



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Metodika měření vizuálního pole řidičů s přirozeným omezením

Evidenční č. projektu: **TA04031752**

Název projektu: **Působení rušivých vizuálních vlivů na bezpečnost jízdy**

Zpracovatel: **ČVUT v Praze, Fakulta dopravní**

Počet stran: **34**

Datum vydání: **4. 12. 2016**

Autoři: **doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.**
doc. Ing. Stanislav Novotný, Ph.D.
doc. Ing. Zuzana Radová, Ph.D.
Jan Válek

Oponenti: **Prof. Ing. Václav Matoušek, CSc.**, profesor na Katedře informatiky a výpočetní techniky na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni

npor. Mgr. Zdeněk Štěpánek, vedoucí Dopravního inspektorátu Policie České republiky – KŘP Středočeského kraje, Územní odbor Benešov

Ing. Libor Topol, soudní znalec jmenovaný krajským soudem r. 2005 v oboru silniční doprava se specializací na analýzu silničních nehod

Anotace

Předmětem tohoto dokumentu je metodika, pomocí které je možné stanovit schopnost řidiče reagovat na podněty v bezprostřední blízkosti komunikace. Reaktivita je měřena ve vztahu k běžnému dopravnímu značení a schopnosti bezpečně ovládat vozidlo v běžných, ale i často se vyskytujících kritických situacích. Tato metodika, spolu s vozidlovým simulátorem, může být využita pro vyšetřování užitečného vizuálního pole řidičů s blíže nespecifikovanými omezeními a speciálně řidiči seniory. Není známo, že by adekvátní metodika byla publikována a realizována v ČR nebo v zahraničí. Předmětem předložené metodiky je definování scénářů a událostí a jejich realizace za pomoci virtuální reality tak, aby bylo možné objektivně zhodnotit schopnosti řidiče z hlediska přirozeného omezení jejich vizuálního pole (řidiči s různými zdravotními omezeními a řidiči senioři). Objektivní posouzení spočívá ve vyšetření schopnosti reagovat na podněty v bezprostřední blízkosti komunikace za využití systému sledování pohledu (eyetracking).

Metodika vznikla v rámci projektu vědy a výzkumu „Působení rušivých vizuálních vlivů na bezpečnost jízdy“ (TA04031752), v programu Alfa Technologické agentury ČR.

Obsah

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | CÍL METODIKY | 4 |
| 2 | VLASTNÍ POPIS METODIKY | 5 |
| 2.1 | ÚVOD DO PROBLEMATIKY | 5 |
| 2.1.1 | <i>Specifikace řidiče s fyzickými či psychickými omezeními</i> | <i>6</i> |
| 2.1.2 | <i>Interakce řidiče - seniora s vozidlem</i> | <i>7</i> |
| 2.2 | LEGISLATIVNÍ RÁMEC..... | 8 |
| 2.2.1 | <i>Související právní předpisy</i> | <i>8</i> |
| 2.2.2 | <i>Zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel</i> | <i>8</i> |
| 2.3 | PŘEDMĚT METODIKY | 11 |
| 2.4 | TERMÍNY A DEFINICE..... | 12 |
| 2.5 | INTERAKTIVNÍ SIMULACE JAKOŽTO PROSTŘEDEK PRO MOŽNÉ HODNOCENÍ SCHOPNOSTI REAGOVAT NA PODNĚTY V BEZPROSTŘEDNÍ BLÍZKOSTI KOMUNIKACE..... | 15 |
| 2.6 | POSTUP TESTOVÁNÍ A HODNOCENÍ | 16 |
| 2.7 | POPIS NAVRHOVANÝCH UDÁLOSTÍ/PODNĚTŮ | 19 |
| 2.7.1 | <i>Cyklista na polní cestě vedle silnice.....</i> | <i>20</i> |
| 2.7.2 | <i>Autobus v jízdním pruhu v křižovatce</i> | <i>21</i> |
| 2.7.3 | <i>Předjíždění cyklisty</i> | <i>22</i> |
| 2.7.4 | <i>Změna stavu světelného signálu přejezdového zabezpečovacího zařízení (PZZ)</i> | <i>23</i> |
| 2.7.5 | <i>Vstup chodce na přechod v intravilánu.....</i> | <i>24</i> |
| 2.8 | NÁSTROJE PRO HODNOCENÍ..... | 25 |
| 2.8.1 | <i>Analýza záznamu z eyetrackeru.....</i> | <i>26</i> |
| 2.8.2 | <i>Analýza technických dat ze simulátoru</i> | <i>26</i> |
| 2.8.3 | <i>Výpočet reakční doby</i> | <i>27</i> |
| 2.8.4 | <i>Hodnocení reakční doby.....</i> | <i>29</i> |
| 3 | SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ | 30 |
| 4 | POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY..... | 31 |
| 5 | EKONOMICKÉ ASPEKTY | 32 |
| 6 | SEZNAM LITERATURY | 33 |
| 7 | SEZNAM PUBLIKACÍ PŘEDCHÁZEJÍCÍ METODICE..... | 34 |

1 Cíl metodiky

Tato metodika je určena pro doplňkové objektivní posouzení a kvantifikaci schopnosti řidiče motorových vozidel reagovat na podněty v bezprostřední blízkosti komunikace. Na základě této metodiky je možné vyšetřovat vizuální pole řidičů s různými nesespecifickými omezeními vizuálního pole, jako jsou např. řidiči senioři. Metodika může být využita jako doplňková metodická pomůcka vyhodnocení kvality výcviku řidičů z hlediska jejich vizuální pozornosti a schopnosti správné reakce na podněty v okrajových částech výhledu. Smyslem předložené metodiky je definování scénářů pro virtuální realitu pokročilých vozidlových simulátorů a definování metod pro objektivní hodnocení schopnosti řidiče s přirozeným omezením vizuálního pole (řidiči s různými nesespecifikovanými zdravotními omezeními a řidiči senioři) reagovat na podněty v bezprostřední blízkosti komunikace.

2 Vlastní popis metodiky

2.1 Úvod do problematiky

V posledních patnácti letech zaznamenáváme značný rozvoj motorizace a s tím spojený nárůst počtu aktivních řidičů motorových vozidel. Převážnou část řidičské populace tvoří především mladí lidé a lidé v produktivním věku, avšak silničního provozu se čím dál větší měrou účastní i osoby starší, tj. osoby ve věku nad 60 let, bez omezení horní věkové hranice. Zastoupení seniorů v celkové řidičské populaci se neustále zvyšuje spolu s tím, jak se zvyšuje průměrná délka života obyvatelstva a jejich aktivního životního stylu. Dochází tedy k celkovému stárnutí řidičské populace. S vyšším věkem se ale také ve větším procentu projevují i následky civilizačních nemocí, jež v minulosti nebyly příliš rozšířené, stejně tak jako některá degenerativní onemocnění nervového či pohybového aparátu. Postižení pacienti se většinou obtížně pohybují a případný lékařský zákaz řízení negativně ovlivní kvalitu jejich života. Při posuzování zdravotní ho stavu pacienta s ohledem na způsobilost k řízení motorového vozidla se lékaři mohou opřít o objektivní měření řidičských schopností jen velmi sporadicky. Nejsou známy exaktní vztahy mezi klinickými příznaky a schopnostmi (či kvalitou) řidiče.

Řidičské schopnosti jsou obecně částečně dány genetickými předpoklady jedince, dále pak úrovní jeho výcviku, aktuálním fyzickým i psychickým stavem i vlivem dopravního prostředí, ve kterém se řidič pohybuje (zejména technickými podmínkami provozu a jízdy). Jedním z nejdůležitějších údajů o schopnostech řidiče je úroveň jeho pozornosti za volantem. Během procesu řízení vozidla musí řidič sledovat nejen provozní stav samotného vozidla, ale též další informace, které neustále přicházejí z jeho okolí a samozřejmě je ihned zpracovávat a vyhodnocovat. Během jízdy (ať již v extravilánu či při průjezdu městy) tak dochází k nutnosti řešit mnoho kritických situací, z nichž četné vedou ke „skoro nehodám“. K tomu, aby se tyto situace nestaly skutečnými nehodami, je třeba nepřetržitá koncentrace pozornosti jedince, jejíž úroveň je ovšem ovlivněna také řidičovými biologickými předpoklady [5].

Pozornost je kognitivní funkcí umožňující vnímajícímu jedinci z okolního prostředí vybírat pouze určité podněty, resp. informace, které se jeví v daný okamžik jako významné, a ostatní umožňuje ignorovat. Tato funkce vyvstává především v situacích informačně náročných, kde je jejich správný výběr a zpracování nutnou podmínkou následného rozhodování a jednání. V dopravním provozu je k řidiči z okolního prostředí vysíláno množství informací. 90 % z nich

je vysíláno vizuálně, pouze 10 % aktivuje jiné smysly [1]. Jev, který ohrožuje pozornost řidiče, nazýváme distrakcí. Jedná se o situaci, kdy je zaměření pozornosti narušováno podněty, které s řízením vozidla nesouvisí [2]. Vede ke zpožděnému rozpoznávání informací (delší reakční doba, neadekvátní reakce), což může mít za následek konfliktní situaci, příp. dopravní nehodu. Neexistuje ale závazný způsob posouzení vlivu jednotlivých vizuálních podnětů na řidiče a následně na bezpečnou jízdu.

Tato metodika je určena pro hodnocení schopnosti řidiče motorových vozidel reagovat na podněty v bezprostřední blízkosti komunikace, které jsou z tohoto pohledu nejkritičtější. Na základě této metodiky je možné vyšetřovat vizuální pole řidičů s různými omezeními stejně jako řidičů - seniorů (především z bezpečnostních a cenových důvodů) na pokročilých vozidlových simulátorech, nebo na specifických malých adaptivních simulátorech s odpovídajícími parametry určenými dále touto metodikou.

Pomocí metody tzv. eyetrackingu je sledována vizuální percepce dle předem vypracovaného scénáře. Hlavním sledovaným kritériem je vypočtená reakční doba. Dále je sledována distribuce, pohyblivost a výběrovost pozornosti v modelových situacích.

2.1.1 Specifikace řidiče s fyzickými či psychickými omezeními

V celé populaci řidičů, zejména pak mezi řidiči vyššího věku, se může vyskytovat značný počet osob, které jsou postiženy celou řadou různých omezení fyzických či psychických schopností potřebných pro bezpečnou a spolehlivou jízdu. To mohou být jednak lidé s nejrůznějšími vrozenými vadami, či trvalými následky po úrazech, ale i lidé postižení v jistém období jejich života rozličnými závažnými fyzickými či psychickými onemocněními. Tyto skupiny osob mohou od jistého stupně závažnosti svého onemocnění či postižení představovat v roli řidiče motorového vozidla zvýšené riziko pro bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. Takováto omezení mohou být jak banální, ale též velmi závažná. Některá z nich pak dlouhodobě či trvale vylučují způsobilost k řízení motorových vozidel vůbec, jiná ji pouze omezují.

Jedním z nejzávažnějších omezení je zhoršená kvalita vidění. Osoby s takovými omezeními nelze paušálně zbavit způsobilosti k řízení motorového vozidla. To se týká příslušníků všech věkových kategorií řidičské populace, zejména pak řidičů staršího věku.

Vyšší věk sám o sobě však omezením není a ani být nesmí. Řízení vozidla patří dnes k běžným základním aktivitám života běžné úrovně a seniory nelze a priori v tom směru omezovat.

Dle zákona je vyžadováno (zákon č. 361/2000 Sb.), aby se řidič, který není řidičem v návaznosti na pracovně právní vztah, podrobil pravidelné lékařské prohlídce nejdříve šest měsíců před dovršením 65 a 68 let věku a nejpozději v den dovršení stanoveného věku, po dovršení 68 let věku pak každé dva roky. V běžné praxi je toto opatření velmi často realizováno vysoce formálně, ať již s nadměrnou benevolencí či naopak se zbytečnou přísností. Důvodem může být nedostatek zkušeností lékaře v tom, jakým způsobem daný zdravotní problém omezuje řidiče ve spolehlivém a bezpečném řízení, což je dáno právě i nedostatkem objektivních metod takového posouzení. Přitom řidičská oprávnění pro lidi pod touto věkovou hranicí nejsou nijak verifikována.

Může se tedy snadno stát, a také se stává, že není nijak administrativně zachycen případ výrazného faktického zhoršení řidičova zdravotního stavu a s tím souvisejících řidičských schopností i u lidí mladšího věku a naopak že někteří senioři jsou v možnosti řízení omezováni zbytečně [5].

2.1.2 Interakce řidiče - seniora s vozidlem

Míra lidské individuality při řízení je extrémně vysoká. Některé obecné vlastnosti se ovšem projevují víceméně vždy. K nim patří bohužel i to, že s postupujícím věkem celkové schopnosti člověka degradují. Rychlost a míra projevů této nezbytné degradace je však velmi rozdílná.

Podrobnější, a co do počtu vyšetřovaných jedinců rozsáhlejší měření (tj. na několika stovkách až tisících jedinců) průběhu degradace lidských schopností s věkem se zřetelem ke spolehlivosti a bezpečnosti však, pokud je známo, dosud prováděna nebyla. Obvykle jsou odhady (a někdy též i ne dost oprávněně závěry) činěny pouze z jednotlivých měření prováděných u skupin osob různého věku.

Úroveň pozornosti každého lidského subjektu s délkou jeho expozice jistou činností postupně klesá, avšak tato časová závislost není lineární a mění se též vlivem mnoha dalších faktorů. Jedním z nich je věk subjektu. Obecně lze sice tvrdit (a dosud provedená měření, prováděná z bezpečnostních důvodů pouze na simulátorech, to podstatě potvrzují [5, 6]), že průběh poklesu pozornosti bude strmější u starších osob. Nicméně je možno konstatovat, že s rostoucím věkem se obecně zvyšuje pravděpodobnost rychlejšího poklesu pozornosti řidiče v závislosti na délce uskutečňované řidičské aktivity.

2.2 Legislativní rámec

2.2.1 Související právní předpisy

- Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 297/2011 Sb., kterým se mění zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 247/2000 Sb., o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 247/2000 Sb., o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 277/2004 Sb., o stanovení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel, zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel s podmínkou a náležitosti lékařského potvrzení osvědčujícího zdravotní důvody, pro něž se za jízdy nelze na sedadle motorového vozidla připoutat bezpečnostním pásem (vyhláška o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel), ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška 167/2000 Sb., o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

2.2.2 Zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel

Předpokladem k bezpečnému řízení vozidla a tedy podmínkou udělení a držení řidičského oprávnění je v první řadě zdravotní způsobilost řidiče k tomuto úkonu, která je posuzována zpravidla praktickým lékařem. Zákon č. 361/2000 Sb., konkrétně § 82 odst. 1 písm. b) uvádí, že řidičské oprávnění lze udělit pouze osobě, která: „je zdravotně způsobilá k řízení motorových vozidel.“ Tato podmínka musí být splněna dle § 82 po celou dobu držení řidičského oprávnění.

Definici posuzujícího lékaře stanoví § 84 odst. 4:

§ 84

(4) Posuzujícím lékařem se pro účely tohoto zákona rozumí

a) lékař se způsobilostí v oboru všeobecné praktické lékařství nebo v oboru praktický lékař pro děti a dorost registrujícího poskytovatele ambulantní zdravotní péče (dále jen „registrující poskytovatel“),

b) lékař poskytovatele pracovnělékařských služeb,

c) lékař uvedený v písmenu a) kteréhokoliv poskytovatele této ambulantní zdravotní péče, jde-li o posuzovanou osobu, která nemá registrujícího poskytovatele nebo poskytovatele pracovnělékařských služeb.

Posouzení zdravotní způsobilosti se všemi náležitostmi stanoví § 85:

§ 85

(1) Posouzení zdravotní způsobilosti provádí posuzující lékař na žádost žadatele o řídičské oprávnění nebo držitele řídičského oprávnění. Náklady na posouzení zdravotní způsobilosti hradí žadatel.

(2) Po provedení lékařské prohlídky, popřípadě odborného vyšetření vydá posuzující lékař žadateli posudek o zdravotní způsobilosti.

(3) Posudek o zdravotní způsobilosti musí mít písemnou formu.

(4) Posuzující lékař v posudku o zdravotní způsobilosti uvede zjištěný zdravotní stav z hlediska zdravotní způsobilosti žadatele o řídičské oprávnění nebo držitele řídičského oprávnění a hodnocení jeho zdravotní způsobilosti.

(5) Žadatel o řídičské oprávnění nebo držitel řídičského oprávnění je

a) zdravotně způsobilý k řízení motorových vozidel,

b) zdravotně způsobilý k řízení motorových vozidel s podmínkou,

c) zdravotně nezpůsobilý k řízení motorových vozidel.

(6) V hodnocení zdravotní způsobilosti podle odstavce 5 písm. b) se uvede důvod a podmínka zdravotní způsobilosti a v hodnocení zdravotní způsobilosti podle odstavce 5 písm. c) se uvede důvod zdravotní nezpůsobilosti k řízení motorových vozidel.

(7) Prováděcí právní předpis stanoví obsah a vzor posudku o zdravotní způsobilosti a upraví podrobnosti hodnocení zdravotní způsobilosti.

Periodicita pravidelných lékařských prohlídek je stanovena § 87:

§ 87

(1) Pravidelným lékařským prohlídkám je povinen se podrobovat

a) řidič vozidla, který při plnění úkolů souvisejících s výkonem zvláštních povinností užívá zvláštního výstražného světla modré barvy¹ případně doplněného o zvláštní zvukové výstražné znamení,

b) řidič, který řídí motorové vozidlo v pracovněprávním vztahu a u něhož je řízení motorového vozidla druhem práce sjednaným v pracovní smlouvě,

c) řidič, u kterého je řízení motorového vozidla předmětem samostatné výdělečné činnosti prováděné podle zvláštního právního předpisu²)

d) držitel řidičského oprávnění pro skupinu C1, C1+E, C, C+E, D1, D1+E, D nebo D+E, pokud řídí motorové vozidlo zařazené do některé z těchto skupin vozidel,

e) držitel osvědčení pro učitele řidičů pro výcvik v řízení motorových vozidel podle zvláštního právního předpisu³

(2) Vstupní lékařské prohlídce je osoba uvedená v odstavci 1 povinna se podrobit před zahájením výkonu činnosti uvedené v odstavci 1, dalším pravidelným lékařským prohlídkám pak do dovršení 50 let věku každé dva roky a po dovršení 50 let věku každoročně.

(3) Držitel řidičského oprávnění, který není osobou uvedenou v odstavci 1, je povinen se podrobit pravidelné lékařské prohlídce nejdříve šest měsíců před dovršením 65 a 68 let věku a nejpозději v den dovršení stanoveného věku, po dovršení 68 let věku pak každé dva roky.

(4) Posuzující lékař může na základě výsledku pravidelné lékařské prohlídky v odůvodněných případech, zejména s přihlédnutím k aktuálnímu zdravotnímu stavu, určit osobě uvedené v odstavci 1 nebo 3 (dále jen "povinná osoba") termín další pravidelné lékařské prohlídky kratší, než jsou lhůty uvedené v odstavci 2 nebo 3.

(5) Je-li to potřebné pro zjištění zdravotní způsobilosti povinné osoby, může posuzující lékař nařídít provedení odborného vyšetření.

(6) Náklady na pravidelnou lékařskou prohlídku osob uvedených v odstavci 1 hradí u osob v pracovněprávním vztahu zaměstnavatel. U osob uvedených v odstavci 1, které nejsou v pracovněprávním vztahu, a u osob uvedených v odstavci 3 hradí náklady na pravidelnou lékařskou prohlídku tyto osoby.

(7) Prováděcí právní předpis upraví rozsah pravidelné lékařské prohlídky.

¹ Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Vyhláška č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění vyhlášky č. 100/2003 Sb.

² Zákon č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

³ Zákon č. 247/2000 Sb., o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Prováděcím právním předpisem je vyhláška č. 277/2004 Sb., o stanovení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel, k řízení motorových vozidel s podmínkou a náležitosti lékařského potvrzení osvědčujícího zdravotní důvody, pro něž se za jízdy nelze na sedadle motorového vozidla připoutat bezpečnostním pásem. Dle § 2 vyhlášky č. 277/2004 Sb., lze posuzovanou osobu uznat za zdravotně způsobilou k řízení motorových vozidel nebo za zdravotně způsobilou s podmínkou za podmínek stanovených v zákoně č. 361/2000 Sb., pokud na základě lékařské prohlídky nebo pravidelné lékařské prohlídky nebyla u této osoby zjištěna vada, stav nebo nemoc (dále jen "nemoc"), která vylučuje zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel. V příloze č. 2 vyhlášky č. 277/2004 Sb. jsou stanoveny náležitosti posudku. Příloha č. 3 specifikuje nemoci, vady, nebo stavy, které vylučují nebo podmiňují zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel. Jedná se zejména o nemoci, vady a stavy zraku, sluchu, svalové a kosterní soustavy či pojivové tkáně, oběhové soustavy, nervové soustavy, diabetes mellitus, duševní poruchy, alkoholismus, závislost na užívání psychotropních látek, dále pak nemoci nebo stavy způsobené vážnou nedostatečností činnosti ledvin či stavy související s transplantací orgánu, kdy závažnost kteréhokoliv uvedeného stavu vylučuje nebo podmiňuje zdravotní způsobilost k řízení motorových vozidel. Příloha č. 4 obsahuje vzor lékařského potvrzení o nemožnosti připoutat se bezpečnostními pásy na sedadle motorového vozidla ze zdravotních důvodů.

2.3 Předmět metodiky

Metodika popisuje postupy, aplikované algoritmy a využití technologie pro objektivní zhodnocení schopnosti řidiče přirozenými, blíže nespécifikovanými omezeními vizuálního pole (řidiči s různými zdravotními omezeními a řidiči senioři) reagovat na podněty v bezprostřední blízkosti komunikace za využití pokročilých vozidlových simulátorů a systému sledování pohledu (eyetracking).

Jedná se o tyto metody:

- definování podmínek testování,
- postup testování,
- vyhodnocení a interpretace naměřených dat.

Tato metodika umožňuje objektivní rozpoznání oblastí vizuální pozornosti řidiče. Základní metodou je záznam objektů řidičovy pozornosti prostřednictvím analýzy vektoru jeho pohledu,

k čemuž slouží eyetracking. Data z eyetrackingu se kombinují se zaznamenanou trajektorií vozidla a se stavy vozidla. Výsledkem je komplexní popis situace, ze které lze posoudit kvalitu (správnost/adekvátnost) chování řidiče. Cílem je zjistit, které z předložených stimulů je řidič schopný vizuálně zaznamenat a vyhodnotit, na základě čehož je stanoveno objektivní posouzení jeho vizuálního chování ve vztahu k bezpečné jízdě.

Systémy pro měření pohledu řidiče (eyetracking) nejsou novinkou. Užívají se řadu let v oblasti vědy a výzkumu a dále též v aplikační sféře, v oblasti měření (kvantifikace) upoutání vizuální pozornosti. To se často týká účelů komerčních (umístění reklamy, rozmístění zboží), či v oblastech řešící prostorové rozmístění informací nespecifického druhu v různých informačních systémech, kde cílovým uživatelem je člověk (ať již běžný uživatel, např. čtenář, nebo pracovník různých profesí, např. řidič). V posledních letech vidíme jejich využití i v automobilovém průmyslu, kde slouží k optimalizaci a ověření návrhu z hlediska bezpečného užívání pracoviště řidiče. Zde jsou již dostupné mezinárodní normativní dokumenty a doporučení (ISO) [8, 9], z nichž některé již přejala i česká normativní legislativa (ČSN) [7]. Předkládaná metodika proto z části vychází z postupů, měřicích a vyhodnocovacích metodik (ISO [8, 9], ČSN [7]), které jsou sice určeny pro měření působení a vizuální distrakce způsobené zejména tzv. dopravně informačními vozidlovými systémy, ale principálně se jedná o velmi podobnou problematiku a stejnou cílovou skupinu. Díky tomu bylo možné tyto postupy upravit a vytvořit tuto metodiku a posléze ji otestovat s přihlédnutím k již fungujícím standardům.

2.4 Termíny a definice

- **Automobilový/vozidlový trenážer/simulátor** - zařízení, které dokáže v dostatečném rozsahu simulovat řízení reálného automobilu. Zpravidla sestává z částí vozidla, které bezprostředně obklopují řidiče a za pomoci kterých řidič vozidlo ovládá. V ideálním případě je použita kompletní kabina vozidla či vozidlo celé upravené tak, aby splňovalo bezpečnostní požadavky na provoz v místnosti. Výše uvedené části jsou napojeny na simulační systém, v dnešní době realizovaný soustavou počítačů a audiovizuálních výstupů. Nezbytným požadavkem na tento systém je možnost interakce řidiče s virtuálním prostředím, a to v míře dostačující danému typu experimentu. Pro tuto metodiku je vyhovující simulátor čtvrté skupiny (odstavec d) dle přílohy č. 4 zákona

č. 247/2000 Sb.⁴ Simulátor / trenažér má být vybaven panoramatickým výhledem vpřed, zpětnými výhledy, pohyblivou základnou a umožňuje nácvik jízdy v plném provozu za různých klimatických podmínek. Jelikož zákon nedefinuje přesně velikost panoramatického výhledu, stanoví tak toto metodika dále.

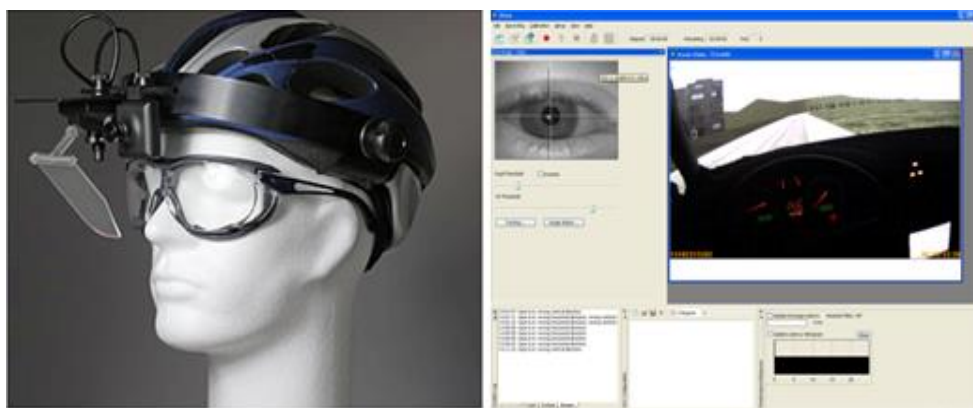
- **Virtuální/testovací trať (scéna), scénář** - testovací trať (scénou) rozumíme systém virtuálních 3D objektů (těleso silnice, dopravní stavby, objekty umělé i přírodní, dopravní značení, zástavba, terénní databáze a další účastníci provozu), které jsou během simulované jízdy řidiči zobrazovány za pomoci vizualizačního systému tak, aby byl navozen co nejreálnější pocit skutečné jízdy.
- **Testovací scénář** - jednotný postup pro daný experiment, při kterém jsou všem testovaným řidičům předkládány stejné situace, na které tito musí reagovat. Scénář definuje a musí splňovat specifické požadavky na experiment daného typu a definuje parametry a chování pro následující elementy:
 - model vozovky, dopravních staveb a dopravního značení,
 - model krajiny,
 - modely vozidel silničního provozu,
 - modely tělesa vlakové trati včetně elektrického vedení,
 - modely zástavby,
 - modely komerčních informačních médií,
 - modely zeleně (vyskytující se běžně v krajině, do které je testovací trať zasazena),
 - interakce mezi vozidlem ovládaným řidičem a ostatními prvky, stejně jako mezi dynamickými prvky navzájem.

Scénář je definován topologickým uspořádáním, akcemi a chováním elementů obsažených v dané virtuální trati a jejich možnou interakcí se simulovaným vozidlem nebo mezi sebou navzájem.

- **Soubor experimentálních dat** - během každého měření je nutné provádět nejlépe synchronizovaně sběr dat, která slouží pro další analýzy a vyhodnocení experimentů.

⁴ Zákon č. 247/2000 Sb., o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

- **Objektivní data** - takové výstupy, jejichž interpretace nezávisí přímo na expertním posouzení experimentátora. Jedná se o data, která lze zpracovávat strojově a na výsledek jejich analýz nemá osoba hodnotitele bezprostřední vliv.
- **Subjektivní data** - subjektivní vyhodnocení je v tomto případě v rukou posuzovatele a je závislé na jeho zkušenostech ale i schopnostech. Cílem metodiky je vliv subjektivního hodnocení eliminovat na úkor objektivních dat.
- **Technická data ze simulované jízdy** - jedná se o objektivní data, která jsou nasnímána během testu na automobilovém simulátoru. Vypovídají o řídicově chování při testovací jízdě, jeho reakcích, zahrnují základní údaje o jeho stavu, jako je např. reakční doba.
- **Reakční doba** - Smrček 1984 [3] definoval reakční dobu jako „časový interval, který uplyne od okamžiku vjemu do okamžiku uvedení zařízení (např. brzd) do činnosti naučeným pohybem“.
- **Eyetracking** - jedná se o zařízení určující fokus testované osoby (bod zájmu, který testovaná osoba sleduje). Řidičův fokus je určován z pohybů oka a jeho základních parametrů, které jsou vypočítávány na základě zpracování videosignálu zaznamenávaného kamerou snímající oko přes polopropustné zrcadlo. Detekce je prováděna na základě odrazu infračerveného světla, zkoumaný objekt toto světlo nevidí a měření může být realizováno i za nízké úrovně vnějšího osvětlení (jak tomu u automobilových simulátorů většinou je). Základní typy zařízení pro sledování řidičova pohledu:
 - **Distanční** – jeho výhodou je, že řidič není eyetrackerem fyzicky omezován a je tak navozen realističtější pocit z jízdy, nevýhodou je závislost kvality snímání pohybu očí na aktuální poloze hlavy a jeho vysoká cena.
 - **Nasazený na hlavě řidiče** (realizovaný jako helma, brýle apod.) – jeho výhodou je jednoduchá synchronizace videozáznamu z pozice řídicových očí s jeho fokusem, nevýhodou je sekundární zátěž, tj. není běžným vybavením řidiče během jízdy (viz obrázek 1).



Obrázek 1: EYETRACKER nasazený na hlavě řidiče, záznamový software (vpravo)

2.5 Interaktivní simulace jakožto prostředek pro možné hodnocení schopnosti reagovat na podněty v bezprostřední blízkosti komunikace

Základní zhodnocení schopností k řízení vozidla provádí praktický lékař, který uznává člověka schopným řídit automobil. V případě podezření na oční vadu provede zhodnocení a doporučení lékař odborně specializovaný na rozpoznání a měření vad zraku.

Pokud je řidič vyhodnocen jako legálně schopný řídit vozidlo, neznamená to ale, že je fakticky schopný jej řídit, resp. řídit s nesníženým rizikem vůči většině ostatních řidičů. K rozpoznání potenciálně problematického řidiče slouží tato metodika, která je zaměřená právě na vyhodnocení reakce na podněty ve vizuálním poli za pomoci vozidlových simulátorů, které umožňují v kontrolovaném a bezpečném prostředí sledovat chování řidičů. Pokud se objeví problematické chování nebo reakce, není to podklad k odnětí oprávnění řídit vozidlo, ale může uzpůsobit výcvik specificky na daný problém, případně si řidič může koupit vozidlo vybavené asistenčním systémem, a tím příznaky problému zmírnit. Problém, který je rozpoznáný a kvantifikovaný, je posléze mnohem snazší řešit.

Většina informací důležitých k plnění primárních úkolů řízení se k řidiči dostává pomocí zraku. Proto je extrémně důležitá schopnost řidiče v reálném čase rozpoznávat vjemy z okolí, odhadovat relativní rychlost okolních vozidel a určovat budoucí trajektorii vozidla. Je obecně známo, že s vyšším věkem dochází ke změnám ve vnímaném vizuálním poli.

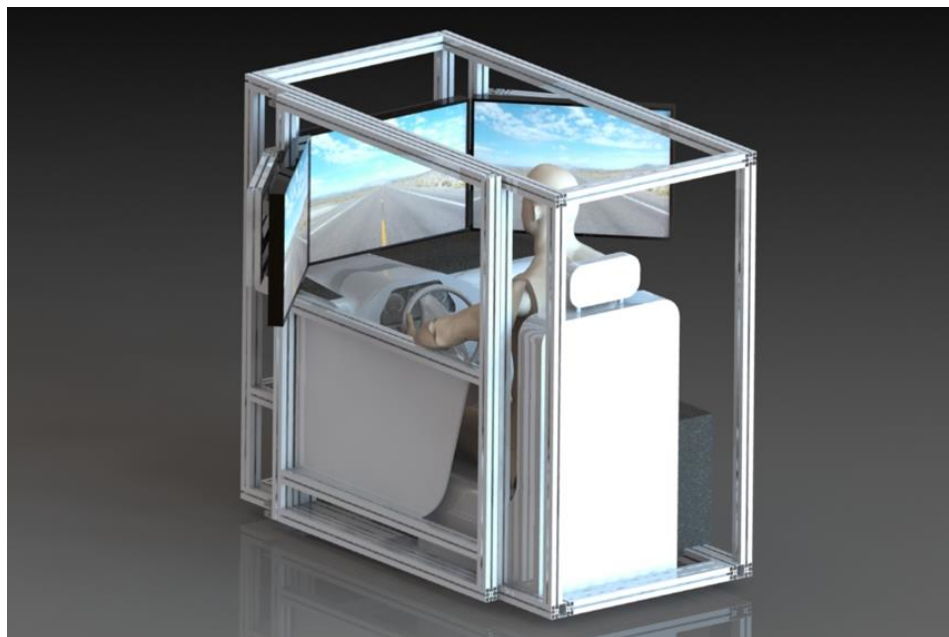
Rozpoznání objektu před vozidlem je závislé na více faktorech – vzdálenosti objektu, rychlosti jeho pohybu (statický je méně nápadný), kontrastu vůči okolí (např. LED billboardy)

a zkušenosti řidiče. Starší řidiči budou obecně schopni zaostřit na objekt pomaleji, častěji budou i pomalejší v reakci na nastalou situaci. Na druhou stranu mohou tyto hendikepy eliminovat většími zkušenostmi anebo třeba opatrnější jízdou, nižší rychlostí apod. (pokud mají vhodné psychologické nastavení a správný odhad svých schopností).

Ve vozidlovém simulátoru v kontrolovaném a specificky připraveném scénáři bude řidič vystaven různým událostem – např. vstup chodce na přechod, změna stavu světelného signálu přejezdového zabezpečovacího zařízení, nečekaná změna trajektorie vozidla vpředu nebo v protisměru. Reakce na tyto události/podněty je vyhodnocena kombinací dat z ovládní vozidla (pedály, natočení volantu, změna trajektorie) a eyetrackingu ve společném časovém rámci.

2.6 Postup testování a hodnocení

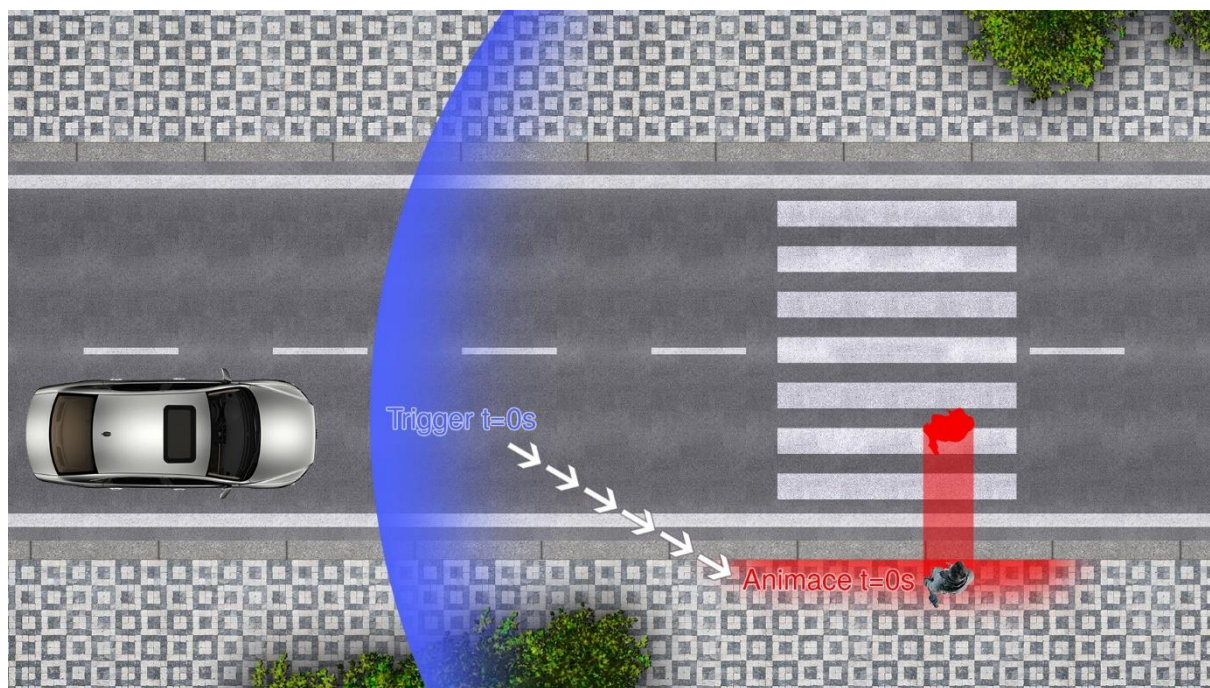
Testování probíhá na pokročilém vozidlovém simulátoru (osobního/nákladního vozidla), který musí dostatečným způsobem napodobovat jízdu a zároveň umožňovat sběr dat. V případě studia chování řidičů je dále nutné umožnit řidiči výhled do všech směrů, do kterých z reálného vozidla vidí, tzn. celé čelní sklo (s přesahem nahoru, primárně kvůli světelnému signalizačnímu zařízení) a celý výhled do stran. V horizontálním směru se jedná o minimálně 120° (viz obrázek 2)



Obrázek 2: Prostorového uspořádání simulátoru

V simulátoru jsou připraveny základní scény (virtuální prostředí). Tyto scény obsahují oblasti městského charakteru a charakteru mimoměstského (silnice I., II. a III. třídy, vesnici, les apod.), čemuž je uzpůsobena stavba scény (architektura budov, křižovatky, železniční přejezdy apod.) i charakter okolního provozu (městský a mimoměstský). Zobrazovaná scéna používá běžné reálie včetně dopravních značek a dalších regulatorních prvků běžně se vyskytujících. Virtuální prostředí je základním prvkem simulátorového scénáře, který navozuje reálnou situaci. Sestává z tzv. 3D objektů, které jsou statické nebo dynamické (ty jsou buďto pouze animované nebo interaktivní). Experimentálním scénářem se rozumí jednotný postup pro daný výcvik, při kterém jsou všem testovaným řidičům předkládány stejné situace, na které tyto musí reagovat. Scény doplněné o dynamické prvky – události/podněty dovolují realizovat krizové situace, a to v předpřipraveném sledu např. příjezd cyklisty z vedlejší ulice, vstup chodce na přechod, změna stavu světelného signálu přejezdového zabezpečovacího zařízení, nečekaná změna trajektorie vozidla vpředu/v protisměru.

Na následujícím obrázku (Obrázek 3) je znázorněn způsob spuštění dynamického prvku na základě spouštěče (triggeru). Vozidlo přijíždí k místu předpřipravené události, jakmile se dotkne triggeru, automaticky se spustí připravený dynamický prvek (animace) v zorném poli řidiče. Čas spuštění animace je zaznamenán. Poloha vozidla i poloha dynamického prvku je také zaznamenávána.



Obrázek 3: Spuštění dynamického prvku na základě spouštěče (triggeru)

Kromě těchto vyvolaných dynamických prvků (spouštěných pomocí triggeru) se do scény připraví provoz, který opět maximálně odpovídá realitě a směrové šipky, které jednoznačně povedou řidiče plánovanou trasou.

Testování na vozidlovém simulátoru se dělí do pěti fází:

- **Fáze 1: Přípravná fáze - příprava vozidlového simulátoru**

Kromě samotného simulátoru jsou připraveny všechny další přístroje, které jsou třeba pro zaznamenání dat v průběhu experimentu (zejména eyetracking – provede se jeho kalibrace, dále se může jednat například o doplňkové kamery pro záznam pohybu nohou řidiče – ovládání pedálů).

- **Fáze 2: Adaptační fáze – adaptace testovaných řidičů na vozidlový simulátor**

Před samotným experimentálním měřením si testovaný řidič vyzkouší jízdu v simulátoru v nezatěžových podmínkách. Vyzkouší si jízdu ve stejném prostředí, ve kterém probíhá následné měření (předpřipravené scény bez dynamických prvků - podnětů), protože řízení ve vozidlovém simulátoru i přes jeho realističnost má určitá specifika, kterými se liší od reálného prostředí (zejména problematický odhad rychlosti a fyzikálních reakcí působících na vozidlo v zatáčkách/při brzdění). Ve chvíli, kdy řidič usoudí, že zvládá virtuální vozidlo ovládat a zároveň s ním podle subjektivních zkušeností souhlasí osoba, která měření provádí, přistupuje se k testování, při kterém již probíhá kompletní záznam dat. Obecně je pro zkušeného testujícího snadné správně subjektivně odhadnout schopnost testovaného řídit v simulátoru, základními podmínkami je bezproblémové udržení virtuálního vozidla v jízdním pruhu a dodržování dovolené rychlosti za neztížených podmínek.

- **Fáze 3: Testovací fáze - měření testovaných řidičů v simulátoru**

Experiment začíná pro všechny testované osoby na stejném místě. Prvním úkolem řidiče je vést své vozidlo dle směrových šipek k cíli a zároveň dodržovat předepsanou rychlost. Druhým úkolem je reagovat na předpřipravené události, které se postupně ve scénáři objevují. Tato reakce je registrována pomocí reakce na brzdovém či plynovém pedálu (stisk/povolení). Čas reakce je zaznamenán a následně při vyhodnocení porovnán s časem zaregistrování události.

- **Fáze 4: Vyhodnocovací fáze - vyhodnocení získaných dat**

V této fázi jsou vyhodnocena naměřená data, primárně vektor pohledu řidiče, který je zaznamenáván po celou dobu jízdy společně s trajektorií vozidla. Na základě těchto dat je vyhodnoceno, které objekty řidič sledoval. Toto vyhodnocení úzce souvisí s distrakcí řidiče, např. přesycením dopravními značkami, nejednoznačným nebo špatně viditelným podélným dopravním značením či např. reklamními plochami.

Základním vypočteným parametrem, který je použit pro hodnocení schopnosti řidiče reagovat na podněty v bezprostřední blízkosti komunikace, je reakční doba. Reakční doba je vypočtena jako rozdíl času, kdy se podnět objeví v zorném poli řidiče (tj. je spuštěn předpřipravený dynamický prvek pomocí triggeru) a času reakce, která se projeví adekvátní změnou řízení. Tento parametr je vypočten pro každý předpřipravený dynamický objekt představující podněty v bezprostřední blízkosti komunikace. Tyto dynamické objekty se postupně objevují během jízdy testované osoby. Jedná se např. o příjezd cyklisty z vedlejší ulice, vstup chodce na přechod, změnu stavu světelného signálu přejezdového zabezpečovacího zařízení, nečekanou změnu trajektorie vozidla vpředu/v protisměru.

- **Fáze 5: Závěrečná fáze - závěry a doporučení**

V poslední fázi se provede zhodnocení měření samotného – kontrola dat, kontrola dodržení metod měření, vyhodnocení zkušeností pro budoucí měření. Pokud dojde při měření k problémům, které jsou pro objektivitu a relevantnost měření fatální, vrátíme se do předchozích fází.

2.7 Popis navrhovaných událostí/podnětů

V této kapitole jsou uvedeny příklady možných událostí/podnětů. Události/podněty byly doplněny do virtuální tratě (scény) v navrženém sledu, a tak byl vytvořen základní scénář. Tento scénář byl ověřen při testování řidičů s přirozeným omezením vizuálního pole (řidiči s různými nespécifikovanými zdravotními omezeními a řidiči senioři) na vozidlovém simulátoru na Fakultě dopravní Českého vysokého učení technického v Praze.

Při aplikaci této metodiky je možné využít tyto události/podněty, případně je upravit dle potřeb testování či vytvořit zcela nové. Následující příklady jsou rozděleny do dvou skupin z hlediska okolí řidiče na scénáře v extravilánu a v intravilánu.

Situace v extravilánu jsou specifické vyššími rychlostmi vozidel. V zorném poli řidiče se vyskytuje méně prvků, které mohou negativně ovlivnit jeho pozornost (kap. 2.7.1 – 2.7.3).

Situace v intravilánu se zásadně liší od extravilánu. Rychlosti provozu i vozidla řidiče jsou nižší, ale je často třeba rychlé reakce na nenadálé situace, zároveň je v zorném poli více atraktorů pozornosti (kap. 2.7.4 – 2.7.6).

2.7.1 Cyklista na polní cestě vedle silnice

Scénář se odehrává na pozemní komunikaci návrhové kategorie S7,5/70 v extravilánu. Jedná se o přehledný úsek, řidič může vidět účelovou komunikaci (polní cesta), která ústí na hlavní silnici, po níž jede. Po polní cestě směrem k hlavní silnici jede cyklista, u kterého není zřejmé, zda zastaví a dá přednost řidiči. Pokud řidič zpomalí cca na 60 km/h, cyklista zastaví na okraji silnice několik desítek metrů před tím, než k němu dojde. Pokud pojede rychleji, cyklista také zastaví, ale úměrně rychlosti řidiče blíž času potenciálního střetu. Celá situace je navržena tak, aby v reálném případě bylo více než vhodné z pohledu řidiče snížit rychlost kvůli snížení pravděpodobnosti nehody a případnému snížení jejích následků (viz obrázek 4).

Budou vyhodnocena data ze simulátoru a eyetrackingu, vypočtena reakční doba. Dále budou analyzovány časy a místa uvolnění plynového pedálu, použití brzdy, rozpoznání cyklisty a celé situace.



Obrázek 4: : Scénář - cyklista na polní cestě vedle silnice

2.7.2 Autobus v jízdním pruhu v křižovatce

Scénář se odehrává na pozemní komunikaci návrhové kategorie S7,5/70 v extravilánu. Jedná se o přehledný úsek, řidič na velkou vzdálenost (>150 m) může vidět průsečnou křižovatku s jinou komunikací stejné kategorie, je na hlavní silnici. Z jeho pohledu zleva na komunikaci ve směru proti němu vyjíždí autobus, který nezasahuje do provozu, vjíždí ve správný čas, ale neodhadne nájezd a o cca 0,8 metru vjede do jízdního pruhu testovaného řidiče. Ten bude v daném momentu cca 20 m (1 sekundu) od autobusu, nehoda není nevyhnutelná, stačí zajet k pravé straně jízdního pruhu, případně zpomalit (viz obrázek 5).

Budou vyhodnocena data z eyetrackingu, zejména krátký okamžik, kdy řidič uvidí vyjetí autobusu do svého pruhu, vypočtena reakční doba. Dále s tím související data z vozidlového simulátoru (ovládání pedálů, rychlost reakce volantem) a dále zhodnocení, zda byla reakce odpovídající.



Obrázek 5: Scénář - autobus v jízdním pruhu v křižovatce

2.7.3 Předjíždění cyklisty

Scénář se odehrává na pozemní komunikaci návrhové kategorie S7,5/70 v extravilánu. Jedná se o přehledný úsek, kdy řidič ve velké vzdálenosti cca 200 m vidí cyklistu na kraji svého jízdního pruhu a zároveň vidí provoz v protisměru (viz obrázek 6). Množství provozu v protisměru odpovídá řešení, kdy stačí zpomalit cca na 40 km/h, a pak je již možné předjet (nic v protisměru nepojede).

Data ze simulátoru a eyetrackingu dají informaci, na jakou vzdálenost řidič cyklistu skutečně rozpoznal, včetně toho, že jde o cyklistu (vysoký rozdíl rychlostí) a v jaké vzdálenosti od cyklisty začal brzdit (řešení situace).



Obrázek 6: Scénář - předjíždění cyklisty

2.7.4 Změna stavu světelného signálu přejezdového zabezpečovacího zařízení (PZZ)

Řidič jede po městské jednopruhové komunikaci o šířce pruhu 3,25 metru a maximální dovolené rychlosti 50 km/h, slabý provoz. Přijíždí k železničnímu přejezdu s PZZ, svítí přerušované bílé světlo (=> max. dovolená rychlost 50 km/h). Přibližně 3 sekundy před vjetím na přejezd (~45 m před ním) se změní světlo na výstrahu (viz obrázek 7).

Budou vyhodnocena data ze simulátoru a eyetrackingu – zejména rychlost zaznamenání změny stavu PZZ, vypočtena reakční doba a celkově zhodnocena situace.



Obrázek 7: Scénář - změna stavu světelného signálu přejezdového zabezpečovacího zařízení

2.7.5 Vstup chodce na přechod v intravilánu

Řidič jede po městské komunikaci, max. dovolená rychlost je 50 km/h. Dojíždí autobus, který po chvíli spustí signalizaci směru jízdy vpravo. Přijíždí ke snížení rychlosti na 30 km/h, cca 15 m za ním je autobusová zastávka v jízdním pruhu, kde autobus zastaví, v protisměru se nenachází žádný provoz. Po cca 30 sekundách se autobus rozjede, cca 5 m za označником zastávky je přechod pro chodce, kam vejde chodec bezprostředně za autobusem. Řidič musí reagovat a zastavit.

V tomto scénáři budou vyhodnocovány dvě situace (viz obrázek 8). První z nich je rychlost zaznamenání a rychlost reakce na signalizaci autobusu, vzdálenost, v jaké se řidič drží za autobusem a co v tu chvíli sleduje. Z hlediska bezpečnosti (ne vyšetřování vizuálních polí) by bylo selháním, kdyby se pokusil o předjetí autobusu - nemá přehled o situaci v protisměru. Druhá situace je reakce na chodce, který vstoupí do vozovky. Řidič ho tam může očekávat (je rozumné očekávat chodce za autobusem odjíždějícím ze zastávky), nicméně fyzicky ho uvidí pouze cca 1–1,5 sekundy od případné srážky (vozidlo v tu chvíli pojede cca 20–25 km/h, což umožní dostatek času a prostoru na reakci).

Budou vyhodnocena data z eyetrackingu, čas nutný k zaznamenání chodce, čas nutný na reakci a celkově zhodnocena reakce na situaci.



Obrázek 8: Scénář - vstup chodce na přechod v intravilánu

2.8 Nástroje pro hodnocení

Hodnocení schopnosti řidiče reagovat v provozu na podněty v bezprostřední blízkosti komunikace spočívá v analýze technických dat ze simulátoru, které jsou doplněny záznamem z eytrackeru. Sledovaným parametrem je především reakční doba (více viz kapitola Výpočet reakční doby).

Technická data jsou výstupem simulované jízdy ve formě synchronizovaného protokolu vzorkovaného s dostatečnou vzorkovací frekvencí (obvykle 2-50ms). Data z jednotlivých jízd jsou ukládána do matice, jejíž počet sloupců koresponduje s počtem sledovaných veličin a počet řádků je dán délkou jízdy a frekvencí ukládání dat. Tato matice je exportována ze simulátoru v textovém souboru, který se dá poměrně snadno dále zpracovávat. Jedná se o tyto základní proměnné:

- čas vzorku
- pozice vozu v souřadném systému simulátoru
- natočení vozu
- rychlost vozidla
- natočení volantu
- úroveň sešlápnutí jednotlivých pedálů

- vzdálenost od kolizních objektů

Na základě této analýzy je možné určit schopnosti řidiče bezpečně řídit vozidlo – tj. dodržovat maximální dovolenou rychlost, nevyjíždět z jízdního pruhu, schopnosti bezpečně a dostatečně rychle reagovat na nečekané situace.

Analýza technických dat je doplněna analýzou záznamu z eyetrackeru. Z naměřených dat (pole vektorů pohledu v čase) lze určit, jaký časový interval řidič strávil sledováním jednotlivých míst zájmu v zorném poli – vozidla před sebou, dopravního značení, chodců, reklamního sdělení, či zda řidič spíše sleduje na reklamních zařízeních grafiku anebo text, v jaké vzdálenosti sleduje dopravní značky, kdy zaznamená nečekanou změnu pohybu chodce k vozovce atd. Tato naměřená data spolu s technickými daty ze simulátoru umožní výpočet reakční doby (více viz kapitola Výpočet reakční doby).

2.8.1 Analýza záznamu z eyetrackeru

Systém eyetrackingu, který toto měření provádí, je obvykle sestaven ze dvou až šestnácti kamer umístěných ve vozidle tak, aby nevadily ve výhledu (při externí dvoukamerové konfiguraci jsou kamery umístěny u volantu vpravo a vlevo), v případě náhlavního jsou kamery sledující pohled a scénu montovány na přilbě, brýlích či jiném vhodném nosiči na řidičově hlavě. Dále počítače vybaveného softwarem, který analyzuje obraz z kamer a vyhodnocuje směr a cíl pohledu. Výsledkem je matice vektorů pohledu a dalších ukazatelů kvality pohledu a měření v čase. Na základě této časově synchronizované matice (synchronizováno se záznamem simulátoru) je možné určit, na které objekty se řidič během experimentu díval (tj. v kterém čase či jakou dobu).

2.8.2 Analýza technických dat ze simulátoru

Naměřené hodnoty mohou být zobrazovány grafy, tabulkami či statistickými hodnotami pro daný úsek, a to buď simulátorem samotným, nebo dodatečným softwarovým vybavením či využity pro další analýzy. Sledované parametry pro výpočet reakční doby (viz následující kapitola) jsou:

- Úroveň sešlápnutí jednotlivých pedálů
 - na základě reakcí na brzdovém pedálu (sešlápnutí) či na plynovém pedálu (povolení)

Další sledované doplňkové parametry:

- Pozice v jízdním pruhu:

- příčná pozice vozidla je vypočítávána jako odchylka pozice vozidla od referenční křivky, která vede geometrickým středem jízdního pruhu, a to jako minimální vzdálenost mezi referenční křivkou a bodem určujícím aktuální polohu vozidla
- je sledována variabilita příčné pozice, ale i překročení dělicí čáry nebo krajnice. Překročení lze sledovat stejně jako v předchozím bodě z referenční křivky se znalostí aktuální šířky jízdního pruhu.
- Rychlost vozidla:
 - rychlost vozidla v jednotlivých úsecích jsou počítány jako klouzavé průměry rychlostí v těchto úsecích
 - je sledována rychlosti vozidla v jednotlivých úsecích a nepřekročení maximální dovolené rychlosti
- Kritická vzdálenost ke kolizním předmětům:
 - vzdálenost ke kolizním objektům je počítána jako nejmenší vzdálenost mezi vozidlem a kolizním objektem
 - sledujeme kritickou vzdálenost ke kolizním objektům.

2.8.3 Výpočet reakční doby

Sledovatelná řidičova oblast je rozdělena na jednotlivé virtuální oblasti zájmu (obdélníky). Těmto obdélníkům jsou přiřazeny aktuální souřadnice, tak aby při analýze záznamu z eyetrackeru bylo možné jednoznačně určit, ve které sledované oblasti se řidičův fokus nachází. Viz následující obrázek (Obrázek 9).

Definování jednotlivých oblastí zájmu:

- scéna
- palubní deska
- objekt zájmu - podnět
- nedefinovaná oblast



Obrázek 9: Sledované oblasti zájmu

V první fázi se každé položce záznamu (záznamu z měření eyetrackerem) přiřadí jedna z nadefinovaných oblastí dle aktuálního řidičova fokusu. Tento záznam je synchronizován se záznamem z vozidlového simulátoru. Nezávislou proměnnou je simulátorový čas počítaný od začátku experimentu (obvykle vzorkování 2-50ms).

- t_{so_k} – simulátorový čas objevení se k -tého dynamického objektu - podnětu ve scéně
- t_{sc_k} – simulátorový čas prvního zaznamenaného fokusu na k -tý dynamický objekt - podnět (při startu experimentu je $t_{sc_k} = 0$, pro všechny dynamické objekty - podněty)
- t_{sr_k} – simulátorový čas reakce na k -tý dynamický objekt - podnět (při startu experimentu je $t_{sr_k} = 0$, pro všechny dynamické objekty - podněty)
- RT_k – vypočtená reakční doba na k -tý dynamický objekt – podnět

Tabulka 1: Varianty výpočtu reakční doby

| Varianty | Slovní význam | Výpočet reakční doby |
|----------------------------------|--|--|
| $t_{sc_k} = 0$ | Řidič na dynamický objekt – podnět nereagoval | RT_k je neměřitelný ($RT_k = \infty$) |
| $t_{sc_k} > 0$ $t_{sr_k} = 0$ | Řidič dynamický objekt - podnět zaregistroval, ale nezareagoval sešlápnutím brzdového pedálu či povolením plynového pedálu | RT_k je neměřitelný ($RT_k = \infty$) |
| $t_{sc_k} > 0$ $t_{sr_k} > 0$ | Řidič dynamický objekt - podnět zaregistroval a zareagoval sešlápnutím brzdového pedálu či povolením plynového pedálu | $RT_k = t_{sr_k} - t_{so_k}$ |

2.8.4 Hodnocení reakční doby

Vypočtené reakční doby viz Tabulka 1 (případ $t_{sc_k} > 0$ a $t_{sr_k} > 0$) je možné hodnotit dle následující tabulky (dle [3, 4]). Odchylkou pohledu řidiče je myšlena velikost horizontální úhlové odchylky objektu reakce od směru pohledu řidiče.

Tabulka 2: Hodnocení reakčních dob

| | Bezpečná reakční doba [s] | Relativně bezpečná reakční doba ⁵ [s] | Nebezpečná reakční doba [s] |
|-------------------------------------|---------------------------|--|-----------------------------|
| Odchylka pohledu řidiče $< 5^\circ$ | 0,69-1,12 | 1,12-1,34 | $> 1,34$ |
| Odchylka pohledu řidiče $> 5^\circ$ | 0,78-1,25 | 1,25-1,49 | $> 1,49$ |

⁵ reakční doba řidiče je stále v akceptovatelné mezi, ovšem minimálně 50% řidičů dosahuje kratších reakčních časů, což může, pokud se takoví řidiči dostanou do interakce v dopravním proudu, znamenat v kritické situaci vysoké riziko vzniku dopravní nehody.

3 Srovnání novosti postupů

Metodika měření vizuálního pole řidičů s přirozeným omezením je určena pro doplňkové objektivní posouzení a kvantifikaci schopnosti řidiče motorových vozidel reagovat na podněty v bezprostřední blízkosti komunikace.

Její inovativnost spočívá zejména v metodě multikriteriálního posouzení kvantifikovatelných ukazatelů, které je možné provést na základě testů na simulovaných modelových situacích.

Metodiku lze využít pro:

- vyšetřování vizuálního pole řidičů s různými nespécifickými omezeními vizuálního pole, jako jsou např. řidiči senioři,
- jako doplňkovou metodickou pomůcku vyhodnocení kvality výcviku řidičů z hlediska jejich vizuální pozornosti a schopnosti správné reakce na podněty v okrajových částech výhledu,
- jako doplňkový metodický nástroj rozšiřující možnosti využití simulátorů silničních vozidel.

Není známo, že by adekvátní metodika byla publikována a realizována v ČR nebo v zahraničí.

4 Popis uplatnění certifikované metodiky

Tato metodika poskytuje podklady pro objektivní hodnocení schopnosti řidiče přirozeným omezením vizuálního pole (řidiči s různými nespécifikovanými zdravotními omezeními a řidiči senioři) reagovat na podněty v bezprostřední blízkosti komunikace za využití pokročilých vozidlových simulátorů a systému sledování pohledu (eyetracking). Na základě této metodiky je možné objektivně zhodnotit, zda řidiči s přirozeným omezením vizuálního pole mají reálnou možnost adekvátně reagovat na případné nebezpečné situace. Metodika může být využita jako doplňková metodická pomůcka hodnocení schopnosti řidiče s přirozeným omezením vizuálním polem řídit motorové vozidlo (nebo při podezření, že takové omezení u řidiče existuje), dále pak může sloužit k vyhodnocení kvality výcviku řidičů z hlediska jejich vizuální pozornosti a schopnosti správné reakce na podněty v okrajových částech výhledu jízdy za použití pokročilého automobilového simulátoru.

Metodika je též použitelná v oblasti výcviku řidičů všech kategorií a výzkumu chování řidičů a interakce řidiče vůči ostatním účastníkům provozu, zejména v rámci vyšetření vedených dopravním psychologem.

Metodika v žádném případě nemá za cíl nahrazovat ani částečně suplovat zákonná vyšetření prováděná lékařem nebo odborným pracovníkem posuzujícím způsobilost k řízení vozidla. Dává pouze, na základě objektivního měření, informaci o řidičových aktuálních schopnostech reakce na vizuální podněty velmi blízké těm, se kterými se běžně setkává v řidičské praxi. Tato metodika je využitelná pouze v součinnosti s vozidlovým simulátorem dostačujících parametrů a systémem sledování pohledu (eyetracking).

5 Ekonomické aspekty

Náklady uplatnění metodiky jsou relativně nízké, zejména ve srovnání s náklady na řešení dopadů nehod souvisejících s řidiči, kteří jsou nějakým způsobem na svých schopnostech omezeni (např. řidiči - senioři). Snížení nehodovosti vždy přináší společnosti finanční úsporu.

Pro měření lze využít simulátory s potřebnými parametry, které se běžně využívají pro výcvik řidičů (trenažery), a to souběžně s výcvikem, doplněné o systém sledování pohledu. Vzhledem ke specifčnosti úkolu, není třeba simulátor se všemi vlastnostmi pokročilých simulátorů pro výcvik, lze nasadit jednoduchý simulátor na bázi PC a tří širokoúhlých monitorů, vybavený jednoduchým systémem pro sledování pohledu, jehož cena je značně nižší⁶.

⁶ Jako např. zařízení vyvinuté na Fakultě dopravní ČVUT v Praze, které je součástí výstupů projektu „Působení rušivých vizuálních vlivů na bezpečnost jízdy“ (TA04031752) programu Alfa Technologické agentury ČR, stejně jako tato metodika, a jehož předpokládaná prodejní cena se předpokládá 100-150 tis. Kč.

6 Seznam literatury

- [1] Rehnová, V.: Metodika identifikace a řešení informační zátěže dopravního prostředí, Praha: Ministerstvo dopravy, 2009
- [2] Hamerníková, V.: Základy dopravní psychologie nejen pro profesionální řidiče, Vyd.1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 116s. ISBN 978-80-7013-517-4, 2010
- [3] Znalecký standard č. III- Technická analýza střetu vozidla s chodcem, Ministerstvo spravedlnosti ČR 1991.
- [4] Bradáč A., Smrček J.: K detailnímu rozboru reakční doby řidiče a osobního automobilu při nouzovém brzdění. In: rubrika "Informace znalcům" v časopisu Zábрана škod 8/1984. s. 126-128
- [5] Novák, M., Bouchner, P., Faber, J., Votruba, Z., Novotný, S., Pěkný, J., Tichý, T., Kozumplík, M.: Senioři za volantem, FD ČVUT, Praha, 2008, ISBN: 987-80-87136-02-7
- [6] Novotný, S. - Bouchner, P. 2011: Elderly drivers vs. IVIS and ADAS - Results from a set of driving simulator studies, Advances in Transportation Studies, no. 24, p. 23-32, ISSN 1824-5463
- [7] ČSN EN ISO 15007-1 Silniční vozidla – Měření zrakových aktivit ve vztahu k dopravním informačním a řídicím systémům – Část 1: Definice a parametry
- [8] ISO/TS 15007-1 Road vehicles - Measurement of driver visual behaviour with respect to transport information and control systems - Part 2: Equipment and procedures
- [9] ISO 16673 Road vehicles - Ergonomic aspects of transport information and control systems - Occlusion method to assess visual demand due to the use of in-vehicle systems

7 Seznam publikací předcházející metodice

Metodika je originálním dílem a vychází především z řady vlastních studií, výzkumných a odborných zpráv. Dále vychází ze zkušeností dopravních odborníků zapojených do řešení projektu TA04031752 „Působení rušivých vizuálních vlivů na bezpečnost jízdy“.

Ke zpracování této metodiky byly využity následující autorské práce:

- I. Bouchner, P., Novotný, S., Čechová, A.: Metodika výcviku řidičů pro marginální dopravní situace, Uplatněná certifikovaná metodika, 2013
- II. Bouchner, P., Novotný, S., Čechová, A.: Metodika výcviku řidičů pro užívání moderních systémů ve vozidle, Uplatněná certifikovaná metodika, 2013
- III. Sýkora, O. 2008. Analýza změn v chování lidského operátora-řidiče na základě analýzy trajektorie vozu, Praha: Dopravní fakulta ČVUT v Praze.
- IV. Bouchner, P., Novotný, S., Piekník R. 2007. Objective Methods for Assessments of Influence of IVIS (In-vehicle Information Systems) on Safe Driving. In Proceedings of the Fourth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, 153-159.
- V. Novotný, S. - Bouchner, P. 2011. Elderly drivers vs. IVIS and ADAS - Results from a set of driving simulator studies, Advances in Transportation Studies, no. 24, p. 23-32, ISSN 1824-5463
- VI. Bouchner P., Novotný S. 2013. Secondary driving tasks experiments with use of eye tracking device. In Proceedings of the International Conference Road Safety and Simulation (RSS2013), Rome, Italy.
- VII. Řeháková, A., Bouchner, P., Šumelda, A. 2013. Simulator experiment focused on detection of microsleeps behind the wheel. In Proceedings of the 11th European Transport Congress. 220-226.
- VIII. Bouchner P., Novotný S., Piekník R. 2007. Measurements and analysis of data measured from real car driving used for development of research driving simulators, Proceeding of CTU Workshop, Prague, Czech Republic
- IX. Bouchner P. 2008. Data Acquisition for Driving Simulator Development. Proceedings of Driving car interaction and interface conference (DCII2008), Prague, Czech Republic