započetím manévru, ale také v jeho průběhu a při jeho ukončování, tzn. zařazování zpět do původního jízdního koridoru, resp. jízdního pruhu. Analogii k těmto situacím lze nalézt i u objíždění překážek nebo chodců, rozjíždění vozidla od okraje vozovky apod. Dále také v případech, kdy řidič zastavuje před křižovatkou nebo překážkou a kontroluje situaci nejčastěji ve středovém zrcátku. K problémové situaci dochází z důvodu, že reakční doby jsou stanoveny především na základě měření uskutečněných při nouzovém brzdění. Především v zahraniční literatuře je možné se pak setkat i s údaji o době, kterou vyžadují

pohledy do zrcátek při různých jízdních manévrech, na tuto dobu je ale ve většině případů nahlíženo pouze jako na tzv. distrakci neboli rozptylující prvek. Jedná se o dobu, kdy řidič nevěnuje pozornost dění před vozidlem, nejedná se však o operaci potřebnou k bezpečnému uskutečnění jízdního manévru.

Tato práce se bude primárně zabývat stanovením dob potřebných k vyhodnocení situace za vozidlem při odbočování a předjíždění. Jako základní vzorek dat ke komparaci bude pro účely této práce brána v úvahu doba potřebná k prosté kontrole. Výsledkem této kontroly není provedení žádného jízdního manévru, pouze ověření situace v okolí vozidla. Analýzy budou vztahovány k jednotlivým zpětným zrcátkám tedy k levému, pravému a interiérovému (středovému).

1.2 FORMULACE PROBLÉMU

Při analyzování nehodového děje v soudně inženýrském pojetí se znalec obvykle zaměřuje na zkoumání střetu a postřetového pohybu, což není účelem této práce. Tato práce je orientována do problematiky chování řidiče před vznikem kritické situace, která potenciálně vede obvykle k dopravní nehodě, tedy dílčím aspektům popisu předstřetového pohybu vozidel, resp. chování řidičů při kontrole situace za vozidlem s užitím zpětných zrcátek.

Při analýze předstřetového pohybu v případě, kdy vozidlo předjíždělo, odbočovalo, nebo jiným způsobem měnilo směr jízdy a existuje předpoklad o tom, že řidič musel při této změně užít zpětných zrcátek ke kontrole situace za vozidlem, je nutné uvažovat s dobou, kterou řidič potřeboval před zahájením jmenovaných manévrů. Jedná se tedy o dobu potřebnou ke zjištění, zda situace za jeho vozidlem vůbec dovolovala bezpečné provedení manévru, resp. zda bylo možné chování jiného účastníka na základě nepřímého pohledu dostatečně dobře vyhodnotit pro výpočet variant a časových možností, k popisu předstřetového pohybu a MOS, které měl řidič vpředu jedoucího vozidla. Takto definovaná doba zatím nebyla systematicky zjišťována a v praxi je obvykle určována na základě subjektivních pohledů znalce, který jako prvek soustavy znalectví, řeší na základě požadavku zadavatele konkrétní případ. Znalec přitom vychází ze svých zkušeností, či znalosti lidského faktoru. Na dobu potřebnou k vyhodnocení situace za vozidlem je tak často nahlíženo jako na „běžnou“ reakční dobu. Odhady, které jsou důsledkem této situace, vedou pak k nepřesnostem ve zpracování analýzy dopravní nehody a následně pak mohou způsobovat diference v závěrech jednotlivých znalců řešících stejnou nehodu, případně k rozdílům v interpretaci závěrů znaleckých zkoumání, které se týkají popisu technické příčiny nehodového děje.

Základním problémem, který vychází z naformulované problémové situace, a který je potřebné řešit, je výhradně popis pohybu vozidla a chování řidiče před případným vznikem dopravní nehody, resp. před střetem vozidel a popis reálných možností odvrácení střetu. Z toho primárního problému vychází další dílčí problém na straně zrakového vnímání a případné reakce řidiče, který odbočuje nebo předjíždí, resp. hodlá započít jeden z uvedených manévrů.

Pro zjištění dob, které řidiči potřebují k vyhodnocení situace za vozidlem pro vybrané jízdní manévry a také a jejich dílčích částí bude po provedení rozsáhlé rešerše zřejmě zapotřebí zrealizovat praktické a reálné konkretizační experimenty. Tyto experimenty bude nutné navrhnout, připravit vhodným způsobem podrobně zaznamenat a analyzovat tak, aby bylo možné definovat a odlišit dílčí složky doby potřebné pro kontrolu situace za vozidlem, a to pro vybrané kategorie řidičů a podmínek okolního prostředí. Snahou práce tedy bude v závislosti na vybraných podmínkách určených na základě rešerše současného stavu zjistit dobu nezbytnou pro analýzu situace za vozidlem a stanovit příslušné rozmezí hodnot pro jednotlivé podmínky pro účely soudního inženýrství a potažmo do praktické aplikace soudního znalectví v oboru doprava.

Podstatnou částí této práce tedy bude důkladná rešerše současného stavu dané problematiky, formulace definice doby potřebné ke kontrole situace za vozidlem a její zjištění s využitím nejmodernějších ověřených dostupných metod a zařízení, tj. poznatků na nejvyšší známé úrovni poznání s cílem vytvoření určité databáze dob, které jednotlivé kategorie řidičů potřebují ke kontrole situace za vozidlem před provedením daného manévru.

Na základě naformulované problémové situace a problému byly vymezeny tyto dílčí problémy, resp. cíle práce:

1. Definovat pojem „doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem".
2. Stanovit vybrané faktory ovlivňující délku doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem podstatné pro splnění cílů této práce.
3. Nalézt, navrhnout, připravit a realizovat vhodné experimenty pro kvantifikaci doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem pro potřeby soudního inženýrství a soudního znalectví.

Pořadí řešení těchto problémů a jejich případné upřesnění či reformulace vyplynou z analýzy současného stavu.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 PROBLEMATIKA ODBOČOVÁNÍ A PŘEDJÍŽDĚNÍ V PRÁVNÍ ÚPRAVĚ

Pravidla provozu na pozemních komunikacích v ČR upravuje Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů č. 361/2000 Sb. v aktuálním znění k 01.01.2019 [11]. Souvislost s kontrolou situace za a kolem vozidla pro účely této práce mají § 12 Jízda v jízdních pruzích, § 16 Objíždění, § 17 Předjíždění a § 21 Odbočování. Z předmětných statí zákona plyne pro odbočujícího nebo předjíždějícího řidiče jednoznačně povinnost se před započetím manévru přesvědčit o situaci za jeho vozidlem, zda už např. není předjížděn jiným vozidlem.

2.2 NEPŘÍMÝ VÝHLED Z VOZIDLA

Ke kontrole situace za vozidlem je ve většině případů užíváno nepřímého výhledu prostřednictvím zpětných zrcátek, nebo jiných k tomu určených zařízení. Problematikou výhledu z vozidla se zabývají standardy SAE J941[12] (poloha očí řidiče) a SAE J1050 (zorné pole) a předpis EHK č. 125 - Dopředný výhled řidiče [14]. Nepřímému výhledu z vozidla se věnuje Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 46 – Jednotná ustanovení pro schvalování zařízení pro nepřímý výhled a motorových vozidel z hlediska montáže těchto zařízení [15]. Předpis EHK č. 46 stanovuje konstrukční požadavky, které musí zařízení (nejen zrcátka, ale i kamerové systémy) pro nepřímý výhled splňovat, a to z hlediska geometrického tvaru, upevnění, rozměrů, optických vlastností, plochy aj. Předpis dále také mj. dělí zařízení pro zpětný výhled do tříd pro jednotlivé kategorie vozidel a definuje parametry, které musí splňovat.

2.3 ČLOVĚK JAKO PRVEK SOUSTAVY

V oblasti analýzy silničních nehod se střetáváme s řešením problémů na soustavě řidič – vozidlo – okolí. Jak vyplývá z **kap. 1.1** a uvádí např. i Kledus [7], člověk je hlavním rizikovým faktorem v dopravě. Řidič musí v průběhu jízdy přijímat a zpracovávat obrovské množství informací, na základě kterých se pak rozhoduje a reaguje (koná či nekoná). Tyto informace mají proměnlivou kvantitu, kvalitu a pro řidiče mají také různou důležitost. V námi posuzované problematice člověk zastává aktivní funkci, kdy sám svou činností děj ovlivňuje. Jak mj. uvádí Semela [4], cílem analýzy silničních nehod je zkoumání

vlastností a chování soustav a z hlediska možností má prioritní roli člověk – řidič jako prvek okolí k soustavě vozidla a také k soustavě okolí.

Treat a kol. [47] zkoumali vliv jednotlivých prvků soustavy řidič – vozidlo – okolí, přičemž jeho studie ukázala, že v cca *60 %* případů je za vznik nehody zcela odpovědný řidič. V některých případech mohou ke vzniku nehody přispět i prvky vozidlo a okolí, pak je chováním řidiče, s přispěním ostatních prvků, způsobeno až *93 %* nehod

Člověk prostřednictvím svých smyslů shromažďuje informace o silnici, dopravních podmínkách, ostatních uživatelích silnice a jeho vlastním vozidle, a to především vizuálně. Tyto informace jsou zpracovávány centrálním nervovým systémem, kde se provádí odhady, predikce a formuje se rozhodnutí. Rozhodnutí jsou prováděna různými svalovými systémy – řidič se může dívat doprava, nasměrovat vozidlo doleva, brzdit, případně nekonat. Platí, že co je informací pro jednoho účastníka silničního provozu, nemusí být informací pro druhého, nebo co je informací pro jednoho účastníka silničního provozu v určitém okamžiku, nemusí být informací pro téhož účastníka silničního provozu v okamžiku jiném. Právě vnímaná situace, nikoliv fyzická realita, je to, co určuje chování [43][48].

Činnosti řidičů v mnoha případech obsahují určitý konflikt tendencí při dosahování stanoveného cíle – včasný příjezd na určené místo versus bezpečnost jízdy. U různých řidičů může časová tíseň způsobit větší nebo menší míru podstupovaného rizika za cenu snížení časové ztráty. Míra ochoty riskovat závisí z větší části na osobnosti řidiče. Na proces rozhodování má vliv také náročnost dopravní situace, kterou musí řidič řešit. Podstatně náročnější, než např. rozhodování o správném průjezdu i komplikovanější křižovatky, je řešení náhlé kritické dopravní situace. K nepřesným nebo zcela chybným rozhodnutím, na základě kterých pak vznikají konfliktní a rizikové situace, nebo vedou ke vzniku dopravních nehod, dochází, pokud se řidič dostává do časové tísně, nemá dostatek potřebných informací, nachází se v neznámém dopravním prostředí nebo je ve špatné psychofyziologické kondici [8].

Odhaduje se, že více než *90 %* informací použitých při řízení je vizuálních. Dle Robinsona [9] řízení automobilu vyžaduje neustálé a komplexní vizuální vyhledávání. Doprava, chodci, dopravní značky a řada dalších možných objektů poskytují bohatý vizuální vstup, který musí být zpracován rychle a ve správném pořadí, má-li být úkol proveden efektivně a bezpečně.

Vzhledem k množství a důležitosti vizuálně zpracovávaných informací, je na tomto místě vhodné shrnout některé informace související se zrakovým vnímáním člověka a rovněž uvést některé z pojmů, které souvisí s problematikou, která bude v této práci řešena.

Šikl [10] uvádí, že zrakové vnímání je komplexním procesem zpracování a interpretace podnětu (podnětové informace). Dynamickým rozměrem vjemu podnětu je mj. vnímání objektů. S objektovým vnímáním souvisejí určité operace:

1. **Detekce** – informačně nejprostší operace, určení výskytu objektu v zorném poli.
2. **Diskriminace** – proces rozlišení mezi větším počtem objektů, vyžaduje získání detailnějších informací o vnímaném objektu jako detekce.
3. **Identifikace** – určení identity (přesné zařazení) daného objektu, na nejvyšším stupni komplexnosti.

Aby člověk dokázal získat v dynamické interakci s prostředím pro něj ty nejpodstatnější informace a tyto následně i co nejefektivněji zpracovat, je potřebné při vnímání zapojit systém očních pohybů, které umožňují dvě základní funkce dostat obraz vybraného cíle (podnětu) do místa nejostřejšího vidění a udržet obraz v tomto místě, a to i přes průběžně se měnící pozici pozorovatele vzhledem k podnětu.

Pohyby očí nejsou při prohlížení scény nahodilé, ale naopak jsou strategické a systematické. Tyto pohyby jsou behaviorálním dokladem lidské pozornosti při vnímání scén a mohou přinášet zajímavé informace. Konvenčně se rozlišuje tři až pět druhů očních pohybů a několik dalších poddruhů. Pro účely této práce je nejdůležitější pohyb resp. pohyby nazývané sakády. Jsou to rychlé a krátké oční pohyby, které umožňují posunout obraz objektu, na který se hodlá pozorovatel v příštím okamžiku zaměřit, z periferního zorného pole s nízkou ostrostí vidění do jeho centrální části tak, aby obraz dopadl na žlutou skvrnu s nejvyšší ostrostí vidění. Explorace scény probíhá tak, že se oči vždy na chvíli zaměří na jedno místo a po krátké fixaci se provede sakáda k dalšímu místu, kde oči zůstanou znovu na okamžik fixované atd. Doba trvání fixace je v průměru *100* až *600 ms* a sakády od *10* do *50 ms*. Je však důležité zdůraznit, že délka fixace závisí především na povaze úlohy, a to samé platí i o době trvání sakády, která závisí na délce dráhy očního pohybu. Pohyb očí v průběhu sakády je velmi rychlý, oči se přemísťují rychlostí *600* až *900 °/s*. Sakády umožňují určit směr, ve kterém se nachází podnět vzhledem k pozici hlavy pozorovatele [10][32][52].

2.4 REAKČNÍ DOBA

Znalost trvání reakční doby je v aplikaci dopravních nehod důležitá zejména v případě předstřetového děje, a proto bylo problematice zkoumání reakční doby řidiče pro účely soudního inženýrství věnováno značné úsilí.

V literatuře se můžeme setkat s různými hodnotami reakční doby. Jante [22] uvádí, reakční doby v rozmezí *0,3* až *2,5 s* a střední hodnotu cca *1 s*. Johanson [24] uvádí *0,9 s* nebo delší v *50 %* všech náhlých situací a v *10 %* zkoumaných případů *1,5 s* nebo delší. Hartmann [28] uvádí reakční doby *0,35* až *1,4 s* pro denní dobu a *0,4* až *1,8 s* pro noční dobu a Sivak [26] uvádí rozsah *0,3* až *2,7 s*. Dle Hoopera a McGeeho [27] padesátý percentil řidičů má reakční dobu včetně náběhu brzdného účinku do *2,3 s*. Dle [23] v případě jednoduchého a neočekávaného rozhodnutí mohou někteří řidiči reagovat až *2,7 s*. Dle Olsona [25] až 95 % řidičů mělo percepční reakční dobu cca *1,6 s,* a to od prvního zpozorování překážky po aktivaci brzdového pedálu. I např. Bradáč [6] uvádí rozsah reakční doby od cca *0,5* až do *2 s*. Délka reakce může např. záležet i na druhu nebo očekávání podnětu, jak naznačují [31][29][30](Lee, 2000; Muttart, 2001; Wiese & Lee, 2001). Běžné signály, jako jsou např. brzdová světla, jsou spojeny s dobami odezvy *1,25 s* a překvapivé podněty jsou spojeny s dobami odezvy cca *1,5 s*. Dle Olsona můžou být reakční doby v rozmezí *0,7 až 0,9 s* na prostý signál, *1,0* až *1,2 s* na očekávanou situaci a *1,3* až *1,5 s* na neočekávanou situaci [32].

Z výše uvedeného přehledu je zřejmé, že v případě uváděných hodnot existuje značný rozptyl, a to od *0,3* do *2,7 s.* Dále je zřejmé, že reakční doba závisí na mnoha parametrech, jako je např. očekávání situace, známost situace, typ podnětu apod. Faktorům ovlivňujícím mj. i reakční dobu je věnována samostatná kapitola této práce, viz **kap. 2.7**. Důležitým faktorem je ale také např. skutečnost, jak je na reakční dobu nahlíženo, resp. její samotná definice.

2.4.1 Definice reakční doby

Bradáč [9] definuje reakční dobu takto: *„Reakční dobou ze soudně inženýrského hlediska nazýváme čas od vjemu do uvedení (zabezpečovacího) zařízení v činnost naučeným způsobem. V neobvyklých situacích, bez naučeného způsobu, bude potřebná doba individuálně delší.“*

Klebelsberg formuloval její základní definici takto: *„pod pojmem doba reakce se nadále rozumí časový interval mezi výskytem rozpoznatelného reakčního podnětu a počátkem prvního poté prováděného usměrněného jednání.*“ V rámci tzv. „Kölnerova modelu“ byla tato definice později označena

za fyziologickou reakci. Tedy popsaný časový interval v sobě zahrnuje pozorování, postřehnutí a rozpoznání [33].

V anglicky psané literatuře a studiích se potkáváme s pojmy *„perception – reaction time*“ příp. *„perception – response time*“ (PRT) jedná se tedy o jakousi percepčně reakční dobu. Počátek PRT je definován v okamžiku, kdy objekt, např. překážka, je pro řidiče poprvé viditelná, nebo začne představovat riziko a konec této doby je definován v momentě zřetelné reakce řidiče, typicky při doteku nohy s brzdovým pedálem [25][34]. Jak ale např. uvádí Krauss [32], v řadě případů je pro účely analýzy silničních nehod nutné definovat počátek tohoto intervalu již v momentě, ve kterém se objekt začíná pohybovat směrem do jízdního koridoru řidiče.

Z výše popsaného je tedy zřejmý určitý rozkol mezi tím, kdy dle jednotlivých úvah dochází k počátku trvání reakční doby. V tomto smyslu je zajímavý také např. koncept tzv. **rizikové doby** (angl. Time to collision – TTC), která odpovídá době, kterou má řidič k dispozici od okamžiku, kdy uvidí překážku, až k možnému střetu s ní. Závisí na ní také to, jaký způsob řidič využije k provedení obranného manévru. Reakční doba závisí na rizikové době znatelně, a to jak při měřeních na silnici, tak i na simulátoru. V situaci, kdy řidič vyhodnocuje vzniklou situaci, nesleduje odděleně rychlost vozidla ani vzdálenost k překážce. Aby se rozhodl a reagoval adekvátně, orientuje se převážně právě na zbývající dobu. V případech, pokud má řidič čas, nebo věří tomu, že má čas, vyhodnocuje danou situaci déle a s jistotou reaguje po delší době [35][46].

2.4.2 Složky reakční doby

Jak je už z výše uvedeného zřejmé, reakční doba jako celek sestává z menších dílčích segmentů. Dle Bradáče [9] sestává z pěti dílčích úseků: ***optická reakce – psychická reakce – svalová reakce – prodleva brzd – náběh brzd***, kdy v případě prvních tří pojmů se jedná o reakční dobu řidiče a u dvou dalších jde o odezvu vozidla. McGee dle [32] dělí reakční dobu na 3 hlavní složky ***vnímání – rozhodnutí – reakci brzd***, přičemž první složka se dělí na další 4: ***latence – pohyb očí – fixace – rozpoznávání***. Stańczyk a kol. v [35] použili následující dělení složek reakčních dob: ***psychomotorická u brzdění*** – od okamžiku vynoření překážky k prvnímu tlaku na brzdový pedál, ***mentální doba brzdění*** – od okamžiku vynoření překážky až k začátku pohybu nohy z plynového pedálu (v jiných zdrojích také označovaná jako doba zjištění + doba rozhodnutí nebo interval rozpoznání + reakce detekce, ***zahajovací*** – od okamžiku uvolnění plynového pedálu po působení tlaku na brzdový pedál a ***psychomotorická při řízení*** – od okamžiku kdy se vynoří překážka do počátku působení tlaku na volant.

Muttarta [23] definuje tzv. detekční interval. Tento probíhá od vjemu po dosažení detekčního prahu. K tomuto Muttart zdůrazňuje, že řada studií považuje za počátek reakční doby moment, kdy je překážka, resp. objekt viditelný. V momentě, kdy dojde k dosažení detekčního prahu, počíná běžet proces vnímání-reakce, po které následuje motorická odezva a ta je následována pohybem řidiče. V tomto momentě počíná odezva vozidla, kdy po prodlevě vozidla (prodleva brzd, řízení…) dojde k manévru (brzdění, vyhýbání…).

Z výše uvedeného je zřejmé, že pro účely této práce jsou podstatné především dvě složky reakční doby, a to optická a psychická složka reakce. V průběhu optické reakce musí řidič před uvažovaným manévrem vyhledat a zpracovat obraz, resp. objekt (ne vždy se musí v obrazu zpětného zrcátka potenciálně nebezpečný objekt nacházet), v některém ze zpětných zrcátek. Vzhledem ke skutečnosti, že zrcátka zobrazují relativně malou scénu, a faktu popsanému výše, že pokud se objekt, na který řidič reaguje, nachází v ostrém poli vidění, což je např. u zrcátek osobních vozidel vzhledem k jejich velikosti možné uvažovat, je zřejmé, že optická složka reakční doby bude minimální, nebo žádná, resp. že se bude

skládat v podstatě pouze z času potřebného k přesunu pohledu z dříve sledované scény (objektu) do vybraného zpětného zrcátka a následné detekce či diskriminace v závislosti na typu podnětu. Zde už ale dochází k přesahu s psychickou složkou reakční doby (jak bylo výše popsáno, tyto složky mohou následovat po sobě nebo se vzájemně překrývat). V průběhu psychické reakce musí řidič danou situaci analyzovat, vyhodnotit její případnou nebezpečnost a rozhodnout, jakým způsobem bude na situaci, kterou ve zpětném zrcátku vidí, reagovat.

2.5 DOBA VĚNOVÁNA POHLEDŮM DO ZPĚTNÝCH ZRCÁTEK

Ke kontrole situace za vozidlem, a v určitém rozsahu i vedle vozidla, slouží řidiči primárně zpětná zrcátka, nebo je nahrazující kamerové systémy, souhrnně nazývána zařízení pro nepřímý výhled z vozidla. Pohledům do zpětných zrcátek se vědci věnují již od 60. let 20. století [32]. Jak ale bude uvedeno níže, jejich přístupy se liší a různé výzkumy dospěly k značnému spektru hodnot trvání doby pohledů, v závislosti na rozličných aspektech.

Mourant a Donohue [60] srovnávali dobu pohledu třech začínajících, třech zkušených a třech velmi zkušených řidičů do levého a interiérového zpětného zrcátka v závislosti na jejich velikosti (levé o cca *5 cm* širší, interiérové o cca *10 cm* širší). Délka pohledů v případě levého zpětného zrcátka byla o něco delší (v rámci desítek *ms*) v prospěch širšího zrcátka, u interiérového se velikost v zásadě neprojevila. Doba pohledů byla v rozsahu od cca *0,8* do *1,0 s*. Významný rozdíl byl v počtu pohledů, kdy na zkušebním okruhu začínající (nezkušení) řidiči kontrolovali obraz v zpětných zrcátkách o cca *75 %* častěji než zkušení. U všech 3 skupin řidičů byla analyzována délka pohledu při změně pruhu, která se pohybovala kolem *1,0 s* bez významných rozdílů mezi jednotlivými skupinami. Srovnatelné hodnoty doby pohledů do zrcátek, tedy *1,0 s*, dosahovali řidiči i při zařazovaní vpravo a o něco vyšší v průměru cca *1,1 s* při zařazování vlevo.

Pfleger v [36] zkoumal trvání pohledů u 30leté ženy, v případě levého vnějšího zrcátka byly hodnoty doby pohledu od *0,6* do *1,1 s*, pohledy do pravého vnějšího zpětného zrcátka trvaly od *1,1* do *1,4 s* a pohled do interiérového *0,6 s*. V jiném případě [37] stejný autor analyzoval komplexně jednu konkrétní operaci předjíždění, kdy první kontrolní pohled do levého zrcátka trval *0,6 s*, další kontrolní pohled *0,64 s* a pohled před započetím změny pruhu do levého zrcátka spolu s pohledem přes levé rameno trval *1,16 s.* Tijerina a kol. v [38] uvádí v případě detekce průměrný čas délky pohledu do levého zpětného zrcátka *1,38 s* (*SD = 0,39 s*) a *1,22 s* (*SD = 0,27 s*) a v případech diskriminace, uvádějí pro levé zpětné zrcátko průměrnou dobu pohledu *1,52 s* (*SD = 0,41 s*) a pro pravé zpětné zrcátko *1,45 s* (*SD = 0,38 s*). Kieger a kol. [39] uvádí střední dobu trvání přirozených pohledů do levého zpětného zrcátka *1,01 s* (*SD=0,43 s*) a do pravého *1,02 s* (*SD=0,41 s*). Hanowski a kol. [51] se zabývali se situacemi, kdy došlo k nehodě, nebo se jednalo o situace, kdy nehoda bezprostředně hrozila, případně kdy řidič neúmyslně opustil svůj jízdní pruh. Dle jejich zjištění řidiči pohledům do zrcátek v uvedených situacích věnovali dobu od *1,01* do *1,17 s* v případě levého zpětného zrcátka a v případě pravého zpětného zrcátka dobu *0,86* až *1,05 s.* Bhise a kol. [40] uvádí, že průměrná délka pohledu do levého zrcátka provedená v souvislosti se změnou pruhu v případě blízkého provozu za vozidlem v přilehlém pruhu *1,5 s*, bez takového provozu pak *1,25 s*. Robinson a kol. [9] zkoumali délku doby pohledů při změně jízdního pruhu a jimi zjištěné hodnoty se pohybovaly v rozsahu od *0,8* do *1,6* sekundy. Kraus [32] uvádí, že z výzkumů zabývajících se chováním řidičů ve vztahu k zpětným zrcátkům mj. plyne, že průměrná doba pohledů interiérovým a levým vnějším zrcátkem se obvykle pohybuje v rozmezí od *0,5* do *1,5 s,* a to v závislosti na detailech úkolu. Pohled do zrcátek je o něco delší u nákladních automobilů než u osobních automobilů. Asi o *15 %* delší je pohled do zrcátka v případě, že řidič hledá nějakou konkrétní informaci (diskriminace), například barvu vozidla. Obvyklé průměrné doby trvání pohledů do zpětných zrcátek jsou řádově okolo *1 s*.

Zde je také dále vhodné uvést skutečnost, kterou uvádějí v [59] Leser a Icke, kteří pomocí eyetrackeru (zařízení pro sledování směru pohledu člověka) zkoumali pohledy řidičů tahače s návěsem při odbočování vpravo, přičemž vedle jízdní soupravy se vpravo nacházel cyklista. Jmenovaní autoři ve svých závěrech mj. uvádějí, že každý z probandů měl svoji vlastní strategii pohledů. A jednotlivé strategie se od sebe v určitých aspektech značně lišily a naproti tomu byl pozorován nepatrný rozdíl v chování konkrétního probanda na různých křižovatkách, přičemž typologie křižovatek byla rozdílná.

Jak je z výše uvedeného zřejmé, v závislosti na typu situace a dalších podmínkách se doba věnovaná pohledu do zpětných zrcátek pohybuje v rozpětí od cca *0,5* až do *2 s*.

2.6 MOŽNOSTI ANALÝZY CHOVÁNÍ ŘIDIČE

Pro potřeby zjištění doby věnované pohledům do zpětných zrcátek je potřebné měřit směr pohledu řidiče, jeho změnu a polohu, resp. pohyb hlavy řidiče. Pro některé experimenty jsou kromě směru pohledů důležité také jiné parametry jako rychlost a poloha vozidla, poloha řídicích prvků (volant, pedály), které můžou být důležité pro vyhodnocení reakce na konkrétní situaci potažmo reakční doby atd. Z tohoto důvodu budou níže uvedeny vhodné způsoby analýzy chování řidičů ve spojitosti s používáním zpětných zrcátek.

2.6.1 Měření na jízdních simulátorech

Měření pomocí simulátoru jízdy použili např. Lavallière a kol. [56][57] dále také Shahar a kol. [58]. Měření na jízdních simulátorech osobních nebo nákladních vozidel simulujících běžný provoz se jeví být vhodnou metodou pro analýzu chování řidičů. Lze na nich navozovat různé scénáře a rozličné vizuální podněty. Proband při experimentu ovládá v podstatě stejné prvky jako při skutečné jízdě s reálným vozidlem v reálném provozu, tj. akcelerační, brzdový a případně i spojkový pedál (při variantě s manuální převodovkou) a volant, na moderních simulátorech s odpovídající odezvou. K dispozici jsou také simulátory s pohyblivými sedadly, resp. špičková zařízení s pohyblivými plošinami, kdy se pohybuje celý kokpit. Odezva řídících prvků a pohyb působící na probanda mají navodit u probanda stav co nejvíce připomínající skutečnou jízdu v reálném vozidle. Velmi významnou výhodou měření na simulátorech je zejména bezpečnost, opakovatelnost, již zmíněná možnost navozování vhodných situací nebo široká využitelnost výpočetní techniky a také komfort probanda či obsluhy zařízení [61].

Nicméně ve výzkumné obci vzniká určitý rozkol, co se týče věrohodnosti, resp. srovnatelnosti dat, zjištěných za pomocí trenažerů a jejich aplikace např. při analýze reálných silničních nehod, jak mj. potvrzují např. Lavallière a kol. [56][57], kteří poukazují na skutečnost, že výsledky zjištěné na simulátoru se mohou lišit od těch zjištěných v reálném provozu. Stańczyk a kol. [35], použili stejný scénář experimentu na simulátoru a v reálném vozidle přičemž zjistili, že reakční doby na simulátoru byly kratší než při experimentu s reálným vozidlem. Green [64] uvádí, že při studiích prováděných na simulátorech jízdy mohou být hodnoty reakčních dob zkresleny, a to z důvodu, že analyzované podněty mohou být probandy částečně očekávané.

Tedy jako limitující faktor simulátorů jízdy se pro účely cílů této práce jeví především ta skutečnost, že naměřené hodnoty nemusí odpovídat hodnotám dob, které jsou dosahovány řidiči ve skutečných podmínkách v reálném silničním provozu.

2.6.2 Naturalistické studie

Jedná se o sledování činnosti řidičů převážně v delších časových intervalech a případně i na velkých vzdálenostech, v mnoha případech jsou sledováni řidiči komerčních vozidel. Jak např. uvádí Tijerina

a kol. v [38], pro měření (záznam) scény kolem vozidla, měření pohledů (trvání, frekvence, směr) a dalších se používají kamery a je možné různými způsoby snímat i polohu prvků řízení. Naturalistické studie zabývající se mj. i pohledy do zpětných byly realizovány např. Hanowskim a kol. [51] nebo Kiegerem a kol. [39].

Značnou výhodou naturalistických studií je sběr značného množství dat z reálného silničního provozu. Na druhou stranu má metoda i určité limitace, mj. například tu skutečnost, že pohyby očí nejsou snímány přesným kalibrovaným systémem, ale jejich poloha je vyhodnocována pouze z videozáznamu, což může do vyhodnocených dat vnášet nepřesnosti.

2.6.3 Jízdní zkoušky

Obdobné nebo v podstatě stejné způsoby snímání a měření, jako v případě naturalistických studií, lze použít i v případě jízdních zkoušek. V případě jízdních zkoušek mohou být pro potřeby analýzy chování řidičů simulovány různé (nebezpečné) situace. Zkoušky mohou být prováděny na zkušebních drahách. Jejich výhodou je značná opakovatelnost experimentů a také bezpečnost jejich účastníků, přičemž na rozdíl od simulátorů jízdy na řidiče působí aspekty běžné jízdy. Dále mohou být Jízdní zkoušky realizovány také v podmínkách běžného silničního provozu, kde je rovněž možné navodit určité situace. Ty však mohou být pro účastníky více nebezpečné, a také je zde mnohem komplikovanější, vlivem přirozeného vnějšího provozu, zajistit opakovatelnost situací.

Jízdní zkoušky využili např. Leser a Icke [59]. Robinson a kol. [9], Mortimer s Jorgensonem [55] a další využili jízdních zkoušek při měřeních zaměřených na analýzu chování řidičů ve vztahu k zpětným zrcátkům. Jízdních zkoušek v reálném provozu využil pro měření reakčních dob také Hugemann [65].

V případě jízdních zkoušek sledovaní řidiči, podobně jako v případě simulátorů jízdy, mohou předpokládat, že jsou pozorováni. To může vést k jejich zvýšené ostražitosti. Jak už ale bylo uvedeno v případě simulátorových měření, může docházet (mj. z důvodu očekávání určitých situací) ke zkreslování výsledků a z tohoto důvodu mj. Green [64] klade důraz na provádění měření v reálném provozu a následnou analýzu takových dat.

2.6.4 Sledování směru pohledu řidiče a pohybu hlavy

Jak je zřejmé z výše uvedených kapitol, důležitým faktorem při sledování chování řidiče, především ve vztahu k pohledům do zpětných zrcátek, je znalost směru pohledu řidiče a s tím souvisejícího natočení hlavy. Sledování vizuálních vjemů řidiče, je perspektivním a vhodným způsobem pro analýzu jeho chování jak na simulátorech, tak v reálném provozu.

Robinson a kol. [9] v roce 1972 při analýze pohledů řidiče zaznamenávali pohyb hlavy potenciometrem, který byl umístěn mezi přilbu na hlavě řidiče a kloubové rameno umožňujícím volnost pohybu hlavy dopředu. Bhise a kol. [40] zaznamenávali směr pohledu a pohyby hlavy řidiče prostřednictvím dvou zrcadel, které soustředily obraz do optiky jedné videokamery. Mortimer s Jorgensonem [55] sledovali při jízdních zkouškách pohyb a fixaci zraku na objekty pomocí pevně umístěných kamer na vozidle. Mourant a Rockwell [43], již v 60. letech 20. století vyvinuli, zkonstruovali a následně i používali speciální zařízení nazvané „*Eye marker system*“. Toto zařízení sestávalo z přilby, která se umístila na hlavu probanda, optiky, světlovodných kabelů, kamer a kontrolní obrazovky.

Technologický vývoj, zejména v posledních dvou desetiletích, umožnil zmenšení, zpřesnění a především také rozšíření obdobných zařízení, jako byl Eye marker system a tyto jsou souhrnně nazývány eyetrackery.

Eyetracking pro měření směru pohledů řidičů při experimentech na simulátorech využil např. Shahar a kol. [58], Wernekeová a Vollrath [11] a také Lavallière a kol. [56][57] a další. V posledních letech jsou v oblasti výzkumu analýzy dopravních nehod eyetrackery také hojně využívány při jízdních zkouškách. Velmi významný v oblasti sledování chování řidičů pomocí eyetrackingu přínos prof. Pflegera, který využití eyetrackingu ve prospěch analýzy dopravních nehod a bezpečnosti silničního provozu [36][67][68][69][70] aj. Společně s prof. Pflegerem byl realizován v roce 2009 výzkum Ústavu soudního inženýrství VUT v Brně zaměřený na problematiku stanovení vzdálenosti, na kterou může řidič za snížené viditelnosti poprvé rozpoznat chodce na vozovce [26]. Spolupráce na obdobném výzkumu pokračovala i v letech 2014 a 2015. V rámci projektu byl využit systém Viewpointsystem® prof. Pflegera a vlastní zařízení a software [96][102] umožňující mj. záznam vozidlových dat vyvinutý mj. i v rámci specifického vysokoškolského výzkumu na ÚSI VUT v Brně.

Jak je z výše uvedeného patrné, využití metody eyetrackingu má v problematice výzkumu bezpečnosti silničního provozu již značné postavení a pro zjištění zejména trvání specifických jízdních manévrů, situací a reakčních dob se jeví jako velmi vhodná metoda sběru dat jak po stránce měření manévru jako celku, tak z pohledu určení dílčích částí této operace mj. i z pohledu doby trvání vizuální stránky.

2.6.5 Měření vozidlových a dalších dat

Pro komplexní měření chování je potřebné kromě změny směru pohledu a fixace zraku zaznamenávat i další informace např. o stavu vozidla a jeho řídicích prvků. Může se jednat např. o rychlost vozidla, stav či polohu ovládacích pedálů, natočení volantu, brzdné zpomalení, akceleraci atd. Jak uvádí Tijerina a kol. v [38], pro měření těchto hodnot lze použít různých externích senzorů či měřicích zařízení. Informace o rychlosti a poloze vozidla lze např. získat pomocí zařízení GPS či jiných lokalizačních systémů. Pro zjištění uvedených vozidlových dat lze ale např. použít i palubní diagnostiku OBD, nebo případně i informací ze sběrnice vozidla CAN aj.

Synchronní měření dat z vozidla (z CAN), eyetrackeru, případně jiných zařízení (kamery, mikrofony, GPS, Mobileye – kamerový senzor umožňující snímání situace před vozidlem) při jízdních zkouškách umožňuje například systém společnosti Ergoneers – Vehicle Testing Kit (VTK), kterým ÚSI VUT v Brně disponuje od srpna roku 2018. Jedná se o modulární řešení, které umožňuje také například měření fyziologických dat (EMG, EKG, vodivost kůže, dýchání, teplota atd.) případně i jiných, uživatelem požadovaných dat.

2.7 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VNÍMÁNÍ A REAKCE

V předešlých kapitolách byly popsány způsoby měření chování řidiče a naznačené i některé ovlivňující faktory, kterým se jednotliví autoři věnovali. Pro potřeby této práce a vyřešení 2. problému, je ale důležité definovat a na jednom místě shrnout limitující faktory, které můžou mít především na vizuální vnímání a následnou reakci vliv. Faktory ovlivňující vnímání lze nalézt u všech tří prvků soustavy řidič – vozidlo – okolí a také u jejich vzájemných kombinací. Vnímání situace kolem vozidla a také reakční doba je u různých řidičů odlišná a může se měnit i u jednoho konkrétního řidiče. Níže budou popsané ovlivňující prvky tak, jak je shrnují jednotliví autoři mj. i ve vztahu k zpětným zrcátkám. Jak např. uvádí Bradáč [6], vliv na řidiče může mít např. únava, připravenost k určité činnosti a možnosti předvídání určité situace, denní doba, četnost úkonů v určité době (při monotónní činnosti se vnímání a reakční doba prodlužuje). Podstatný vliv může mít také snížená viditelnost (noc, mlha, sněžení), kontrast vnímaného objektu a jeho okolí. Únavu, ale také např. i psychické choroby, jako důležitý ovlivňující faktor uvádí také Regan [42].

Mnoho autorů [6][32][49] se také zabývalo vlivem alkoholu, který ovlivňuje schopnost vidění, kognitivní schopnosti, vnímání rizika, motoriku atd. a tím významně ovlivňuje výsledné chování řidiče v konkrétní situaci.

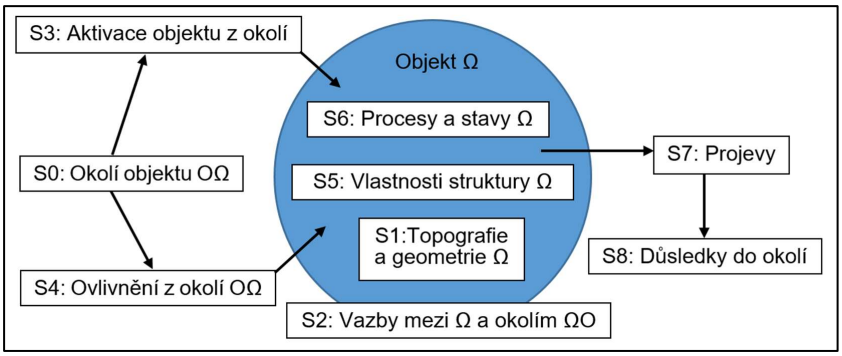
Shinar v [52] uvádí, že ovlivňujícími faktory mohou být věk, pohlaví, zkušenosti, vzdělávání a tréning, požívané jídlo a pití, užívání zařízení, kterými je vybaveno vozidlo, hovor s pasažéry, používání mobilní zařízení, psychická i fyzická únava. Vliv věku je např. patrný ze skutečnosti, že staří řidiči (57 až 73) mají oproti mladým (20 až 24) a středně starým (26 až 44) déle trvající pohledy. A naopak dle zjištění Lavallièra a kol. [56][57] staří řidiči (65 až 75 let), kontrolují situaci v zpětných zrcátkách méně často než mladí řidiči (20 až 31 let). Jak uvádí Shahar a kol. [58], ovlivňujícím faktorem je také zkušenost řidičů. Dle zjištění Tijerinu a kol. [38] jsou nejvýznamnějšími prvky, majícími vliv na vnímání, věk a pohlaví a dále prvky v tomto pořadí: viditelnost, hustota provozu, typ silnice a světelné podmínky. Jak například uvádí Meyer [45], starší řidiči mají o *0,2 sekundy* delší reakční doby, o *0,2 sekundy* delší dobu mají dle Lamble a kol. [74] také např. řidiči s poruchami zraku. Jak uvádí Rumar [48], důležitým faktorem je i zrak řidiče. K tomu mj. uvádí, že více než *25 %* populace má sníženou zrakovou ostrost a asi *8 %* mužů má vadné barevné vidění. Citlivost na oslnění se zvyšuje a citlivost na kontrast při nízkých úrovních osvětlení významně klesá s rostoucím věkem – zejména ve věku nad 50 let. Opět se tedy jako důležitý ovlivňující faktor projevuje věk řidiče.

Na vnímání situace kolem vozidla má vliv mj. i samotná konstrukce vozidla, sloupky vozidla, tvar a umístění zpětných zrcátek. Touto problematikou se zabývali např. Mauer a Fawcett [53]. Dále také Jack [54], který se zaměřil na řešení problematiky dostatečného pole pohledu, které řidič potřebuje, aby objekt (vozidlo) pohybující se ve vzdálenosti *33* až *50 ft.* (cca *10* až *15 m*) za jeho vozidlem dostatečně viděl. Jak např. uvádí Bhise a kol. [40], na délku trvání pohledu do zpětného zrcátka může mít vliv i šířka zpětných zrcátek. Naproti tomu např. Mourant a Donohue v [60] uvádějí, že velikost zrcátek nemá na délku pohledu významný vliv. Při vzájemném srovnání podmínek experimentů a závěrů dvou výše uvedených publikací lze dospět k názoru, že šířka, resp. velikost zrcátka je nevýznamná, pokud se nejedná o výrazně velký rozdíl rozměrů, např. u osobních vs. nákladních vozidel. Rozdíl mezi vnímáním řidiče ve dne a v noci ve vztahu k vzdálenosti a četnosti navigace uvádí Pfleger v [68].

Je potřebné na zřetel vzít také závěry Kiegera a kol. [39], jejichž studie byla prováděna v reálném provozu na 3 typech silnice (dálnice, městská dálnice a silnice s protisměrným provozem) za denních i nočních podmínek a byly při ní porovnávány pohledy ve vztahu, zda byla před vozidlem volná silnice nebo se před měřicím vozidlem pohybovalo jiné vozidlo. Bylo zjištěno, že žádný z parametrů neměl významný vliv na délku trvání pohledů.

Vizuální vnímání může být dále omezeno např. znečištěním skel vozidla případně samotných zpětných zrcátek. Na to, jak řidič může vnímat situaci za vozidlem, má vliv také nastavení zrcátek či jeho poloha za volantem, tedy nastavení sedadla [32].

Z výše uvedeného je zřejmé, že existuje významné množství faktorů, které mohou mít vliv jak na vnímání řidiče, tak i na jeho případnou reakci na vzniklou situaci, a tedy i na vyhodnocení situace za vozidlem. Tyto skutečnosti je nutné mít na zřeteli při plánování a analýze experimentu. V rámci přípravy experimentu je potřeba definovat, které z faktorů jsou podstatné, které nepodstatné, které budou pro potřeby této práce zohledněny, a které je potřebné eliminovat. Je tedy vhodné jednotlivé faktory přehledně shrnout. Jako odrazový můstek pro stanovení zohledněných a eliminovaných faktorů může sloužit systém podstatných veličin, definovaný doc. Semelou v [4] a zobrazený na **obr. 1**.



Obr. 1: *Systém veličin [4]*

Objektem je v našem případě řidič (resp. entita řidič-vozidlo). Vozidlo lze také charakterizovat pro účely této práce jako blízké okolí řidiče a entita je v interakci s okolím (vzdálenější okolí – vnější prostředí). Řidič je aktivován vnějšími a vnitřními podněty (podrobněji viz **kap. 3**). Vnější aktivace je přenášena k objektu pomocí prvků konstrukce vozidla. Pro potřeby této práce lze definovat:

S1 – ***Objektové veličiny*** popisující objekt, jeho strukturu, rozmístění a geometrii – v našem případě se jedná o pozici řidiče ve vozidle, úroveň jeho očí ve vztahu k pozici a výšce, držení volantu, nastavení sedadla, zpětných zrcátek a ostatních nastavení ovládacích prvků ve vozidle.

Pro potřeby této práce je nutné ponechat osoby řidičů, aby si při experimentech mohli nastavit tyto prvky tak, jak jsou zvyklí, tedy reflektovat jejich obvyklé chování. Správné nastavení především sedadla a zpětných zrcátek by mohlo přispět k dosahování lepších výsledků. Řidiči by ale museli být na toto nastavení zvyklí. Nucená změna nastavení jízdní pozice a nastavení zrcátek a ovládacích prvků před provedením experimentu z pozice, na kterou jsou řidiči zvyklí, na pozici „správnou" by mohla mít spíše záporný vliv na dosahované výsledky.

S2 – ***Vazbové veličiny*** popisující podstatné vazby objektu s jeho okolím – vazby uvnitř soustavy řidič-vozidlo, řidič sedí na sedadle, drží volant a ovládá pedály a další potřebné řídicí prvky (mechanická vazba), se kterými současně vizuálně interaguje (vizuální vazba) a zároveň probíhá vizuální (vnější) interakce řidiče s okolím prostřednictvím jeho očí, která je v případě problematiky řešené touto prací realizována pomocí zařízení pro nepřímý výhled (zpětných zrcátek).

S3 – ***Aktivační veličiny*** popisující aktivaci objektu – pro potřeby této práce jsou dány přímým a nepřímým výhledem z vozidla prostřednictvím obrazu ve zpětném zrcátku.

Aktivační veličiny vyplynou se zvolené analýzy chování řidičů viz **kap. 2.8** a **kap. 3**.

S4 – ***Ovlivňující veličiny*** působící na objekt z okolí – výskyt objektů v okolí vozidla jak statických (budovy, silniční infrastruktura, typ silnice atd.), tak dynamických, kterými jsou ostatní účastníci silničního provozu (jejich poloha, hustota provozu, odstupy, velikost, rychlost pohybu, trajektorie pohybu apod.). Dalšími ovlivňujícími veličinami jsou zejména vnější viditelnost z okolního prostředí (den, noc, mlha, oslnění sluncem apod.). Ovlivňující, resp. aktivační veličiny vyplynou ze zvolené analýzy chování řidičů, viz **kap. 2.8** a **kap. 3**. V případě simulátorů je lze simulovat, v případě naturalistických studií jsou dány přirozeným chováním okolí a aktuálním prostředím, při jízdních zkouškách mohou být přirozené vyplývající z přirozeného okolního provozu, trasy apod., případně simulované (připravené scénáře) nebo jejich vzájemná kombinace.

S5 – ***Strukturně-vlastnostní veličiny*** popisující vlastnosti prvku řidiče – např. výška, věk, pohlaví, psychofyziologická kondice řidiče, únava, stres, zrakové vady, řidičské zkušenosti, látky negativně ovlivňující vnímání (alkohol, OPL) apod.

Z hlediska podstatnosti vlivu na návrh, realizaci a výsledky experimentu, a tedy i závěry této práce, se jedná o velmi důležité vlastnosti. Z hlediska věku je zřejmé, jak bylo i výše popsáno, že mladí a nezkušení řidiči a rovněž řidiči senioři vykazují ve vnímání odchylky oproti zkušeným řidičům. Rovněž pohlaví má vliv na vnímání. Samozřejmě že i faktory jako psychofyziologická kondice řidiče, únava, stres můžou významným způsobem ovlivňovat vnímání řidiče. Tyto skutečnosti je nutné vzít v potaz při plánování experimentu.
Strukturně-vlastnostní veličiny popisující vlastnosti prvku vozidlo – pro potřeby této práce se jedná zejména o konstrukci vozidla (tvar sloupků, velikost, počet a umístění zrcátek, znečištění, příp. poškození, tvar a rozměry skleněných výplní apod.). Tyto skutečnosti je také nutné vzít v potaz při plánování experimentu.

S6 – ***Procesní a stavové veličiny*** popisující procesy a stavy řidiče – vnímání (detekce a diskriminace), vyhodnocování a rozhodování řidiče na základě vnějších podnětů – bude zjišťováno na základě S7, mohlo by se jednat i o fyziologické funkce člověka (puls, dýchání, svalová činnost, srdeční činnost, mozková činnost apod.).

S7 – ***Projevové veličiny*** popisující projevy (chování) na struktuře objektu řidiče – projevy objektu navenek, tj. pozorovatelné změny chování řidiče (směr, změna směru a délka pohledu, poloha ovládacích prvků apod.), které budou experimenty sledovány, resp. analyzovány.

S8 – ***Důsledkové veličiny*** popisující důsledky projevů objektu (entity řidič-vozidlo) do okolí – např. viditelná změna koridoru vozidla, brzdění, akcelerace apod.

Z výše uvedeného je tedy zřejmé, že existuje mnoho podstatných faktorů majících vliv na vnímání řidiče. Tyto faktory mohou být dány samotným řidičem, vozidlem nebo i okolím. Všechny podstatné faktory byly popsány výše, a je nutno je zohlednit při plánování a analýze experimentu. Všechny další faktory budou pro potřeby této práce považovány za nepodstatné.

Analýzou ovlivňujících faktorů byl v teoretické rovině vyřešen druhý problém formulovaný na začátku této práce.

2.8 SHRNUTÍ ANALÝZY SOUČASNÉHO STAVU

Z provedené analýzy je zřejmé, že povinnosti řidiče týkající se problematiky odbočování a přejíždění jsou ošetřeny právní úpravou. Nepřímému výhledu se věnují také předpisy, které stanovují požadavky na zorné pole zobrazované prostřednictvím zařízení pro nepřímý výhled a tím kladou požadavky na konstrukci zařízení pro nepřímý výhled. Na základě provedené analýzy lze dále konstatovat, že v dostupné literatuře nebyl pojem ***„doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem“*** definován a může být vykládán různě. Autoři se sice zabývali celkovou délkou pohledů nebo jen samotných fixací v souvislosti s kontrolou situace za vozidlem v rozmanitých jízdních situacích, analyzovali délku pohledu při prosté kontrole, nebo v situacích, kdy řidič měnil jízdní pruh nebo se např. připojoval na dálnici atd. Nezabývali se však posouzením doby, kterou řidiči potřebovali k posouzení a vyhodnocení situace a přijmutí rozhodnutí, o tom, zda mohou zamýšlený manévr započít.

Dále bylo zjištěno, že existují vhodné (i méně vhodné) metody na přesné sledování směru pohledu řidiče a také možnosti sběru vozidlových a jízdních dat a také např. i možnost sběru a záznamu fyziologických dat řidiče. Toto je základem pro možný návrh, přípravu i realizaci experimentu. Analýzou současného stavu bylo zjištěno, že pro problematiku kontroly situace nepřímým výhledem je možné použít měření na simulátorech jízdy, naturalistických studií a jízdních zkoušek.

Dle provedeného šetření, měření na simulátorech jsou sice výhodná především z titulu opakovatelnosti a např. i komfortu obsluhy, jak ale uvádí některé studie [35][64], data získaná na simulátorech nemusí odpovídat skutečným podmínkám reálného silničního provozu.

Někteří autoři používají pro získání dat z reálného provozu naturalistických studií. Ty mají tu výhodu, že řidiči jednak řídí v reálných podmínkách a dále, že se studie realizují na delších trasách a v delším období. Řidič si na přítomnost měřicí aparatury zvykne a ta ho v zásadě nijak neomezuje. Metoda je tedy vhodná pro získávání velkého souboru dat o přirozeném chování řidičů. Nevýhodou metody je fakt, že skutečný směr pohledu řidiče je z kamerových záznamů spíše odhadován, než přesně měřen. Tedy i zde je zanesena určitá chyba a data můžou být zkreslena.

Jako poslední byla prozkoumána metoda experimentu pomocí jízdních zkoušek, které mohou být realizovány jak na zkušebních drahách, tak i v reálném provozu. Při jízdních zkouškách je navíc možné naplánování různých cílených situací a také např. naplánovaní trasy s ohledem na řešený problém. Právě jízdní zkoušky v reálném silničním provozu koncipované tak, aby zvolená trasa vyžadovala časté využívání nepřímého pohledu, při kterých bude pomocí eyetrackingu přesně sledován směr pohledu řidiče a současně budou pro analýzu jeho chování zaznamenávány odezvy vozidla resp. vozidlová příp. jiná data, jsou dle autora této práce nejvhodnějším způsobem jak experimentálně analyzovat dobu, kterou řidiči potřebují k vyhodnocení situace za vozidlem.

Podstatnou skutečností pro plánování, realizaci a následnou analýzu experimentu, který by umožnil získat data pro vyřešení stanovených problémů, je také existence faktorů ovlivňujících vnímání a reakce řidičů.

Faktorům ovlivňujícím vnímání řidičů byl věnován prostor v **kap. 2.7**. Jak je zřejmé, na vnímání a následnou reakci může mít vliv množství faktorů a také jejich vzájemná kombinace. Vzhledem k tomu, že v případě této práce není možné komplexně vypořádat všechny vlivy a bude se v tomto směru jednat o pilotní studii, bude potřebné při návrhu experimentu vybrat pouze některé z ovlivňujících faktorů s cílem, zjistit minimální hodnoty dob potřebných ke kontrole. Tyto minimální doby pak bude možné v případě zhoršených podmínek na soustavě řidič – vozidlo – okolí variovat, tedy navyšovat, dle konkrétních faktorů posuzované situace.

Mezi přípustné faktory budou pro potřeby této práce brány v potaz vlivy okolí, a to denní doba (den/noc), typ provozu (městský/mimoměstský), a ta skutečnost, zda se za vozidlem nachází jiné vozidlo nebo účastník silničního provozu. Jako poslední z faktorů bude brána v potaz konkrétní jízdní situace, v rámci které je kontrola situace za vozidlem prováděna.

Zbylé podstatné faktory budou eliminovány či zanedbány. Nastavení sedadla a zpětných zrcátek bude ponecháno na zvyklosti probandů. Vnější viditelnost z okolního prostředí bude ovlivněna pouze denní dobou (den/noc), žádné z dalších vlivů (mlha, déšť, sníh, oslnění sluncem apod.) nebudou při provedení experimentu akceptovány. Vzhledem k experimentu v reálném silničním provozu je vyloučeno před experimentem požití alkoholu či jiných omamných látek. Pro účely experimentu budou vybráni muži. Řidiči budou zkušení a v produktivním věku, nebude se jednat o mladé nezkušené řidiče ani řidiče seniory. Co se týče psychofyziologická kondice řidiče, mělo by se jednat o zdravé řidiče, bez omezení, které by jim bránilo v bezproblémovém řízení. Řidiči by neměli být nad běžný rámec vystaveni únavě ani stresu. V případě zrakových vad, musí mít v průběhu experimentu řidiči adekvátní kompenzační pomůcky. Experimenty bude dále potřebné realizovat na srovnatelném typu vozidla, pro účely této práce se bude jednat o vozidla osobní. Experimenty budou prováděny bez omezení přímého či nepřímého výhledu z vozidla, bude tedy brán důraz na čistotu oken a odrazových ploch zpětných zrcátek.

Na základě analýzy současného stavu vhodné provést komplexní analýzu jednotlivých dílčích problémů, resp. cílů vymezených v **kap. 1.2**:

1. ***Definovat pojem „doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem.***

Jak již bylo uvedeno, dosud neexistuje dostatek relevantního množství údajů, které by dávaly jednoznačnou a dostatečnou informaci o tom, jak dlouho trvá řidiči vyhodnocení situace za vozidlem prostřednictvím nepřímého výhledu při dopředné jízdě a tato doba není definována z hlediska jejího počátku a konce. Z provedené analýzy současného stavu lze pro potřeby této práce vycházet ze složek reakční doby. V případě nepřímého výhledu a reakce na podnět ve zpětném zrcátku budou pro stanovení doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem podstatné dvě složky reakční doby, a to optická a psychická. Obvyklé délky těchto úseků byly některými z autorů specifikovány. Bylo to ale ve vztahu k přímému výhledu z vozidla a reakci na nebezpečnou situaci před vozidlem. V našem případě je situace jiná, a to vzhledem ke skutečnosti, že zde vzniká potenciálně nebezpečná situace za vozidlem, a tato si vyžaduje cílenou kontrolu, nebo kontrolu realizovanou např. na základě periferního vjemu.

První problém tedy není možné na základě provedené rešerše současného stavu vyřešit a je nutné ho řešit až provedením a analýzou výsledků realizovaných vhodných experimentů.

2. ***Stanovit vybrané faktory ovlivňující délku doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem podstatné pro splnění cílů této práce.***

S druhým dílčím problémem se lze na základě provedené analýzy vypořádat částečně. Faktory ovlivňující vnímání řidičů byly popsány v **kap. 2.7**. Jak je zřejmé, na vnímání a následnou reakci může mít vliv množství faktorů, a jejich vzájemných kombinací. Vzhledem k tomu, že v případě této práce není možné komplexně vypořádat všechny vlivy a bude se v tomto směru jednat o pilotní studii, byly v **kap. 2.8** vybrány některé z ovlivňujících faktorů s cílem, zjistit minimální hodnoty dob potřebných ke kontrole. Tyto minimální doby pak bude možné v případě zhoršených podmínek na soustavě řidič – vozidlo – okolí variovat, tedy navyšovat.

Pro účely této práce budou v potaz brány především vlivy okolí:

a) experimenty budou prováděné v denní a noční době (světlo/tma – patří mezi významné faktory omezující vnímání), žádné další omezení viditelnosti na straně okolí či vozidla ale není přípustné,
b) experimenty budou prováděné v městském a mimoměstském provozu,
c) při analýze dat musí být zohledněn okolní provoz, především ta skutečnost, zda se za vozidlem probanda nachází jiné vozidlo, či jiný účastník silničního provozu,
d) důležitý vliv může mít na délku vnímání také konkrétní operace, jízdní manévr, v souvislosti se kterým je kontrola nepřímým výhledem realizována.

Pro účely experimentu a analýzy získaných dat jsou tedy stanoveny základní vlivy, které bude nutno posuzovat. A tyto bude na základě experimentů a samotného vyhodnocení možné následně analyzovat.

Druhý dílčí problém byl tedy v teoretické rovině částečně vyřešen. Na základě provedených experimentů je ale potřeba tyto úvahy ověřit.

3. ***Nalézt, navrhnout, připravit a realizovat vhodné experimenty pro kvantifikaci doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem a tím kvantifikovat dobu potřebnou ke kontrole situace za vozidlem potřeby soudního inženýrství a soudního znalectví.***

Na základě analýzy současného stavu je zřejmé, že existují vhodné metody pro realizaci experimentu, který umožní zjišťování dob potřebných k vyhodnocení situace za vozidlem prostřednictvím nepřímého výhledu. Jako nejvhodnější se jeví využití eyetrackingu pro přesné sledování směru pohledu řidiče, sakád, resp. přesunů pohledu a fixací. Tyto mohou být doplněny především

o vozidlová data, čímž vznikne ucelený soubor údajů, umožňující vyhodnotit chování řidičů v konkrétních situacích. Jako nejvhodnější se jeví provedení experimentů v reálném silničním provozu, při kterých je možné použít technické vybavení, kterým disponuje ÚSI VUT v Brně. Plánování a vyhodnocení konkrétních experimentů budou věnovány další kapitoly této práce.

Na základě realizace a vyhodnocení samotných experimentů bude pak možné kvantifikovat dobu potřebnou k vyhodnocení situace za vozidlem.

Analýza současného stavu ukázala, že řešení definovaných problémů je možné, je ale vhodné na základě analýzy současného stavu poznání změnit pořadí 3 řešení problémů následovně:

1. Stanovit vybrané faktory ovlivňující délku doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem podstatné pro splnění cílů této práce.
2. Nalézt, navrhnout, připravit a realizovat vhodné experimenty pro kvantifikaci doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem pro potřeby soudního inženýrství a soudního znalectví.
3. Definovat pojem „doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem“

3 NÁVRH PROVEDENÍ EXPERIMENTU

Z hlediska systémové metodologie se experiment dělí na 4 struktury, jedná se o část procesní, technickou, programovou a teoretickou [50]. Návrh experimentu jako součást řešeného problému č. 2 reflektuje veškeré aspekty z provedené analýzy současného stavu poznání včetně formulace podstatných řešených či eliminovaných faktorů (veličin) ovlivňujících délku doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem (problém č. 1).

Procesní část struktury experimentu

1) Návrh experimentálního objektu

- Experimentálním objektem bude řidič, resp. řidiči vyhodnocující situaci za vozidlem.
- Při výběru experimentálních objektů je nutno přihlížet na různé omezující faktory, viz **kap. 2.7.** Pro účely experimentu budou vybíráni zdraví jedinci bez tělesných či psychických omezení, bez zrakových vad (pokud se bude vyskytovat zrakové omezení, bude kladen důraz na to, aby tito používali předepsané kompenzační pomůcky). Mělo by se jednat o zkušené jedince v produktivním věku, s vyloučením mladých řidičů a řidičů seniorů. Při experimentu bude dále nutno umožnit eliminaci únavy.

2) Návrh aktivace objektu – aktivační objekt

- Při návrhu aktivace objektu, resp. při výběru aktivačního objektu je nutno vzít v potaz ten fakt, že člověk je živou entitou a specifičnost problematiky řešené v této práci. Dle [50] se u člověka se vyskytují tyto 3. typy aktivací:

  „Aktivace latentní *– člověk je aktivován ze svého okolí, taktéž u něho vznikají psychické procesy, ovšem s takovým výsledkem, že na aktivaci nereaguje žádnými projevy do okolí. Projev je jakoby skrytý, navenek se neprojevuje, odtud i pojem latentní aktivace.*

  Aktivace kauzální *– člověk je aktivován ze svého okolí tak, že u něho vznikají psychické procesy s takovým výsledkem, že na aktivaci reaguje projevy do svého okolí. Aktivace je tedy příčinou jeho projevů, proto označení aktivace příčinná. Tento typ aktivace je charakteristický pro neživé objekty.*

  Aktivace účelová *– aktivace člověka má zdroj v něm samém za účelem něco vykonat. Je to problematika motivace jedince, též zaměřenosti jedince.“*

Ve vztahu k řidičově kontrole situace za vozidlem prostřednictvím zařízení pro nepřímý výhled lze uplatnit všechny tři druhy aktivace. Tedy, že řidič reaguje na situaci vznikající v jeho okolí, ale vyhodnotí ji jako bezpečnou, a tedy neprovede zásah do řízení vozidla, tedy nevyšle do prostředí žádné měřitelné

projevy – ***latentní aktivace***. Nebo naopak, situaci vyhodnotí jako nebezpečnou, a pro odvrácení potenciálního nebezpečí bude reagovat, a tedy jeho motorická odezva bude důkazem jeho vnitřní aktivace – ***kauzální aktivace***. A poslední možnost aktivace, souvisí s povinností řidiče mít přehled o situaci kolem vozidla, tedy v rámci předcházení vzniku nebezpečných situací se rozhoduje vnitřně, tedy jedná se o ***účelovou aktivaci***. Prakticky lze pak aktivace ve vztahu k nepřímé kontrole situace definovat takto:

Primární aktivací může být vizuální vjem situace kolem vozidla (situace před vozidlem, po stranách, nebo periferní vjem obrazu v zrcátku), která si vyžaduje řešení, nebo se může jednat o vnitřní rozhodnutí, na základě této primární aktivace řidič přesune svůj pohled do zrcátka nebo na displej a provede vizuální kontrolu prostřednictvím zařízení pro nepřímý výhled.

Sekundární aktivací je pak obraz v zrcátku nebo na zobrazovacím zařízení (podnět tvořený jinými účastníky silničního provozu, kteří mohou, ale také nemusí být pro experimentální objekt potenciálním nebezpečím). Na základě této sekundární aktivace pak řidič může nebo nemusí provést zamýšlený jízdní manévr, tedy v tomto případě se jedná o aktivaci kauzální nebo latentní.

Při analýze chování řidiče, je pro účely této práce nutné brát v potaz jak primární, tak sekundární aktivaci. Pro získání relevantních dat je potřebné, aby řidiči (měřené objekty) nebyli obeznámeni o způsobu aktivace.

3) Návrh měřicí metody

- Pro měření chování řidiče bude použita metoda eyetrackingu a současně snímání vybraných vozidlových dat. Měřicí metoda musí umožňovat především synchronní záznam všech dat nebo možnost jejich dodatečné synchronizace.

4) Návrh měření

- Pro dosažení stanovených cílů, resp. vyřešení dílčích problémů se jeví jako nejvhodnější měření v reálném silničním provozu. Vzhledem k významnosti rozdílů vnímání za světla a za tmy budou měření realizována v denních i v nočních podmínkách, bez dalších viditelnost ovlivňujících faktorů jako déšť, mlha, sněžení atd. Měření budou probíhat na různých typech komunikací s různým typem dopravy. Pro potřeby této práce bude realizováno několik měření tak, aby naměřený soubor dat pokryl výše uvedené podmínky, popis jednotlivých měření bude proveden v samostatné kapitole.

5) Návrh systému veličin

- ***Podnětové veličiny*** (typ podnětu) – pro sekundární aktivaci je podstatný obraz v zpětném zrcátku, ve kterém se mohou, ale také nemusí, zobrazovat jiní účastnící silničního provozu (vozidla, cyklisti, chodci atd.) podnětovou veličinou proto může být také v zrcátku se pouze zobrazující volný dopravní prostor za vozidlem.
- ***Projevové veličiny*** (vedoucí k projevu řidiče) – pro analýzu projevů řidiče jsou pro potřeby této práce důležité tyto veličiny: směr pohledu, změna směru pohledu, délka sakády, resp. přesunu pohledu a délka fixací, tedy časová náročnost těchto úkonů. Dále také poloha ovládacích prvků vozidla, především poloha akceleračního a brzdového pedálu, natočení volantu a případně poloha ovladače směrových světel.

6) Návrh vyhodnocení měření

- Pro potřeby vyhodnocení měření a získání dat bude provedena analýza videozáznamů, ve kterých je zaznamenán směr pohledu řidiče. Z tohoto záznamu budou metodou frame-by-frame (po jednotlivých snímcích) získávány údaje o době trvání fixací a změn směru pohledu (přesunech pohledu, sakádách) v souvislosti se zpětnými zrcátky (a s tím související chování objektu - probanda). Z videozáznamů a synchronizovaných vozidlových dat bude analyzována poloha,

resp. stav některých ovládacích prvků vozidla. Z uvedených dat, bude statisticky zpracovaný soubor dat, který bude následně graficky znázorněn ve formě statistických krabicových grafů zobrazující výsledky časové náročnosti uvedených úkonů.

Technická část struktury experimentu

Každý z experimentů bude realizován s řidičem, který bude řídit osobní vozidlo. Řidič bude mít nasazený eyetracker a současně budou snímána vybraná vozidlová data. Přesný typ hardwarového vybavení bude uveden v samostatné tabulce v kapitole věnované konkrétnímu měření.

Programová (softwarová) část struktury experimentu

Pro záznam a vyhodnocení potřebných dat je nezbytné také softwarové vybavení. Přesný typ softwarů použitých pro záznam a vyhodnocení dat bude uveden v samostatné tabulce v kapitole věnované měření.

Teoretická část struktury experimentu

Při měření eyetrackingu se vychází z poznání zrakového vnímání, a to ze skutečnosti, že oko reaguje na podněty mimovolně.

4 REALIZACE EXPERIMENTŮ

Pro potřeby naplnění cílů této práce bylo potřeba realizovat, z důvodů, které vyplynuly z rešerše současného stavu poznání, měření v reálném silničním provozu. Celkem byly v rámci této práce realizovány a vyhodnoceny 3 rozsáhlé série měření dále označené jako měření I až III.

V průběhu měření byla sledována poloha očí (pro potřeby stanovení směru pohledu a trvání doby jednotlivých sekvencí - přesuny/fixace) pomocí eyetrackerů (I - Viewpointsystem®, II - Pupil Labs a III – Dikablis). Dále byla sledována vozidlová data jako např. rychlost, poloha akceleračního a brzdového pedálu. Analýza záznamů pak probíhala pomocí různých softwarů (I - VideoEdit (vytvořený přímo pro toto měření), II – VirtualDub a III – D-Lab). Pro zpracování dat byl použit MS Excel.

Měření I bylo realizováno v rámci projektu TAČR *TD 02239 - Posilování právní jistoty při technickém posuzování dopravních nehod s chodci za snížené viditelnosti*, formou jízdních zkoušek v běžném silničním provozu za viditelnosti snížené tmou. Trasa v délce cca *23 km* se nacházela mezi obcemi Lednice, Břeclav a Valtice.

Pro měření byla použita dvě srovnatelná vozidla Škoda Yeti a jednotlivých měřicích jízd se zúčastnilo celkem 26 řidičů v průběhu tří měřicích dnů. Pro potřeby této práce byla relevantní data z celkem 17 jízd. Řidiči byli ve věku od 30 do 45 let a jednalo se o zkušené řidiče. Primárním cílem měření byla analýza reakce na chodce a za tímto účelem se na trase nacházeli figuranti. Pro účely této práce bylo možné využít cca 370 situací, převážně spojených s jízdním manévrem objížděním chodce.

Autor této práce nebyl přímo autorem experimentu, na měření se podílel jako figurant a vedoucí posádky figurantů na úseku Břeclav – Lednice. Podílel se rovněž na přípravě, organizaci a vyhodnocení experimentu pro účely projektu. Vzhledem k tomu, že experiment navržený pro potřeby této práce v **kap. 3** odpovídá svými parametry experimentu prováděnému v rámci projektu, byla naměřená data použita pro verifikaci navrženého experimentu a metody vybrané pro analýzu dat.

Analýza dat prokázala, že navržený experiment je vhodný pro potřeby analýzy doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem (problém č. 2). Současně se ukázalo, že vozidlová data mohou být podpůrným nástrojem pro analýzu chování řidiče v souvislosti s jeho kontrolou situace za vozidlem, ale pouze v minimu případů. Je to dáno především dvojí aktivací řidiče, např. v případech před objetím

chodce řidiči uvolnili pedál akcelerátoru, aktivovali znamení o změně směru jízdy, aktivovali brzdový pedál či natočili věnec volantu směrem doleva, nezávisle na kontrole situace za vozidlem, v mnoha případech ještě před nebo souběžně s přesunem zraku do zpětného zrcátka. Ve většině případů nelze tedy na základě vozidlových dat analyzovat konec psychické a počátek motorické reakce v důsledku aktivace obrazem ve zpětném zrcátku. V tomto ohledu byl ve vztahu k aktivaci řidiče (obrazem ve zpětném zrcátku) nejvýznamnějším údajem především úhel natočení volantu, který bylo možné analyzovat i z videozáznamu. Byl nalezen vztah mezi počátkem natáčení věnce volantu a koncem fixace pohledu do zpětného zrcátka. ***Z provedené analýzy chování řidičů ve vztahu k řešení problému č. 3, tedy definice doby potřebné pro kontrolu situace za vozidlem vyplynula hypotéza, že doba, kterou potřebuje řidič ke kontrole situace za vozidlem, je ve většině případů ohraničená počátkem přesunu pohledu směrem do zpětného zrcátka a koncem fixace pohledu do něj.***

Většina analyzovaných situací souvisela s kontrolou situace za vozidlem před objetím chodce a po jeho objetí.

Měření II bylo realizováno v rámci specifických vysokoškolských výzkumů *FEKT/ÚSI-J-16-3549* a *ÚSI-J-16-3713* v roce 2016 a autor této práce experimenty navrhoval, připravoval, organizoval a v neposlední řadě vyhodnocoval. Trasa měření byla navržena v rámci města Brna s ohledem na rozmanitost jízdních situací – odbočování vlevo, křížení dráhy tramvaje, jízda po víceproudé komunikaci, změna pruhů atd. Měření realizovaného během dne při nesnížené viditelnosti se účastnilo v průběhu dvou měřicích dní celkem 11 zkušených řidičů ve věku 24 až 55 let. Pro účely této práce bylo analyzováno cca 390 různých situací.

Měření III bylo realizováno v roce 2019 v Brně. Trasa měření byla opět navržena v rámci města Brna s ohledem na rozmanitost jízdních situací – odbočování vlevo, křížení dráhy tramvaje, jízda po víceproudé komunikaci, změna pruhů atd. Měření se v průběhu dvou měřicích dnů účastnilo celkem 12 zkušených řidičů ve věku od 22 do 37 let. Bylo koncipováno tak, aby každý z řidičů absolvoval jednu jízdu v denní a jednu jízdu v noční době. V případě obou jízd nebyla viditelnost snížená žádným jiným vlivem jako např. mlha, déšť apod.

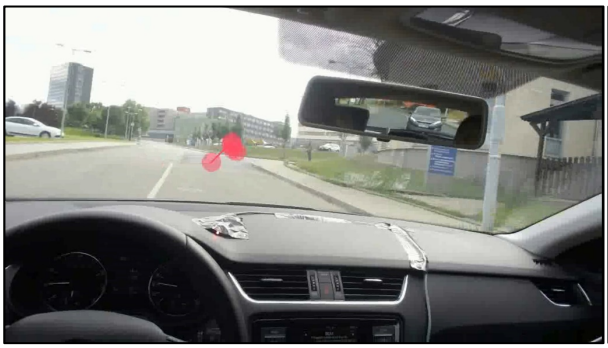
5 ANALÝZA NAMĚŘENÝCH DAT

5.1 PŘEDPOKLADY A POŽADAVKY KLADENÉ NA ANALÝZU

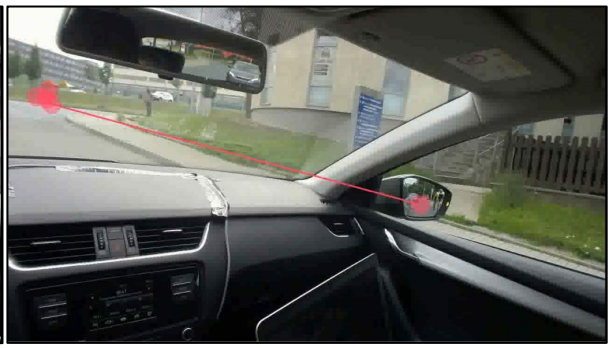
Data naměřená v průběhu všech tří měření byla zpracována pomocí softwarových nástrojů uvedených v **kap. 4**. Informace o směru pohledu byly analyzovány metodou frame-by-frame (po jednotlivých obrázcích videa), přičemž byla zaznamenávána délka jednotlivých sekvencí pohledu souvisejících s kontrolou situace za vozidlem prostřednictvím zpětných zrcátek. Počátkem kontroly situace za vozidlem, ke které dochází v důsledku primární aktivace řidiče (latentní, kauzální či účelové), je okamžik ukončení fixace na scénu před přesunem pohledu do zpětného zrcátka, viz **obr. 2**. V tomto okamžiku dochází k počátku přesunu pohledu do zpětného zrcátka, tento přesun je ukončený počátkem fixace obrazu ve zpětném zrcátku, viz **obr. 3**. Fixace, v průběhu které řidič sleduje situaci za vozidlem prostřednictvím zpětného zrcátka, je tedy ohraničena dvěma přesuny zraku, resp. sakádami. Na **obr. 4** je znázorněn konec fixace a současně počátek přesunu pohledu zpět do scény. Konec přesunu pohledu a počátek nové fixace ve scéně je znázorněn na **obr. 5**.

Celkem bylo tímto způsobem pro potřeby této práce analyzováno cca 3500 rozličných situací, kdy byla řidičem provedena kontrola situace za vozidlem. Informace o směru pohledu řidiče byly i v případě měření II a III srovnávány s vozidlovými daty, přičemž se potvrdila skutečnost zjištěná v průběhu verifikační analýzy provedené na základě měření I (viz **kap. 4**), o malé relevanci většiny

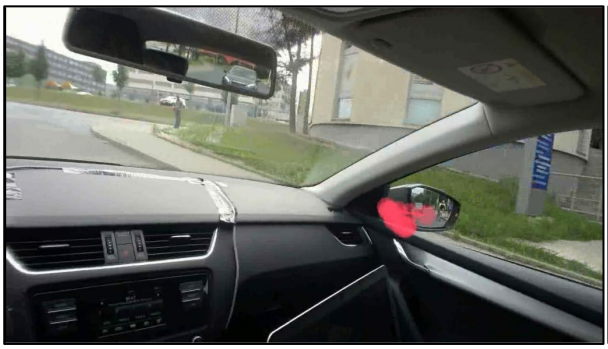
vozidlových dat pro analýzu chování, resp. reakcí řidiče ve vztahu ke kontrole situace za vozidlem, viz mj. také **obr. 2,** kde LED dioda signalizuje aktivaci brzdového pedálu ještě před započetím kontroly.



Obr. 2: *Počátek přesunu pohledu [75]*



Obr. 3: *Počátek fixace [75]*



Obr. 4: *Konec fixace [75]*



Obr. 5: *Konec přesunu [75]*

Z analýzy chování řidičů je zřejmé, že pokud dojde, v důsledku kontroly situace za vozidlem ke kauzální aktivaci řidiče, k motorické odezvě dochází buďto v průběhu fixace pohledu do zpětného zrcátka nebo současně s koncem fixace pohledu do zpětného zrcátka. Současně se tedy potvrdila ***hypotéza, že doba, kterou potřebuje řidič ke kontrole situace za vozidlem, je ve většině případů ohraničená počátkem přesunu pohledu směrem do zpětného zrcátka a koncem fixace pohledu do něj***.

Bylo tedy nalezeno řešení 1. problému**.** V souladu s tím probíhalo vyhodnocení dat a za dobu potřebnou k vyhodnocení situace za vozidlem byl brán součet doby trvání přesunu pohledu ze scény do zrcátka a fixace pohledu do zrcátka.

V **kap. 2.7** této práce byly definovány faktory, které mohou ovlivňovat vnímání řidiče při kontrole situace za vozidlem, a tedy mohou mít vliv na celkovou dobu jejího trvání. V potaz byly vzaty především vlivy okolí, experimenty byly tedy prováděny za různých podmínek, a to je potřebné zohlednit i při jejich vyhodnocení.

Analýza tedy zohledňuje tyto faktory:

a) situace za vozidlem – přítomnost vozidla či jiného účastníka silničního provozu za měřicím vozidlem,
b) denní a noční doba,
c) městský a mimoměstský provoz,
d) druh operace, kterou řidič provádí.

- Existuje totiž předpoklad, že také typ řidičem prováděné operace, může být také jedním z faktorů, které budou ovlivňovat délku doby potřebné pro kontrolu situace za vozidlem. Tento předpoklad bude možné ověřit na základě provedení podrobné analýzy výsledků.

Druh operace, v souvislosti se kterou řidič provádí kontrolu situace za vozidlem, se jeví pro potřeby této práce jako nejvhodnější způsob dělení zpracovaných výsledků provedených experimentů v reálném

silničním provozu (měření I až III). Dle tohoto klíče budou děleny následující podkapitoly. V první řadě bude věnována pozornost prosté kontrole, která se v průběhu jízdy vyskytuje nejčastěji. V dalších kapitolách pak bude analyzovaná kontrola situace za vozidlem související s jízdnými manévry předjíždění, odbočování, změnou jízdního pruhu, objetí chodce a předjetí cyklisty, objetí překážky, zastavování a rozjetí.

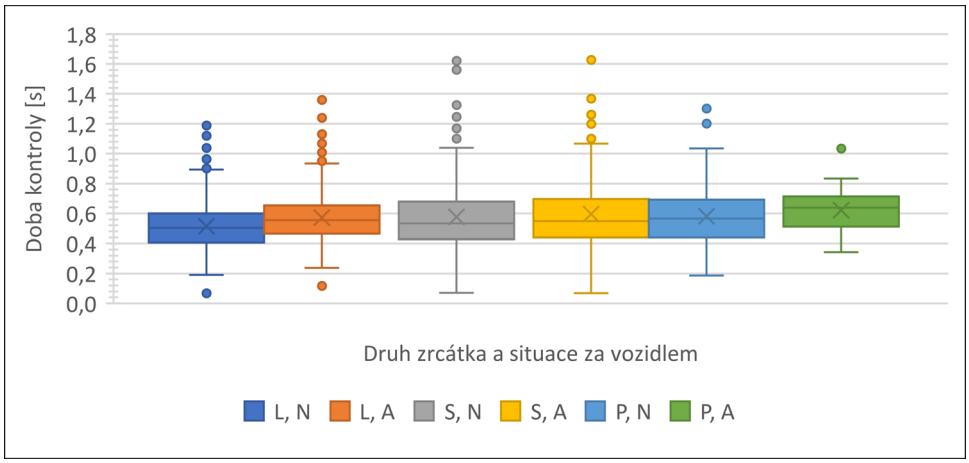
5.2 PROSTÁ KONTROLA SITUACE ZA VOZIDLEM

Jedná se o kontrolu, kdy dochází pouze k latentní aktivaci řidiče, tedy z jeho chování nejsou zřejmé do okolí žádné projevy. Jedná se o nejčastěji se vyskytující operaci spojenou s kontrolou situace za vozidlem. V součtu všech 3 měření tvořil tento typ pohledů do zpětných zrcátek cca *50 %* všech zaznamenaných pohledů, přičemž cca 1000 kontrolních pohledů směrovalo do levého zpětného zrcátka, 500 do středového (interiérového) zpětného zrcátka a o málo víc než 100 kontrolních pohledů bylo věnováno pravému zpětnému zrcátku. Z výše uvedeného je tedy zřejmé, že prostou kontrolu situace za vozidlem by nebylo vhodné opomínat, právě naopak: může posloužit k vytvoření základního souboru dat, se kterým pak bude možné srovnávat délku trvání ostatních typů kontrol navázaných na konkrétní jízdní situace jako je předjíždění, odbočování atd.

Prvotní analýza doby pohledů při prosté kontrole byla rozdělena dle druhu zrcátka (levé, středové, pravé) a u každého jednotlivého druhu zrcátka byla analyzována délka kontroly situace za vozidlem ve vztahu ke kombinaci jednotlivých ovlivňujících prvků v následujícím pořadí:

1) Situace za vozidlem: ovlivnění vnímání situace, resp. řidiče tím, zda se za měřicím vozidlem nacházelo nebo nenacházelo jiné vozidlo, či účastník silničního provozu.
2) Denní doba: ovlivnění vnímání situace, resp. řidiče okolními světelnými podmínkami, denní světlo nebo noční tma.
3) Typ silnice: ovlivnění vnímání situace, resp. řidiče okolním prostředím, tedy zda se řidič pohyboval v městském prostředí anebo na silnici v extravilánu, příp. na silnici dálničního typu.

Analýza dle výše uvedeného dělení ukázala, že nejvýznamnějším faktorem, který ovlivňuje délku kontroly situace za vozidlem, je existence či neexistence provozu za vozidlem. Na **obr. 6** a v **tab. 1**, jsou porovnány doby trvání prosté kontroly v jednotlivých zpětných zrcátkách v závislosti pouze na tomto parametru. Nejnižších dob kontroly dosahovali řidiči při prosté kontrole levým zpětným zrcátkem v případech bez provozu za vozidlem, střední hodnota doby kontroly byla v těchto případech cca *0,50 s*. Ve všech dalších případech bylo dosahováno delší doby kontroly. Zajímavá situace existuje v případě středového zpětného zrcátka, kdy jsou grafy téměř identické, a to i co se týče odlehlých hodnot. V případě pravého zrcátka je vliv provozu za vozidlem nejmarkantnější. Logická je zde i nejdelší střední doba trvání kontroly (v obou případech) daná polohou zrcátka nejvíce vzdálenou od osy přímého pohledu řidiče směrem vpřed před vozidlo.



Obr. 6: *Kontrola situace za vozidlem v závislosti na situaci za vozidlem*

Legenda: Druh zrcátka: (L) levé, (S) středové – interiérové, (P) pravé.
Situace za vozidlem: (N) bez dopravy, (A) s dopravou.

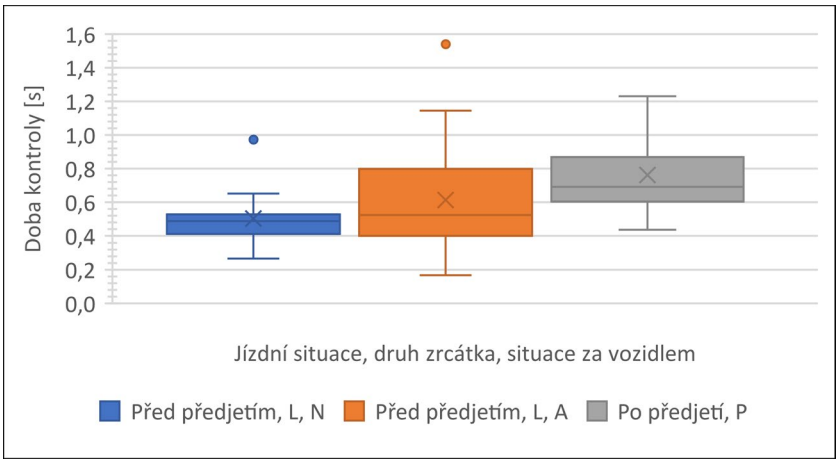
Tab. 1: *Doby trvání prosté kontroly v závislosti na druhu zrcátka a situaci za vozidlem*

	L,N	**L,A**	**S,N**	**S,A**	**P,N**	**P,A**
	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]
25. percentil	*0,406*	*0,465*	*0,429*	*0,440*	*0,439*	*0,512*
Medián	*0,504*	*0,555*	*0,534*	*0,549*	*0,565*	*0,638*
75. percentil	*0,601*	*0,654*	*0,680*	*0,697*	*0,692*	*0,713*
Průměr	*0,515*	*0,573*	*0,577*	*0,595*	*0,580*	*0,622*

Při analýze trvání dob kontroly situace za vozidlem v souvislosti s dalšími jízdními operacemi bude přihlíženo k zjištěné skutečnosti, že nejvýznamnějším faktorem na dobu trvání kontroly je situace za vozidlem.

5.3 PŘEDJÍŽDĚNÍ

Získané doby trvání kontroly situace za vozidlem zpětnými zrcátky, v souvislosti s jízdním manévrem předjíždění, jsou zřejmé z **obr. 7** a **tab. 2**. Střední hodnota doby potřebné ke kontrole před započetím jízdního manévru předjíždění v případech bez provozu za vozidlem činila cca *0,49 s* a v případech s provozem za vozidlem cca *0,52 s.* Zde je nutné poukázat na značně široký interval dosahovaných hodnot. V obou případech bylo vycházeno z pohledů do levého zpětného zrcátka, zbylá zrcátka řidiči používali před tímto jízdním manévrem pouze sporadicky a jednalo se o jednotky pohledů v rámci celého statistického souboru. Při ukončování jízdního manévru předjíždění použili řidiči v téměř všech případech pravé zpětné zrcátko, přičemž byla zjištěna střední hodnota doby kontroly cca *0,69 s*. V jednotkách případů bylo při této operaci použité středové zpětné zrcátko, nebyl ale dosažen dostatečný statistický soubor pro analýzu využití tohoto zrcátka.



Obr. 7: *Kontrola situace za vozidlem při předjíždění*

Legenda: Jízdní situace: (Před předjetím) kontrola před započetím předjíždění, (Po předjetí) – kontrola v rámci ukončování jízdního manévru předjíždění

Druh zrcátka: (L) levé, (P) pravé.

Situace za vozidlem: (N) bez dopravy, (A) s dopravou, v případě zařazování vozidla po předjetí řidič vždy kontroluje předjeté vozidlo, a tedy je uvažováno ve všech případech, že se za ním jiné vozidlo nachází, z tohoto důvodu není v legendě grafu uvedena zkratka pro situaci za vozidlem.

Tab. 2: *Doby trvání kontroly zpětnými zrcátky při předjíždění*

	Před předjetím, L, N	**Před předjetím, L, A**	**Po předjetí, p**
	[s]	*[s]*	*[s]*
25. percentil	*0,411*	*0,401*	*0,603*
Medián	*0,488*	*0,523*	*0,692*
75. percentil	*0,527*	*0,798*	*0,869*
Průměr	*0,503*	*0,614*	*0,762*

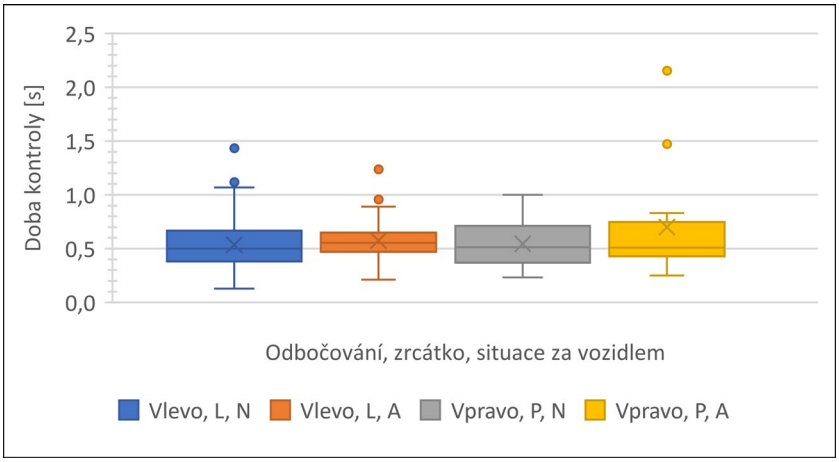
Krátkých dob kontroly, dosahovali řidiči podobně jako v předešlých případech v situacích, kdy směr pohledu před přesunem do zrcátka směroval do blízké oblasti, tedy do oblasti kolem levého A-sloupku při levém zpětném zrcátku a do pravé oblasti čelního skla nebo pravého předního okna při kontrole prostřednictvím pravého zpětného zrcátka.

Delší doby v případě kontroly před předjetím nebyly opět ve většině případů zapříčiněny žádným významným prvkem. V jednom případě se ve vedlejším jízdním pruhu již nacházelo jiné vozidlo a situace tedy vyžadovala od řidiče delší analýzu jeho polohy, resp. rychlosti. V dalším případě řidič předjížděl v táhlé pravotočivé zatáčce, došlo k zhoršení výhledových poměrů, a tedy k prodloužení fixace, což jsou faktory, které lze obecně vždy popisovat jako faktory prodlužující tuto dobu. V případě nejodlehlejší hodnoty, kdy kontrola trvala cca *1,44 s*, řidič začal měnit směr jízdy, přejíždět přes středovou dělicí čáru, již v době fixace pohledu do zpětného zrcátka.

5.4 ODBOČOVÁNÍ

Získané doby trvání kontroly situace za vozidlem zpětnými zrcátky, v souvislosti s jízdním manévrem předjíždění jsou zřejmé z **obr. 8** a **tab. 3**. Zde zpracované hodnoty jsou pro lepší názornost zobrazeny jak pro odbočování vlevo, tak i vpravo. V ojedinělých případech řidiči kontrolovali před odbočením situaci za vozidlem také prostřednictvím středového zpětného zrcátka, nejednalo se však o dostatečně velký statistický soubor vhodný pro vyhodnocení. I v tomto případě se prokázalo, že délku kontroly omezuje situace za vozidlem. V případě provozu za vozidlem byla střední hodnota doby kontroly levým zrcátkem delší o cca *60 ms*. V případě pravého zrcátka byly střední doby v zásadě

identické. Z **obr. 8** je zřejmé, že interval box plotu je posunutý směrem k vyšším hodnotám, viz také hodnoty 25. a 75. percentilu. Hodnoty střední doby kontroly pro levé a pravé zpětné zrcátko leží v relativně úzkém intervalu od cca *0,50 s* do *0,55 s.* Tato skutečnost je dána mj. tím, že řidiči se obvykle dívali do místa, kam chtěli odbočovat, resp. směrem odbočení, tedy pohledy směrovaly do stran čelního skla nebo i do bočních oken, tedy v mnoha případech bylo dosahováno velmi krátké doby přesunu pohledu v intervalu od *30* do *100 ms*.



Obr. 8: *Kontrola situace za vozidlem při odbočování*

Legenda: Odbočování: (Vlevo) vozidlo odbočuje vlevo, (Vpravo) vozidlo odbočuje vpravo.
Druh zrcátka: (L) levé, (P) pravé.
Situace za vozidlem: (N) bez dopravy, (A) s dopravou.

Tab. 3: *Doby trvání kontroly za vozidlem při odbočování*

	Vlevo, L, N	**Vlevo, L, A**	**Vpravo, P, N**	**Vpravo, P, A**
	[s]	[s]	[s]	[s]
25. percentil	*0,381*	*0,469*	*0,370*	*0,430*
Medián	*0,499*	*0,554*	*0,512*	*0,508*
75. percentil	*0,667*	*0,650*	*0,711*	*0,747*
Průměr	*0,536*	*0,574*	*0,543*	*0,699*

Extrémně krátkých dob kontroly do cca *0,3 s* dosahovali řidiči podobně jako již v předešlých případech v situacích, kdy směr pohledu před přesunem do zrcátka směroval do blízké oblasti, tedy do oblasti kolem levého A-sloupku při levém zpětném zrcátku a do pravé oblasti čelního skla nebo pravého předního okna při kontrole prostřednictvím pravého zpětného zrcátka. Jak bylo popsáno výše, při tomto jízdním manévru se pohled do oblastí blízkých umístění zrcátek projevuje markantně.

Delší doby v případě kontroly před odbočením byly ve většině případů zapříčiněny v souvislosti s jízdou v odbočovacím pruhu, když řidič zpomaloval, nejelo před ním jiné vozidlo, ale protisměrný provoz nedovoloval odbočení vlevo. V některých případech, podobně jako u všech předešlých typů kontrol, nebyla zjištěna objektivní příčina delší doby kontroly, resp. fixace na objekt, který by mohl být potenciálně nebezpečný. K nebezpečné situaci došlo pouze jednou, kdy ještě před započetím odbočení bylo měřicí vozidlo předjeto jiným vozidlem, přičemž kontrola toto vozidla trvala probandovi *1,28 s*. Ve dvou případech (*1,15* a *1,43 s*) pokračoval řidič v kontrole levým zpětným zrcátkem i po započetí odbočování. Extrémně odlehlé hodnoty (*1,47* a *2,15 s*) v případě kontroly pravým zrcátkem vznikly v situacích, kdy řidiči odbočovali vpravo a současně pouštěli chodce na přechodu pro chodce a jejich rychlost byla v těchto případech minimální.

6 VÝSLEDKY, JEJICH LIMITACE A DISKUZE

V předešlé kapitole byly postupně analyzovány doby kontroly situace za vozidlem, které řidiči prováděli pomocí zpětných zrcátek v souvislosti s definovanými jízdními manévry. V **tab. *4*** jsou přehledně uvedeny zjištěné hodnoty pro *25. percentil*, *medián*, *75. percentil* a *průměr* dosahovaných hodnot doby potřebné ke kontrole situace za vozidlem.

Tab. 4: *Přehled doby trvání kontroly za vozidlem při jednotlivých jízdních operacích*

Jízdní operace	Kombinace faktorů	25. percentil	Medián	75. percentil	Průměr
		[s]	[s]	[s]	[s]
Prostá kontrola	*L,N*	*0,406*	*0,504*	*0,601*	*0,515*
	L,A	*0,465*	*0,555*	*0,654*	*0,573*
	S,N	*0,429*	*0,534*	*0,680*	*0,577*
	S,A	*0,440*	*0,549*	*0,697*	*0,595*
	P,N	*0,439*	*0,565*	*0,692*	*0,580*
	P,A	*0,512*	*0,638*	*0,713*	*0,622*
Předjíždění	*Před předjetím, L, N*	*0,411*	*0,488*	*0,527*	*0,503*
	Před předjetím, L, A	*0,401*	*0,523*	*0,798*	*0,614*
	Po předjetí, P	***0,603***	***0,692***	***0,869***	***0,762***
Odbočování	*Vlevo, L, N*	*0,381*	*0,499*	*0,667*	*0,536*
	Vlevo, L, A	*0,469*	*0,554*	*0,650*	*0,574*
	Vpravo, P, N	*0,370*	*0,512*	*0,711*	*0,543*
	Vpravo, P, A	*0,430*	*0,508*	*0,747*	*0,699*
Změna jízdního pruhu	*Do levého, L, N*	*0,437*	*0,548*	*0,699*	*0,606*
	Do levého, L, A	*0,473*	*0,600*	*0,786*	*0,654*
	Do pravého, P, N	*0,503*	*0,663*	*0,783*	*0,690*
	Do pravého, P, A	*0,586*	*0,785*	*0,967*	*0,823*
Objetí chodce a předjetí cyklistu	*Před objetím, L, N*	*0,400*	*0,447*	*0,558*	*0,484*
	Před objetím, L, A	*0,360*	*0,497*	*0,563*	*0,474*
	Před objetím, S, N+A	*0,361*	*0,465*	*0,526*	*0,461*
	Po objetí, S	***0,478***	***0,595***	***0,832***	***0,640***
	Po objetí, P	***0,640***	***0,760***	***0,848***	***0,775***
Objetí překážky	*Před objetím, L, N*	*0,429*	*0,533*	*0,706*	*0,590*
	Před objetím, L, A	*0,401*	*0,485*	*0,633*	*0,540*
	Po objetí, P	***0,514***	***0,691***	***0,794***	***0,662***
Zastavování	*Zastavování, L*	*0,510*	*0,613*	*0,810*	*0,683*
	Zastavování, S	*0,472*	*0,680*	*1,001*	*0,942*
Rozjetí		*0,523*	*0,689*	*0,992*	*0,788*
Celkem při změně koridoru		*0,431*	*0,550*	*0,705*	*0,599*
Celkem při návratu do koridoru		***0,593***	***0,719***	***0,824***	***0,723***
Z celého souboru dat		0,434	0,546	0,681	0,587
Z celého souboru mimo zastavování a rozjetí		0,434	0,542	0,680	0,579

Pro potřeby této práce bylo analyzováno chování celkem 40 řidičů ve věku od 22 do 55 let. Data pro tuto analýzu byla získána na základě provedení tří sérií experimentů zahrnujících rozmanité jízdní situace, které si vyžadovaly kontrolu situace za vozidlem s využitím nepřímého výhledu z vozidla prostřednictvím zpětných zrcátek. Analyzováno bylo téměř 3 500 takových situací.

Z provedené analýzy je zřejmé, že řidičům před započetím manévrů obvykle stačí na kontrolu situace za vozidlem doba v rozsahu (25. a 75. percentil) cca *0,4* až *0,8 s* (v případě přejezdu do pravého pruhu až *1,0 s*). Vyšších středních hodnot doby potřebné ke kontrole situace za vozidlem bylo zapotřebí vždy, když se řidiči vraceli do původního jízdního koridoru po předjetí vozidla a cyklisty, nebo objetí chodce a překážky. V těchto případech řidiči vždy kontrolovali předjížděný/objížděný objekt. Pro tyto jízdní operace byl zjištěn rozsah doby kontroly (25. a 75. percentil) cca od *0,5* do *0,8 s* pro středové zpětné zrcátko a o něco vyšší pro pravé zpětné zrcátko cca od *0,5* do *0,9 s*.

Z uvedeného je tedy zřejmé, že doba potřebná pro vyhodnocení situace za vozidlem prostřednictvím zpětných zrcátek obvykle nepřesahuje dobu *1 sekundy*.

Dále bylo zjištěno, že přesun pohledu v případě levého a středového zpětného zrcátka trvá obvykle od cca *0,08* do *0,16* s a v případě pravého zpětného zrcátka od cca *0,16* do *0,27 s* (25. a 75. percentil) a délka fixace pohledu v zpětném zrcátku se pohybuje nejčastěji v rozmezí od *0,3 s* do *0,6 s*. Procentuálně tedy v případě levého a středového zpětného zrcátka přesun z celkové doby kontroly trvá cca *20* až *25 %*. V případě zrcátka pravého je to až kolem *30 %* z celkové doby kontroly. Nemusí to být ale pravidlem, protože se vyskytují případy, kdy je k přesunu pohledu potřebná pouze krátká sakáda trvající cca *30* až *50 ms*, a to především v případech kdy pohled před přesunem do zrcátka směruje do jeho blízké oblasti.

Vliv na celkovou délku pohledu má mj. také oblast scény, do které směruje pohled před přesunem do zrcátka. V případech, kdy je pohled před přesunem směrován do blízkosti zrcátka, např. při levém zrcátku do levého předního okna nebo levé strany čelního skla v blízkosti A – sloupku, bývá dosahováno velmi krátkých časů, jednak přesunu ale i fixace. Vliv má na to mj. zřejmě i parafoveální a periferní vidění.

Při analýze měření bylo mj. zjištěno, že délka pohledu závisí také např. na nebezpečnosti dané situace, a i v případě nepřímého výhledu z vozidla se určitým způsobem uplatňuje koncept rizikové doby (angl. Time to collision – TTC), viz **kap. 2.4.1**, nebo je zde možné nalézt určitou analogii. V případech blízkého nebezpečí, kdy řidiči museli řešit i neočekávanou situaci, dosahovali běžných nebo spíše krátkých dob kontroly. V situacích, kdy řidičům nehrozilo žádné nebezpečí, doby kontroly byly rozloženy v rámci celého naměřeného spektra, od extrémně krátkých po dlouhé, kdy řidiči fixovali pohled do zrcátka i déle jak sekundu, přitom se ale před nimi ani za nimi nemusel nenacházet žádný jiný účastník silničního provozu. Samostatnou kapitolou jsou ale situace, kdy se za vozidlem nachází v relativně blízké vzdálenosti jiné vozidlo. V takových situacích se doba kontroly prodlužuje spíše k vyšším hodnotám 75. percentilu nebo i vyšším, a to především v těch situacích, kdy je rozdíl rychlostí vozidel malý, tedy řidiči potřebují na analýzu situace více času současně, ale situace není natolik nebezpečná, aby řidiči prováděli kontrolu tak, jak v případě blízkého nebezpečí. Tato skutečnost se projevuje především při zařazování, střídavém řazení („zipování“), změně jízdního pruhu, nebo při předjíždění na víceproudé komunikaci apod.

Důležitý faktorem pro délku trvání kontroly prostřednictvím zpětných zrcátek je správné nastavení sedadla a zrcátek. To bylo možné vidět např. na tom, že při správném nastavení řidičům stačily k přesunu zraku sakády nebo jen jemný pohyb hlavy. U řidičů, u kterých nedošlo k optimálnímu nastavení těchto prvků, bylo z důvodu kompenzace zorného úhlu potřebné i při kontrole levého a středového zpětného zrcátka výraznější natočení hlavy, což mělo vliv na prodlužování doby kontroly.

Při analýze získaných dat bylo možné sledovat rozličné strategie jednotlivých probandů a s tím např. i spojené délky doby kontroly. Pokud řidiči kontrolovali situaci za vozidlem průběžně (pravidelně), bez ohledu na to, které zrcátko pro kontrolu používali, byly zpravidla jejich doby kontroly kratší než

v případě řidičů, u kterých byla četnost kontrol nízká, nebo kontrolovali situaci pouze v případech, kdy chtěli započít některý z jízdních manévrů.

Co se týče rozdílných strategií: zajímavé bylo například sledovat chování řidičů při změně jízdního pruhu.

- Některým řidičům stačil před změnou pruhu jeden pohled do zpětného zrcátka, jehož délka odpovídala zjištěné střední hodnotě doby kontroly. Na konci fixace případně v průběhu přesunu zraku zpět do scény, či krátce po tomto přesunu, začali měnit koridor jízdy.
- Jiná skupina řidičů sice také prováděla před změnou pruhu pouze jeden kontrolní pohled, ale změnu koridoru začali provádět ještě v průběhu fixace. V takovýchto případech nabývaly doby kontroly hodnot 75. percentilu a vyšších.
- Poslední třetí skupinu charakterizovala četnost pohledů před započetím tohoto jízdního manévru. V krátké době před změnou pruhu provedli kontrolu opakovaně nejčastěji 3 až 4 krát, přičemž doby kontroly dosahovaly nízkých nebo středních hodnot. Přesun zraku byl prováděn v zásadě pouze mezi situací před vozidlem a zrcátkem.

Zajímavá je také preference zrcátek. Nejčastěji používaným zrcátkem je levé zpětné zrcátko. Někteří řidiči ale preferují středové zrcátko, a to např. i v situacích, kdy by bylo zřejmě vhodnější použít některé z vnějších zrcátek. Typickým příkladem může být např. odbočování vpravo nebo zařazování po předjetí a objetí, kdy by bylo přirozené použití pravého zpětného zrcátka. Řidiči si přesto vybrali pro kontrolu středové zpětné zrcátko. Naopak v situacích, kdy je přirozené použití středového zpětného zrcátka, typicky při zastavování na křižovatce či v koloně, kdy většina řidičů kontroluje za nimi jedoucí, resp. zastavující vozidlo, se vyskytovali řidiči, kteří pro tuto činnost využívali některé z vnějších zpětných zrcátek, nejčastěji levé.

Limitací výsledků této práce může být vzorek probandů, tedy především jejich množství, ale i míra jejich zkušenosti. Vzorek 40 zkušených řidičů byl sice jednoznačně dostatečný pro splnění cílů této práce, což potvrzuje i poměrně malý rozptyl výsledků, jejich výběr byl ale realizován pro zajištění co nejkonzistentnějších dat a experiment byl plánován tak, aby byly co nejvíce eliminovány faktory, které mohou ovlivňovat vnímání člověka a tím prodlužovat kontrolu situace za vozidlem a následnou reakci. Zjištěné doby kontroly jsou spíše na dolní hranici a v individuálních případech mohou být delší např. při projevech únavy, nevyhovující psychofyziologické kondici řidiče, u nezkušených řidičů atd.

Částečnou limitací výsledků může být také použitá metoda měření. Eyetracking doplněný o vozidlová data sice řidiče nijak extrémně nezatěžuje, nicméně řidič tuší, že je jeho chování pozorováno, a i když netuší, které z parametrů jsou sledovány, může na něj tento fakt podvědomě působit a mít určitý vliv na jeho chování a dosahované časy kontrol a reakcí tak mohou být mírně zkresleny. Pro eliminaci tohoto vlivu by bylo vhodné v budoucnu užití vzdáleného sledování očí např. v naturalistických studiích, či při delších jízdních zkouškách, kdy si řidič časem na přítomnost měřicí aparatury zvykne.

Limitací této práce pro potřebný soudního inženýrství a analýzy silničních nehod může být také ta skutečnost, že pro aplikaci zjištěných dat je vhodné mít hlubší znalost problematiky kontroly situace za vozidlem prostřednictvím nepřímého výhledu. K rozšíření znalostí čtenáře, resp. znalce, který by chtěl tyto výsledky použít, může přispět samotná práce. Je ale nutné si uvědomit, že samotná kontrola je v zásadě vždy součástí složitějšího manévru a skládá se z primární a sekundární aktivace. Tudíž v případě analýzy nehodového děje je nutno mít na zřeteli, že s ní nelze zacházet pouze jako s tabulkovou hodnotou, jako je tomu často například v případě reakční doby, ale jako s jednou z komponent složitějšího jízdního manévru.

7 ZÁVĚR, NÁVRHY NA DALŠÍ VÝZKUM A PŘÍNOS PRÁCE

Dostatečná a včasná kontrola situace za vozidlem je důležitým faktorem pro bezpečnost silničního provozu. Znalost doby, která je k takové kontrole potřebná, může být užitečným faktorem například při analýze dopravních nehod prováděné znalcem.

Na základě problémové situace byly definovány tři problémy, jejichž vyřešení si tato práce kladla za cíl. Analýzou současného stavu bylo zjištěno, že jsou řešitelné, pouze bylo potřebné změnit jejich pořadí. Na základě provedené analýzy současného stavu a realizace experimentů dospěl autor této práce k následujícímu řešení definovaných problémů:

1. ***Stanovit vybrané faktory ovlivňující délku doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem podstatné pro splnění cílů této práce.***

Stanovení těchto vlivů bylo provedeno v **kap. 2.7** a vliv některých faktorů byl analyzován na základě provedených experimentů. Bylo zjištěno, že světelné podmínky (den/noc), typ silnice a provozu (město/mimo město) nemají významný vliv na trvání délky kontroly za vozidlem. Na délku kontroly měl vliv především druh prováděného manévru a také přítomnost jiného účastníka silničního provozu za vozidlem. Další vlivy jako věk (mladí/staří), nezkušenost, zhoršené podmínky viditelnosti, znečištěná okna nebo zrcátka, pohlaví, psychofyziologická kondice, únava, stres atd., které mohou zhoršovat vnímání a následnou reakci řidiče při kontrole situace za vozidlem, byly eliminovány při návrhu a realizaci experimentu. Tyto vlivy mohou být námětem pro další práce.

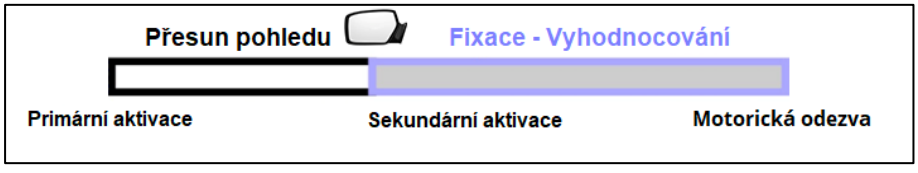
2. ***Nalézt, navrhnout, připravit a realizovat vhodné experimenty pro kvantifikaci doby potřebné k vyhodnocení situace za vozidlem pro potřeby soudního inženýrství a soudního znalectví.***

Na základě provedené analýzy současného stavu byl navržen a realizován experiment za použití metody eyetrackingu a současného sběru vozidlových dat. Analýzou získaných dat bylo pak možné definovat pojem „doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem“ a také stanovit pro jízdní manévry předjíždění, odbočování a další obvyklou dobu trvání této doby.

Bylo zjištěno, že zkušení řidiči potřebují ke kontrole situace za vozidlem v podmínkách, kdy není snížena, resp. omezena možnost jejích vnímání, dobu v rozsahu od cca *0,4* do *0,9 s* a tato doba obvykle nepřesahuje dobu *1 sekundy*.

3. ***Definovat pojem „doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem“.***

Doba potřebná ke kontrole situace za vozidlem (řešení problému č. 3), je ohraničená počátkem přesunu pohledu do zpětného zrcátka a koncem fixace pohledu do něj. V převážné většině případů řidiči začínají provádět potřebný manévr, například změnu jízdního koridoru, na konci fixace pohledu do zpětného zrcátka. Graficky je doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem navržena autorem této práce, vycházející z provedených experimentů, znázorněna na **obr. 9**.



Obr. 9: *Doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem*

Návrhy na další výzkum

Vzhledem k tomu, že se ukázalo, že na dobu kontroly situace za vozidlem má významný vliv okolní provoz, a především existence jiného účastníka silničního provozu za vozidlem, bylo by vhodné v budoucích měřeních lépe definovat, jaký vliv má na dobu kontroly vzájemná rychlost a vzdálenost,

resp. časový odstup vozidel a ověřit výše uvedené výsledky např. na základě definovaných jízdních scénářů.

Pro účely takového měření by mohly sloužit například různé snímače založené na principu ultrazvuku nebo radaru kontrolující situaci za vozidlem. Bylo by možné také použít senzor obdobný senzoru Mobileye, kterým je vybaven měřicí systém VTK instalovaný do měřicího vozidla BMW, který vlastní ÚSI VUT v Brně. Tento senzor funguje na principu kamery a umožňuje detekovat vozidla a chodce a dopočítat časový odstup od těchto účastníků silničního provozu. Dále by bylo vhodné tyto pilotní výsledky rozšířit především o kvantifikaci ovlivňujících faktorů, které byly při získání tohoto základního („ideálního") souboru probandů vyloučeny. Tyto faktory by s velkou pravděpodobností prodloužily dobu potřebnou ke kontrole situace za vozidlem. Mohlo by být prozkoumáno chování mladých, resp. nezkušených řidičů a řidičů seniorů. Dále lze zkoumat různé podmínky ovlivňující výhled, např. viditelnost zhoršená deštěm, sněžením, mlhou nebo také znečištěním skel či zařízení pro nepřímý výhled z vozidla. Prozkoumána by mohla být situace za vozidlem také např. ve vztahu k únavě, stresu, rozptýlení atd., což jsou relevantní náměty na další výzkum v této oblasti.

Přínos práce

Přínos této práce lze spatřit zejména ve třech oblastech, a to vědecko-teoretický, praktický a v neposlední řadě pedagogický.

Vědecko-teoretický přínos práce spočívá v provedené analýze současného stavu poznání, návrhu, realizaci a verifikaci experimentu pro měření a analýzu dob potřebných k vyhodnocení situace za vozidlem.

Praktický přínos je patrný zejména v oblasti analýzy dopravních nehod, kde se znalci často setkávají s otázkou na popis předstřetového pohybu vozidel a možnosti účastníků k tomu, aby nehodě zabránili. Tyto časoprostorové analýzy v případech změn směrů jízdy (především odbočování a předjíždění) souvisí také s dobou, která je pro kontrolu situace za vozidlem potřebná. Získaná data rozdělená na základě jízdních situací je možné obezřetně po zohlednění všech faktorů konkrétních nehod použít při analýze skutečných dopravních nehod. Práce jako celek také může přispět k rozšíření vzdělání znalců v oblastech týkajících se problematiky nepřímého výhledu z vozidla.

Přínos v pedagogické oblasti je možné spatřit např. při vzdělávání na odborných kurzech, výuce v bakalářských i magisterských oborech zaměřených na problematiku dopravních nehod a chování řidičů v silničním provozu. Získané znalosti mohou být uplatněny také při výuce v autoškolách pro studenty připravující se na získání oprávnění, ale např. i pro přeškolování řidičů, aby tak získali další vědomosti, které mohou zlepšit jejich chování v reálném silničním provozu, a to především v situacích, kdy je potřebné užití nepřímého výhledu z vozidla.

Na závěr považuje autor této práce za velmi důležité, zdůraznit skutečnost, která již byla naznačená v limitaci výsledků. Faktem je, že zjištěné hodnoty nelze použít jako pouhé tabelární hodnoty a znalec musí mít pro jejich interpretaci hlubokou znalost dané problematiky. Jak uvádí Semela [4]: „*Jednotlivé typy dopravních nehod se liší typem dopravního prostředku, jeho vlastnostmi, topologií, geometrií a strukturou, typem okolí objektu a vnějšími projevy, přičemž způsob přípravy a vytváření podstatných entit, parametrů, charakteristik a veličin a důsledky do okolí jsou podobné*". Tedy pokud znalec řeší konkrétní dopravní nehodu, je nutno k ní přistupovat jako k individuální problémové situaci a zohlednit všechny skutečnosti, které mohli mít vyliv na jednotlivé prvky soustavy řidič – vozidlo – okolí a tím na celkový průběh dané DN. Samotná doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem je vždy součástí komplexní operace, tedy např. je nutno vzít v potaz situaci před a za vozidlem, složitost dopravní situace, osobu řidiče, konstrukční uspořádání vozidla a zařízení pro nepřímý výhled vozidla a další faktory popsané v kap. 2.7 této práce.

Je nutné si uvědomit, že samotná kontrola je v zásadě vždy součástí složitějšího manévru a skládá se z primární a sekundární aktivace. Tudíž v případě analýzy nehodového děje je nutno mít na zřeteli, že s dobou kontroly situace za vozidlem nelze zacházet pouze jako s hotovu tabulkovou hodnotou, jako je tomu často například v případě reakční doby, ale jako s jednou z komponent složitějšího jízdního manévru. Doba potřebná k vyhodnocení situace za vozidlem nezahrnuje reakci na předešlou situaci v silničním provozu ani následnou odezvu vozidla, jedná se čistě o hodnotu vypovídající o času potřebném k analýze situace řidičem. V analogii k reakční době se jedná o optickou a psychickou složku této doby. V této práci byly zjištěny doby kontroly za ideálních podmínek, tedy nejkratší možné doby trvání kontroly situace za vozidlem. V případě řešení analýzy reálných dopravních nehod budou skutečné doby v závislosti na ovlivňujících faktorech v zásadě vždy delší. A tyto faktory je vždy nutno individuálně zohlednit.

Na základě výše uvedeného, je tedy s hodnotami zjištěnými v této práci potřebné pracovat velmi obezřetně!

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] JANÍČEK, Přemysl. *Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky: hledání souvislostí: učební texty*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. ISBN 9788072045556.

[2] *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2019* [online]. 2020 [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx

[3] *Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice v roce 2018* [online]. 2020 [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: https://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d

[4] SEMELA, Marek. *Systémové pojetí analýzy silničních nehod: The System Approach to Road Accident Analysis*. Habilitační práce. Brno, 2018. 139 s. Vysoké učení technické v Brně.

[5] COOK, S., SUMMERSKILL, S., MARSHALL, R., et al., 2011. *The development of improvements to drivers' direct and indirect vision from vehicles - impact assessment*. Report for Department for Transport DfT TTS Project Ref: S0906 / V8. Loughborough: Loughborough University. Dostupné z: http://hdl.handle.net/2134/8873

[6] BRADÁČ, Albert a kolektiv. *Soudní inženýrství*. Brno: CERM, 1997. ISBN 80-7204-057-x.

[7] KLEDUS, Robert a kol. *INOVOVANÁ METODIKA ZJIŠŤOVÁNÍ DOHLEDNOSTI NA CHODCE ZA VIDITELNOSTI SNÍŽENÉ TMOU: Výstup řešení projektu TAČR: Posilování právní jistoty při technickém posuzování dopravních nehod s chodci za snížené viditelnosti* [online]. Brno, 2015 [cit. 2020-01-17]. Dostupné z: http://disk1.usi.vutbr.cz/znalci/Metodika%20VyP%20-%20text.pdf

[8] CHMELÍK, Jan a kolektiv. *Dopravní nehody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2009. ISBN 978-80-7380-211-0.

[9] ROBINSON, Gordon H., Donald J. ERICKSON, Gregory L. THURSTON a Richard L. CLARK. *Visual Search by Automobile Drivers. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* [online]. 2016, 14(4), 315-323 [cit. 2020-01-06]. DOI: 10.1177/001872087201400404. ISSN 0018-7208. Dostupné z: http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001872087201400404

[10] ŠIKL, Radovan. *Zrakové vnímání*. Praha: Grada, 2012. Psyché (Grada). ISBN 978-80-247-3029-5.

[11] *Úplné znění zákona č. 361/2000 Sb. o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu)*. Praha: Armex Publishing, 2019. Edice kapesních zákonů. ISBN 978-80-87451-61-8.

[12] *Motor Vehicle Drivers' Eye Locations: J941 MAR2010*. United States: SAE International, 2010.

[13] *Describing and Measuring the Driver's Field of View: J1050 FEB2009*. United States: SAE International, 2009.

[14] *Jednotná ustanovení pro schvalování motorových vozidel z hlediska dopředného pole výhledu řidiče: Předpis č. 125*. Rev. 2. Praha: Translation TÜV SÜD Czech, 2016.

[15] *Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK OSN) č. 46 – Jednotná ustanovení pro schvalování zařízení pro nepřímý výhled a motorových vozidel z hlediska montáže těchto zařízení*. Rev. 6. Praha: Translation TÜV SÜD Czech, 2017.

[16] VALÁŠEK, Dominik. Samostmívací zrcátko je nenápadná, ale šikovná věc. Víte, jak funguje? *Automix* [online]. 2017 [cit. 2020-01-18]. Dostupné z: https://automix.denik.cz/zivot-ridice/jak-funguje-samostmivaci-zrcatko-20170717.html

[17] MACEK, Jan. *Z kabelek až na čelní sklo*. Výzkum Vývoj Automotive. [Online] Boomerang Publishing, 14. duben 2015. [cit. 2020-01-18.] http://www.vvautomotive.cz/z-kabelek-az-na-celni-sklo/.

[18] SideView Mirror Solutions. In: Burco [online]. Burco, Inc., [cit. 2020-01-18.] http://burcoinc.com/side-view-mirror-solutions/.

[19] Shaping Future Transportation 2015 – Campus Safety –Mirror Cam; Mercedes-Benz Future Truck 2025. In: Daimler [online]. 2015 [cit. 2020-01-18]. Dostupné z: https://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/picture.xhtml?oid=7556129

[20] *MirrorCam as standard* [online]. 2018 [cit. 2020-01-18]. Dostupné z: https://www.mercedes-benz.com/en/vehicles/trucks/the-new-actros-2019/

[21] *Lexus to beat Audi to market with side cameras* [online]. QuattroDaily, 2018 [cit. 2020-01-18]. Dostupné z: https://www.quattrodaily.com/lexus-to-beat-audi-to-market-with-side-cameras/

[22] JANTE, Alfred. *Mechanika ruchu samochodu: część 1*. Warszawa: Wydawnictwa komunikacyjne, 1959.

[23] Muttart, J. W. (2003). *Development and Evaluation of Driver Response Time Predictors Based upon Meta Analysis* (2003-01-0885). Warrendale, PA: SAE International

[24] JOHANSSON, Gunnar a Kåre RUMAR. Drivers' Brake Reaction Times. *Drivers' brake reaction times. Human Factors*. 1971, **13**(1), 23-27. DOI: 10.1177/001872087101300104. ISSN 0018-7208.

[25] OLSON, Paul L. a Michael SIVAK. Perception-Response Time to Unexpected Roadway Hazards. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* [online]. 2016, 28(1), 91-96 [cit. 2020-01-19]. DOI: 10.1177/001872088602800110. ISSN 0018-7208. Dostupné z: http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001872088602800110

[26] SIVAK, Michael, Paul L. OLSON a Kennerh M. FARMER. *Effects of high-mounted brake lights on the behavior of following drivers*. (UM-HSRI-81-1). Michigan: University of Michigan, Highway safety Research Institute., 1981.

[27] *Highway information systems, visibility, and pedestrian safety*. Washington, D.C.: National Research Council, National Academy of Sciences, 1983. ISBN 030903518x.

[28] HARTMANN, E. Reaktionszeit im Strassenverkehr. In: *Reaktionszeit von Kraftfahrern*. Berlin: Institut für Lichttechnik der Technischer Universität, 1979, s. 7-17

[29] Muttart, J. W. (2001). Evaluation of the influence of several variables upon driver perception response times. In: *Proceedings of the 5th International Conference of the Institute of Traffic Accident Investigators* (pp. 116–129). York, England.

[30] WIESE, Emily a John D. LEE. Effects of Multiple Auditory Alerts for in-Vehicle Information Systems on Driver Attitudes and Performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* [online]. 2001, 45(23), 1632-1636 [cit. 2020-01-19]. DOI: 10.1177/154193120104502315. ISSN 1541-9312. Dostupné z: http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/154193120104502315

[31] LEE, John D. a kol. *Can collision warning systems mitigate distraction due to in-vehicle devices?*. Iowa City: Cognitive Systems Laboratory , Department of Industrial Engineering, University of Iowa, 2000.

[32] KRAUSS, David A. *Forensic aspects of driver perception and response*. Fourth edition. Tucson, Arizona: Lawyers & Judges Publishing Company, [2015]. ISBN 978-1-936360-33-8.

[33] RÁBEK, Vlastimil, ed. *Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu - denní doba: (sborník tuzemských a převzatých cizojazyčných publikací) = Menschliche Wahrnehmung und Entscheidungsprozesse in Straßenverkehr - Tageszeit : (Sammelbuch inländischer und übernommener fremdsprachigen Veröffentlichungen)*. Olomouc: Properus, 2014. ISBN 978-80-904944-2-8.

[34] HOOPER, Kevin G. a Hugh W. MCGEE. Driver perception-reaction time: Are revisions to current specification values in order? *Transportation Research Record*. Transportation Research Board, 1983, (904), 21-29. ISSN 0361-1981. Dostupné také z: http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1983/904/904-004.pdf

[35] STAŃCZYK, Tomasz L. a kol. Výzkum reakcí řidiče na zprava přijíždějící vozidlo. In: *XIX. výroční konference EVU*. Praha: Tribun EU, 2010, s. 41-53. ISBN 978-80-7399-128-9.

[36] PFLEGER, Ernst. Hazard recognition and reaction in practice - exact time proof by visualization analysis. In: *21st Annual Congress of the European Association for Accident Research and Analysis*. Braşov: Asociația EVU GRUP ROMÂNIA, 2012, s. 111-120. ISBN 978-973-0-13537-4.

[37] PFLEGER, Ernst. Nové vědecké poznatky v oboru zkoumaní chování lidského zraku a využití daných poznatků při rekonstrukci dopravních nehod. RÁBEK, Vlastimil. *Vnímání a rozhodování účastníků silničního provozu - denní doba*. Olomouc: Propreus, 2014, s. 170184. ISBN 978-80-904944-2-8.

[38] TIJERINA, Louis, Barry H. KANTOWITZ, Steven M. KIGER a Thomas H. ROCKWELL. Driver Workload Assessment of In-Cab High-Technology Devices. In: *The Fourteenth International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles*. Munich: U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, 1995, s. 330-342.

[39] KIGER, Steven M., Thomas H. ROCKWELL a Louis TIJERINA. Developing Baseline Data on Heavy Vehicle Driver Visual Workload. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* [online]. 1995, 39(17), 1112-1116 [cit. 2020-01-05]. DOI: 10.1177/154193129503901710. ISSN 1541-9312. Dostupné z: http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/154193129503901710

[40] BHISE, Vivek D., James F. MELDRUM, Daniel D. JACK, George M. TROELL, David H. HOFFMEISTER a Lyman M. FORBES. Driver Head Movements in Left Outside Mirror Viewing. In: *SAE International in United States*. 1981, 1981-06-01, s. -. DOI: 10.4271/810761. ISSN 0148-7191. Dostupné také z: https://www.sae.org/content/810761/

[41] MOURANT, Ronald R. a Thomas H. ROCKWELL. Mapping Eye-Movement Patterns to the Visual Scene in Driving: An Exploratory Study. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society [online]. 1970, 12(1), 81-87 [cit. 2020-01-20]. DOI: 10.1177/001872087001200112. ISSN 0018-7208. Dostupné z: http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001872087001200112

[42] REGAN, Michael A., John D. LEE a Trent W. VICTOR. *Driver distraction and inattention.: advances in research and countermeasures*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017. Human factors in road and rail transport. ISBN 9781138077041.

[43] CASTRO, Cándida. *Human factors of visual and cognitive performance in driving*. Boca Raton: CRC Press, 2009. ISBN 978-1-4200-5530-6.

[44] DETTINGER, Jürgen. Reaktionsdauer bei Notbremsungen - Entwicklung und Status quo des Erkenntnisstandes Teil 1. *VERKEHRSUNFALL UND FAHRZEUGTECHNIK*. 2008, 46(6). ISSN 0724-2050.

[45] Reaktionsverhalten älterer Autofahrer. *Ureko Spiegel* [online]. 2007, (08), 4 [cit. 2020-01-21]. Dostupné z: http://www.ureko.de/downloads/urekospiegel/2.pdf

[46] SMILEY, Alison a Gerson J. ALEXANDER. *Human factors in traffic safety*. Third edition. Tucson, Arizona: Lawyers & Judges Publishing Company, [2016]. ISBN 978-1-933264-88-2.

[47] Treat J., A Study of Pre-crash Factors Involved in Traffic Accidents, *HSRI Research Review*, Volume 10, number 6, 1977

[48] Rumar, Kaŕe, Statens vaĝ- och trafikinstitut and Australian Road Research Board. Conference Melbourne, Vic.) (11th : 1982 *The human factor in road safety*. VTI, Linkoĭping, 1982.

[49] Štikar, J., Hoskovec, J., Šmolíková, J., *Psychologická prevence nehod*. (Teorie a praxe), Praha, 2006.

[50] JANÍČEK, Přemysl. *Systémová metodologie: brána do řešení problémů.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-887-8.

[51] HANOWSKI, Richard J. a kol. Driver Distraction in Commercial Motor Vehicle Operations. REGAN, Michael A. a kol. *Driver distraction and Inattention: Advances in Research and Countermeasures*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017, s. 141-156. ISBN 978-1-138-07704-1.

[52] SHINAR, David. *Traffic safety and human behavior*. Bingley: Emerald, 2007. ISBN 978-0-08-045029-2.

[53] MAUER, D a FAWCETT, D., "*Methods of Application - Field of View Targets*," SAE Technical Paper 730610, 1973, doi:10.4271/730610 Dostupné z: http://papers.sae.org/730610/

[54] DANIEL D., Jack. *Rear Field of View Targets*. In: SAE Technical Paper 730608. Ford Motor Co., 1973. DOI: 10.4271/730609. Dostupné z: http://www.scopus.com

[55] MORTIMER, R. a C. JORGENSON. *Drivers' Vision and Performance with Convex Exterior Rearview Mirrors*. In:SAE Technical Paper 740961. 1974. DOI: 10.4271/740961. Dostupné z: http://papers.sae.org/740961/

[56] LAVALLIÈRE, Martin, Normand TEASDALE, Mathieu TREMBLAY, Nathan NGÂN, Martin SIMONEAU a Denis LAURENDEAU. *Visual inspections made by young and elderly drivers before lane changing*. Advances in Transportation Studies. 2007, 23 - 30. Dostupné z: http://www.researchgate.net/publication/259194536_Visual_inspections_made_by_young_and_elderly_drivers_before_lane_changing

[57] LAVALLIÈRE, M, D LAURENDEAU, M SIMONEAU, N TEASDALE. *Changing lanes in a simulator: Effects of aging on the control of the vehicle and visual inspection of mirrors and blind spot*. Traffic Injury Prevention. 2011, č. 12, 191 - 200. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15389588.2010.548426

[58] SHAHAR, Amit, Editha VAN LOON, David CLARKE a David CRUNDALL. Attending overtaking cars and motorcycles through the mirrors before changing lanes. *Accident Analysis and Prevention*. 2012, vol. 44, issue 1, s. 104-110. DOI: 10.1016/j.aap.2011.01.001. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457511000029

[59] LESER, Hansjörg a Stefan ICKE. Nákladní vozidlo odbočující vpravo a cyklista Nová vyhodnocení výzkumu věnování pohledů. In: *XIX. výroční konference EVU*. Praha: Tribun EU, 2010, s. 29-40. ISBN 978-80-7399-128-9.

[60] MOURANT, R. R. a R. J. DONOHUE. Mirror Smapling Characteristics of Driver. In: *Automotive Engineering Meeting: SAE 740964*. Toronto, Canada, 1974, s. 1-12.

[61] KAPLÁNEK,, A. *Analýza reakcí řidičů na složené podněty* [online]. Brno, 2010 [cit. 2014-06-10]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp_id=32790. Dizertační práce. ÚSI VUT v Brně. Vedoucí práce prof. Ing. Zdeněk Kolíbal, CSc.

[62] *When Driving Automation Fails: Drivers' Experiences and Interactions*. Gotheburg, Sweden, 2014. Thesis for the degree of doctor of philosophy. Chalmers University of Technology.

[63] OLSON, R.L a kol. Driver Distraction in Commercial Vehicle Operations. *Federal Motor Carrier Safety Administration* [online]. United States. Department of Transportation. Federal Motor Carrier Safety Administration, 2009, 1-285 [cit. 2020-01-02]. DOI: 10.21949/1502647. Dostupné z: https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/17715

[64] Green, M. (2000). "How Long Does It Take to Stop?" Methodological Analysis of Driver Perception-Brake Times. In Forensic Vision With Application to Highway Safety (3rd ed., pp. 195–216). DOI: 10.1207/STHF0203_1. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/STHF0203_1

[65] HUGEMANN, Wolfgang. *Driver Reaction Times in Road Traffic*. In: EVU 2002. Portorož, Slovenija, 2002, 1 - 12. Dostupné z: http://www.unfallrekonstruktion.de/pdf/evu_2002_reaction_english.pdf

[66] WERNEKE, Julia a Mark VOLLRATH. *What does the driver look at? The influence of intersection characteristics on attention allocation and driving behavior*. Accident Analysis and Prevention. 2012, vol. 45, s. 610-619. DOI: 10.1016/j.aap.2011.09.048. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0001457511002855

[67] PFLEGER, E.,: Blink Analyses and Driver Attention, *Proceedings of the 1st joint ITAI–EVU Conference*, Hinckley, Leicestershire, UK, September 2009, pp. 25-32.

[68] PFLEGER, Ernst a Christian JECHLINGER. Disclosure of the Differences in the Navigation and Viewing Behaviour at Day and Night with viewpointsystem® ViewingAnalysis based on Real Examples. In: *19th EVU Congress: Prague 2010* : proceedings : English version. 1st ed. in Tribun EU. Brno: Tribun EU, 2010, s. 59-66. Librix.eu. ISBN 978-80-7399-136-4.

[69] PFLEGER, Ernst a Manfred HOHENBÜCHLER. Viewing Analyses of Drivers of Electrically Powered Bicycles and SEGWAYS in Conflicts with Bicyclists, Pedestrians and other Road Users. In: *20. EVU ANNUAL MEETING*, 20.15th-17th September 2011. Proceedings: English version. Dt. Version. Graz: University of Technology, 2011, s. 96-103. ISBN 9783851251746.

[70] PFLEGER, Ernst. Viewing analysis of experienced vs. not experienced motorcylists and conclusions about traffic-safety. In: *22ND ANNUAL CONGRESS FIRENZE 2013*. Proceedings: English version. Firenze: EVU Italia, 2013, s. 171-174.

[71] KLEDUS, Robert, Marek SEMELA a Albert BRADÁČ. *Experimental research on the differences in a driver's perception of objects from stationary and moving vehicles*. International Journal of Forensic Engineering. 2012, vol. 1, issue 2, s. 167-. DOI: 10.1504/IJFE.2012.050416. Dostupné z: http://www.inderscience.com/link.php?id=50416

[72] *Viewpointsystem*®, [cit. 2014-06-10], dostupné z www: http://derstandard.at/3030234

[73] DEMASCO, Patrick. *DEVELOPMENT OF A NON-CONTACT EYETRACKING SYSTEM FOR COMMUNICATION ANDCONTROL*. In: STEELE, Richard D a William GERREY. Meet the Challenge, Proc of the 10th Annu Conf on Rehabil Technol. Washington, DC, USA: RESNA-Assoc for the Advancement of Rehabilitation Technology, 1987, 688 - 690. Dostupné z: http://www.scopus.com/

[74] LAMBLE, D a kol. Driving performance of drivers with impaired central visual field acuity. *Accident Analysis & Prevention* [online]. 2002, 34(5), 569-716 [cit. 2019-11-01]. DOI: 10.1016/s0001-4575(01)00071-9. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/journal/accident-analysis-and-prevention/vol/34/issue/5

[75] Archiv autor

[76] Archiv doc. Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.

[77] Archiv ÚSI VUT v BRNĚ

SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

2020

[78] NEMCOVA, A., V. SVOZILOVA, K. BUCSUHAZY, R. SMISEK, M MEZL, B. HESKO, M. Belak et al. Multimodal Features for Detection of Driver Stress and Fatigue: Review. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* [online]. 2020, 1-20 [cit. 2020-03-12]. DOI: 10.1109/TITS.2020.2977762. ISSN 1524-9050. Dostupné z: https://ieeexplore.ieee.org/document/9031734/

2019

[79] BUCSUHÁZY, K.; BELÁK, M. a kol. *Analysis of driver behavior in real road traffic*, AIIT 2ND INTERNATIONAL CONGRESS ON TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND SYSTEMS IN A CHANGING WORLD, TIS ROMA, Řím, Itálie 2019. (v recenzním řízení D-WoS, Scopus)

[80] BUCSUHÁZY, K.; SEMELA, M.; BELÁK, M.; a kol. *Driver behaviour measured by eyetracking, acquisition of biosignals and vehicle data in regular road traffic*, In 28th Annual Congress EVU. Barcelona, Španělsko. 2019. s. 95-100.

2018

[81] PANČÍK, J.; MAXERA, P.; KLEDUS, R.; BELÁK, M.; BILÍK, M. Video Post Processing Method For On Board Vehicle Camera with Integrated Eye Tracker. In *MMS 2018 - 3rd EAI International Conference on Management of Manufacturing Systems*. MMS 2018. 2018. s. 1-10. ISBN: 978-1-63190-167-6. ISSN: 2593-7642.

[82] KLEDUS, R.; SEMELA, M.; BRADÁČ, A.; MAXERA, P.; BELÁK, M. Evaluation of Environmental Limit States at Appraisement of Trucks. In *SGEM 2018 Conference Proceedings. International multidisciplinary geoconference SGEM*. 2018. s. 359-366. ISBN: 978-619-7408-48-5. ISSN: 1314-2704.

[83] PANČÍK, J.; MAXERA, P.; BELÁK, M.; KLEDUS, R. Metóda pre spracovanie video záznamov z vozidlovej kamery s integrovaným snímačom polohy očí. In *Expert Forensic Science 2018*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, 2018. s. 180-188. ISBN: 978-80-214-5600-6.

[84] BILÍK, M.; SEMELA, M.; BRADÁČ, A.; BELÁK, M.; KŘIŽÁK, M.; MAXERA, P.; MIKULEC, R.; BUCSUHÁZY, K.; DVOŘÁKOVÁ, P.; OBRÁTILOVÁ, A.; STÁŇA, I. CRASHDAY 2017. In *Expert Forensic Science 2018*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, 2018. s. 42-71. ISBN: 978-80-214-5600-6.

2017

[85] BILÍK, M.; TOKAŘ, S. et al. Parametry zderzenia - wyniki z testów zderzeniowych najnowszych modeli samochodu Škoda. *Paragraf na drodze*, 2017, roč. 19, č. numer specjalny, s. 7-21. ISSN: 1505-3520.

[86] BILÍK, M.; SEMELA, M.; BRADÁČ, A.; KLEDUS, R.; BELÁK, M.; MAXERA, P.; STÁŇA, I.; BUCSUHÁZY, K.; VÉMOLA, A. *Noční nehoda trolejbusu a chodce*. Žilina: Žilinská univerzita v Žilině, 2017.

[87] BILÍK, M.; SEMELA, M.; BRADÁČ, A.; BELÁK, M.; KŘIŽÁK, M.; MAXERA, P.; MIKULEC, R.; BUCSUHÁZY, K.; DVOŘÁKOVÁ, P.; OBRÁTILOVÁ, A.; STÁŇA, I. *CRASHDAY 2016 - prezentace výsledků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Purkyňova 464/118, 612 00 Brno, 2017.

[88] BILÍK, M.; SEMELA, M.; BRADÁČ, A.; BELÁK, M.; KŘIŽÁK, M.; MIKULEC, R.; BUCSUHÁZY, K.; STÁŇA, I.; TOKAŘ, S.; VÉMOLA, A. *CRASHDAY 2016 - Nárazové zkoušky vozidel*. Soudní inženýrství, 2017, roč. 2017, č. 1, s. 23-43. ISSN: 1211-443X.

2016

[89] BUCSUHÁZY, K.; SVOZILOVÁ, V.; VALLOVÁ, O.; SEMELA, M.; SEKORA, J.; BELÁK, M.; MAXERA, P.; KLEDUS, R. *Analysis of driver reaction time using the acquisition of biosignals*. In International Conference on Traffic and Transport Engineering ICTTE, November 24 - 25, 2016. Belgrade, Serbia: City Net Scientific Research Center Ltd., 2016. p. 68-74. ISBN: 978-86-916153-3- 8.

[90] MAXERA, P.; BELÁK, M.; KLEDUS, R.; SEMELA, M.; BUCSUHÁZY, K.; SVOZILOVÁ, V. *Analysis of Drivers Conduct while Driving over Three Different Pedestrian Crossings by Using Eyetracking Method*. In International Conference on Traffic and Transport Engineering ICTTE, Novembre 24 - 25, 2016. 1. Belgrade, Serbia: City Net Scientific Research Center Ltd., 2016. p. 1081-1091. ISBN: 978-86-916153-3- 8.

[91] BELÁK, M.; MAXERA, P.; SEMELA, M.; KLEDUS, R.; BRADÁČ, A. Analýza doby, kterou řidič potřebuje k vyhodnocení situace za vozidlem. In *ExFoS 2016, XXV. mezinárodní vědecká konference Soudního inženýrství, Sborník příspěvků.* Brno: 2016. s. 35-41.

[92] BELÁK, M.; MAXERA, P. Řidičova kontrola situace za vozidlem při jízdě v noci. In *Junior Forensic Science Brno 2016 - sborník příspěvků.* Brno: ÚSI VUT v Brně, 2016. s. 10-10. ISBN: 978-80-214-5336- 4.

2015

[93] BELÁK, M. MĚŘENÍ VIZUÁLNÍCH VJEMŮ ŘIDIČE. In *Juniorstav 2015* 17. odborná konference doktorského studia. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2015. s. 1-10. ISBN: 978-80-214-5091- 2.

[94] BILÍK, M.; BELÁK, M.; KUŘE, A. Moderní metody detekce nezřetelných stop pneumatik na vozovce. In *JUFOS 2015.* Brno: VUT v Brně, 2015. s. 25-30. ISBN: 978-80-214-5145- 2.

2014

[95] BRADÁČ, A. a kol. Zajímavé výsledky VaV činnosti ÚSI v oblasti analýzy silničních nehod. In *XXIII. mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství sborník příspěvků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2014. s. 113-120. ISBN: 978-80-214-4852- 0.

[96] BELÁK, Michal a Jan SCHEJBAL. Konstrukce zařízení Eyetracker. In: *Sborník anotací konference Junior Forensic Science Brno 2014*. první. Brno: Vysoké učení technické v Brně,Ústav soudního inženýrství, Údolní 244/53, 602 00 Brno, 2014, 1 - 5. ISBN 978-80-214-4935-0.

2013

[97] BRADÁČ, A.; SCHEJBAL, J.; KUŘE, A.; MOTL, J.; BELÁK, M.; BILÍK, M.; SEMELA, M.; ŠKODA, J.; SUMEC, S. Light Reflective Attributes Of Selected Materials. In *Proceedings 22nd Annual Congress Firenze 2013.* Florencie: EVU Italia, 2013. s. 203-210. ISBN: 978-88-903072-7- 0.

[98] BILÍK, M.; KUŘE, A.; BELÁK, M. Rozdílné pohledy na statistiky nehodovosti v zemích EU. In *Sborník příspěvků konference JUFOS 2013 na CD.* Brno: 2013. s. 69-76. ISBN: 978-80-214-4704- 2.

[99] SCHEJBAL, J.; KUŘE, A.; MOTL, J.; BELÁK, M.; BILÍK, M. Světelné vlastnosti reflexních prvků. In *Sborník příspěvků konference JUFOS 2013 na CD.* Brno: 2013. s. 1-9. ISBN: 978-80-214-4704-2.

[100] ŠKODA, J.; SUMEC, S.; BAXANT, P.; KRBAL, M.; PAVELKA, T.; BELÁK, M. Hodnocení odrazných prvků reflexních vest. In *Sborník odborného semináře Kurz osvětlovací techniky XXX.* 2013. s. 243-149. ISBN: 978-80-248-3173- 2.

[101] SCHEJBAL, J.; KUŘE, A.; MOTL, J.; ŠKODA, J.; BELÁK, M.; BRADÁČ, A.; BILÍK, M. Světelné vlastnosti vybraných reflexních prvků. In *Sborník příspěvků konference EXFOS 2013 na CD.* Brno: 2013. s. 210-221. ISBN: 978-80-214-4675- 5.

[102] SCHEJBAL, J.; BELÁK, M.; BRADÁČ, A.; SEMELA, M.: eyetracker v1; *Měřící soustava pro vyhodnocení doby pozorování objektu řidičem*. ÚSI VUT v Brně, Údolní 53, 60200 Brno. URL: https://www.vutbr.cz/www_base/gigadisk.php?i=103565a31e. 2013 (funkční vzorek)

2012

[103] BELÁK, M. MERANIE DOHĽADNOSTI NA KONCOVÉ SVETLÁ. In *Sborník anotací konference Junior Forensic Science Brno 2011.* Brno: 2012. s. 1-11. ISBN: 978-80-214-4485- 0.