



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

KONTROLA SITUACE ZA VOZIDLEM

CHECKING OF THE SITUATION BEHIND THE VEHICLE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Kristína Ryšavá

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michal Belák

BRNO 2018

Zadání diplomové práce

Studentka: **Bc. Kristína Ryšavá**
Studijní program: Soudní inženýrství
Studijní obor: Expertní inženýrství v dopravě
Vedoucí práce: **Ing. Michal Belák**
Akademický rok: 2018/19
Ústav: Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Kontrola situace za vozidlem

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce se bude zabývat analýzou doby, kterou řidič potřebuje ke kontrole situace za vozidlem před započítím vybraného jízdního manévru jako je např. odbočování, předjíždění, vyhýbání překážce aj.

Cíle diplomové práce:

Mezi cíle práce bude patřit důkladná rešerše současného stavu poznání dané problematiky. V dalším student na základě získaných vědomostí navrhne jízdní zkoušku a zrealizuje dostatečný počet měření v reálném provozu pro, tak aby získaná data bylo možné dostatečně kvalitně vyhodnotit a porovnat. Takto získaná data pak budou analyzována a vhodným způsobem srovnána a prezentována.

Seznam doporučené literatury:

- [1] BRADÁČ, Albert a kol.: Soudní inženýrství, Akademické nakladatelství CERM Brno, 1999, 725s, ISBN 80-7204-133-9
- [2] JURECKI, Rafał Stanisław, Tomasz Lech STAŃCZYK a Marek Jacek JAŚKIEWICZ. Driver's reaction time in a simulated, complex road incident. Transport. 2014-05-09, s. 1-11. DOI: 10.3846/16484142.2014.913535. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/16484142.2014.913535>
- [3] 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.

[4] 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>

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.
vedoucí odboru

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
ředitel

Abstrakt

Diplomová práca sa zaoberá problematikou kontroly situácie za vozidlom, v teoretickej časti rozoberá nepriamy výhľad z vozidla, reakčnú dobu a možnosti jej merania, a možnosti merania pohybov očí pomocou eyetrackerov. Druhá časť práce sa zaoberá popisom metódy merania využitej na získanie potrebných dát a analýzou kontroly situácie za vozidlom pomocou spätných zrkadiel, a to najmä analýzou dĺžky trvania fixácií pohľadov v spätných zrkadlách a celkových dĺžky trvania pohľadov do spätných zrkadiel.

Abstract

The diploma thesis deals with the issue of control the situation behind the vehicle, in the theoretical part discusses the indirect view from the vehicle, reaction time and possibilities of its measurement and the possibilities of measuring eye movements using eye trackers, The second part of the thesis deals with the description of the measurement method used to obtain the needed data and the analysis of the situation behind the vehicle using rear view mirrors by analyzing the duration of the fixations in the rear view mirrors and the total duration of the view in the rear view mirrors.

Kľúčové slová

Nepriamy výhľad z vozidla, spätné zrkadlá, eyetracking, sakáda, fixácia pohľadu.

Keywords

Indirect view of the vehicle, rear view mirrors, eyetracking, saccades, view fixation.

Bibliografická citace

RYŠAVÁ, Kristína. *Kontrola situace za vozidlem*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/109120>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znaleství ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Michal Belák.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Kontrola situace za vozidlem“ jsem vypracoval/a samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědoma následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně

.....

Podpis autora

Pod'akovanie

Na tomto mieste by som rada poďakovala vedúcemu práce Ing. Michalovi Belákovi za cenné rady a odborný dohľad, Ing. Kateřine Bucsuházy a Ing. Pavlovi Maxerovi za pomoc pri realizácii jazdných skúšok a taktiež všetkým dobrovoľníkom, ktorý sa zúčastnili merania.

OBSAH

OBSAH	11
1 ÚVOD.....	13
2 NEPRIAMY VÝHLAD Z VOZIDLA.....	14
2.1 Legislatívne požiadavky na zaistenie nepriameho výhľadu	16
2.2 Vnútorne spätné zrkadlo	18
2.2.1 Vylepšenie nepriameho výhľadu interiérových spätných zrkadiel	18
2.3 Vonkajšie spätné zrkadlá	19
2.3.1 Vylepšenie nepriameho výhľadu vonkajších spätných zrkadiel.....	20
2.4 Mŕtvy uhol	20
2.5 Správne nastavenie spätných zrkadiel	21
3 REAKČNÁ DOBA	22
3.1 Časové úseky reakčnej doby	23
3.2 Faktory ovplyvňujúce reakčnú dobu	24
3.3 Metódy merania reakčnej doby	25
3.3.1 Laboratórne meranie s využitím jednoduchých meracích prístrojov.....	26
3.3.2 Laboratórne meranie na simulátoroch jazdy	26
3.3.3 Jazdné skúšky na skúšobných dráhach a v premávke, pozorovanie v bežnej cestnej premávke.....	26
4 EYETRACKING	28
4.1 Zariadenia na sledovanie očí.....	28
4.2 Možnosti vizualizácie dát.....	30
5 STANOVENIE CIEĽA PRÁCE	33
5.1 Čiastočné ciele práce.....	33
6 METÓDA MERANIA	34
6.1 Jazdná skúška	34
6.2 Meriace zariadenie	35
6.3 Podmienky merania.....	35
6.4 Postup merania	35
6.5 Získané dáta	36
7 ANALÝZA DÁT	38
7.1 Celková analýza.....	38
7.2 POROVNANIE VODIČOV PODĽA VEKU	43
7.2.1 Prehľad jednotlivých vodičov	48
7.3 Vplyv účelu pohľadu na dosahované hodnoty.....	53
ZÁVER.....	59
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV.....	60

ZOZNAM TABULIEK.....63

ZOZNAM GRAFOV64

ZOZNAM OBRÁZKOV.....65

ZOZNAM SKRATIEK65

ZOZNAM PRÍLOH.....65



1 ÚVOD

Automobilová doprava je v dnešnej dobe neoddeliteľnou súčasťou nášho každodenného života. S rastúcou populáciou narastá i počet vodičov a vozidiel jazdiacich na pozemných komunikáciách, a tým narastá aj počet dopravných nehôd. V rámci dopravného systému je najrizikovejším a najmenej predvídateľným prvkom človek, a najväčšie množstvo dopravných nehôd je spôsobených práve v súvislosti s ľudským faktorom. Preto je potrebné správanie vodičov neustále skúmať. Správanie vodiča je faktor, ktorý výrazne ovplyvňuje priebeh rizikovej situácie. Výskum správania vodičov je dôležitý aj z hľadiska analýzy dopravných nehôd. Práca sa zaoberá meraním a analýzou správania vodičov v rámci kontroly situácie za vozidlom počas jazdy vozidla vpred v nočnej dobe. Získané a spracované údaje v rámci tejto práce môžu v budúcnosti poslúžiť k ďalším analýzám v rámci vodičovej kontroly situácie za vozidlom.

2 NEPRIAMY VÝHLAD Z VOZIDLA

Jednou zo základných potrieb, ktorá zabezpečuje slobodu a prosperitu spoločnosti je individuálna mobilita a tá musí byť v súlade so záujmami bezpečnosti. Počas vedenia motorového vozidla uplatňuje vodič hmatové, sluchové a zrakové vnímanie. Najviac prijímaných informácií má však vizuálny charakter, a to približne až 90 %. Preto je potrebné, aby mal vodič zabezpečený z vozidla dobrý výhľad vpred, po stranách i vzad. [1]

Kapitola bude zameraná na nepriamy výhľad z vozidla a možnosti vylepšenia výhľadu vzad.

Existuje noho štúdií, ktoré sa výhľadom z vozidla zaoberali, napríklad práca Division of Area of Fixation Interest for Real Vehicle Driving Tests. Štúdie sa zúčastnilo 9 skúsených a 7 začínajúcich vodičov. Meranie prebiehalo v reálnej premávke na diaľničnom úseku s využitím zariadenia na sledovanie očí DIKABLIS. Výskum bol zameraný na rozdelenie oblastí vizuálneho záujmu na podoblasti, s cieľom zistiť, ako vodiči sledujú objekty a ako sa líšia fixácie skúsených a začínajúcich vodičov. Na rozdelenie oblastí záujmov bola použitá metóda MSAP (Mean Shift Affinity Propagation). Hlavné oblasti záujmu je možné rozdeliť na oblasť ľavého videnia (ľavé predné sklo a ľavé spätné zrkadlo), oblasť pravého videnia (pravé predné sklo a pravé spätné zrkadlo), oblasť zadného videnia (interiérové spätné zrkadlo a palubná doska automobilu). Pri bežnej jazde sú vodiči fixovaní na ľavú stranu čelného skla a skúsení vodiči venujú väčšiu pozornosť spätným zrkadlám s cieľom porozumieť dopravnej situácii za vozidlom. Rozdiely medzi skúsenými a začínajúcimi vodičmi sa odrážajú najmä u spätných zrkadiel a ovládacieho panelu. Začínajúci vodiči tieto oblasti sledujú skôr zriedkavo. Štúdia zistila, že body fixácie sú u skúsených vodičov rozdelené do kruhu s najsledovanejšou oblasťou v strede. Fixačné body začínajúcich vodičov sú naopak decentralizované a vykazujú obdĺžnikový tvar. Jednotlivé body fixácie sú konkrétne miesta, kde sa subjekt pozerá pričom sa jeho sietnica stabilizuje. Body sú zachytené na súradnicovom systéme kamery, ktorej pokrytie je rozdelené do malých štvorcov. [2]

Samotnou kontrolou situácie za vozidlom sa zaoberala práca Řidičova kontrola situace za vozidlem při jízdě v noci. Zameraná na analýzu celkového času, potrebného pre vodiča na posúdenie situácie za vozidlom pred vykonaním zamýšľaného manévru. Vyhodnotené boli aj jednotlivé komponenty z hľadiska času potrebného na fixáciu pohľadu vodiča na spätné zrkadlo, kontrolu situácie v zrkadle a čas potrebný na presunutie pohľadu zo spätného zrkadla a v zrkadle sledovaného objektu nazad k situácii na komunikácii. Priemerná doba kontroly situácie za vozidlom bola stanovená na 0,622 s, pričom presun pohľadu do spätného zrkadla trval priemerne 0,169 s, priemerná doba fixácie 0,281

s a priemerná doba presunu pohľadu zo zrkadla 0,172 s. Rozlíšenie dôb podľa jednotlivých zrkadiel ukázalo, že priemerné namerané hodnoty pohľadov do interiérového spätného zrkadla boli najkratšie, naopak najvyššie priemerné hodnoty boli stanovené pre pravé spätné zrkadlo. Z celkového počtu pohľadov do spätných zrkadiel bolo 82 % zameraných na zrkadlo ľavé. [3]

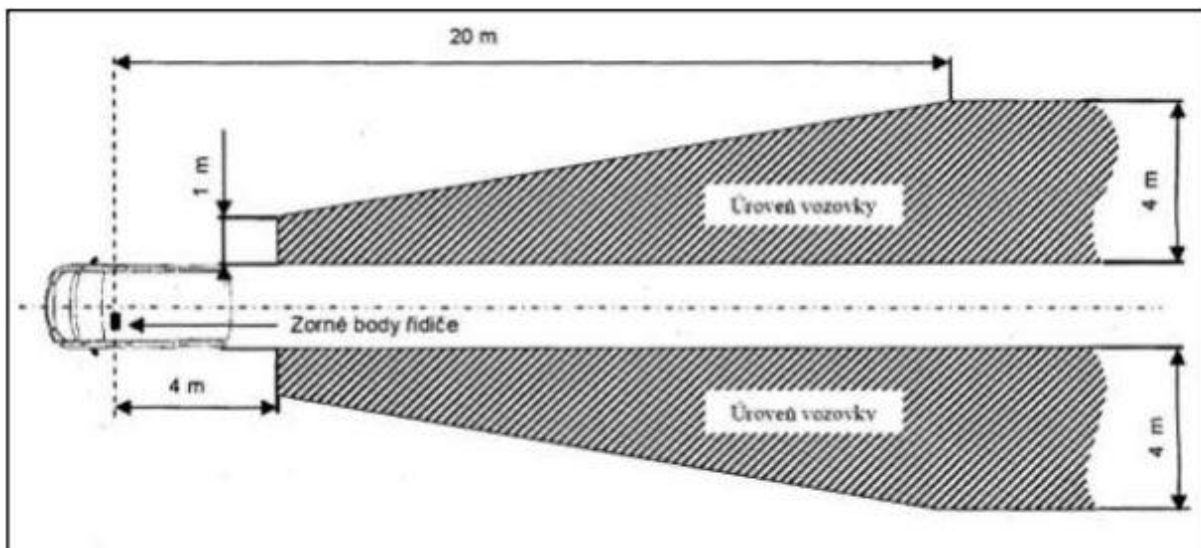
Štúdia s názvom Changing Lanes in a Simulator: Effects of Aging on the Control of the Vehicle and Visual Inspection of Mirrors and Blind Spot bola zameraná na výskum stratégií zmien jazdných pruhov počas jazdy u aktívnych mladších a starších vodičov, vizuálnu kontrolu zrkadiel (interiérového a ľavého spätného zrkadla) a mŕtveho uhla vľavo od vozidla v prostredí simulátoru. Porovnanie ukázalo, že starší vodiči kontrolovali mŕtvy uhol a interiérové spätné zrkadlo menej, frekvencia kontroly sledovaných oblastí záujmu bola konštantná, mladší vodiči mali zvýšenú frekvenciu kontroly pri predbiehaní vozidla. [23]

Výskum Experimental Research on the Differences in a Driver's Perception of Objects from Stationary and Moving Vehicles venovaný problematike identifikácie chodca v bežnej cestnej premávke z pohybujúceho sa vozidla a rozdielu vo vnímaní objektov vodičmi zo stojacich a z pohybujúcich sa vozidiel s ohľadom na posúdenie kolízií vozidiel s chodcami počas jazdy v bežnej cestnej premávke v nočných hodinách, a tiež overenie možnosti využitia metódy sledovania očných šošoviek. Výskum porovnáva merané vzdialenosti potrebné na rozpoznanie chodcov zo stojacich vozidiel a z vozidiel v pohybe v situáciách, kedy chodec nebol očakávaný. Výskum preukázal, že vzdialenosť, z ktorej je možné spozorovať chodca z nepohybujúceho sa vozidla je zhodná so vzdialenosťou potrebnou pri jazde vozidla konštantnou rýchlosťou. Výskum tiež preukázal, že čas potrebný na rozpoznanie chodca môže aj počas jazdy v noci dosahovať hodnotu iba 0,5 s. [32]Práca Mobile Eye Tracking During Real- World Night Driving: A Selective Review of Finding and Recommendations for Future Research skúmala okrem iného vplyv osvetlenia na pohyby očí. Počas jazdy v noci boli fixácie vodiča sústredené bližšie k vozidlu a na osvetlenú plochu. V porovnaní jazdy cez úsek osvetlený mestským osvetlením a neosvetlený úsek mimo mesta, boli fixácie počas jazdy cez úsek s mestským osvetlením viac vzdialené od vlastného vozidla. Pouličné osvetlenie malo za následok správanie viac podobné jazde cez deň. Počas dennej jazdy sú fixácie viac rozprestreté, teda vodič rozpozná prekážky a nebezpečenstvá aj z väčšej vzdialenosti skôr. [30]

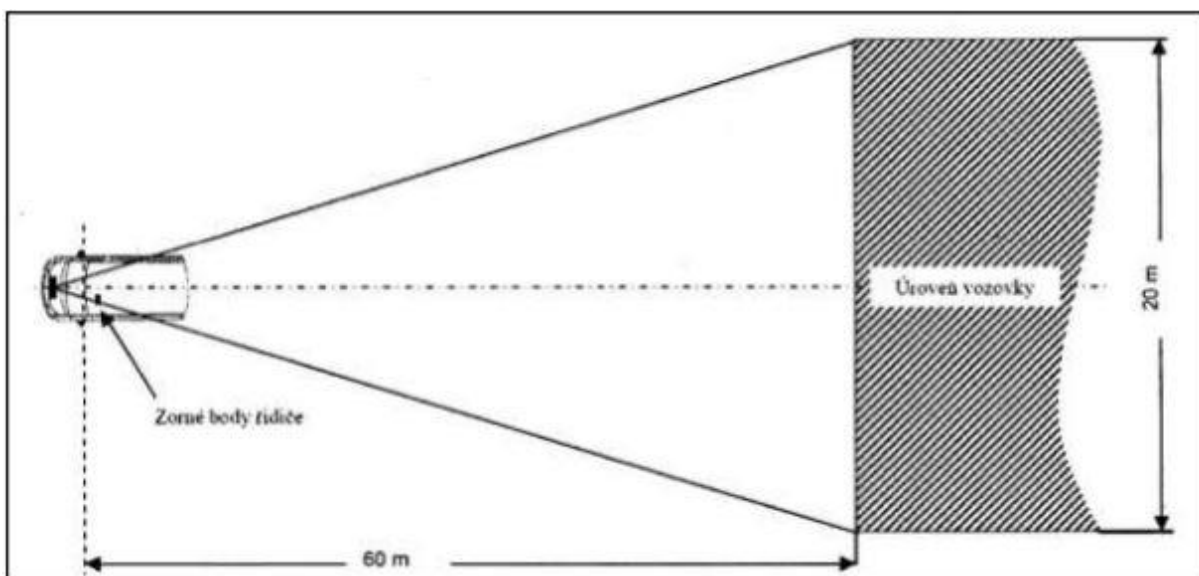
Výskum Effects of Weather Conditions, Light Conditions, and Road Lighting on Vehicle Speed skúmal vzájomný vzťah medzi rýchlosťou vozidla a medzi poveternostnými a svetelnými podmienkami. Dáta pre škálu svetelných podmienok počas dňa, súmraku, noci a prítomnosti umelého osvetlenia v kombinácii s poveternostnými podmienkami jasného počasia, dažďa a snehu boli kolektované takmer 2 roky. Potrebné údaje boli

2.1 LEGISLATÍVNE POŽIADAVKY NA ZAISTENIE NEPRIAMEHO VÝHLĽADU

Okrem druhov zrkadiel, ktorými musí vozidlo disponovať, upravujú predpisy aj požiadavky na veľkosť výhľadového poľa, to znamená časť trojrozmerného priestoru viditeľného výhľadom zo spätného zrkadla. U zrkadiel triedy I. je tento trojrozmerný priestor definovaný ako pás so šírkou 20 m vo vzdialenosti od vodiča 60 m a u spätných zrkadiel triedy III. Ako pás so šírkou 4 m na každej strane vo vzdialenosti 20 m od polohy vodiča. **Vid. obr. č. 1 a 2.** [5]



16



Obr. č. 2- Schéma výhľadu vnútorného spätného zrkadla [5]

Predpis EHK R46 stanovuje, že spätné zrkadlá automobilu musia mať jednoduché geometrické tvary a ich odrazové plochy musia mať rovinný alebo vypuklý (konvexný) tvar.

Obr. 3 a 4. Predpísané parametre odrazových plôch spätných zrkadiel spočívajú v nutnosti vpísať do odrazovej plochy obdĺžnik s rozmerom strany b 40 mm a rozmerom strany a pre triedu I. $a = 150 * \frac{1}{1 + \frac{1000}{r}}$, s minimálnym polomerom krivosti (asférické zrkadlo) 40 * 81,82 mm. A rozmerom strany a pre triedu III. $a = 170 * \frac{1}{1 + \frac{1000}{r}}$ s minimálnym polomerom krivosti (asférické zrkadlo) 40* 92,73 mm. [5]

Meranie výhľadu spätnými zrkadlami sa vykonáva pomocou optického zariadenia umiestneného na trojrozmernej figuríne. Kontrolné body na overenie uhlu výhľadu dozadu sú priečne vzdialené o 32,5 mm od bodu P. Aby bol zahrnutý binokulárny účinok videnia je potrebné skontrolovať okraje zrkadiel z opačných bodov (ľavý okraj zrkadla z pravého bodu). Tento spôsob merania uvažuje spojenie vnemov oboch očí a využíva prekrytie monokulárnych zorných polí. [4]



Obr. č. 3- Konvexné spätné zrkadlo [6]



Obr. č. 4- Asférické spätné zrkadlo [6]

2.2 VNÚTORNÉ SPÄTNÉ ZRKADLO

Býva obvykle pripevnené uprostred hornej časti čelného skla na otočnom držiaku, ktorý umožňuje optimálne nastavenie výšky a pozorovacieho uhlu pre jednotlivých vodičov. Bežnou funkciou interiérového spätného zrkadla je zatmenie, aby vodič nebol oslňovaný svetlometmi vozidla idúceho za ním, ktoré je nastaviteľné manuálne, alebo u modernejších vozidiel automaticky za pomoci foto-senzorov. [7]

2.2.1 Vylepšenie nepriameho výhľadu interiérových spätných zrkadiel

Tvarovaním odrazových plôch je možné dosiahnuť zobrazenie väčšieho nepriameho zorného poľa než poskytujú zrkadlá dodávané výrobcami automobilov. Takýmto zrkadlom je panoramatické zrkadlo, ktoré zväčšuje zobrazovanú plochu až na 170° a je dostupné vo viacerých variantoch. Oproti sériovo dodávanému spätnému zrkadlu poskytuje výhľad do strán za vozidlom, jeho nevýhodou je strata schopností sériovo montovaných zrkadiel, ako napríklad zaciľňanie. Ďalšou možnosťou sú dve prídavné

zrkadlá umiestnené po stranách sériového zrkadla, **obr. 5**, funkcie sériovo montovaných zrkadiel zostávajú zachované a rozšírené o viditeľnosť mŕtvych uhlov. Možnosťou je aj nahradenie spätného zrkadla displejom, ktorý poskytuje obraz diania za vozidlom snímaný kamerou. **Obr. 6.**[7]



Obr. č. 5- Prídavné spätné zrkadlá [6]



Obr. č. 6- Displej namiesto vnútorného spätného zrkadla [8]

2.3 VONKAJŠIE SPÄTNÉ ZRKADLÁ

V súčasnosti sa ako vonkajšie spätné zrkadlá používajú spätné zrkadlá konvexné alebo asférické, ktoré majú špeciálne upravený tvar odrazovej plochy, ktorá znižuje mŕtvy uhol. Asférické spätné zrkadlo je na vonkajšej strane buď lomené, alebo zakrivené. Táto časť je oddelená tenkou čiarou a umožňuje tak vidieť širší záber, aj keď mierne deformovaný. Na strane spolujazdca býva častejšie použité konvexné zrkadlo. Odraz vo vypuklom tvare zrkadla býva skreslený a objekty videné v zrkadle sa javia viac vzdialené ako skutočne sú. Ovládanie zrkadiel je manuálne alebo u modernejších

vozidiel elektrické, môžu byť vybavené elektrickým vyhrievaním proti oroseniu a námraze, alebo automatickým zaciľňaním ako u vnútorného zrkadla. [7]

2.3.1 Vylepšenie nepriameho výhľadu vonkajších spätných zrkadiel

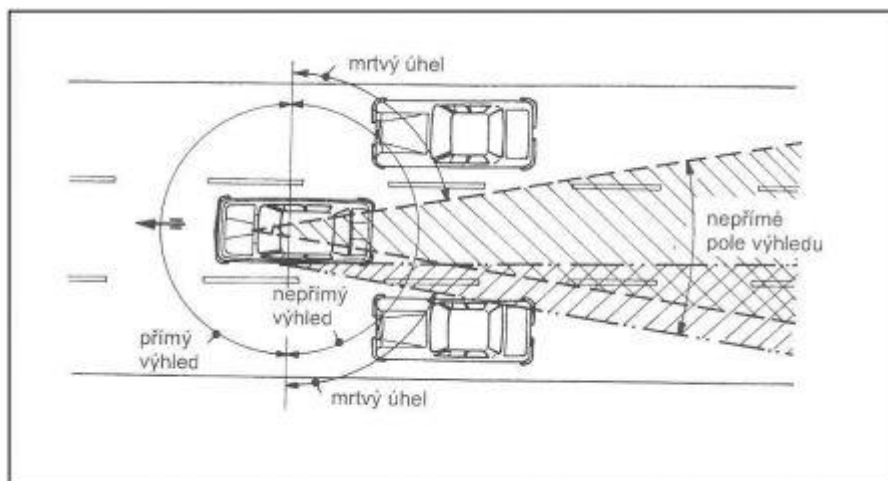
Na vylepšenie výhľadu nepriamymi spätnými zrkadlami môže byť použité sekundárne širokokuhlé zrkadlo, ktoré je možné namontovať nad alebo pod spätné zrkadlo, alebo sa nalepuje priamo na odrazovú plochu spätného zrkadla. Tieto zrkadlá zväčšujú zorné pole vodiča, ich nevýhodou však je nutnosť sledovať dve rôzne odrazové plochy. **Obr. 7** [7]



Obr. č. 7- Prídavné spätné zrkadlá [7]

2.4 MŔTVY UHOL

Okolo vozidla sa vyskytujú miesta, na ktoré vodič najmä v spätných zrkadlách, bez pomoci asistenčných prvkov nevidí, takzvané mŕtve uhly. Účastník cestnej premávky, ktorý sa pohybuje v tesnej blízkosti vozidla môže byť pre vodiča úplne neviditeľným. Sú častou príčinou vzniku dopravných nehôd, pretože vodič nemôže včas zareagovať na objekt alebo vozidlo, o ktorom až do poslednej chvíle nevedel. Je potrebné, aby existenciu mŕtvych uhlov mal na pamäti nielen vodič, ale aj ostatný účastníci cestnej premávky a pohybu v kritických oblastiach sa vyvarovali. Jedná sa o zóny po oboch stranách vozidla, tesne pred vozidlom a tiež tesne za vozidlom. Najbezpečnejšie je vyhnúť sa tejto oblasti úplne, ak sa v nej však už nachádzame, je potrebné kontrolovať pohyb vozidla a čo najrýchlejšie tento priestor opustiť. Je potrebné tiež dbať na pravidlo bezpečnej vzdialenosti a upozorniť na seba ostatných vodičov. Chodci a cyklisti by mali dodržiavať dostatočnú vzdialenosť od boku vozidla. Mŕtve uhly po oboch stranách vozidla a výhľadové pole sú znázornené na **obrázku č. 8**. [9]



Obr. č. 8- Schéma priameho a nepriameho výhľadu a mŕtvych uhlov [4]

2.5 SPRÁVNE NASTAVENIE SPÄTNÝCH ZRKADIEL

Pohľad do spätného zrkadla by mal byť vykonávaný iba za pomoci pohybu učí a natáčania hlavy, vodič by sa nemal nakláňať. Vnútorne spätné zrkadlo by malo zabrať celé zadné sklo pre nepriamy výhľad za seba, vonkajšie spätné zrkadlá by mali čo najlepšie pokrývať mŕtve uhly. Je potrebné vidieť iba malú časť boku vozidla, ktorá slúži pre orientáciu v priestore, a čo najväčšiu časť priestoru za sebou a vedľa seba. V zrkadle nie je potrebné vidieť krajinu a sledovať bočný odstup, čo je viditeľné pohľadom vpred. Zrkadlá by rovnako nemali smerovať príliš dolu smerom k vozovke. [10]

Na kontrolu situácie za vozidlom slúžia vodičovi hlavne spätné zrkadlá, ktoré môžu byť doplnené mechanickými vylepšeniami alebo inteligentnými systémami zameranými na zlepšenie informovanosti a komfortu vodičov, a korigovanie a elimináciu chýb ľudského faktoru. Tieto systémy umožňujú vidieť tam, kam vodič zo svojho miesta vo vozidle nevidí, rozoznávajú predmety v tme, upozorňujú na prekážky či sledujú a vyhodnocujú stav vodiča. Za správne nastavenie spätných zrkadiel zodpovedá vodič, s tým súvisí aj nastavenie sedadla a volantu, aby mal vodič počas vedenia vozidla pohodlie a zaistený optimálny výhľad.

3 REAKČNÁ DOBA

Vodič počas vedenia vozidla uplatňuje celý rad kognitívnych a psychologických vlastností. Jednu z najdôležitejších rolí pri vedení motorového vozidla zohráva pozornosť vodiča. Vďaka tejto kognitívnej funkcii je vodič schopný rozpoznávať dôležité podnety a na ich základe sa rozhodovať. S pozornosťou úzko súvisí periférne vnímanie a monotónnosť. Ďalším významným faktorom je reakčný čas, teda rýchlosť s akou vodič dokáže rozpoznať kľúčový podnet a zareagovať. Nedeliteľnou súčasťou vedenia motorového vozidla je aj pamäť, vďaka ktorej je vodič schopný zapamätať si pravidlá cestnej premávky a lepšie vyhodnocovať rizikové situácie na základe predchádzajúcich skúseností. Všetky tieto kognitívne funkcie je nutné využívať ako celok, načo slúži ako zjednocujúci prvok inteligencia. [1]

Reakčný čas je významný faktor vzťahujúci sa k bezpečnosti v cestnej premávke. Dopravné nehody patria z hľadiska množstva usmrtených osôb k trom najzávažnejším príčinám úmrtí. [1]

Za predchádzajúci rok 2017 bolo na území Českej republiky zaznamenaných celkom 103 821 nehôd a 502 usmrtených osôb. Podľa štatistík nehodovosti polície ČR počet usmrtených osôb pri dopravných nehodách klesá, oproti roku 2016 klesol počet usmrtených o 7,9 %, nehodovosť v posledných rokoch však narastá. [11]

Podľa práce TRI-LEVEL STUDY OF THE CAUSES OF TRAFFIC ACCIDENTS (EXECUTIVE SUMMARY), ktorá bola zameraná na stanovenie príčin dopravných nehôd je najčastejšou príčinou zlyhanie ľudského faktoru- 70,7 %, následne sú to nehody spôsobené vplyvom okolia- 12,4 % a najmenej častou príčinou dopravných nehôd je technické zlyhanie vozidla- 4,5 %. Z hľadiska zlyhania ľudského faktoru ide najmä o zanedbanie rozhľadu, nadmernú rýchlosť a nepozornosť. Hlavnými príčinami plynúcimi z okolia sú prekážky vo výhlade, klzký povrch vozovky a nevhodne navrhnuté dopravné prostredie. Z hľadiska technického zlyhania vozidla je najčastejšou príčinou zlyhanie brzd. [12]

V prípade, že vodič venuje pozornosť vedeniu vozidla a okoliu, je možné u väčšiny vodičov uvažovať v dennej dobe reakčnú dobu 0,8 s od spozorovania nebezpečenstva do začiatku reakcie. Iný zdroj uvádza, že v takomto prípade sa reakčná doba väčšiny vodičov pohybuje v rozmedzí 0,5- 0,7 s. Vo večerných hodinách 1,2- 1,4 s. [13] [14]

Práca Variability in reaction time performance of younger and older adults skúmala na 862 subjektoch mieru variability reakčných časov medzi skupinou mladších (18- 36 rokov) a starších (54-94 rokov) dospelých. Analýza dát ukázala, že skupina starších dospelých vykazuje všeobecne vyššiu variabilitu reakčných časov. Pre potreby práce boli skúmané osoby rozdelené do štyroch skupín, a to 17- 36 rokov, 54- 64 rokov, 65- 74 rokov

a 75- 94 rokov s dosahovanými hodnotami variability 3,32, 4,86, 5,75 a 6,78 s ($p < .001$). [34]

3.1 ČASOVÉ ÚSEKY REAKČNEJ DOBY

Reakčný čas je doba, oneskorenie, ktoré uplynie od rozpoznanie podnetu k začiatku reakcie. [1]

Zo súdne-inžinierskeho hľadiska je reakčná doba čas, od vnemu do uvedenia zabezpečovacieho zariadenia do činnosti naučeným spôsobom. V neštandardných situáciách, kedy sa neuplatní už naučený spôsob bude reakčná doba individuálne dlhšia. [15] Celkový čas reakčnej doby je možné rozdeliť na niekoľko úsekov, vid. **tab. č. 1**.

Tab. č. 1- Časové úseky reakčnej doby [15]

Časové úseky		Hranice časových úsekov
Reakčná doba vodiča	Optická reakcia	Začiatok optického vnímania
		Začiatok ostrého optického vnímania
	Psychická reakcia	
	Svalová reakcia	Začiatok svalovej reakcie
Odozva vozidla	Oneskorenie	Začiatok zošliapnutia brzdového pedálu
		Začiatok dotyku brzdových trecích plôch
	Nábeh brzd	Začiatok brzdných stôp pneumatík na vozovke

Optická reakcia vodiča- z hľadiska bezpečnej jazdy musí mať vodič rozhľad na vzdialenosť, z ktorej je schopný bezpečne zastaviť v danej rýchlosti. Vráťane dráhy prejdenej za reakčnú dobu. Musí neustále sledovať a vyhodnocovať objekty vo svojom zornom poli a ich nebezpečnosť vo vzťahu k jazde. Objekt, ktorý nejaví známky nebezpečenstva vodič prestáva pozorovať. Objekt, ktorý sa javí ako nebezpečný vodič najskôr spozoruje a následne vyhodnotí. [15]

Psychická reakcia vodiča- Je doba, ktorá uplynie od optického zafixovania objektu do reakcie svalovej, ktorá sa prejaví tak, že vodič začne uvoľňovať nohu z akceleračného pedálu. [15]

Svalová reakcia vodiča- je doba od konca psychickej reakcie do momentu dotyku brzdového pedálu. Koniec doby svalovej reakcie je možné zmerať laboratórne pomocou snímača upevneného na brzdovom pedále. [15]

Oneskorenie- po reakcii vodiča nasleduje odozva vozidla. Je to doba od dotyku brzdového pedálu až po prvý dotyk brzdových doštičiek (čelustí brzd). Rýchlosť zošliapnutia brzdového pedálu sa môže pohybovať v rozmedzí $0,5-1\text{ m/s}$ a ovplyvňuje oneskorenie brzd. Čas oneskorenia ovplyvňuje aj konštrukcia brzd a nastavenie, množstvo média, ktoré je potrebné prepraviť do brzdnych valcov kolies a vôľa brzd. [15]

Doba nábehu brzd- je doba od prvého dotyku brzdových doštičiek (bubnov) do konca doby nábehu brzd. Za koniec doby nábehu brzd v rámci analýzy nehôd, sa považuje moment, kedy pneumatiky začnú zanechávať brzdne stopy na vozovke. [15]

3.2 FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE REAKČNÚ DOBU

Reakčná doba je závislá od mnohých faktorov. Líši sa nielen u jednotlivých vodičov, ale aj u jednotlivca. Medzi najčastejšie patria napríklad nedostatok spánku, čo spôsobuje otupenosť organizmu a dá sa prirovnávať k otupenosti spôsobenej požitím alkoholu, ďalšími faktormi sú pohlavie a vek. Hlavne v pokročilom veku narastá reakčný čas pomerne rýchlo. Reakčný čas ovplyvňujú aj požitie omamné a návykové látky ako alkohol, drogy či liečivá, rušenie prostredím, kam spadá napríklad konverzácia a hlasná hudba. Používanie mobilných telefónov počas jazdy, choroby, emócie a mnohé ďalšie. Reakčnú dobu ovplyvňuje aj samotné dopravné prostredie, úseky neposkytujúce dostatočné informácie a priestor na vykonanie manévru alebo spôsobujúce informačné preťaženie. [1] [16]

Existujú mnohé štúdie zamerané na výskum reakčnej doby vodičov a výskum vplyvu mnohých faktorov na reakčnú dobu.

Vedecká práca Driver's reaction time in simulated, complex road incident, v ktorej skúmali správanie vodičov v simulovaných dopravných nehodách. Výskum bol zameraný na simulácie situácií zahŕňajúcich chodcov a osobné automobily. Súčasťou scenára výskumu bola situácia chodca vstupujúceho spoza závesu z pravej i ľavej strany vozovky pred idúce vozidlo, pomocou skúšobného stojanu, na ktorom bola zavesená kartónová figurína. V práci boli analyzované hodnoty reakčných časov vodičov, vrátane vplyvu pohybu akceleračného pedálu, brzdového pedálu a volantu. [17]

Práca The effects of mobile phone task on driver behaviour in a car following situation, od H. Alma a L. Nilssona, ktorá skúmala reakčné doby vodičov používajúcich

mobilné telefóny počas jazdy oproti vodičom, ktorí neboli používaním mobilov ovplyvnení. S využitím fandfree boli testovaným osobám prednášané jednoduché vety (niekto vykonal niečo), na ktoré mali odpovedať áno/ nie (v prípade, že vety nedávala zmysel nie a naopak). Porovnanie testovanej skupiny počúvajúcej handfree a kontrolnej skupiny ukázalo, že reakčné doby testovanej skupiny, ktorej boli pokladané otázky, boli dlhšie. S použitím mobilného telefónu boli hodnoty reakčných časov vyššie o 0,19- 0,57 s. [18]

S použitím rôznych metód testovania a analýzy uvádzajú zdroje množstvo hodnôt reakčných dôb v núdzových situáciách. Podnety, na ktoré vodič reaguje môžu byť buď jednoduché alebo zložité. V rámci bežnej premávky sa jedná najmä o podnety zložité, preto sa výsledné dáta v závislosti na použitej metóde testovania odlišujú. Na vplyv použitej metódy merania na namerané hodnoty reakčnej doby bola zameraná napríklad práca DRIVER REACTION TIME IN CRASH AVOIDANCE RESEARCH: VALIDATION OF A DRIVING SIMULATOR STUDY ON A TEST TRACK. Práca bola zameraná na výskum a porovnanie reakcií vodičov na obdobný scenár nárazu pri prieniku do križovatky a vplyv použitej metódy na získané hodnoty. S využitím simulátoru jazdy a skúšobnej dráhy boli získané hodnoty štatisticky rovnocenné. [19] Vid. **tab. č. 2**.

Tab. č. 2- Porovnanie reakčných dôb nameraných na simulátore jazdy a na skúšobnej dráhe [19]

Reakčná doba	Simulátor jazdy	Skúšobná dráha
Od začiatku uvoľňovania pedálu akceleračného do doby maximálneho zošliapnutia brzdového pedálu	2,2 s	2,3 s
Od začiatku pôsobenia na volant s cieľom vyhnúť sa kolízii	1,64 s	1,67 s

3.3 METÓDY MERANIA REAKČNEJ DOBY

Základné metódy merania reakčnej doby je možné rozdeliť na laboratórne a jazdné. Podrobnejšie je možné rozlíšiť laboratórne merania na merania za pomoci jednoduchých meracích prístrojov a laboratórne merania na simulátoroch jazdy. Jazdné skúšky môžu byť vykonávané na skúšobných dráhach, alebo pozorovaním v bežnej premávke na verejných komunikáciách. [20]

3.3.1 Laboratórne meranie s využitím jednoduchých meracích prístrojov

Slúžia na rýchle zistenie reakčného času na jednoduchý optický alebo zvukový podnet (prípadne oboch). Testovaná osoba reaguje stlačením pedálu alebo tlačidla na podnety generované v náhodnom čase. Metóda sa využíva aj pri laboratórnych meraniach periférneho videnia s pomocou široko plošného displeja rozdeleného na segmenty, **obr. č.9** Výsledkom je reakčný čas na kritický podnet a počet nesprávnych a vynechaných reakcií. Kritickým podnetom sa rozumie zobrazenie definovaného obrazca alebo rozsvietenie svetiel v požadovanom poradí. [20]

Nevýhodou laboratórnych meraní je odlúčenie od reálnych podmienok vedenia vozidla, kedy je jedinou úlohou testovaného stlačenie tlačidla. Testovaná osoba podnet očakáva. [20]



Obr. č. 9- Laboratórne meranie reakčnej doby a periférneho videnia [20]

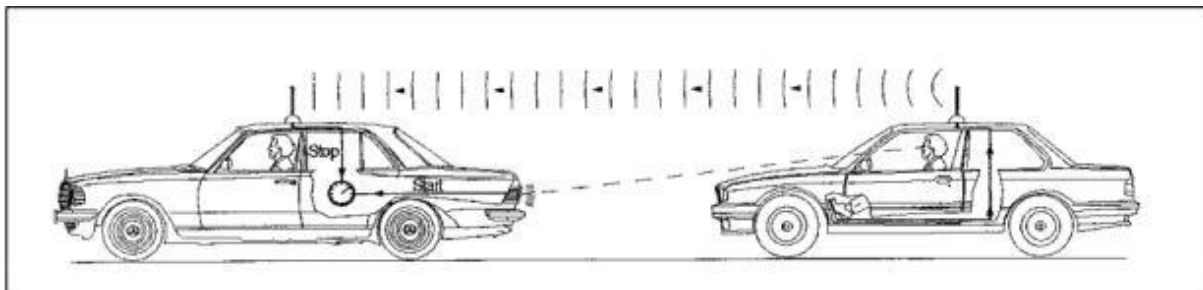
3.3.2 Laboratórne meranie na simulátoroch jazdy

Testovaná osoba ovláda rovnaké prvky ako v reálnom vozidle (volant, akceleračný a brzdový pedál). Meranie na simulátoroch sa blíži k podmienkam bežnej premávky, je možné využívať rôzne scenáre a vizuálne podnety. Výhodou simulátoru je bezpečnosť a opakovateľnosť merania a možnosť simulácia vhodnej situácie. [20]

3.3.3 Jazdné skúšky na skúšobných dráhach a v premávke, pozorovanie v bežnej cestnej premávke

Jedná sa o zinscenovanie nehodového deja alebo vytvorenie definovaného podnetu. Medzi najčastejšie používané patrí meranie s využitím dvoch vozidiel idúcich za sebou, **obr. č. 10**. Úlohou testovaného je reagovať na rozsvietenie brzdových svetiel vozidla pred ním.

Využíva sa na testovacích dráhach aj v bežnej premávke, kde prvé vozidlo reaguje na situáciu v premávke. S využitím kamerovej techniky je možné merať reakčnú dobu pozorovaním testovaného v bežnej premávke bez toho, aby bol ovplyvnený faktom, že je sledovaný, a že očakáva podnet. Nevýhodou pozorovania je problematické stanovenie začiatku podnetu a konca reakcie. [20]



Obr. č. 10- Meranie reakčnej doby s využitím dvoch vozidiel [20]

Z hľadiska zamerania výskumu je potrebné zvoliť správnu metódu merania. V prípade kontroly situácie za vozidlom je najvhodnejšou metódou meranie v bežnej cestnej premávke, kde prostredie zaistuje celý rad podnetov na reakciu, ktoré nebude možné dopredu očakávať. Vodič nebude nijak ovplyvnený meraním a bude vystavený všetkým prvkom vedenia vozidla. Na meranie správania a pohybov očí vodičov je potrebné zvoliť vhodnú metódu merania, ktorú je možné využiť počas jazdy v bežnej premávke.

4 EYETRACKING

Jedinou metódou, ktorou je možné merať a kvantifikovať pohyby očí v reálnom čase je eyetracking. Ide najmä o vizuálne prvky priťahujúce okamžitú pozornosť, priťahujúce nadpriemernú pozornosť, vizuálne prvky ignorované a prehliadané, poradie zaznamenávania vizuálnych prvkov. Zariadenie, ktorým je možné tieto pohyby sledovať sa nazýva eyetracker, sledovač očí. S vývojom techniky sa táto metóda stala populárnou hlavne vďaka jednoduchej aplikácii. [21]

Práca Survey of Eye Movement Recording Methods bola zameraná na výskum známych techník merania pohybov očí spolu s princípom ich funkcie, a ich výhodami a nevýhodami. Zaoberá sa druhmi pohybov očí, ktorých pochopenie umožňuje výber vhodnej meracej metódy. Pre záznam pohybov očí, fixácií, regresíí atď., je vhodná metóda využívajúca sofistikovanú optiku a elektroniku merajúcu pohyby očí. Tento spôsob umožňuje zaznamenávať rôzne parametre vo vzťahu k stimulom, videozáznam však môže byť náročný na analýzu. [22]

Eyetracking má širokú škálu uplatnenia a bol využitý v mnohých výskumoch. Výskum BLICKANALYSEN BEI LENKERN ELEKTROSCH BETREIBENER FAHRRADER UND SEGWAYS IN KONFLIKTEN MIT RADFAHRERN, FUSGANGERN UND SONSTIGEN VERKEHRSTEILNEHMERN analyzuje pomocou metódy eyetrackingu pohľady užívateľov segwejí a elektro bicyklov. Sledované oblasti týchto skupín sa vzájomne výrazne líšili, zatiaľ čo užívatelia elektro bicyklov boli zameraný skôr na okolie, prípadne reklamné plochy, a ich pohľady smerovali do diaľky, užívatelia segwejí boli kvôli konštrukcii dopravného prostriedku zameraní na blízke okolie a na povrch a nerovnosti vozovky. Práca tiež vyhodnotila elektro bicykle ako nebezpečnejšie s ohľadom na nesprávny odhad rýchlosti v jazdnej situácii. [35]

Sledovanie očí s využitím eyetrackerov umožňuje namerané dáta pohybov očí analyzovať a získať tak kvalitatívne informácie- spôsob, akým subjekt skúma sledovaný objekt, odhaľujú miesta najväčšieho záujmu, rušivé elementy alebo taktiku pri hľadaní prvku, a kvantitatívne informácie- doplnenie popisu o dobu strávenú pozorovaním a rýchlosti zisťovania informácií. [21]

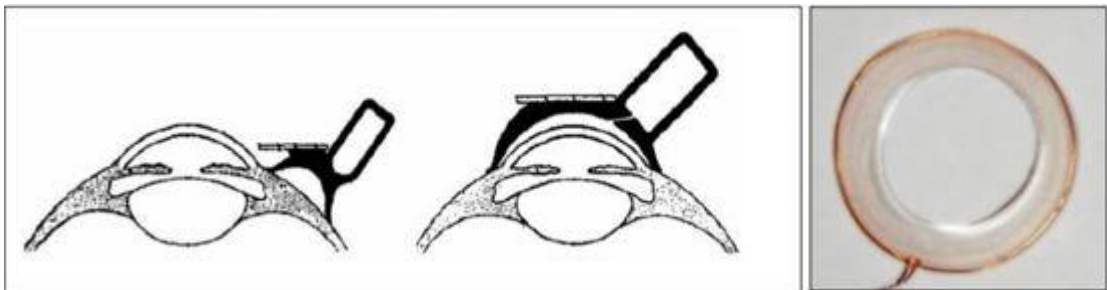
Samotné pohyby očí sa delia na dva typy, a to fixácie a sakády. K fixácii dochádza pri stabilizovaní sietnice na jedno konkrétne miesto. Sakády sú naopak veľmi rýchle pohyby očí medzi fixáciami. [21]

4.1 ZARIADNENIA NA SLEDOVANIE OČÍ

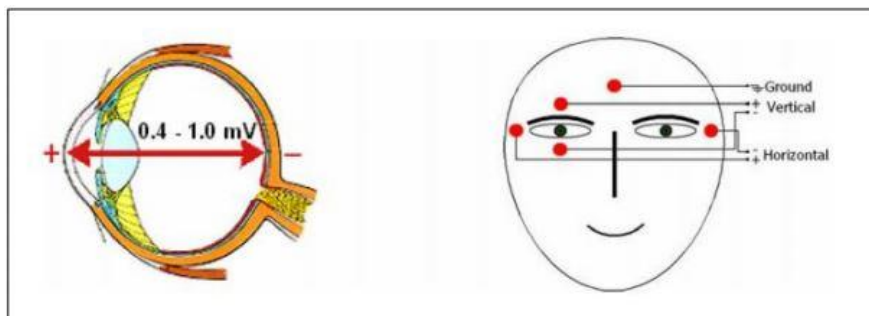
Všeobecne je možné rozdeliť zariadenia sledovačov očí na meranie a sledovanie pozície oka do troch kategórií, a to:

- metódy využívajúce špeciálne kontaktné šošovky
- elektrookulografia
- bezkontaktné metódy [21]

V súčasnosti nie sú elektrookulografia ani kontaktné šošovky s magnetickou vyhľadávacou cievkou alebo so zrkadlami veľmi využívané, pretože ich použitie je značne obmedzené a nepohodlné. Najväčšou nevýhodou týchto metód eyetrackingu je nutnosť obmedzenia pohybu hlavy, čo je dôvodom, prečo tieto metódy nie sú vhodné na merania pohybov očí počas jazdy vozidlom. Metódou, ktorá bude využitá na získanie dát pohybov očí vodiča je bezkontaktná metóda využívajúca videokameru. Tento druh merania je možné vykonávať na diaľku tak, že kamera je umiestnená pred objektom, nižšie pod vizuálnou osou oka, najčastejšie na okuliároch. Spočíva v zaznamenávaní viditeľných častí oka odrazom infračerveného svetla. Odrazené svetlo a stred zornice oka sú zaznamenávané kamerou a umožňujú vypočítať pohyb oka. [21] [24]



Obr. č. 11- Kontaktné šošovky so zrkadlami (vľavo) a magnetická cievka [21]



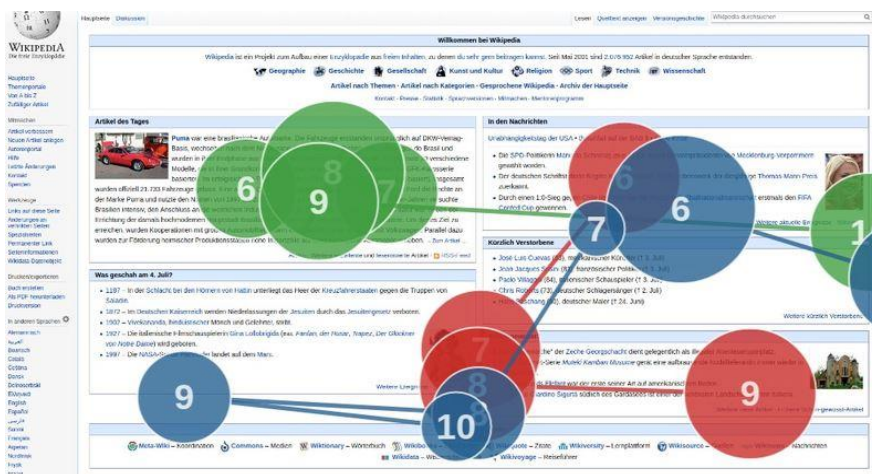
Obr. č. 12- Polarizácia očnej bulvy a umiestnenie elektród, elektrookulografia [21]



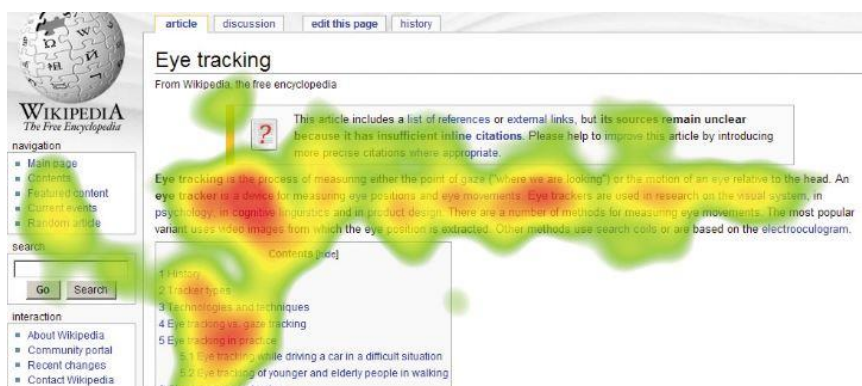
Obr. č. 13- Špeciálne okuliare s kamerou [25]

4.2 MOŽNOSTI VYZUALIZÁCIE DÁT

Okrem výberu vhodnej metódy merania pohybov očí je rovnako dôležitý aj výber vhodnej vizualizácie nameraných dát v závislosti na požiadavkách skúmanej problematiky. Takýmito metódami sú napríklad metóda GazePlot a jej obdoba GazeReplay, **obr. č. 14** Tieto metódy možno definovať ako cestu okulo motorických udalostí v priestore, v rámci určitého časového rozmedzia. V prípade GazePlot metódy ide o zobrazenie fixácií a sakád cez študovaný obraz. Množstvo zobrazovaných dát je však značne obmedzené, pretože dochádza k prekryvaniu jednotlivých fixácií. Prekryvanie je možno riešiť transparentnosťou zobrazených fixácií, farebným odlíšením, či zanedbaním časového údaju, avšak množstvo zobrazovaných dát je aj v tomto prípade obmedzené. Príčinou je zobrazenie trojrozmerných údajov (X, Y, čas) do dvojrozmerného priestoru (X, Y) a oblasti sa tak prekrywajú. V prípade GazeReplay, sú tieto informácie zobrazované dynamicky nad sledovaným obrazom meniacim sa v čase. Na vytvorenie rýchleho prehľadu sledovaných častí obrazu a častí, ktorým sledovaná osoba nevenovala pozornosť je vhodnou metódou HeatMap, **obr. č. 15**. Množstvo pozornosti venovanej častiam obrazu je farebne odlíšené. Uvedené metódy sú vhodné pre jednoduchšie štúdie napríklad v oblasti vzdelávania, či marketingu.

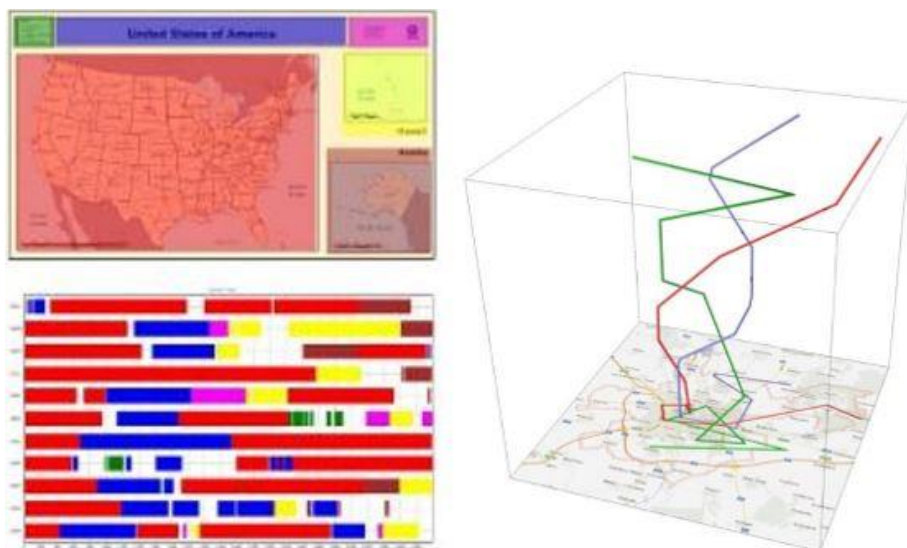


Obr. č. 14- GazePlot [28]



Obr. č. 15- HeatMap [29]

Pre väčšie množstvo dát môžu byť vhodnými metódami vizualizácie napríklad metóda oblastí záujmu alebo metóda priestorovo-časovej kocky (STC). Oblasti záujmu sú oblasti, o ktoré je v rámci výskumu záujem. Čas zotrvania v oblasti záujmu je definovaný ako jedna návšteva AOI od vstupu pohľadu do oblasti, až do výstupu pohľadu z oblasti. Obdobie zotrvania v oblasti má určité trvanie, počiatočný bod a konečný bod, ale napríklad aj rozptyl atď. Je možné sledovať poradie v ako sa osoba pozerala na konkrétne oblasti záujmu a prechody medzi jednotlivými AOI. Výsledky sú vizualizované pomocou grafu sekvencií, ktorý zobrazuje pozorované oblasti farebne na časovej osi. Technológia STC umožňuje vizualizovať dáta bez zanedbania časových údajov. Základňa priestorovo časovej kocky reprezentuje rozloženie fixácií v priestore (X, Y) a výška kocky reprezentuje čas. Ak sa pozorované miesto v čase nemení, linka je kolmá na základňu a zmenu polohy reprezentuje linka šikmá. Čím je linka strmšia, tým je presun pomalší. STC je automaticky vytváraná s pomocou softvérov. [26] [27] Spôsob vizualizácie dát pomocou STC a AOI je zobrazený na **obr. č. 16**. Metóda, ktorou možno spracovať aj veľké množstvo dát je napríklad aj metóda PERCLOS (percentuálny podiel zatvárania očných viečok v čase), využíva sledovanie očí subjektu kamerou a porovnávanie počtu framov, na ktorých sú očné viečka otvorené, zatvorené a zatvorené po dobu 3 s. Výsledkom je takzvaná PERCLO hodnota udávaná v percentách. Pomocou tejto metódy je možné s vysokou presnosťou a v reálnom čase vyhodnotiť únavu subjektu. Je preukázané, že pri hodnote PERCLO vyššej ako 40 % dochádza k zatváraniu očí na dobu 3 s. [36]



Obr. č. 16- Vizualizácia dát AOI pomocou grafu sekvencií (vľavo) a Priestorovo-časová kocka [27]

5 STANOVENIE CIEĽA PRÁCE

Práca je zameraná na kontrolu situácie za vozidlom pomocou spätných zrkadiel počas jazdy vozidla v nočných hodinách, a to najmä na celkovú dobu odpútania pozornosti od smeru jazdy vozidla a na dobu fixácie pohľadu v spätnom zrkadle, potrebnú na vyhodnotenie situácie. Cieľom práce bolo zvoliť vhodnú metódu merania, vybrať vhodnú trasu jazdných skúšok a zaistiť dostatočný počet vhodných probandov na získanie potrebných dát a zrealizovať jazdné skúšky v reálnej cestnej premávke. Na základe spracovaných teoretických poznatkov danej problematiky bola zvolená vhodná metóda získania potrebných dát, a to metóda sledovania očí umožňujúca voľný pohyb hlavy i očí. Na získanie potrebných dát boli realizované jazdné skúšky v reálnej cestnej premávke s využitím eyetrakeru.

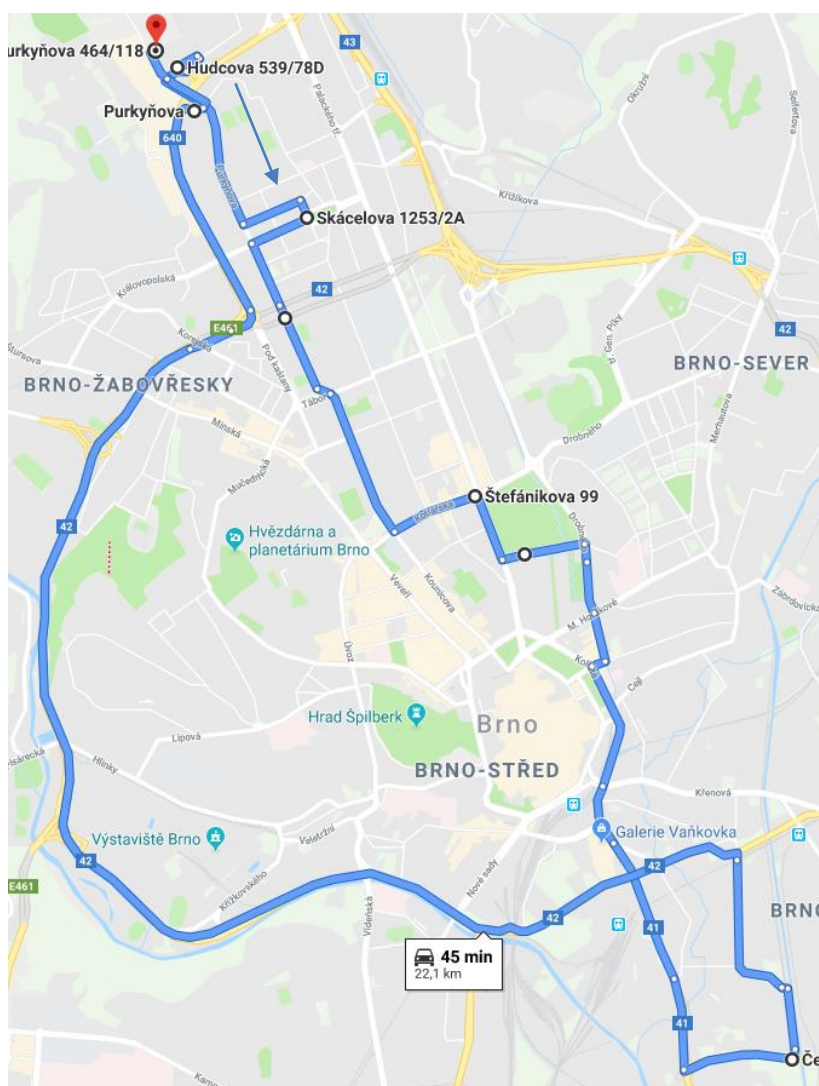
5.1 ČIASTOČNÉ CIELE PRÁCE

- Analýza doby celkovo potrebnej ku kontrole situácie za vozidlom
- Analýza doby celkovo potrebnej ku kontrole situácie za vozidlom s rozlíšením jednotlivých zrkadiel
- Analýza doby fixácie pohľadu
- Analýza doby fixácie pohľadu s rozlíšením jednotlivých zrkadiel
- Analýza doby celkovo potrebnej ku kontrole situácie za vozidlom u mladších a starších vodičov

6 METÓDA MERANIA

6.1 JAZDNÁ SKÚŠKA

S ohľadom na získanie dát čo najviac zodpovedajúcich jazde vozidla v reálnej cestnej premávke bola navrhnutá trasa vedúca Brnom, celková dĺžka navrhnutej trasy bola 22,1 km, s predpokladanou dobou jazdy 45 min. Počiatočný a konečný bod trasy sa nachádzal na parkovisku USI VUT v Brne. Trasa bola zámerne zvolená tak, aby zahŕňala jazdu po hlavných i vedľajších ťahoch a jazdu popri električkovom koľajovom páse. Vodiči počas jazdy odbočovali vpravo i vľavo a menili jazdné pruhy do oboch smerov, pri odbočovaní vľavo krížili električkový koľajový pás. Na realizáciu jazdnej skúšky bolo využité vozidlo BMW 530d xDrive Touring, ktoré vlastní ÚSI VUT v Brne.



Obr. č. 17- Trasa [31]

6.2 MERIACE ZARIADENIE

Na meranie dát bol použitý systém sledovania očí v podobe eyetrackingovej náhlavnej sady DIKABLIS spolu so záznamovým softwarom D-lab od spoločnosti Ergoneers,. Vybavenie bolo inštalované do vozidla BMW 530d xDrive Touring. Eyetracker tvorený obručou s tromi kamerami umožňuje binokulárne sledovanie očí s vysokou presnosťou merania. Dve z kamier snímajú zornice, tretia kamera sníma scénu/prostredie v smere pohľadu probanda (vodiča). Tento eyetracker umožňuje pohyb hlavy bez obmedzenia a je možné ho použiť aj na dioptrické okuliare testovanej osoby. Vďaka infračerveným značkám (IR Marker) je možné použiť automatickú analýzu aj v tmavom prostredí. IR značky vyžarujú infračervené svetlo, ktoré nie je viditeľné ľudským okom, ale je zaznamenávané kamerou sledovača očí, ktorá je napojená na platformu D-lab. IR značky sú schopné pracovať nielen za zníženej viditeľnosti ale aj v úplnej tme. [25]

Zariadenie bolo počas kalibrácie i celej jazdy káblové prepojené s počítačom. Vďaka tomuto zariadeniu bolo možné nahrávať videozáznamy z pohľadu vodiča spolu s kurzorom ukazujúcim ich objekt záujmu.

6.3 PODMIENKY MERANIA

Meranie prebiehalo počas dvoch vopred stanovených termínov a to 24. a 31. marca vo večerných hodinách približne od 20:00 do 1:00. Podmienky počas prvého i druhého termínu merania možno hodnotiť na základe videí ako zhodné. Viditeľnosť nebola negatívne ovplyvnená počasím, vozovka bola suchá. Väčšina úsekov trasy bola osvetlená verejným osvetlením. Vodiči sa počas jazdy riadili navigáciou. Merania sa zúčastnilo celkom 12 vodičov, mužov, vo veku 22 - 37 rokov. Medzi jednotlivými skúšobnými jazdami v rámci prvého i druhého termínu merania bolo možné s postupom času sledovať pokles hustoty premávky a odstavenie dopravnej svetelnej signalizácie na niektorých úsekoch.

6.4 POSTUP MERANIA

Pred samotným zahájením merania bolo potrebné vykonať kalibráciu meriaceho zariadenia vždy pre každého vodiča jednotlivo. Kalibrácia prebiehala po usadení vodiča na sedadle a nastavení sedadla, volantu a spätných zrkadiel podľa potreby jednotlivých vodičov. Nastavenie týchto prvkov bolo ponechané na vodičov a jeho správnosť nebola kontrolovaná. Následne si vodič nasadil meracie zariadenie na hlavu a prebehla kalibrácia. Kroky kalibrácie:

- Nastavenie kamier snímajúcich zornice v softvéri- počas tohto úkonu vodič nepohybuje hlavou, pohybuje očami v maximálnom rozsahu hore, dolu, vpravo a vľavo

- Presun pohľadu vodiča na 4 pevne umiestnené kalibračné terče pred vozidlom vo vzdialenosti asi 5 m – počas tohto úkonu vodič nepohybuje hlavou, kalibračné terče sú rozmiestnené do obdĺžnika.
- Kontrola kalibrácie- vodič neobmedzene pohybuje hlavou a postupne presúva pohľad na jednotlivé zrkadlá a tachometer podľa pokynov. Takto je možné sa presvedčiť, či bola kalibrácia vykonaná správne.

Vodiči boli poučení, aby po vykonaní kalibrácie so zariadením nehýbali. Po úspešnej kalibrácii mariaceho zariadenia bolo možné začať jazdu.

6.5 ZÍSKANÉ DÁTA

Z videozáznamov bolo možné s využitím programu Media Player Classic získať hodnoty sakád a fixácií jednotlivých pohľadov zameraných na kontrolu situácie za vozidlom. Záznamy obsahovali pohľady do spätných zrkadiel nielen počas jazdy vpred, ale aj počas státia na svetelnej signalizácii a u niektorých vodičov aj počas cúvania pred začiatkom jazdnej skúšky. Pre stanovenie hodnôt sakád a fixácií pohľadov boli použité všetky pohľady vykonané počas jazdy vozidla vpred, pre ktoré bolo možné jednoznačne určiť začiatok presunu pohľadu do zrkadla, začiatok fixácie odrazu v zrkadle, koniec fixácie a koniec presunu pohľadu nazad k daniu v smere jazdy. Pre stanovenie sakád a fixácií počas jazdy vpred neboli zahrnuté pohľady vykonané počas cúvania vozidla, ani počas státia na semafore. Tieto dáta boli vyhodnotené zvlášť.

Z videozáznamov boli získané časové údaje a následne doby trvania jednotlivých súčastí pohľadov do spätných zrkadiel. Tieto časové údaje boli zaznamenané ako t_1 - začiatok presunu pohľadu do spätného zrkadla, t_2 - začiatok fixácie pohľadu v spätnom zrkadle, t_3 - koniec fixácie pohľadu v spätnom zrkadle (alebo tiež začiatok presunu pohľadu zo spätného zrkadla) a t_4 - začiatok ďalšej fixácie. Následne boli získané doby trvania sakád a fixácií, $S1$, ako doba trvania presunu pohľadu do zrkadla, $S1 = t_2 - t_1$, $S2$, ako doba trvania presunu pohľadu späť k daniu v smere jazdy, $S2 = t_4 - t_3$ a následne celková doba strávená presunom pohľadu ako $S = S1 + S2$. Doba trvania fixácie pohľadu v spätnom zrkadle, F , ako $F = t_3 - t_2$. Celková doba trvania pohľadu, tiež celková doba odpútania pozornosti od smeru jazdy, bola stanovená ako súčet hodnôt S a F .

Namerané hodnoty boli analyzované, pre jednotlivé súbory hodnôt boli stanovené minimálne a maximálne dosiahnuté hodnoty, priemerné odchýlky, rozptyly dát, stredné hodnoty, horné a dolné decily. Stredná hodnota, medián, rozdeľuje súbor hodnôt na dve polovice, jedna polovica dát je vždy nižšia ako ich stredná hodnota a druhá vyššia, udáva priemer hodnôt bez vplyvu náhodných extrémnych hodnôt. Na prezentáciu výsledkov bol preto využitý práve medián. Dolný a horný decil udávajú hraničné hodnoty, medzi ktorými leží 80 % objemu získaných a analyzovaných dát. Všetky analyzované hodnoty sú uvedené

v sekundách, vyhodnocované hodnoty boli pre potreby diplomovej práce zaokrúhlené na jedno desatinné miesto.

7 ANALÝZA DÁT

Počas jazdy bol pohľad vodičov sústredený najmä priamo vpred, to znamená na ľavú stranu čelného skla. Väčšina pohľadov na situáciu za vozidlom mala počiatok sakády presunu pohľadu do zrkadla v oblasti ľavej strany čelného skla, rovnako i koniec sakády presunu pohľadu nazad k dianiu v smere jazdy. Objavovali sa však aj pohľady smerované do spätných zrkadiel, ktorým predchádzala fixácia v inej oblasti ako na ľavej strane čelného skla, alebo naopak bol pohľad zo spätného zrkadla smerovaný inam ako na ľavú stranu čelného skla. Podľa toho je možné tieto pohľady brať ako pohľady so skrátenou trajektóriou sakád, napríklad z bočného okna do zrkadla, alebo naopak s predĺženou trajektóriou sakád, napríklad z pravej strany čelného skla do ľavého spätného zrkadla. Bol skúmaný vplyv skrátených a predĺžených trajektórií sakád na výsledné stredné hodnoty, porovnanie stredných hodnôt sakád získaných zo všetkých zaznamenaných pohľadov počas jazdy vpred smerovaných z a na ľavú stranu čelného skla a hodnôt, ktoré zahŕňali iba pohľady so skrátenými alebo predĺženými trajektóriami sakád ukázalo, že stredné hodnoty sú štatisticky rovnocenné. Výsledné hodnoty porovnania sú zobrazené v nasledujúcej tabuľke.

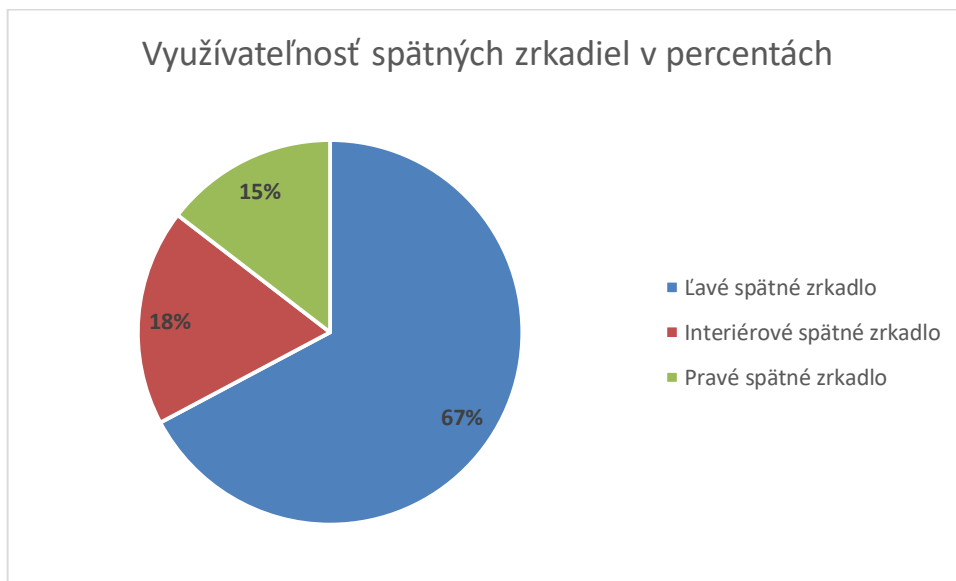
Tab. č. 3- Porovnanie dĺžok sakád [36]

Porovnanie dĺžok sakád		
	Bežná trajektória	Skrátená/predĺžená trajektória
DOLNÝ DECIL	0,2	0,1
MEDIÁN	0,2	0,2
HORNÝ DECIL	0,4	0,3

7.1 CELKOVÁ ANALÝZA

Celkovo bolo možné analyzovať 1016 pohľadov od 12-tich vodičov. Z toho 683 pohľadov bolo smerovaných do ľavého spätného zrkadla, interiérové zrkadlo bolo využité 188 krát, najmenej využívané bolo pravé spätné zrkadlo s počtom pohľadov 148. Zo všetkých pohľadov do spätných zrkadiel bolo viac ako polovica smerovaných do ľavého spätného zrkadla, a to 68 %. Priamy výhľad z vozidla vzad bol využitý celkovo 6 krát,

s ohľadom na nízky počet dát a zameranie diplomovej práce, nebola kontrola situácie za vozidlom pomocou priameho výhľadu analyzovaná.



Graf č. 1 Využívateľnosť spätných zrkadiel v percentách [36]

Nasledujúce tabuľky uvádzajú získané štatistické hodnoty dôb trvania fixácií pohľadu s rozlíšením aj bez rozlíšenia jednotlivých zrkadiel, doby trvania presunu pohľadu do a zo zrkadla a celkovú dobu trvania pohľadu. Hodnoty získané pre jednotlivé zrkadlá dosahovali len veľmi malých rozdielov, a to v desatinách alebo len stotínach sekúnd.

Pri porovnaní mediánov dôb trvania presunov pohľadu do zrkadla a späť je možné vidieť, že pri použití pravého spätného zrkadla je táto doba najvyššia, a to kvôli umiestneniu spätného zrkadla voči pozícii vodiča. Vodič sediaci na sedadle na ľavej strane automobilu sa nachádza bližšie k ľavému a interiérovému spätnému zrkadlu ako k pravému spätnému zrkadlu, toto spätné zrkadlo je od jeho pozície vzdialené najviac. 80 % všetkých získaných dát sa kád bez rozlíšenia jednotlivých zrkadiel sa pohybuje v rozmedzí 0,1 až 0,4 s. V grafickom porovnaní stredných hodnôt je viditeľné, že najkratšia doba trvania sa kád je pri využití interiérového spätného zrkadla a následne ľavého.

Z porovnania stredných hodnôt dôb trvania fixácií pohľadov v jednotlivých spätných zrkadlách vyplýva, že využité spätné zrkadlo má len veľmi malý, až zanedbateľný vplyv na dosahovanú hodnotu doby fixácie. Stredná hodnota fixácií bola stanovená na 0,4 s pre všetky spätné zrkadlá, pričom 80 % všetkých analyzovaných dát sa nachádzalo v rozmedzí 0,2 až 0,7 s. Z grafického porovnania stredných hodnôt je možné vidieť, že najdlhšia doba fixácie je rovnako pri využití pravého spätného zrkadla. Naopak najnižšia stredná hodnota doby fixácie je pri využití ľavého spätného zrkadla. Rozdiely hodnôt sa pohybujú v stotínach sekúnd

Výraznejšie rozdiely je možné vidieť pri porovnaní celkových dôb trvania pohľadov do jednotlivých zrkadiel. Z porovnania stredných hodnôt dosahuje najkratšiu celkovú dobu trvania pohľadu pohľad do ľavého spätného zrkadla, a to 0,6 s. Následne interiérové spätné zrkadlo, 0,7 s a 0,8 s pri využití pravého spätného zrkadla. Bez rozlíšenia jednotlivých zrkadiel bola stanovená stredná hodnota doby trvania pohľadu na 0,7 s, s 80 % rozpätím hodnôt od 0,4 do 1 s.

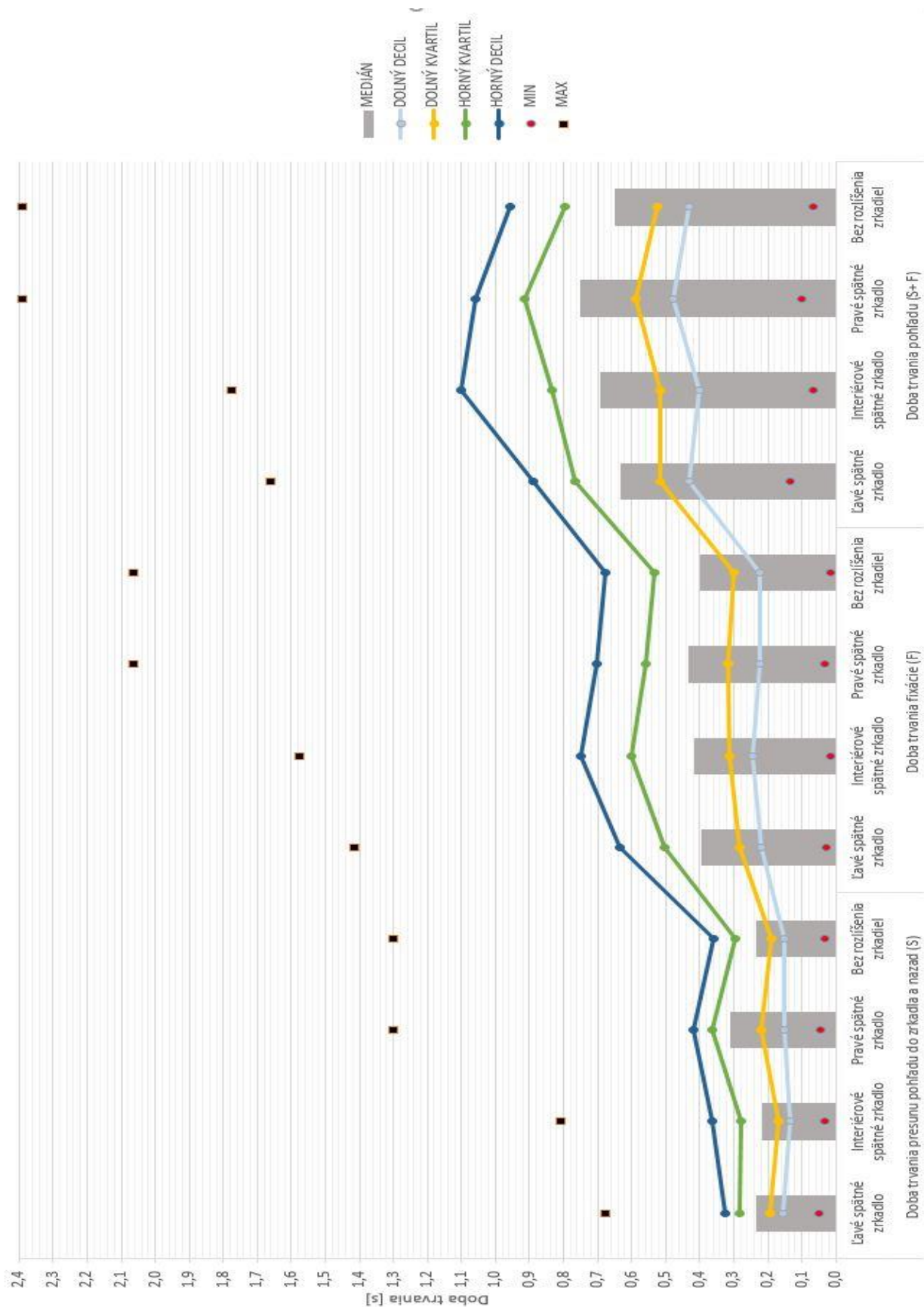
Tab. č. 4- Porovnanie dôb trvania sákd a fixácií pre jednotlivé zrkadlá [36]

Doba trvania presunu pohľadu do zrkadla a nazad (S)					Doba trvania fixácie (F)				
	Ľavé spätné zrkadlo	Interiérové spätné zrkadlo	Pravé spätné zrkadlo	Bez rozlíšenia zrkadiel		Ľavé spätné zrkadlo	Interiérové spätné zrkadlo	Pravé spätné zrkadlo	Bez rozlíšenia zrkadiel
MIN	0,05	0,03	0,04	0,03	MIN	0,03	0,02	0,03	0,02
MAX	0,7	0,8	1,3	1,3	MAX	1,4	1,6	2,1	2,1
Dolný decil	0,2	0,1	0,2	0,1	Dolný decil	0,2	0,2	0,2	0,2
Dolný kvartil	0,2	0,2	0,2	0,2	Dolný kvartil	0,3	0,3	0,3	0,3
Medián	0,2	0,2	0,3	0,2	Medián	0,4	0,4	0,4	0,4
Horný kvartil	0,3	0,3	0,4	0,3	Horný kvartil	0,5	0,6	0,6	0,5
Horný decil	0,3	0,4	0,4	0,4	Horný decil	0,6	0,8	0,7	0,7

Tab. č. 5- Porovnanie celkových dôb trvania pohľadov pre jednotlivé zrkadlá [36]

	Doba trvania pohľadu (S+ F)			
	Ľavé spätné zrkadlo	Interiérové spätné zrkadlo	Pravé spätné zrkadlo	Bez rozlíšenia zrkadiel
MIN	0,14	0,07	0,10	0,07
MAX	1,7	1,8	2,4	2,4
Dolný decil	0,4	0,4	0,5	0,4
Dolný kvartil	0,5	0,5	0,6	0,5
Medián	0,6	0,7	0,8	0,7
Horný kvartil	0,8	0,8	0,9	0,8
Horný decil	0,9	1,1	1,1	1,0

Porovnanie hodnôt sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov do jednotlivých spätných zrkadiel bez rozlíšenia jazdného manévru



Graf č. 2- Porovnanie hodnôt sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov jednotlivých zrkadiel počas jazdy vozidla vpred bez rozlíšenia jazdného manévru [36]

7.2 POROVNANIE VODIČOV PODĽA VEKU

Vodičov, ktorý sa merania zúčastnili, bolo možné rozdeliť do dvoch vekových skupín. Jednu skupinu tvorili vodiči vo veku od 22 do 25 rokov (veková skupina 20- 29), druhú vodiči od 30 do 37 rokov (veková skupina 30- 39). Pre jednoduchšie spracovávanie dát a orientáciu v tabuľkách a grafoch boli skupiny pomenované ako skupina A- mladší vodiči a skupina B- starší vodiči. Nasledujúca tabuľka uvádza prehľad vodičov a skupín, do ktorých boli zaradení.

Tab. č. 6- Prehľad dát vodičov účastniacich sa na meraní [36]

Označenie vodiča	Vek	Veková skupina	Počet najazdených km v [tis. km]	Počet najazdených km ročne [tis. km]	Vodič z povolania
V1	37	B	500	15	nie
V2	23	A	30	8	nie
V3	22	A	80	20	nie
V4	22	A	80	54	nie
V5	35	B	120	20	nie
V6	23	A	280	40	nie
V7	25	A	80	15	nie
V8	36	B	500	40	áno
V9	34	B	600	40	nie
V10	30	B	350	60	nie
V11	25	A	100	20	nie
V12	25	A	400	100	nie

Nasledujúce tabuľky zobrazujú prehľad hodnôt dosahovaných mladšími i staršími vodičmi, a rozdiely medzi vekovými skupinami sú zobrazené na nasledujúcich grafoch.

Tab. č. 7- Porovnanie sakád a fixácií mladších a starších vodičov [36]

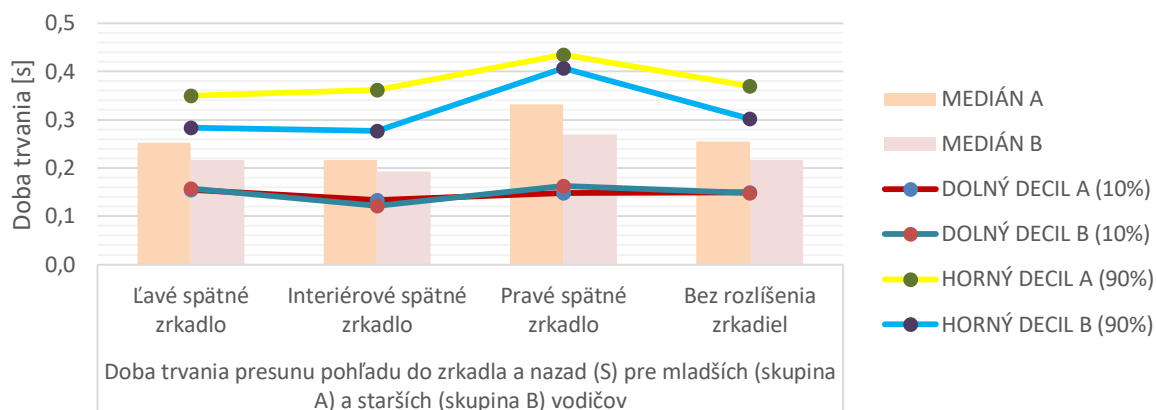
	Doba trvania presunu pohľadu do zrkadla a nazad (S) pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov					Doba trvania fixácie (F) pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov			
	Ľavé spätné zrkadlo	Interiérové spätné zrkadlo	Pravé spätné zrkadlo	Bez rozlíšenia zrkadiel		Ľavé spätné zrkadlo	Interiérové spätné zrkadlo	Pravé spätné zrkadlo	Bez rozlíšenia zrkadiel
Dolný decil A	0,2	0,1	0,1	0,2	Dolný decil A	0,2	0,2	0,2	0,2
Dolný decil B	0,2	0,1	0,2	0,1	Dolný decil B	0,2	0,3	0,2	0,2
Dolný kvartil A	0,2	0,2	0,3	0,2	Dolný kvartil A	0,3	0,3	0,3	0,3
Dolný kvartil B	0,2	0,1	0,2	0,2	Dolný kvartil B	0,3	0,3	0,3	0,3
Medián A	0,3	0,2	0,3	0,3	Medián A	0,4	0,4	0,4	0,4
Medián B	0,2	0,2	0,3	0,2	Medián B	0,4	0,5	0,5	0,4
Horný kvartil A	0,3	0,3	0,4	0,3	Horný kvartil A	0,5	0,6	0,6	0,5
Horný kvartil B	0,3	0,2	0,3	0,3	Horný kvartil B	0,5	0,7	0,5	0,6
Horný decil A	0,4	0,4	0,4	0,4	Horný decil A	0,6	0,8	0,7	0,6
Horný decil B	0,3	0,3	0,4	0,3	Horný decil B	0,7	0,8	0,7	0,7

Tab. č. 8- Porovnanie dôb trvania pohľadov do spätných zrkadiel pre mladších a starších vodičov [36]

	Doba trvania pohľadu (S+ F) pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov			
	Ľavé spätné zrkadlo	Interiérové spätné zrkadlo	Pravé spätné zrkadlo	Bez rozlíšenia zrkadiel
Dolný decil A	0,4	0,4	0,5	0,4
Dolný decil B	0,4	0,4	0,5	0,4
Dolný kvartil A	0,5	0,5	0,6	0,5
Dolný kvartil B	0,5	0,5	0,6	0,5
Medián A	0,6	0,7	0,8	0,6
Medián B	0,6	0,7	0,7	0,7
Horný kvartil A	0,8	0,8	0,9	0,8
Horný kvartil B	0,8	0,9	0,9	0,8
Horný decil A	0,9	1,1	1,1	0,9
Horný decil B	0,9	1,0	1,0	1,0

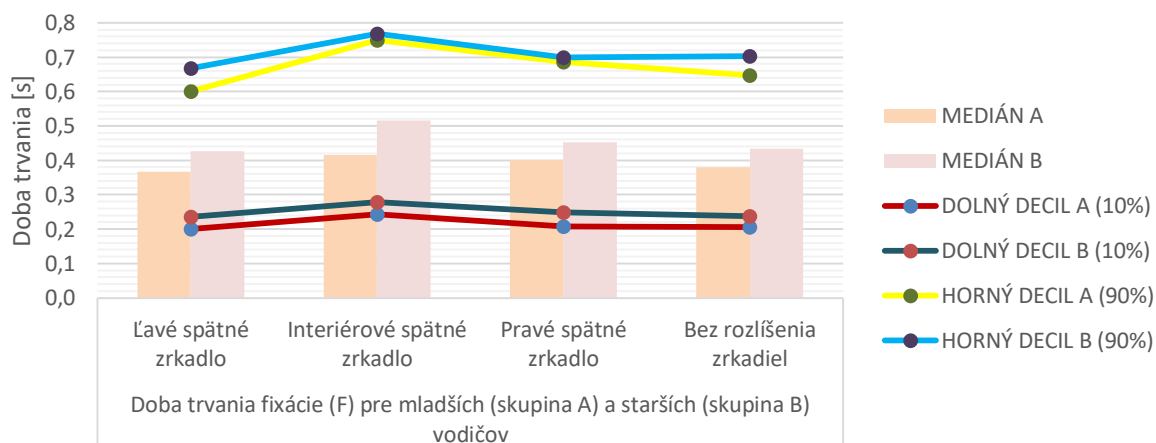
Na **grafe č. 3** je možné vidieť, že skupina starších vodičov (skupina B) dosahuje nižšie stredné hodnoty dôb sákad ako skupina mladších vodičov (skupina A) pri použití ktoréhokoľvek zo zrkadiel, a rovnako aj menšie rozpätie 80-tich % všetkých dát. Starší vodiči (skupina B) ale naopak pri použití ktoréhokoľvek zo spätných zrkadiel dosahujú vyššie hodnoty dôb fixácií ako skupina vodičov mladších (skupina A), **graf č. 4**.

Porovnanie dôb trvania sakád u jednotlivých zrkadiel počas jazdy vozidla vpred bez rozlíšenia manévru pre mladších a starších vodičov

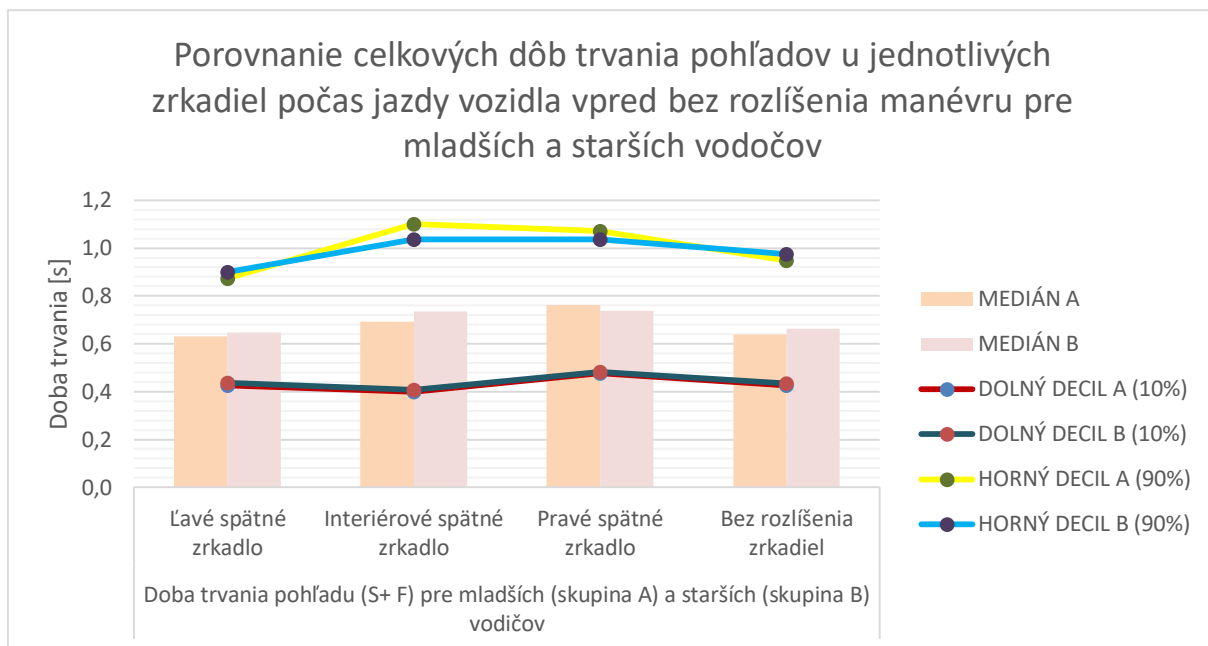


Graf č. 3. Porovnanie sakád mladších a starších vodičov [36]

Porovnanie dôb trvania fixácií u jednotlivých zrkadiel počas jazdy vozidla vpred bez rozlíšenia manévru pre mladších a starších vodičov



Graf č. 4- Porovnanie fixácií mladších a starších vodičov [36]



Graf č. 5- Porovnanie celkových dôb trvania pohľadov do spätných zrkadiel mladších a starších vodičov [36]

Z grafického porovnania sakád a fixácií mladších a starších vodičov je aj napriek minimálnemu rozdielu hodnôt zrejmé, že skúsenejší vodiči dosahujú nižšie hodnoty dôb presunov pohľadov do a zo spätných zrkadiel a pozorovaným objektom v spätných zrkadlách sa venujú dlhšie.

Priemerná odchýlka hodnôt celkových dôb trvania pohľadov je u skupín mladších a starších vodičov rovnaká. Zo spracovania teoretických poznatkov v prvej časti práce vyplýva, že s vyšším vekom narastá miera variability reakcií na podnety, v porovnaní s výskumom skúmajúcim mieru variability mladších a starších vodičov, kde boli vodiči rozdelení do vekových kategórií mladších (18- 36 rokov) a starších (54- 94 rokov) však obe skupiny vodičov, ktoré sa na meraní zúčastnili, spadajú do jednej kategórie. Rozdiel by teda mohol byť zrejmy pri porovnaní s výrazne staršou skupinou.

Tab. č. 9- Porovnanie priemerných odchýlok dát mladších a starších vodičov [36]

Porovnanie priemernej odchýlky celkových dĺžok pohľadov do jednotlivých zrkadiel u mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov		
	Skupina A	Skupina B
Ľavé spätné zrkadlo	0,2	0,2
Interiérové spätné zrkadlo	0,2	0,2
Pravé spätné zrkadlo	0,2	0,2
Bez rozlíšenia zrkadiel	0,2	0,2

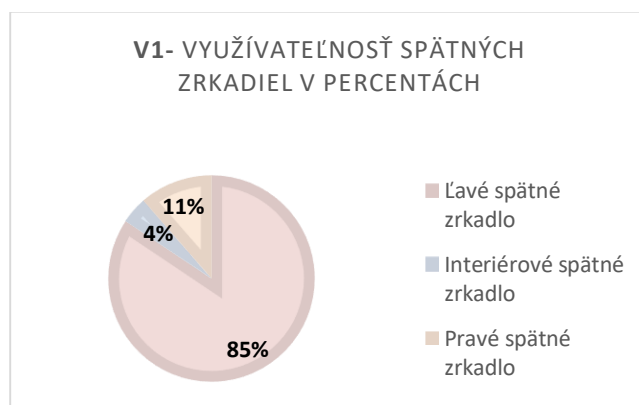
Tab. č. 10- Porovnanie rozptylov dát mladších a starších vodičov [36]

Porovnanie rozptylov celkových dĺžok pohľadov do jednotlivých zrkadiel u mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov		
	Skupina A	Skupina B
Ľavé spätné zrkadlo	0,04	0,04
Interiérové spätné zrkadlo	0,07	0,07
Pravé spätné zrkadlo	0,07	0,11
Bez rozlíšenia zrkadiel	0,05	0,06

7.2.1 Prehľad jednotlivých vodičov

Vodič 1

Za priebeh merania počas jazdy vozidla vpred využil vodič ku kontrole situácie za vozidlom iba spätné zrkadlá, celkovo bolo u vodiča možné analyzovať 141 pohľadov. Počas jazdy strávil vodič kontrolou situácie za vozidlom 4 % z celkovej doby jazdy. Táto hodnota bola získaná pomocou celkovej doby strávenej kontrolou situácie za vozidlom, t_{KS} , a celkovej doby jazdy t_J . Celková doba strávená kontrolou situácie za vozidlom bola vypočítaná ako súčet všetkých celkových dôb trvania pohľadov do spätných zrkadiel. Percentuálna hodnota je teda rovná $(100 \cdot t_{KS})/t_J$. Priemerná frekvencia pohľadov do spätných zrkadiel 3,6 krát za minútu. Najviac využívaným zrkadlom u vodiča bolo ľavé spätné zrkadlo, s celkovým počtom pohľadov 119, následne pravé spätné zrkadlo s počtom pohľadov 16, najmenej využívané bolo interiérové spätné zrkadlo s počtom pohľadov 6. Nasledujúci graf zobrazuje percentuálne využitie jednotlivých zrkadiel. V tabuľke na konci podkapitoly sú uvedené dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb pohľadov.



Graf č. 6- Percentuálna využiteľnosť zrkadiel vodiča č. 1 [36]

Vodič 2

Za priebeh merania počas do prednej jazdy vozidla využil vodič ku kontrole situácie za vozidlom iba spätné zrkadlá a celkovo bolo u vodiča možné analyzovať 59 pohľadov. Počas jazdy strávil vodič kontrolou situácie za vozidlom 1 % z celkovej doby jazdy. S priemernou frekvenciou pohľadov do spätných zrkadiel 1,6 krát za minútu. Najviac využívaným zrkadlom u vodiča bolo ľavé spätné zrkadlo, s celkovým počtom pohľadov 139, následne pravé spätné zrkadlo s počtom pohľadov 11, najmenej využívané bolo interiérové spätné zrkadlo s počtom pohľadov 9. Grafické zobrazenie využiteľnosti spätných zrkadiel sa nachádza v prílohe. V tabuľke na konci podkapitoly sú uvedené dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb pohľadov.

Vodič 3

Za priebeh merania počas do prednej jazdy vozidla využil vodič ku kontrole situácie za vozidlom iba spätné zrkadlá, celkovo bolo u vodiča možné analyzovať 168 pohľadov. Počas jazdy strávil vodič kontrolou situácie za vozidlom 4 % z celkovej doby jazdy. S priemernou frekvenciou pohľadov do spätných zrkadiel 4,5 krát za minútu. Najviac využívaným zrkadlom u vodiča bolo ľavé spätné zrkadlo, s celkovým počtom pohľadov 109, následne interiérové spätné zrkadlo s počtom pohľadov 44, najmenej využívané bolo pravé spätné zrkadlo s počtom pohľadov 15. Grafické zobrazenie využiteľnosti spätných zrkadiel sa nachádza v prílohe. V tabuľke na konci podkapitoly sú uvedené dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb pohľadov.

Vodič 4

Za priebeh merania počas jazdy vozidla vpred využil vodič ku kontrole situácie za vozidlom spätné zrkadlá, v dvoch prípadoch prejazdu do ľavého jazdného pruhu využil priamy výhľad z vozidla vzad spolu s ľavým spätným zrkadlom, celkovo bolo u vodiča možné analyzovať 100 pohľadov. Počas jazdy strávil vodič kontrolou situácie za vozidlom 3 % z celkovej doby jazdy. S priemernou frekvenciou pohľadov do spätných zrkadiel 2,7 krát za minútu. Najviac využívaným zrkadlom u vodiča bolo ľavé spätné zrkadlo, s celkovým počtom pohľadov 44, následne interiérové spätné zrkadlo s počtom pohľadov 41, najmenej využívané bolo pravé spätné zrkadlo s počtom pohľadov 13, priamy výhľad vzad využil vodič dvakrát. Grafické zobrazenie využiteľnosti spätných zrkadiel sa nachádza v prílohe. V tabuľke na konci podkapitoly sú uvedené dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb pohľadov.

Vodič 5

Za priebeh merania počas do prednej jazdy vozidla využil vodič ku kontrole situácie za vozidlom iba spätné zrkadlá, celkovo bolo u vodiča možné analyzovať 132 pohľadov.

Počas jazdy strávil vodič kontrolou situácie za vozidlom 5 % z celkovej doby jazdy. S priemernou frekvenciou pohľadov do spätných zrkadiel 4 krát za minútu. Najviac využívaným zrkadlom u vodiča bolo ľavé spätné zrkadlo, s celkovým počtom pohľadov 98, následne interiérové spätné zrkadlo s počtom pohľadov 12, najmenej využívané bolo pravé spätné zrkadlo s počtom pohľadov 15. Grafické zobrazenie využiteľnosti spätných zrkadiel sa nachádza v prílohe. V tabuľke na konci podkapitoly sú uvedené dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb pohľadov.

Vodič 6

Za priebeh merania počas do prednej jazdy vozidla využil vodič ku kontrole situácie za vozidlom iba spätné zrkadlá, celkovo bolo u vodiča možné analyzovať 51 pohľadov. Počas jazdy strávil vodič kontrolou situácie za vozidlom 2 % z celkovej doby jazdy. S priemernou frekvenciou pohľadov do spätných zrkadiel 1,9 krát za minútu. Najviac využívaným zrkadlom u vodiča bolo ľavé spätné zrkadlo, s celkovým počtom pohľadov 40, následne pravé spätné zrkadlo s počtom pohľadov 6, najmenej využívané bolo interiérové spätné zrkadlo s počtom pohľadov 5. Grafické zobrazenie využiteľnosti spätných zrkadiel sa nachádza v prílohe. V tabuľke na konci podkapitoly sú uvedené dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb pohľadov.

Vodič 7

Vodič použil na kontrolu situácie za vozidlom spätné zrkadlá a v jednom prípade priamy výhľad z vozidla. Počas jazdy strávil vodič kontrolou situácie za vozidlom 2 % z celkovej doby jazdy. S priemernou frekvenciou pohľadov do spätných zrkadiel 1,6 krát za minútu. Celkový počet pohľadov, ktoré bolo možné analyzovať bol 52, z toho 19 pohľadov bolo smerovaných do ľavého spätného zrkadla, najviac využívané bolo interiérové spätné zrkadlo s počtom 27, najmenej využívané bolo pravé spätné zrkadlo s počtom využítí 5. Grafické zobrazenie využiteľnosti spätných zrkadiel sa nachádza v prílohe. V tabuľke na konci podkapitoly sú uvedené dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb pohľadov.

Vodič 8

Vodič použil na kontrolu situácie za vozidlom spätné zrkadlá a v dvoch prípadoch priamy výhľad z vozidla. Počas jazdy strávil vodič kontrolou situácie za vozidlom 2 % z celkovej doby jazdy, s priemernou frekvenciou pohľadov do spätných zrkadiel 1,4 krát za minútu. Celkový počet pohľadov, ktoré bolo možné analyzovať bol 47, z toho 21 pohľadov bolo smerovaných do ľavého spätného zrkadla, interiérové spätné zrkadlo s počtom 18, najmenej využívané bolo pravé spätné zrkadlo s počtom využítí 6. Grafické zobrazenie využiteľnosti spätných zrkadiel sa nachádza v prílohe. V tabuľke na konci podkapitoly sú uvedené dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb pohľadov.

Vodič 9

Vodič použil na kontrolu situácie za vozidlom iba spätné zrkadlá. Počas jazdy strávil vodič kontrolou situácie za vozidlom 2 % z celkovej doby jazdy, s priemernou frekvenciou pohľadov do spätných zrkadiel 1,7 krát za minútu. Celkový počet pohľadov, ktoré bolo možné analyzovať bol 58, z toho 45 pohľadov bolo smerovaných do ľavého spätného zrkadla, interiérové spätné zrkadlo s počtom 2 a pravé spätné zrkadlo s počtom využití 11. Grafické zobrazenie využiteľnosti spätných zrkadiel sa nachádza v prílohe. V tabuľke na konci podkapitoly sú uvedené dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb pohľadov.

Vodič 10

Vodič použil na kontrolu situácie za vozidlom iba spätné zrkadlá. Počas jazdy strávil vodič kontrolou situácie za vozidlom 2 % z celkovej doby jazdy. S priemernou frekvenciou pohľadov do spätných zrkadiel 2 krát za minútu. Celkový počet pohľadov, ktoré bolo možné analyzovať bol 62, z toho 38 pohľadov bolo smerovaných do ľavého spätného zrkadla, interiérové spätné zrkadlo s počtom využití 7 a pravé spätné zrkadlo s počtom využití 17. Grafické zobrazenie využiteľnosti spätných zrkadiel sa nachádza v prílohe. V tabuľke na konci podkapitoly sú uvedené dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb pohľadov.

Vodič 11

Vodič použil na kontrolu situácie za vozidlom spätné zrkadlá a v jednom prípade priamy výhľad z vozidla. Počas jazdy strávil vodič kontrolou situácie za vozidlom 3 % z celkovej doby jazdy. S priemernou frekvenciou pohľadov do spätných zrkadiel 2 krát za minútu. Celkovo bolo možné analyzovať 66 pohľadov, z toho 54 pohľadov do ľavého spätného zrkadla, interiérové spätné zrkadlo s počtom 2 bolo najmenej využívaným zrkadlom, a pravé spätné zrkadlo s počtom využití 9. Grafické zobrazenie využiteľnosti spätných zrkadiel sa nachádza v prílohe. V tabuľke na konci podkapitoly sú uvedené dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb pohľadov.

Vodič 12

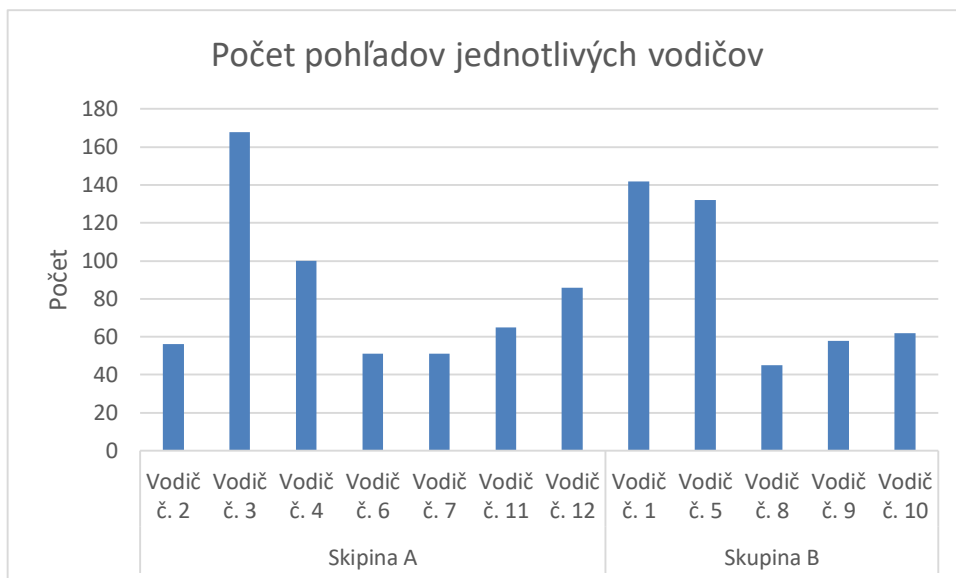
Vodič použil na kontrolu situácie za vozidlom iba spätné zrkadlá. Počas jazdy strávil vodič kontrolou situácie za vozidlom 4 % z celkovej doby jazdy. S priemernou frekvenciou pohľadov do spätných zrkadiel 3 krát za minútu. Celkovo bolo možné analyzovať 87 pohľadov, z toho 56 pohľadov do ľavého spätného zrkadla, interiérové spätné zrkadlo s počtom pohľadov 5 bolo najmenej využívaným zrkadlom, a pravé spätné zrkadlo s počtom využití 26. Grafické zobrazenie využiteľnosti spätných zrkadiel sa nachádza

v prílohe. V tabuľke na konci podkapitoly sú uvedené dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb pohľadov.

Tab. č. 11- Porovnanie stredných hodnôt sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov jednotlivých vodičov [36]

Porovnanie stredných hodnôt sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov jednotlivých vodičov									
	Ľavé spätné zrkadlo			Interiérové spätné zrkadlo			Pravé spätné zrkadlo		
Vodič č.	Sakády	Fixácie	Celová doba trvania pohľadu	Sakády	Fixácie	Celová doba trvania pohľadu	Sakády	Fixácie	Celová doba trvania pohľadu
V1	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,7
V2	0,2	0,3	0,6	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,7
V3	0,2	0,3	0,6	0,2	0,3	0,6	0,3	0,3	0,7
V4	0,3	0,4	0,7	0,2	0,4	0,7	0,4	0,4	0,7
V5	0,2	0,5	0,8	0,2	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
V6	0,2	0,3	0,6	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,7
V7	0,2	0,4	0,7	0,2	0,4	0,6	0,4	0,7	1,1
V8	0,2	0,6	0,8	0,2	0,6	0,8	0,3	0,6	0,9
V9	0,2	0,3	0,6	0,3	0,4	0,6	0,4	0,5	0,8
V10	0,2	0,3	0,5	0,2	0,5	0,7	0,2	0,4	0,7
V11	0,3	0,4	0,7	0,4	0,5	0,8	0,4	0,5	0,9
V12	0,2	0,4	0,6	0,2	0,5	0,7	0,4	0,4	0,8

Spoločným znakom jednotlivých vodičov bolo využívanie ľavého spätného zrkadla najčastejšie, s výnimkou vodiča č. 7, ktorý najviac využíval zrkadlo interiérové. Z videí bolo možné vypočítavať meniacu sa frekvenciu pohľadov do zrkadiel, v prípade iného idúceho vozidla videného v spätných zrkadlách bola frekvencia pohľadov vyššia, naopak nižšia v prípade, že sa v spätnom zrkadle žiadne iné idúce vozidlo nenachádzalo.



Graf č. 7- Počty pohľadov jednotlivých vodičov [36]

Počet pohľadov vykonaných počas jazdy vozidlom neukazuje žiadnu súvislosť počtu pohľadov s vekom vodiča. Počty pohľadov klesali s poklesom hustoty premávky medzi jednotlivými skúšobnými jazdami. Aby bolo možné hodnotiť vplyv veku na počet pohľadov behom jazdy by bolo nutné realizovať merania v zrovnateľných podmienkach hustoty premávky.

7.3 VPLYV ÚČELU POHĽADU NA DOSAHOVANÉ HODNOTY

Z celkového počtu zaznamenaných pohľadov 1016 bolo 648 pohľadov kontrolných bez vykonania jazdného manévru. Počas jazdy došlo k vykonaniu niekoľkých jazdných manévrov a to odbočenia vpravo i vľavo, vodiči pri odbočovaní vľavo využívajú spravidla ľavé spätné zrkadlo a pri odbočení vpravo pravé spätné zrkadlo. Zaznamenaných bolo aj niekoľko výnimiek použitia interiérového spätného zrkadla spolu s príslušným ľavým alebo pravým zrkadlom. Pri odbočovaní sa často vyskytujú pohľady, ktorým pred presunom pohľadu do zrkadla predchádza fixácia v oblasti ľavého alebo pravého predného okna, alebo naopak je pohľad zo spätného zrkadla smerovaný do oblasti predného bočného okna. Ďalším manévrom bola zmena jazdného pruhu, vľavo i vpravo, pričom vodiči spravidla opäť využívajú ľavé a pravé spätné zrkadlo. Aj u zmeny pruhu boli zaznamenané ojedinelé výnimky. Porovnanie stredných hodnôt sakád a fixácií ukázalo len nepatrný rozdiel medzi hodnotami kontrolných pohľadov a pohľadov spojených so zmenou pruhu a s odbočovaním. Sakády pri odbočovaní však boli nižšie, vodiči smerovali pohľad v smere jazdy, teda do predného bočného okna. Ďalším manévrom, ktorý sa však nevyskytovali u všetkých vodičov bolo cúvanie. Počas cúvania boli sakády naopak vyššie, ich trajektórie viedli vo väčšine prípadov medzi jednotlivými spätnými zrkadlami. Rovnako vyššie hodnoty

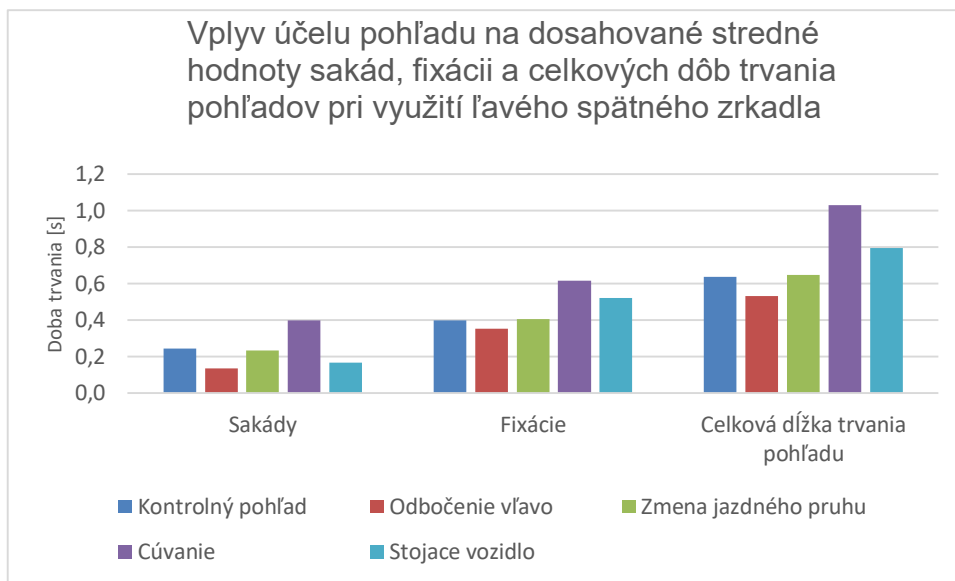
dosahovali pri cúvaní aj fixácie pohľadu. Vyššie boli aj fixácie namerané počas státia na semafore oproti fixáciám pohľadov v zrkadlách počas jazdy. Nasledujúce grafy zobrazujú rozdiely sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov vplyvom účelu pohľadu pri využití ľavého a pravého spätného zrkadla.

Tab. č. 12 - Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov pri využití ľavého spätného zrkadla [36]

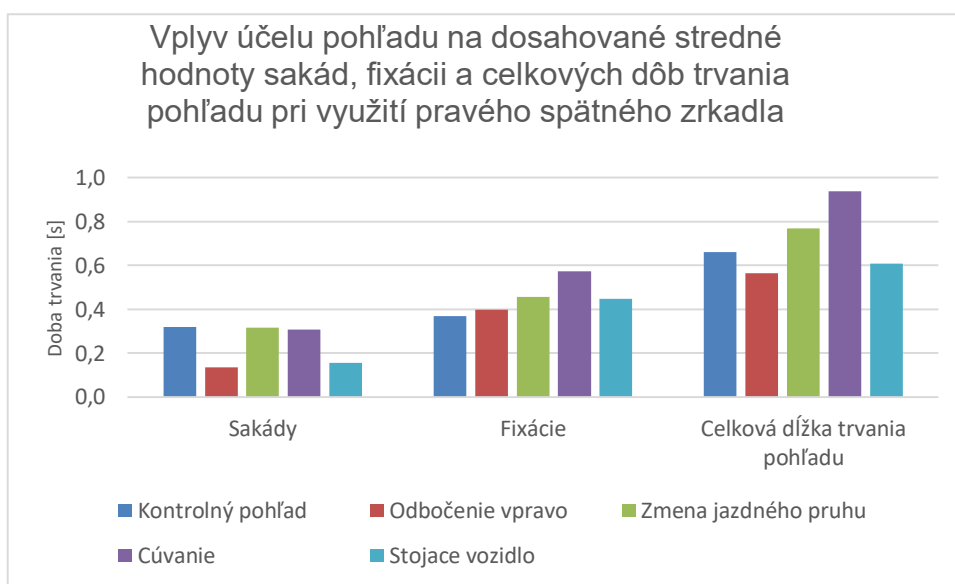
	Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov pri využití ľavého spätného zrkadla				
	Kontrolný pohľad	Odbočenie vľavo	Zmena jazdného pruhu	Cúvanie	Stojace vozidlo
Sakády	0,2	0,1	0,2	0,4	0,2
Fixácie	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5
Celková dĺžka trvania pohľadu	0,6	0,5	0,6	1,0	0,8

Tab. č. 13 - Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov pri využití pravého spätného zrkadla [36]

	Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov pri využití pravého spätného zrkadla				
	Kontrolný pohľad	Odbočenie vpravo	Zmena jazdného pruhu	Cúvanie	Stojace vozidlo
Sakády	0,3	0,1	0,3	0,3	0,2
Fixácie	0,4	0,4	0,5	0,6	0,4
Celková dĺžka trvania pohľadu	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6



Graf č. 8- Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov pri využití ľavého spätného zrkadla [36]



Graf č. 9- Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov pri využití pravého spätného zrkadla [36]

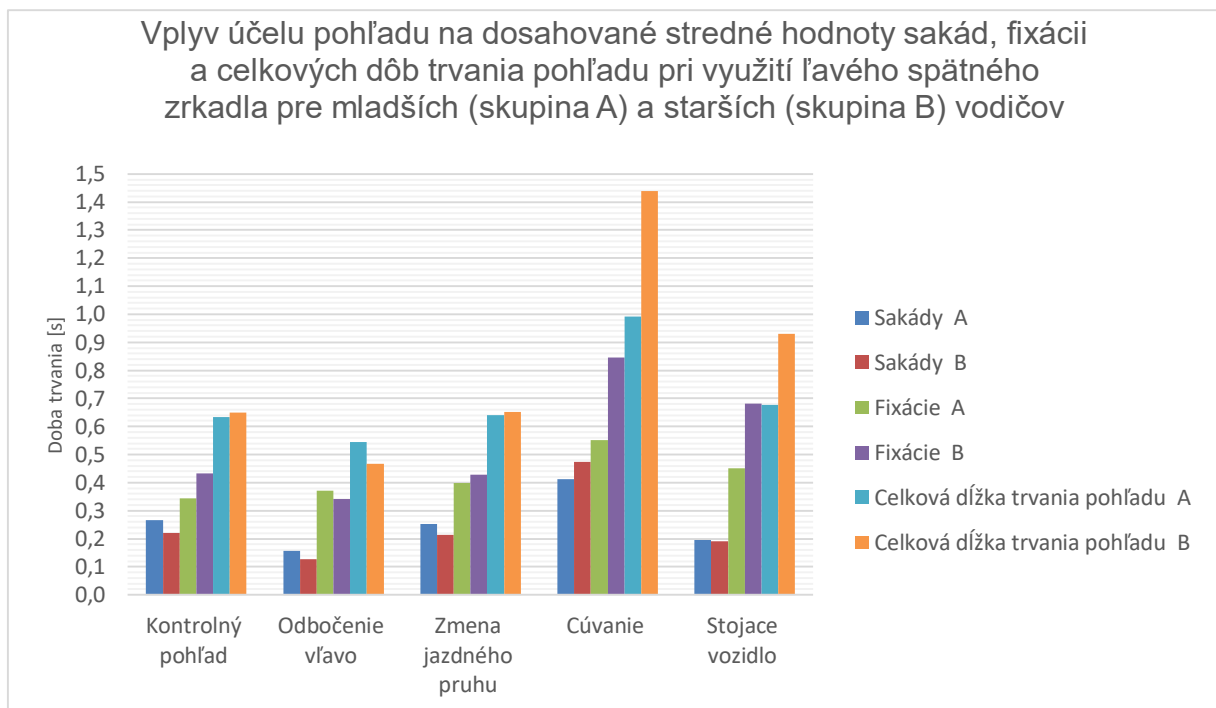
Porovnanie účelu pohľadov medzi mladšími a staršími vodičmi ukázalo, že dosahované hodnoty sakád, fixácií a celkové dĺžky trvania pohľadov sú tiež štatisticky rovnocenné, z grafického porovnania je patrné, že pri využití ľavého i pravého spätného zrkadla využitého pri zmene jazdného pruhu a pri priebežnej kontrole dosahovala skupina mladších vodičov vyššie hodnoty sakád a nižšie hodnoty fixácií ako skupina starších vodičov. Pri odbočovaní boli fixácie naopak kratšie u skupiny starších vodičov.

Tab. č. 14 - Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadu pri využití ľavého spätného zrkadla pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov [36]

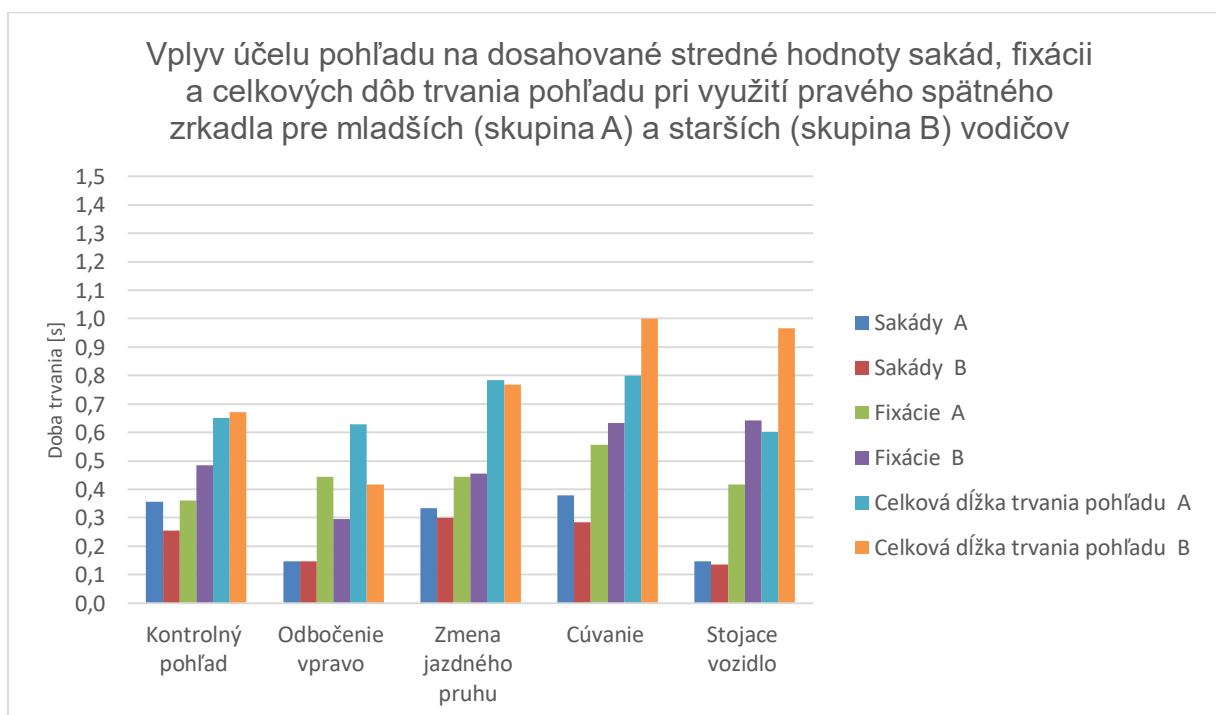
		Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadu pri využití ľavého spätného zrkadla pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov				
	Skupina	Kontrolný pohľad	Odbočenie vľavo	Zmena jazdného pruhu	Cúvanie	Stojace vozidlo
Sakády	A	0,3	0,2	0,3	0,4	0,2
	B	0,2	0,1	0,2	0,5	0,2
Fixácie	A	0,3	0,4	0,4	0,6	0,5
	B	0,4	0,3	0,4	0,8	0,7
Celková dĺžka trvania pohľadu	A	0,6	0,5	0,6	1,0	0,7
	B	0,7	0,5	0,7	1,4	0,9

Tab. č. 15 - Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadu pri využití pravého spätného zrkadla pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov [36]

		Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadu pri využití pravého spätného zrkadla pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov				
	Skupina	Kontrolný pohľad	Odbočenie vpravo	Zmena jazdného pruhu	Cúvanie	Stojace vozidlo
Sakády	A	0,4	0,1	0,3	0,4	0,1
	B	0,3	0,1	0,3	0,3	0,1
Fixácie	A	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4
	B	0,5	0,3	0,5	0,6	0,6
Celková dĺžka trvania pohľadu	A	0,7	0,6	0,8	0,8	0,6
	B	0,7	0,4	0,8	1,0	1,0



Graf č. 10- Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadu pri využití ľavého spätného zrkadla pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov [36]



Graf č. 11 - Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadu pri využití pravého spätného zrkadla pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov [36]

S ohľadom na malý počet zaznamenaných pohľadov počas cúvania a státia na svetelnej signalizácii nemajú získané stredné hodnoty vypovedajúcu váhu. Nízky počet hodnôt bol získaný aj pri využití pravého spätného zrkadla využitého pri odbočovaní.

ZÁVER

Cieľom práce bola analýza kontroly situácie za vozidlom počas jazdy vozidla vpred v nočných hodinách. Na základe analýzy dát bola stredná hodnota doby odvrátenia pohľadu od diania pred vozidlom za účelom kontroly situácie za vozidlom stanovená na 0,7 s. Pre jednotlivé zrkadlá boli zistené doby odvrátenia pohľadu od diania v smere jazdy stanovené na 0,6 s pre ľavé spätné zrkadlo, 0,7 s pri využití interiérového spätného zrkadla a 0,8 s pri využití pravého spätného zrkadla. Tieto hodnoty sú v súlade s hodnotami výskumov v teoretickej časti práce. S ohľadom na podobnosť správania a pohľadov vodičov počas jazdy cez deň a počas jazdy v noci s verejným osvetlením je pravdepodobné, že počas dňa by mali byť hodnoty zrovnateľné.

Z porovnania sakád a fixácií mladších a starších vodičov je aj napriek minimálnemu rozdielu hodnôt zrejmé, že skúsenejší vodiči dosahujú nižšie hodnoty dôb presunov pohľadov do a zo spätných zrkadiel a pozorovaným objektom v spätných zrkadlách sa venujú dlhšie.

Z analýzy dát bolo zrejmé, že pohľady vykonané ako kontrolné a pohľady vykonané v súvislosti so zmenou jazdného pruhu mali zrovnateľnú dobu trvania. Pohľady vykonané v súvislosti s odbočovaním mali porovnateľne kratšie doby presunu pohľadov a to najmä z dôvodu vyskytujúcich sa skrátených trajektórií sakád. Pohľady vykonané v súvislosti s jazdou vzad mali naopak porovnateľne dlhšie trvanie presunov pohľadu, a to z dôvodu predĺžených trajektórií sakád, z jedného spätného zrkadla do iného. Počas jazdy vzad boli porovnateľne vyššie hodnoty fixácií, z dôvodu potreby sústrediť sa na objekty za vozidlom. Vyššie fixácie vykazovali aj vodiči v stojacom vozidle na semafore, vodič nemusí venovať pozornosť diani u pred vozidlom, ale čaká na signál semaforu.

Približne 67 % z celkového množstva zaznamenaných pohľadov do spätných zrkadiel vykonaných počas jazdy vozidla vpred bolo s využitím ľavého spätného zrkadla. 18 % pohľadov bolo smerovaných do interiérového spätného zrkadla a 15 % do pravého spätného zrkadla.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] ŠUCHA, Matúš. *Dopravní psychologie pro praxi: výběr, výcvik a rehabilitace řidičů*. Praha: Grada, 2013, 216 s. ; 24 cm. ISBN 978-80-247-4113-0.
- [2] XU, Qian, Tang-yi GUO, Fei SHAO a Xue-jiao JIANG. *Division of Area of Fixation Interest for Real Vehicle Driving Tests* [online]. , 10 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2017/3674374/>
- [3] BELÁK, Michal a Pavel MAXERA. ŘIDIČOVA KONTROLA SITUACE ZA VOZIDLEM PŘI JÍZDĚ V NOCI. In: *Junior Forensic Science 2016* [online]. Brno, 2016, s. 345 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: http://www.jufos.cz/wp-content/uploads/2016/08/Sbornik_prispevku_2016.pdf?fbclid=IwAR33lB3fYhD-xczDQfI6PAMz9NLZ2iUu0S4E8ZtuBg8i_LM3PGfMKKYE_bI
- [4] VLK, František. *Stavba motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2003, 499 s. : il. ; 23 cm. ISBN 80-238-8757-2.
- [5] *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*. In: . 2014, ročník 2014, L 237/24.
- [6] LAŽEK, Jan. *Analýza výhledu řidiče z vozidla*. Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství, 2018.
- [7] MANDYS, Ing. Tomáš. *Metodika Analýza oblasti zakrytého výhledu v zorném poli řidiče osobního vozidla při pohledu vnějšími zpětnými zrcátky*. Brno: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ, 2015
- [8] CADILLAC'S ALL-SEEING REARVIEW MIRROR PEERS INTO THE FUTURE OF CARS [online]. In: . [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: https://www.google.cz/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fmedia.wired.com%2Fphotos%2F5926a4e07034dc5f91bec28f%2Fmaster%2Fw_2400%2Cc_limit%2F2016-Cadillac-CT6_RearviewMirror_TA.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.wired.com%2F2016%2F11%2Fcadillac-ct6-rearview-mirror-camera%2F&docid=MhXtbIpGVdQB6M&tbnid=eGEicGXzaDM20M%3A&vet=10ahUKEwj6hIDt1fjeAhVDLewKHc3nBTMQMwiXASgEMAQ..i&w=2400&h=1800&safe=active&bih=864&biw=1280&q=back%20mirror%20cam&ved=0ahUKEwj6hIDt1fjeAhVDLewKHc3nBTMQMwiXASgEMAQ&iact=mrc&uact=8
- [9] CENTRUM SLUŽEB PRO SILNIČNÍ DOPRAVU. *Nebezpečí, které není vidět* [online]. 30. 10. 2018 [cit. 2018-12-21]. Dostupné z: <https://www.cspsd.cz/798-nebezpeci-ktere-neni-videt>
- [10] BESIP: *Správná pozice za volantem a jeho držení*. www.besip.cz [online]. [cit. 2018-12-21]. Dostupné z: https://www.ibesip.cz/Pro-media/Clanky/Spravna-pozice-za-volantem-a-jeho-drzeni?fbclid=IwAR2G22jOSlgr9oEp54hUabUvdYW57z_IcQBgs8V8efmTSFchJqc0WSDUqc9
- [11] HABENICHT, Petr. *Policie ČR: Dopravní nehodovost za rok 2017* [online]. 5. ledna 2018 [cit. 2018-12-16]. Dostupné z: <https://www.policie.cz/clanek/dopravni-nehodovost-za-rok-2017.aspx>
- [12] TREAT, J. R., N. S. TUMBAS, S. T. MCDONALD, D. SHINAR, R. D. HUME, R. E. MAYER, R. L. STANSIFER a N. J. CASTELLAN. *TRI-LEVEL STUDY OF THE CAUSES OF TRAFFIC ACCIDENTS: Executive Summary* [online]. In: . Institute for Research in Public Safety Indiana University, Máj 1979, s. 78 [cit. 2019-02-10].
- [13] JANCO, Marcel. *Reakčná doba vodiča* [online]. 09/09/2018 [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <http://marceljanco.sk/reakcna-doba-vodica/>

- [14] SCHÁNO, Martin. Bezpečnost provozu na pozemních komunikacích [online]. Praha, 2017 [cit. 2018-12-21]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/70446/F6-DP-2017-Schano-Martin-Diplomova%20prace.pdf?sequence=1>. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. Vedoucí práce Doc. Ing. Drahomír Schmodt, Ph.D.
- [15] BRADÁČ, Albert. Soudní Inženýrství. Brno: CERM, 1999, 725 s. ISBN 80-720- 4133-9.
- [16] Act for libraries. Factors that Affect Reaction Time [online]. [cit. 2018-01-17]. Dostupné z: <http://www.actforlibraries.org/factors-that-affect-reaction-time/>
- [17] STANISŁAW JURECKI, Rafał;lech stańczyk. Driver's reaction time in a simulated, complex road incident. Transport [online]. Taylor & Francis, 2017, 32(1), 44-54 [cit. 2019-01-15]. DOI: 10.3846/16484142.2014.913535. ISSN 1648-4142.
- [18] ALM, H. a L. NILSSON. The effects of a mobile telephone task on driver behaviour in a car following situation. Accident Analysis and Prevention [online]. Elsevier, 1995, 27(5), 707-715 [cit. 2019-01-15]. DOI: 10.1016/0001-4575(95)00026-V. ISSN 0001-4575.
- [19] MCGEHEE, Daniel V., Elizabeth N. MAZZAE a G. H. Scott BALDWIN. DRIVER REACTION TIME IN CRASH AVOIDANCE RESEARCH: VALIDATION OF A DRIVING SIMULATOR STUDY ON A TEST TRACK [online]. In: . [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <https://journals-sagepub-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/doi/pdf/10.1177/154193120004402026>
- [20] KAPLÁNEK, A.: Analýza reakcí řidičů na složené podněty. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2010. 90 s. Vedoucí disertační práce Prof. Ing. Zdeněk Kolíbal, CSc.
- [21] A SURVEY OF EYE TRACKING METHODS AND APPLICATIONS [online]. [cit. 2018-29-11]. Dostupné z: http://www12.tuiasi.ro/users/103/071-086_006_Lupu_.pdf
- [22] YOUNG, L. R. METHODS & DESIGNS: Survey of eye movement recording methods [online]. [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <http://a-khalili.ir/wp-content/uploads/2017/06/1975-METHODS-DESIGNS-Survey-of-eye-movement-recording-methods.pdf>
- [23] Martin Lavallière, Denis Laurendeau, Martin Simoneau & Normand Teasdale (2011) 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, 12:2, 191-200, DOI: 10.1080/15389588.2010.548426
- [24] Geoinformatics: Eye-tracking [online]. [cit. 2018-12-16]. Dostupné z: <http://www.geoinformatics.upol.cz/eye-tracking-2>
- [25] ERGONEERS: SOFTWARE-SUPPORTED BEHAVIORAL RESEARCH FOR BUSINESS AND ACADEMIC CUSTOMERS [online]. [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.ergoneers.com/en/>
- [26] POPELKA, Stanislav, Alžběta BRYCHTOVÁ a Vít VOŽENÍLEK. EYE-TRACKING A JEHO VYUŽITÍ PŘI HODNOCENÍ MAP [online]. , 1- 18 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.sav.sk/journals/uploads/03101235Popelka%20et%20al..pdf>
- [27] POPELKA, S., A. BRYCHTOVA, J. BRUS a V. VOŽENÍLEK. Advanced Map Optimization Based on Eye-Tracking [online]. August 17. 2012 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/books/cartography-a-tool-for-spatial-analysis/advanced-map-optimization-based-on-eye-tracking>
- [28] GazePlot EYETRACKING. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 4. 7. 2017 [cit. 2018-12-21]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gaze_plot_eye_tracking_on_Wikipedia_with_3_participants.png

[29] *Using Heatmaps to Increase Website Conversion Rate* [online]. In: . September 14, 2017 [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://returnnonnow.com/2017/09/heatmaps-increase-conversion-rate/>

[23] Martin Lavallière, Denis Laurendeau, Martin Simoneau & Normand Teasdale (2011) *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*, 12:2, 191-200, DOI: 10.1080/15389588.2010.548426

[30] GRUNER, Markus a Ulrich ANSORGE. *Mobile Eye Tracking During Real- World Night Driving: A Selective Review of Findings and Recommendations for Future Research* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/315118229_Mobile_Eye_Tracking_During_Real-World_Night_Driving_A_Selective_Review_of_Findings_and_Recommendations_for_Future_Research?fbclid=IwAR3I4XyFFq3BV7HFes9LKpi66fAsYOxsZnmWrNrt0v7q3Hmt0SGI01T94-A

[31] *Mapy google* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps>

[32] 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>

[33] JÄGERBRAND, Annika a Jonas SJÖBERGH. *Effects of weather conditions, light conditions, and road lighting on vehicle speed* [online]. In: . 2016, s. 17 [cit. 2019-09-08]. DOI: 10.1186/s40064-016-2124-6.

[34] HULTSCH, David F., Stuart W. S. MACDONALD a Roger A. DIXON. *Variability in Reaction Time Performance of Younger and Older Adults* [online]. In: . 2016, s. 15 [cit. 2019-09-08]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/psychsocgerontology>

[35] 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.

[36] ZHANG, CUIQING, LIZHEN WEI a PEI ZHENG. *Research on Driving Fatigue Detection Based on PERCLOS* [online]. In: . 2017, s. 5 [cit. 2019-09-08]. ISBN 978-1-60595-477-6.

[36] *Vlastné spracovanie*

ZOZNAM TABULIEK

Tab. č. 1- Časové úseky reakčnej doby [15].....	23
Tab. č. 2- Porovnanie reakčných dôb nameraných na simulátore jazdy a na skúšobnej dráhe [19].....	25
Tab. č. 3- Porovnanie dĺžok sakád [36].....	38
Tab. č. 4- Porovnanie dôb trvania sakád a fixácií pre jednotlivé zrkadlá [36]	40
Tab. č. 5- Porovnanie celkových dôb trvania pohľadov pre jednotlivé zrkadlá [36]	41
Tab. č. 6- Prehľad dát vodičov účastniacich sa na meraní [36].....	43
Tab. č. 7- Porovnanie sakád a fixácií mladších a starších vodičov [36].....	44
Tab. č. 8- Porovnanie dôb trvania pohľadov do spätných zrkadiel pre mladších a starších vodičov [36]	45
Tab. č. 9- Porovnanie priemerných odchýlok dát mladších a starších vodičov [36]	47
Tab. č. 10- Porovnanie rozptylov dát mladších a starších vodičov [36].....	48
<i>Tab. č. 11- Porovnanie stredných hodnôt sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov jednotlivých vodičov [36]</i>	<i>52</i>
Tab. č. 12 - Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadov pri využití ľavého spätného zrkadla [36]	54
Tab. č. 13 - Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadov pri využití pravého spätného zrkadla [36]	54
Tab. č. 14 - Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadu pri využití ľavého spätného zrkadla pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov [36]	56
Tab. č. 15 - Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadu pri využití pravého spätného zrkadla pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov [36]	56

ZOZNAM GRAFOV

<i>Graf č. 1 Využívateľnosť spätných zrkadiel v percentách [36]</i>	39
<i>Graf č. 2- Porovnanie hodnôt sakád, fixácií a celkových dôb trvania pohľadov jednotlivých zrkadiel počas jazdy vozidla vpred bez rozlíšenia zrkadiel [36]</i>	42
<i>Graf č. 3. Porovnanie sakád mladších a starších vodičov [36]</i>	46
<i>Graf č. 4- Porovnanie fixácií mladších a starších vodičov [36]</i>	46
<i>Graf č. 5- Porovnanie celkových dôb trvania pohľadov do spätných zrkadiel mladších a starších vodičov [36]</i>	47
<i>Graf č. 6- Percentuálna využívateľnosť zrkadiel vodiča č. 1 [36]</i>	48
<i>Graf č. 7- Počty pohľadov jednotlivých vodičov [36]</i>	53
<i>Graf č. 8- Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadov pri využití ľavého spätného zrkadla [36]</i>	55
<i>Graf č. 9- Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadu pri využití pravého spätného zrkadla [36]</i>	55
<i>Graf č. 10- Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadu pri využití ľavého spätného zrkadla pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov [36]</i>	57
<i>Graf č. 11 - Vplyv účelu pohľadu na dosahované stredné hodnoty sakád, fixácii a celkových dôb trvania pohľadu pri využití pravého spätného zrkadla pre mladších (skupina A) a starších (skupina B) vodičov [36]</i>	57

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. č. 1- Schéma výhľadu vonkajších spätných zrkadiel [5]	16
Obr. č. 2- Schéma výhľadu vnútorného spätného zrkadla [5]	17
Obr. č. 3- Konvexné spätné zrkadlo [6]	18
Obr. č. 4- Asférické spätné zrkadlo [6]	18
Obr. č. 5- Prídavné spätné zrkadlá [6].....	19
Obr. č. 6- Displej namiesto vnútorného spätného zrkadla [8]	19
Obr. č. 7- Prídavné spätné zrkadlá [7].....	20
Obr. č. 8- Schéma priameho a nepriameho výhľadu a mŕtvych uhlov [4]	21
Obr. č. 9- Laboratórne meranie reakčnej doby a periférneho videnia [20]	26
Obr. č. 10- Meranie reakčnej doby s využitím dvoch vozidiel [20]	27
Obr. č. 11- Kontaktné šošovky so zrkadlami (vľavo) a magnetická cievka [21]	29
Obr. č. 12- Polarizácia očnej bulvy a umiestnenie elektród, elektrookulografia [21].....	29
Obr. č. 13- Špeciálne okuliare s kamerou [25].....	29
Obr. č. 14- GazePlot [28].....	30
Obr. č. 15- HeatMap [29]	31
Obr. č. 16- Vizualizácia dát AOI pomocou grafu sekvencií (vľavo) a Priestorovo-časová kocka [27].....	32
Obr. č. 17- Trasa [31]	34

ZOZNAM SKRATIEK

t- čas

s- sekunda

m- meter

V1- 12- vodič číslo 1- 12

S1- sakáda, presun pohľadu do spätného zrkadla

S2- sakáda, presun pohľadu zo spätného zrkadla

S- sakády

F- fixácia

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č. 1: CD