

Univerzita Palackého v Olomouci

Filozofická fakulta

Katedra psychologie

**Analýza vizuální pozornosti řidičů pomocí
metody eye-trackingu**

**Analysis of visual attention of drivers
using the eye-tracking method**



Magisterská diplomová práce

Autor: Mgr. Bc. et Bc. Kristýna Honzíčková

Studijní specializace: 7701T005 - Psychologie

Vedoucí práce: doc. PhDr. Matůš Šucha, Ph.D.

Olomouc

2022

Poděkování

Na tomto čestném místě bych velmi ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu doc. PhDr. Matúši Šuchovi, Ph. D. za jeho důvěru, odborné a podporující vedení, cenné rady i lidské pochopení. Dále bych chtěla jmenovitě poděkovat kolegům z katedry panu Dr. Antonu Pashkevichi a Mgr. Mikuláši Tomanovi, kteří zajistili technické pozadí samotného výzkumu.

Velké děkuji patří моým rodičům za jejich životní inspiraci a všechnu trpělivost, obětavost a laskavost, kterou mi nejen během studií prokazovali. Děkuji také svým milým kolegyním v zaměstnání za jejich pochopení i praktickou pomoc a opravdovým přátelům, jež umí v pravou chvíli podpořit. Sluší se také, abych své díky vyjádřila všem, kteří si našli v této nelehké době čas a zapojili se do testových jízd, jelikož bez nich by tato práce nikdy nevznikla.

Prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem magisterskou diplomovou práci na téma: „*Analýza vizuální pozornosti řidičů pomocí metody eye-trackingu*“ vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Olomouci 31. března 2022

.....

Podpis

„Okno je oknem do duše.“

Leonardo da Vinci

Obsah

Úvod	7
1 Lidský zrak	9
1.1 Anatomie oka.....	9
1.2 Pohyby očí	11
1.2.1 Osy otáčení okohybnými svaly	11
1.2.2 Druhy očních pohybů	12
1.3 Dráha zraku.....	15
2 Eye-tracking.....	17
2.1 Historie metody	17
2.2 Princip.....	20
2.2.1 Typy eye-trackerů.....	23
2.3 Možnosti využití eye-trackingu	26
2.4 Další metody sledování očních pohybů	28
3 Vizuální vnímání.....	30
3.1 Zorné pole.....	30
3.1.1 Funkční zorné pole	32
3.2 Reakční čas	33
3.3 Další zrakové funkce	33
3.4 Další kognitivní procesy řízení	34
4 Vizuální pozornost.....	35
4.1 Složky a mechanismy vizuální pozornosti	36
4.1.1 Selektivita pozornosti.....	39
4.2 Nepozornost.....	39

4.2.1	Distraktory pozornosti v dopravě.....	41
4.3	Vizuální podněty	42
5	Teoreticko-kritická analýza	44
6	Vlastní výzkum	48
6.1	Předmět a cíl výzkumu	48
6.1.1	Formulace výzkumných otázek.....	49
6.1.2	Formulace hypotéz	50
6.2	Design a pozadí přípravy výzkumu	52
6.2.1	Sběr dat.....	53
6.3	Technické vybavení	56
6.3.1	Tobii Pro Glasses 2.....	56
6.3.1	Experimentální vozidlo	57
6.3.2	Charakteristika trasy.....	57
6.4	Popis metodologie výzkumu	59
6.4.1	Popis výběru a charakteristika výzkumného souboru	59
6.4.2	Metody zpracování statistických dat	60
6.5	Etika výzkumu	63
7	Analýza a interpretace výsledků	64
7.1	Základní statistiky výběrového souboru	64
7.2	Výsledky dotazníkového šetření.....	66
7.3	Výsledky záznamů z eye-trackeru	69
7.3.1	Kvalita a čas eye-trackerových záznamů	69
7.3.2	Oční fixace v záznamech eye-trackeru.....	71
7.3.3	Shrnutí analýz hypotéz	82
8	Diskuze	83
8.1	Limity studie.....	87

8.2	Přínosy studie	88
9	Závěr.....	90
	Souhrn.....	92
	Zdroje.....	94
	Seznam obrázků s uvedenými zdroji	105
	Seznam tabulek	106
	Seznam grafů	106
	Seznam použitých zkratk	107
	Přílohy.....	110

Úvod

Řízení vozidla je primárně zrakovým úkolem. Odhaduje se, že u řidičů vozidel má více než 90 % všech informačních vstupů vizuální charakter (Hill, 1980). Jiné smyslové modality jsou jistě také užitečné, ale funkční zrakové vnímání hraje klíčovou roli v systému řidič – vozidlo – dopravní prostředí (Wolfe, Sawyer, & Rosenholtz, 2020). Proto také každý ze žadatelů o řidičské oprávnění, případně řidiči s profesním řidičským oprávněním, nebo osoby starší 65 let, musí ze zákona (§ 87 zákona č. 361/2000 Sb.) absolvovat lékařskou prohlídku, při níž je posouzena jejich způsobilost k řízení. Lékaři se zaměřují na kontrolu zrakové ostrosti, zhodnocení normálního rozsahu zorného pole a v případě zaznamenaných obtíží doporučují další vyšetření u očních specialistů.

Ačkoliv uvažujeme o tom, že zrakové vnímání je nezbytným předpokladem pro získání řidičského oprávnění, jistě se shodneme, že jeho bezvadnost ještě není zárukou bezpečného řízení. Nelze zpochybnit, že do procesu řízení vstupuje také paměť, myšlení, inteligence, rozhodování a způsob přijetí s následným zpracováním podnětů z okolí, jež úzce souvisejí s pozorností řidiče (Štikar, Hoskovec, & Štikarová, 2003). V této práci si tedy klademe za cíl rozšířit dosavadní výzkumné poznatky právě z oblasti řidičské vizuální pozornosti.

Progresivní růst silničního provozu, zvyšující se informační zátěž, zavádění inteligentních dopravních systémů a rozvoj autonomní dopravy, to vše klade stále zvyšující se nároky na řidiče. Dopravní psychologie se v posledních letech snaží zodpovědět stále větší počet otázek souvisejících s bezpečností a udržitelností dopravního systému. Postupně opouští kontrolovatelné laboratorní prostředí a hledá odpovědi přímo v realitě dopravního prostředí.

I my si uvědomujeme, že skutečnost světa je mnohem složitější, komplikovanější a nelze ji jednoduše simulovat. Proto jsme se rozhodli využít jeden z nejmodernějších mobilních prostředků, který napomáhá porozumět vizuální pozornosti. Tímto nástrojem je eye-tracker. Jak už z jeho anglického názvu vyplývá, daná technologie je postavená na principu sledování pohybů lidského oka. Přesněji zaznamenává za pomoci odrazu světelného paprsku od rohovky polohu očí a složitým algoritmem dopočítává konkrétní

místo pohledu. Díky tomu umožňuje odhalit oblast vizuálního zájmu a porozumět zkušenostem účastníka studie, a to dokonce i těm, které sám sledovaný nedokáže popsat (Bergstrom & Schall, 2014). Navíc nám, na rozdíl od tradičních metod sledování očí pomocí statických laboratorních eye-trackerových nástrojů, dovoluje shromažďovat informace týkající se vizuální pozornosti řidičů a jejich autentických interakcí přímo v dopravním prostředí.

První část naší práce je věnována obecnému představení lidského zrakového aparátu, jeho jednotlivým částem a očním pohybům. Následně již představujeme samotnou techniku sledování pohybů očí – eye-tracking, mapujeme její historii a vysvětlujeme princip fungování. V teoretickém úvodu nechybí poznatky o lidském zrakovém vnímání a pozornosti. Dále detailněji rozpracováváme složky a distraktory řídičské vizuální pozornosti. V závěru již vymezujeme podněty v řídičském zorném poli a uvádíme zajímavé poznatky z předchozích výzkumů v oblasti dopravy.

Empirická část je koncipována tak, aby postupně představila přípravu, metodologické pozadí a samotou realizaci terénního výzkumného šetření uskutečněného v realitě dopravy města Olomouc. Následně je uveden postup statistických analýz dat získaných eye-trackingem. Závěrečná část je pak věnována interpretacím nalezených výsledků a jejich srovnání s odbornými závěry jiných výzkumů. Zmiňujeme také omezení naší studie a podněty pro další možnosti zkoumání.

Věříme, že předložená práce může čtenářům rozšířit vhléd do problematiky řídičské vizuální pozornosti v podmínkách přirozeného dopravního prostředí a zároveň že přispěje k současnému stavu poznání.

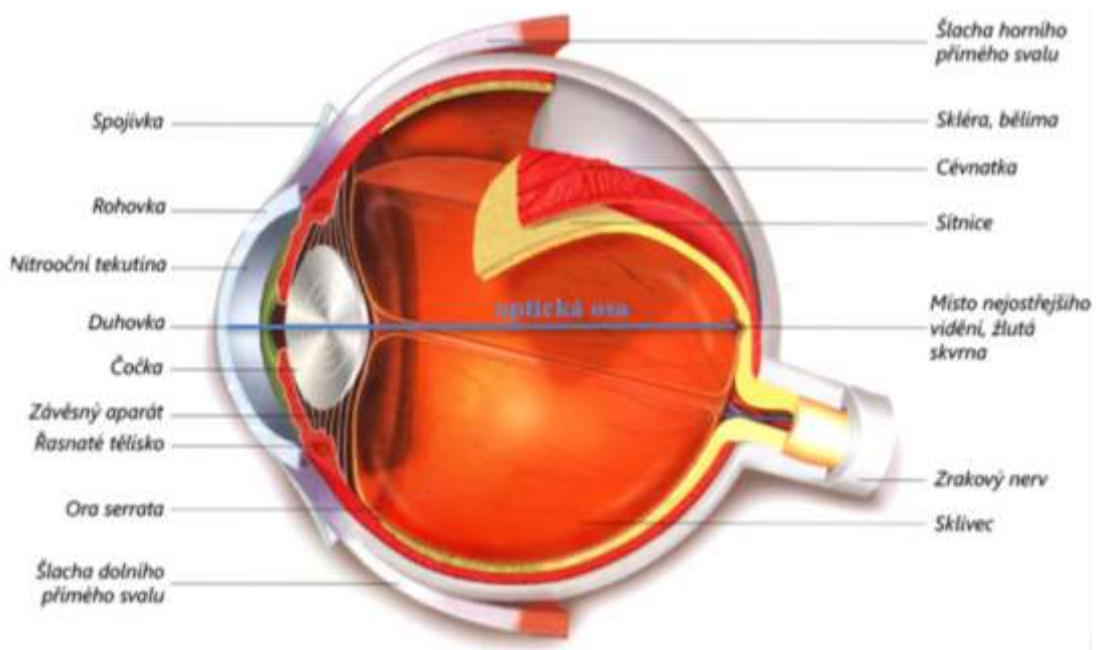
1 Lidský zrak

Pro správné porozumění základních principů metody eye-trackingu je potřeba se nejprve věnovat popisu vizuálního aparátu. Zrak je považován za nejdůležitější lidský smysl, jelikož nám z pětice našich základních smyslů přináší pro orientaci v prostoru nejvíce informací z vnějšího okolí.

O anatomii a fyziologii lidského oka je možné se podrobněji dočíst v mnoha učebnicích biologie nebo medicínských knihách. Nám pro představu postačí pouze hrubý popis jednotlivých částí oka s představením jejich základních funkcí. Dále se zaměříme na popsání hlavních rotačních os oka a následně jednotlivých očních pohybů.

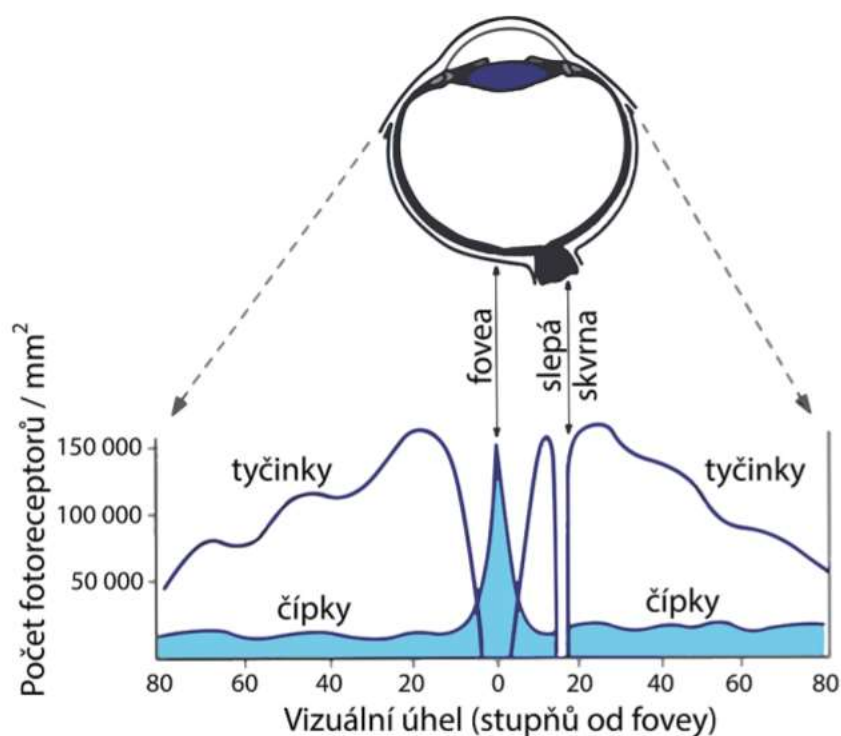
1.1 Anatomie oka

Lidský vizuální smysl je na své periferii tvořen párem očí. Jedná se o orgán, „*který nám umožňuje vnímání světla a barev, zprostředkovává vnímání největšího množství informací o okolním prostředí a usnadňuje orientaci v prostoru*“ (Synek & Skorkovská, 2014, 10). Zrakové ústrojí – oční bulby, jsou uloženy v očnicích lebky a opatřeny přídatnými očními orgány. Ty chrání a podporují činnost očí a řadíme mezi ně: očnicové svaly s okoohybným aparátem, očnicové vazy, víčka a spojivky se slzným ústrojím.



obr. 1: Schematický řez okem (Helísková, 2020, 11)

Oční koule má přibližně kulovitý tvar o průměru asi 24 mm (viz obr. 1). Přední viditelná část s větším zakřivením je tvořena rohovkou a vystupuje oční štěrbinou mezi očními víčky. Zadní větší část oční koule je uložena v očníci (Hornová, 2011). Stěna je upořádána do tří vrstev. Na povrchu je vazivová vrstva tuhé konzistence, která z bělimy (*sclera*) vpředu přechází v průhlednou rohovku (*cornea*). Střední část, nazývaná jako živnatka či cévnatka (*choroidea*), je hojně protkána nervy a krevními i mízními cévami. Směrem k rohovce vytváří řasnaté těleso (*corpus ciliare*) s hladkou svalovinou. To vytváří sekrecí komorový mok a zároveň zajišťuje refrakční mohutnost čočky (*lens*), která je zavěšena na jeho jemných vláknech. Z řasnatého tělesa vybíhá duhovka (*iris*), jejíž zadní stěna je kryta silně pigmentovaným epitelem. Jeho množství určuje barvu očí a díky ryze individuálnímu charakteru může sloužit také k identifikaci osob. Otvor v mezikruží duhovky se nazývá zornice (*pupilla*). Velikost otvoru se mění podle světelných podmínek, a to díky dvojici vegetativně inervovaných svalů duhovky. Vnitřní sensorická vrstva oční koule zvaná sítnice (*retina*) je tvořena pigmentovaným epitelem. Tento neuroepitel obsahuje skupiny dvou specifických fotoreceptorů – tyčinky a čípky. Působení světla na tyto světločivné buňky vyvolává změny elektrického akčního potenciálu a tím umožňuje vidění. Za dobrých světelných podmínek jsou aktivovány proteinové pigmenty čípků obsahující modrý, červený a zelený opsin, díky nimž je zajištěno barevné vidění. Za šera jsou aktivovány tyčinky s citlivým rhodopsinem pro monochromatické vidění. Většina sítnice je tvořena ve vzájemně různém poměru těmito fotoreceptorovými buňkami. Vyčleněna jsou místa kryjící zadní část duhovky a řasnaté těleso, tato část oka je slepá (viz obr. 2.). Na vrstvu světločivých buněk navazují vrstvy bipolárních a multipolárních nervových buněk, ze kterých vzniká zrakový nerv. Ten opouští bulbus v místě zvaném slepá skvrna a také tato část je opticky neaktivní. Bočně od tohoto místa a v optické ose oka se nachází místo nejostřejšího vidění s vysokou koncentrací čípků – žlutá skvrna (*macula lutea*). Střed žluté skvrny bývá označován jako *fovea*. Obsahem oční koule je komorový mok, průhledný sklivec a čočka, která je elastická. Díky změnám její tloušťky, tzv. akomodaci, mění čočka své refrakční vlastnosti. Umožňuje lom světla za účelem protnutí, vertikálního převrácení obrazu a dopadu paprsků na místo nejostřejšího vidění. Je potřeba poznamenat, že lidské oko vidí ostře jen velmi malou část svého zorného pole. Aby mohlo zaostřit na předmět, je opatřeno okohybným aparátem, které umožňuje jeho natočení tak, aby světlo dopadalo na oblast fovey (Valenta et al., 2015).



obr. 2: Změny hustoty fotoreceptorových buněk na sítnici (Popelka, 2018, 10)

1.2 Pohyby očí

Jelikož většina mozem zpracovávaných vizuálních informací pochází z méně jak 5 % zorného pole, je nezbytný pohyb očí (Hoffman, 2000). Ten zajišťují tři páry okohybných svalů, které jsou precizně synchronizovány tak, aby umožňovaly sledovat jak rychle se pohybující scénu, tak statický objekt.

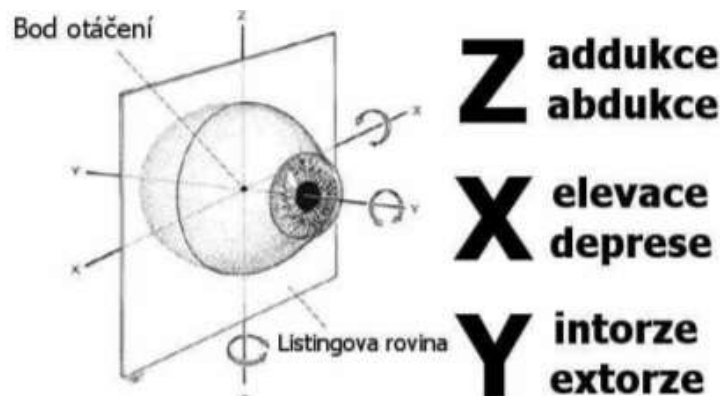
1.2.1 Osy otáčení okohybnými svaly

Postavení očí v očnici a jejich pohyb obstarávají čtyři přímé a dva šikmé oční svaly (viz obr. 3). Pokud je pohled očí upřen přímo vpřed a hlava je ve vzpřímené pozici, hovoříme o primárním postavení očí, které je dáno spojením bodu otáčení oka a všech fixačních os zvaných Fickovy osy (Syka et al., 1981).

Německý matematik a profesor fyziky Johannes B. Listing dospěl k zákonu, který jako první ověřil a popsal Helmholtz (1867, in Bramborová, 2016). Pravidlo hovoří o třech stupních volnosti oka, kterými jsou pohyby kolem osy horizontální, vertikální a

předožadní, díky kterým může nastat nekonečno mnoho torzních pohybů v libovolných směrech pohledu.

Vnitřní a zevní přímý sval zajišťují horizontální pohyb dovnitř (addukci) a ven (abdukci). Horní a dolní přímý sval pracují na vertikále a stáčí oči nahoru (elevace) a dolů (deprese). Zbývající dva šikmé svaly očí umožňují jejich otáčení kolem předožadní roviny, které je za běžných fyziologických podmínek okohybným systémem potlačováno. Přesto k jistému stupni torze dochází například při pohledu vlevo dolů (Divišová, 1990). Šikmé svaly stáčí bulbus dolů a dovnitř nebo nahoru a dovnitř (Hornová, 2011).



obr. 3: Rotace oka (Patočková, 2017, 15)

1.2.2 Druhy očních pohybů

Ačkoliv si toho nejsme mnohdy vědomi, naše oči jsou v neustálém pohybu. Naše vidění se zdá být při pohledu na nějaké místo či předmět stabilní, ale oči se přesto pohybují, aby mohl být v každém okamžiku vytvořen úplný obraz toho, na co je upřen náš zrak (Bergstrom & Schall, 2014). Pokud by byly rychlé tzv. sakadické pohyby zcela potlačeny, zrakové vnímání by v důsledku nervové adaptace fotoreceptorů na sítnici zcela vybledlo. „*Náš vizuální systém má vestavěný paradox – musíme upřít svůj pohled, abychom si prohlédli ty nejmenší detaily našeho světa, ale pokud bychom měli fixovat dokonale, celý svět by zmizel z dohledu*“ (Martinez-Conde, Macknik, & Hubel, 2004, 229).

Fixace

Při upření našeho pohledu na jeden bod hovoříme o fixaci. Během ní přesto dochází k malým mimovolným pohybům, které nazýváme „fixačními pohyby očí“ neboli mikropohyby (Holmqvista et al., 2011). Cílem těchto okulomotorických mechanismů je

řízený pohyb obrazu, který překonává adaptivní neurální mechanismy takovým způsobem, aby bylo možné vizuální zpracování (Skavenski et al., 1979).

Rozlišujeme tři hlavní typy (viz obr. 4): mikrosakády, drift a tremor, někdy nazývaný též jako fyziologický nystagmus (Martinez-Conde & Macknik, 2008). Jejich záznam lze pořídit pouze vysokorychlostními eye-trackery, kterých se využívá například v neurologii. V běžných studiích analyzujeme pouze fixace jako celek a jejich mikropohyby se nezapýváme (Popelka, 2017).



obr. 4: Mikropohyby během fixace – mikrosakáda, drift, tremor (Martinez-Conde & Macknik, 2008, 5)

Nejrychlejším a největším typem z fixačních pohybů je mikrosakáda. Jedná se o trhavé pohyby očí, ke kterým dochází v intervalech asi třikrát až čtyřikrát za sekundu. Mikrosakády způsobí retinální skluz, obecně posouvají jakoukoli danou sadu fotoreceptorů do jiné mírně odlišné oblasti vizuální scény. Jejich funkcí je tady zabránění efektu saturace receptorů sítnice, které by způsobily vyblednutí obrazu (Popelka, 2017). „*Kritickým aspektem, který odlišuje mikrosakády od běžných sakád, je to, že mikrosakády jsou produkovány nedobrovolně, zatímco se subjekt pokouší o fixaci*“ (Martinez-Conde, 2006, 153).

Drift se vyskytuje současně s tremorem a jedná se o pomalý a klouzavý pohyb mezi mikrosakádami. Během driftu se obraz fixovaného předmětu přesune zhruba o několik málo fotoreceptorů (Synek & Skorovská, 2014). Usuzuje se, že jsou generovány náhodně vlivem nestability okulomotorického systému (Cornsweet, 1956).

Tremor neboli třes je vlnovitý neperiodický pohyb očí s vysokou frekvencí a nízkou amplitudou. Jedná se o nejmenší ze všech mikropohybů, jehož význam nebyl doposud odhalen. Obecně se předpokládá, že se děje v očích nezávisle na sobě, ale je obtížné to potvrdit. Jeho měření je ztíženo vlastnostmi daného pohybu, které jsou v blízkosti úrovně hluku záznamového systému (Martinez-Conde, 2006).

Sakády

„*Rychlý pohyb oka z jedné fixace na jinou, například ze slova na slovo při čtení textu, se označuje jako sakáda*“ (Holmqvist et al., 2011, 158). Jedná se o nejrychlejší záměrný pohyb lidského těla, jehož délka trvá v intervalu 30 až 80 ms. Sakáda se uplatňuje při prohlížení zorného pole a jen zřídka se ubírá nejkratší cestou mezi dvěma sledovanými body. Navíc obvykle nekončí přesně ve středu následující fixace, ale než se oko zastaví, mírně se rozechvěje. Tento postsakadický projev se nazývá glisáda.

Náš vizuální zážitek se obecně skládá ze série fixací na různé předměty. „*Během sakád jsou ale události relativně neviditelné, nejen kvůli rozostření, ale kvůli nervovému procesu známému jako sakadická suprese*“ (Hammoud, 2008, 7).

Sledovací pohyb

Zatímco sakády lze dělat na bílé stěně nebo dokonce ve tmě, tedy bez jakýchkoli podnětů, další z očních pohybů vyžaduje nějaký pomalu se pohybující bod. Pokud tedy naše oči sledují například letícího ptáka na obloze, vykonávají pohyb zvaný jako *smooth pursuit* (Hammoud, 2008). V závislosti na rozsahu pohybu sledovaného cíle je fovea oka schopná se přizpůsobit jeho rychlosti. Tato schopnost přesného sledování je ale omezená, při překročení určité rychlostní meze (30°/s) se objevují trhané korelační sakády, které vyrovnávají opoždění (Synek & Skorkovská, 2004).

Další oční pohyby

Pro doplnění ještě uvedme, že lze vymezovat také vergenční neboli protichůdné pohyby očí. Klidový tonus okohybných svalů udržuje oči v základním postavení. Hovoříme o tonické vergenci, která je narušena jen během spánku, kdy se oči stáčí ven a nahoru.

Další pohyby jsou vyvolané tím, že naše oči jsou v prostoru odděleny. Naše oči tedy hledí přirozeně mírně odlišným směrem, zjevné je to během zaostřování na blízké předměty. Při pohybu na předozadní ose, z blízka do dále, tak dochází k pohybům buď konvergentním, kdy se oči stáčí k sobě, nebo divergentním, kdy se pohybují opačným směrem. Ačkoliv si to většinou neuvědomujeme, tyto pohyby lze ovládat vůlí (Duchowski, 2017). Jemné změny pohledových os vedou k disparitě sítnicových obrazů. Znamená to, že obraz jednoho předmětu dopadá na sítnicích do odlišných míst. Přesto do určité hranice únosnosti je dvojí vidění potlačeno a obrazy z obou očí se spojí v jeden zrakový vjem. Označuje se jako fúzní vergence. Jedná se o reflex, který se

rozvíjí kolem 6. měsíce vývoje a upevňuje až kolem prvního roku života (Anton, 2004). V závěru zmiňme ještě pohyby vestibulární a optokinetické jejichž funkcí je udržovat obraz v místě nejostřejšího vidění i při pohybech hlavy. Tyto pohyby jsou reflexního charakteru.

Pro čtenářovo upřesnění porozumění rozdílům mezi jednotlivými pohyby očí uvádíme souhrn jejich funkcí dle Šikla (2012). Fixační oční pohyby (tremor, mikrosakády a drift) zabraňují vyhasnutí nervové aktivity pro neměnnost stimulace sítnice. Sakády a hladké oční pohyby určují směr objektu vzhledem k pozici hlavy, sbíhavé oční pohyby stanovují jeho vzdálenost. Pro stabilizaci objektu na sítnici při pohybech hlavy se zapojuje vestibulo-okulární reflex a pohyby oční jsou řízeny optokinetickým reflexem.

Význam fixací a sakád pro vizuální vnímání se prokázal až po vývoji prvních fotografických technik, spojených například se jménem Raymonda Dodge. Tyto metody totiž jako první umožnily přesnější záznam očních pohybů a měření jejich rychlosti i délky trvání pomocí sledování odrazů z rohovky (Wade, 2003). Tak byl odstartován vývoj dnešních technologií pro záznam očních pohybů, kterým se budeme věnovat v následující kapitole.

1.3 Dráha zraku

Zrakové informace jsou ze sítnice vedeny do korových oblastí mozku řetězcem čtyř neuronů, které mají do počtu neuronů s vyšší úrovní zpracování konvergentní charakter. Nejprve je podnět zaznamenán fotoreceptory – tyčinkami či čípkami na sítnici. Po chemické reakci dojde k převedení signálu na elektrický akční potenciál, který zaznamenají bipolární neurony ležící ve střední vrstvě sítnice. Z několika bipolárních neuronů tvořících gangliony přebírají vzruchy multipolární neurony, které odchází z oka v místě slepé skvrny a vytvářejí vlastní ganglion očního nervu. Zrakové nervy z obou očí se kříží v bodě zvaném *chiasma opticum*, překříženy jsou však nervová vlákna pouze z nazálních částí sítnic včetně těch ze žluté skvrny. Následující pravá i levá zraková dráha obsahují vlákna jak ze stejnostranných částí sítnic, tak z různostranných úseků zorných polí. Většina zrakových vjemů je přivedena přes místo v talamu (*nukleus corporis geniculati lateralis*), kde dochází k hlavnímu zpracování obrazu. Od něj jsou informace vedeny do primárního zrakového kortexu (*Brodmannova area 17*), které se

nachází v mediální oblasti okcipitálního laloku. V jeho těsné blízkosti se nachází také sekundární zraková oblast, kde dochází k detailnější analýze vjemů a aktivizaci zrakové paměti. Jiná vlákna vedou také do jiných částí mozku, například: hypotalamu podílejícího se na metabolické aktivitě, do opticko-motorických oblastí mezencefalonu, premotorické oblasti, nebo do frontálního okohybného pole (Synek & Skorkovská, 2004).

2 Eye-tracking

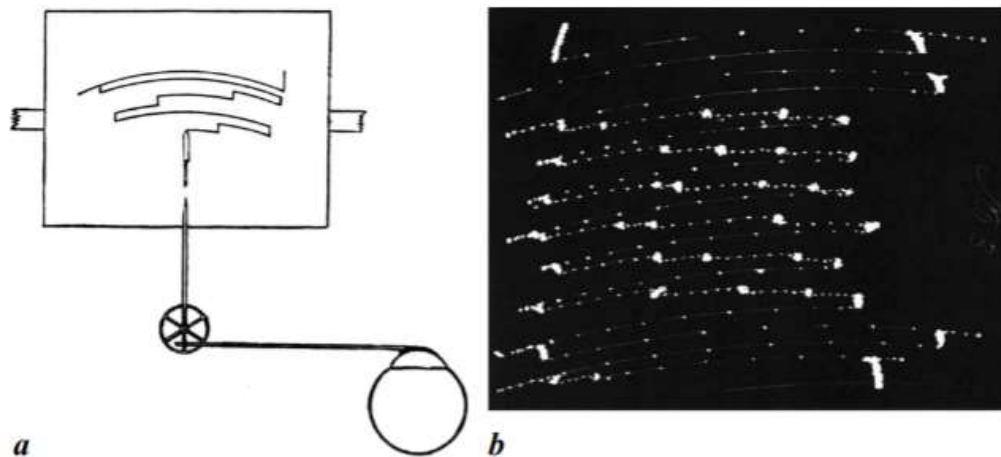
V rámci sběru výzkumných dat byla použita metoda eye-trackingu. Tato kapitola bude věnována jejímu představení. Jedná se o moderní nástroj sloužící k detekci oblastí zájmu – tedy objektům či situacím v zorném poli, kterým uživatel věnuje svou vizuální pozornost. Metoda umožňuje zaznamenávat pohyby očí, které lze následně analyzovat, a tak zjišťovat nejen kam se respondent díval, ale také zkoumat, po jak dlouhou dobu vybranou oblast pozoroval, nebo v jakém pořadí si objekty prohlížel.

Následující podkapitoly se pokusí představit historii sledování očních pohybů, samotný princip současných eye-trackerů, jejich typy a možnosti využití. Závěr kapitoly pak bude věnován představení dalších metod sloužících ke sběru dat o oční aktivitě.

2.1 Historie metody

Už před více než 2000 lety Aristoteles zkoumal a popisoval pohyby očí, které nepojímal jako dvě nezávislé entity, ale spíše jako společně fungující jednotku (Wade, 2010). Až z počátku 18. století se datují první kvalitativní popisy očních pohybů. Vyšly z experimentálních výzkumů Williama Porterfielda, který vynalezl přístroj zvaný optometr pro měření blízkých a vzdálených bodů vidění. Další poznatky o kmitavém pohybu očních bulbů máme z prací Williama Charlese Wellse, který jako první popsal právě tyto pomalé a rychlé fáze patologického nystagmu (Wade, 2000).

Vůbec první experimenty s velmi primitivními eye-trackery byly zaměřeny na výzkum pohybu očí při čtení. Francouzský oftalmolog Émil Javal jako jeden z prvních zaznamenal sakadický pohyb očí, využil přitom gumovou hadičku, kterou spojil spojivky a uši probandů (Popelka, 2018). Další pokusy o zaznamenání očních pohybů datujeme koncem 19. století. O inovaci se pokusil například Dalabarre nebo Edmund Huey, kteří používali zařízení sestavené z páky s drátkem nebo štětinou, které byly připevněny k sádrové očnici (viz obr. 5). Daná zařízení umožňovala zaznamenávat pohyby očí na kymograf, jež byl následně vyfotografován a záznam vyryt (Wade et al., 2003). Tento systém však skýtal nebezpečí mechanického poškození očí vlivem setrvačných sil a zároveň omezení, jelikož nebyl schopný postihnout zrychlení během samotných sakád.



obr. 5: Náčrtek Hueyho techniky pákového systému a záznam horiz. pohybu očí (Wade et al., 2003, 801)

K překonání tohoto problému Javal navrhl zaznamenávat odraz světelného paprsku ze zrcátka připojeného ke spojivce, což byl další významný krok na cestě k dnešním eye-trackerům. Všechny uvedené techniky však byly příliš invazivní, jelikož vyžadovaly přímé propojení oka a záznamového zařízení, proto nebyly výzkumníky příliš přijaty a využívány v praxi (Eggert, 2007).

Úplně první metodu objektivního měření pohybu oka pomocí odrazu světla od její rohovky tak datujeme až na počátek 20. století a je spojena se jmény Raymonda Dodgea a Thomase S. Clinea (Robinson, 1968). Tito výzkumníci vyvinuli fotografickou metodu, při níž využili povrchu rohovky jako reflektoru, a tím překonali problémy mechanického kontaktu zařízení s okem. Nejprve se snažili fotografovat oko samotné, ale nedařilo se jim přesně detekovat okraj mezi duhovkou a zornicí (Wade et al., 2003). Přistoupili tak k metodě záznamu pohybu jasné svislé čáry pohybující se po fotografické desce, která se odrážela od povrchu rohovky, pro kterou bylo zároveň množství potřebného světla poměrně malé (Dodge & Cline, 1901). „*Tento systém lze považovat za raný předchůdce moderních systémů, které využívají odrazy světla od rohovky a čočky k měření orientace oka, aniž by s ním měl jakýkoli kontakt*“ (Eggert, 2007, 17).

Zde je potřeba zmínit českou stopu v historii vývoje problematiky lidského zraku a sledování očních pohybů. O tu se zasloužil český fyziolog a biolog Jan Evangelista Purkyně. Ten popsal hned několik odrazů (infračerveného) světla od lidského oka, které vznikají na hranici čočky a rohovky (Glenstrup & Engell-Nielsen, 1995). Tyto odrazy, které mohou být použity pro přesný záznam polohy oka, nazýváme po jejich objeviteli Purkyňovy obrázky (Purkinje images). Jejich popis uvádíme v následujících kapitolách.

V běžných eye-trackerových zařízeních se využívá především prvního Purkyňova odrazu od vnější strany rohovky (Popelka, 2018). U technologicky i mechanicky vyspělejších přístrojů, tzv. DPI eye-trackerů (Dual Purkinje Imaging), se využívají přímo úhlové rozdíly mezi těmito odrazy světla (Eggert, 2007). Tyto přístroje dosahují poměrně vysokého rozlišení i přesnosti a více informací je o nich uvedeno v následující kapitole věnující se samotnému principu eye-trackerových metod.

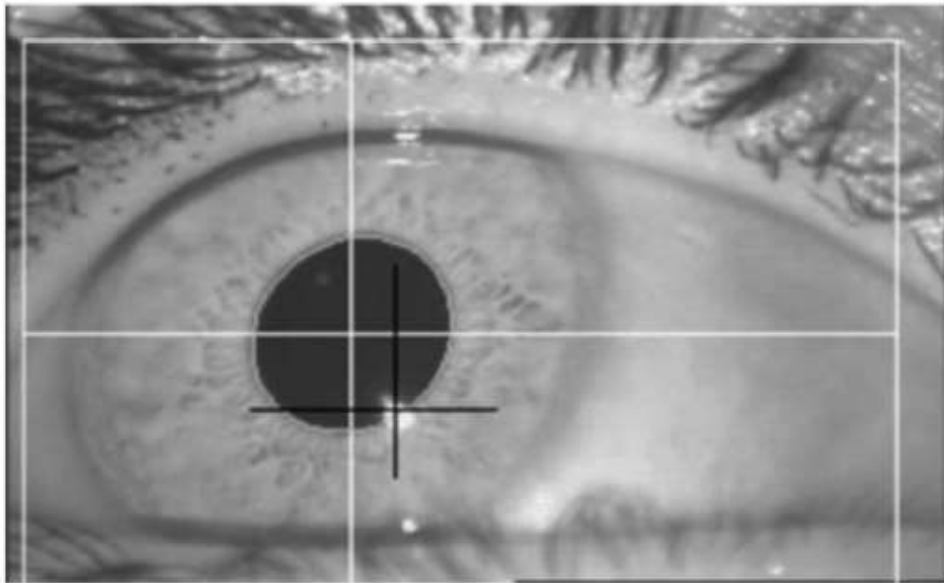
Pro doplnění je potřeba zmínit, že dalším z přístupů k zaznamenávání pohybu očí, který není v mechanickém kontaktu s okem, je eletrookulogram (EOG). Z počátku se výzkumníci Schott či Meyers domnívali, že kožními elektrodami umístěnými v blízkosti oka měří elektrickou aktivitu očních svalů. Až později bylo zjištěno, že změny potenciálů způsobuje oční koule, která se chová jako elektrický dipól. Nespornou výhodou metody EOG je bezesporu záznam pohybu i při zavřených očích, čehož se využívá ve spánkových laboratořích (Eggert, 2007).

Uveďme ještě, že metody pro objektivní měření očních pohybů lze jednoduše rozdělovat na invazivní a neinvazivní. Do první skupiny zařízení spadají ty, ve kterých je měřicí zařízení ve fyzickém kontaktu s okem probanda, nejčastěji prostřednictvím kontaktní čočky. Jejich nevýhoda je zjevná, ačkoliv poskytují jedny z nejpřesnějších výsledků. Neinvazivní metody, jinak nazývané také jako oční sledovače, obvykle fungují na principu snímání viditelných rysů oka (např.: zornice) a odrazů světla (např.: rohovkového odrazu) nebo záznamu změn elektrických potenciálů (EOG). Vývoj těchto systémů dnes umožňuje rychlou analýzu těchto dat přímo v reálném čase.

2.2 Princip

„V současné době je dominantní metoda odhalující bod pohledu probanda spjatá se sledováním odrazu ze zornice a rohovky oka“ (Holmqvist et al., 2011, 24). Technika kombinuje záznam pozice oka s dopočítáváním směru a místa pohledu (Point of Regard). Tato technika, jejíž princip vychází z videookulografie, se stala v několika posledních letech nejhojněji aplikovaným přístupem ve výzkumu očních pohybů, a to nejspíše díky své neinvazivní povaze (Sheehy et al., 2018).

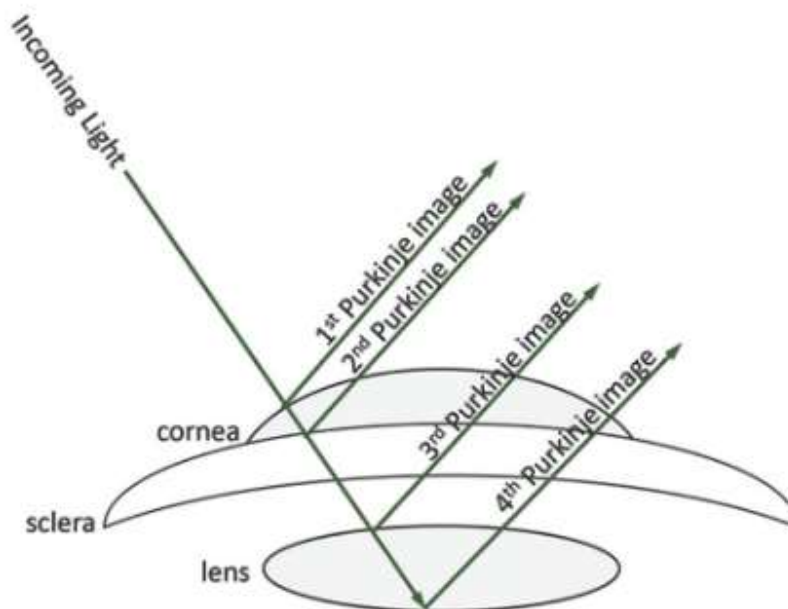
Jedná se o techniku, která aplikuje přístup dvou referenčních bodů na oku: detekuje střed zornice a dále odraz infračervených paprsků od rohovky (Pupil Center Corneal Reflection = PCCR, viz obr. 4). Zaměřuje se tedy na sledování a porovnávání více proměnných tak, aby bylo možné od sebe odlišit pohyb hlavy a otáčení očí. „Při otáčení očí se totiž mění vzájemná poloha středu zornice a korneálního odrazu, ale při menších pohybech hlavy zůstává jejich poměr relativně konstantní“ (Popelka, 2018, 20).



obr. 6: Pupil Center Corneal Reflection systém identifikuje střed zornice (střed bílého kříže) a odraz od rohovky (střed černého kříže) (Holmqvist et al., 2011, 12)

Jelikož je zdroj infračerveného světla obvykle umístěn v relativně neměnné poloze od oční koule, odraz od rohovky zůstává stabilní, zatímco poloha zornice se mění podle směru pohledu a rotace oka (Duchowski, 2017).

Konstrukce oční koule vytváří celkem čtyři specifické odrazy světelného, obvykle infračerveného, paprsku. Tyto odrazy se nazývají Purkyňovy (Crane & Steele, 1985). Světlo procházející jednotlivými optickými vrstvami oka – přední a zadní plochou rohovky (*cornea*) a přední i zadní plochou čočky (*lens*) – vytváří svůj vlastní jedinečný odražený obraz od každé vrstvy zvlášť (Sheehy et al., 2018, viz obr. 5).



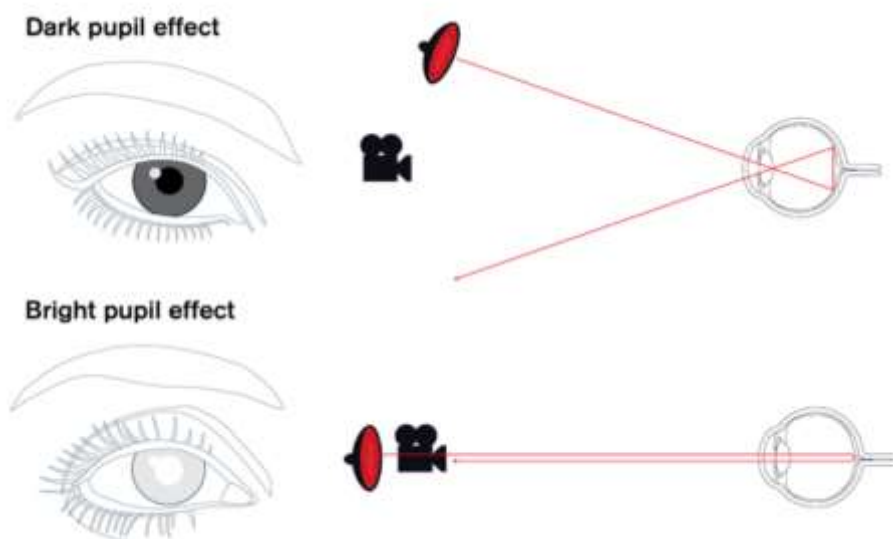
obr. 7: Čtyři Purkyňovy odrazy procházejícího paprsku (Sheehy et al., 2018, 489)

Specializovaná eye-trackerová zařízení, tzv. duální Purkyňova (DPI), jsou navržena tak, aby porovnávala vzájemné rozdíly mezi prvním (vnější strany rohovky) a čtvrtým (zadní strany čočky) odrazem. Tyto dva odrazy se pohybují společně, ale mají rozdílnou amplitudu, kterou lze použít k rozlišení translačních a rotačních pohybů očí (Sheehy et al., 2018). Oba odrazy se pohybují společně se stejnou vzdáleností při translaci oka, ale s odlišnou vzdáleností při jeho rotaci. Ačkoliv nám eye-trackery s DPI systémem poskytují v danou chvíli nejpřesnější informace o pohybech očí a směru pohledu, jejich nevýhodou zůstává potřeba stabilizace hlavy (Duchowski, 2017).

Pokud se vrátíme k systému na trhu běžně dostupných eye-trackerových zařízení, ta se zaměřují převážně na detekci prvního Purkyňova odrazu, a při správném nastavení jsou schopna lokalizovat pozorovaný bod diváka v jeho zorném poli (Popelka, 2018). Na rozdíl od DPI nejsou zaměřena na určování úhlu odráženého paprsku infračerveného světla, ale měří jeho intenzitu na určitých pevných místech citlivými fotodiodami s vysokým časovým rozlišením. I tyto systémy jsou tedy logicky poměrně citlivé

na relativní posuny fotoreceptorů od oka, translační pohyby vedou k neredukovatelným chybám měření. Před vlastním použitím je tak třeba věnovat pozornost správnému upevnění zařízení k hlavě. Navíc na této správné poloze kriticky závisí také velikost artefaktů očního víčka, které kryjí oční kouli. Navíc je potřeba počítat, že tyto artefakty budou výraznější při vertikálních pohybech očí (Eggert, 2007).

Eye-trackerové metody lze rozlišovat také dle polohy zdroje záření vůči vyšetřovanému (obr. 8). Pokud je světelný zdroj záření umístěn v rovině přímé, zornice se v očním obrazu jeví jako světlá. Infračervené záření prochází přes zornici a odráží se od sítnice zpět do snímáče. Tento systém tedy klade specifické požadavky na umístění oční kamery v souladu s osvětlením. Proto jsou mnohem častěji využívány metody tmavé zornice, ve kterých je zdroj infračerveného záření umístěn mimo snímací zařízení (Holmqvist et al., 2011).



obr. 8: Rozdíl v metodách tmavé (dark) a světlé (bright) zornice (Tobii Pro, nedat.a)

Všechny výše jmenované přístupy sledující střed zornice však vyžadují před začátkem vlastního nahrávání tzv. kalibraci, na jejíž přesnosti a vlastnostech daného zařízení závisí následující exaktnost záznamu (Sheehy et al., 2018). Mezi další omezení patří problémy s detekcí zornice u přivřených očí. Například při únavě obvykle bývají zorničky z větší části překryty očními víčky nebo řasami, což znemožňuje správnou lokalizaci jejího středu. Nevýhodou je rovněž omezení v šíři pole snímání, při výrazné rotaci očí systém nedokáže zpětně snímat odražený paprsek (Duchowski, 2017).

2.2.1 Typy eye-trackerů

Převážná většina současných dostupných moderních eye-trackerových zařízení staví na technologii infračerveného záření a kameře s vysokým rozlišením sledujícím směr pohledu. Tento koncept označujeme jako PCCR. Z předchozí podkapitoly je zřejmé, že přesnost měření pohybu oka závisí především na zřetelném ohraničení zornice a detekci odrazu světla od rohovky. Využití infračerveného záření má své výhody. Jedná se o světlo, jehož vlnová délka je větší, než dokáže postřehnout lidské oko, a tedy neoslňuje. Zatímco část světla prochází zornicí, zbytek paprsku dopadající na rohovku vytváří kontrolovatelný odraz. Tento kontrastní obraz pak zachycuje optický senzor a složité algoritmy zařízení dopočítávají samotný *Point of Regard* neboli směr pohledu (Farnsworth, 2018).

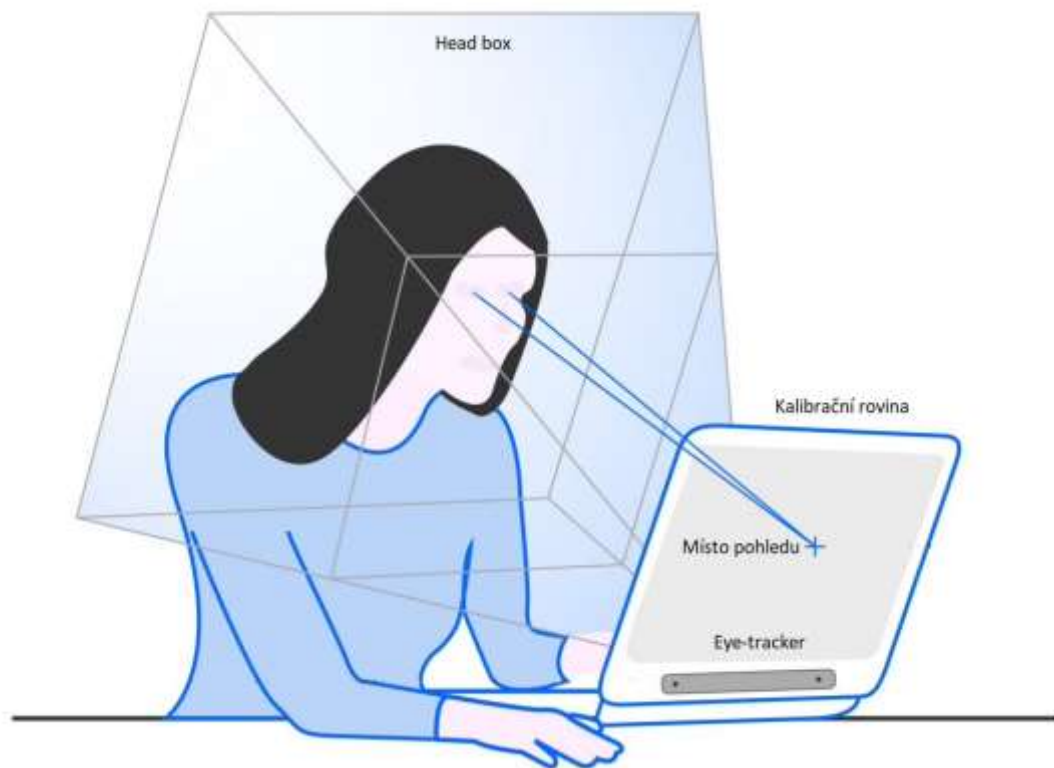
Ještě před představením samotných typů je potřeba poznamenat, že eye-trackerový systém záznamu očních pohybů má svá omezení. Přesnost sledování klesá u těch respondentů, kteří musejí z důvodu svých očních vad využívat kompenzační pomůcky – brýle či kontaktní čočky. Záznamy jejich očních pohybů vykazují nepřesnosti anebo je vůbec není možné měřit (Hammoud, 2008). Obvykle se rozlišují čtyři typy eye-trackerů: desktopové, brýlové, hlavu imobilizující a integrované. Postupně představíme všechny typy a pokusíme se vysvětlit jejich výhody i nevýhody.

Desktopové

Desktopové eye-trackery, jinak nazývané také vzdálené či statické, jsou zařízení, u kterých je zdroj infračerveného záření i kamerový snímač pevně umístěn obvykle pod monitorem počítače nebo v jeho blízkosti. Respondent sedí před eye-trackerem a pozoruje stimulační materiál promítaný na obrazovce. Obvykle se jedná o obrázky, videa nebo webové stránky. Sledovaná osoba není nikterak omezována, jelikož systém je navržen tak, aby nevyžadoval kontakt s účastníkem (Holmqvist et al., 2011). Nevýhodou tohoto typu zařízení někdy bývá překrývání zornice spodním víčkem, které znemožňuje lokalizaci středu zornice a vykazuje chyby měření (Hammoud, 2008). Z těchto důvodů bývá někdy vzdálená kamera umístěna nad obrazovkou nebo přímo zabudována v notebooku.

Vzdálené eye-trackery mají omezenou funkční pracovní plochu zvanou „*head box*“ a mapují pohyby očí pouze v definované „*kalibrační rovině*.“ Tu představuje obvykle

monitor počítače (viz obr. 9). „Pokud respondent opustí head box nebo se podívá mimo kalibrační rovinu, sledování je dočasně přerušeno“ (Mento, 2020, online).



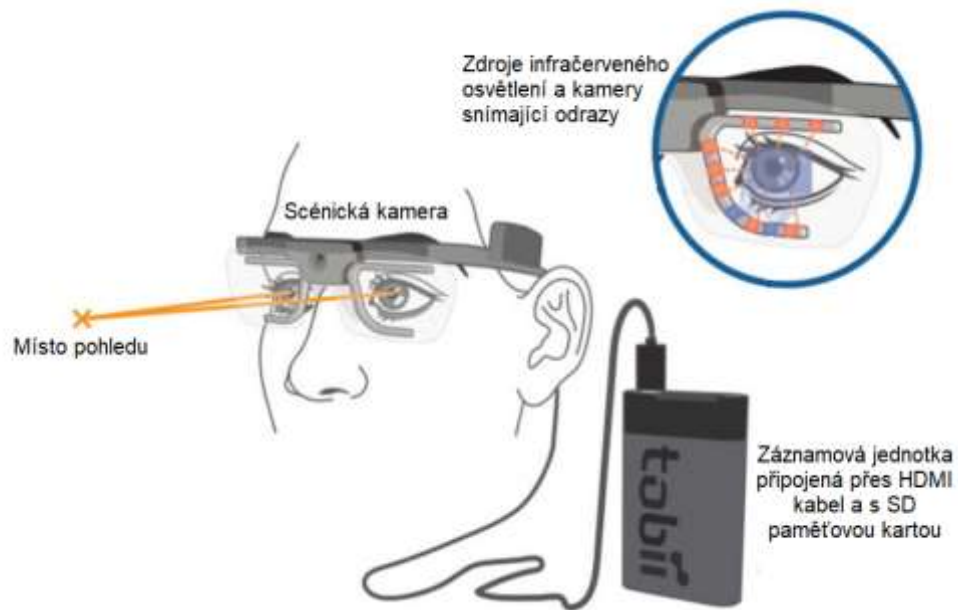
obr. 9: Desktopový eye-tracker umístěný pod obrazovkou (upraveno podle: Mento, 2022, online)

Mezi výhody tohoto typu zařízení patří jeho nenápadnost a přirozenost uživatelského rozhraní. Proto bývá hojně užíván v různých výzkumech v oblasti psychologie lidského vnímání a chování, lze jej také dobře kombinovat s jinými technologiemi (např.: EEG aj.). Tyto vzdálené systémy umožňují také komunikaci prostřednictvím pohybů očí u lidí s kvadruplegií nebo locked-in syndromem. Omezení představuje výše zmíněná pevná pracovní oblast snímání. Nepřesnost v měření může být způsobena pohybem hlavy respondenta s výraznou změnou úhlu a vzdálenosti, nebo přítomnost jiného zdroje infračerveného záření, kterým je například sluneční světlo (Mento, 2020).

Brýlové

Tento typ zařízení umožňuje výzkumníkům provádět experimentální šetření přímo v reálném prostředí. Všechny komponenty jsou umístěny na hlavě respondenta v podobě eye-trackerových brýlí. Jedná se tedy o mobilní systém, který je výhodný zvláště v interaktivních systémech (Duchowski, 2007).

Tento systém vyžaduje umístění více kamer, minimálně jedna je ve vizuální dráze, další je pak nezbytná k zaznamenání scény zorného pole, a proto míří dopředu (viz obr. 10). Oční aktivita je zaznamenávána z bezprostřední blízkosti prostřednictvím komponent zabudovaných v lehkém rámu brýlí. Díky tomu se respondent může volně pohybovat, pozorovat objekty, manipulovat s nimi, plnit úkoly v reálném i virtuálním prostředí (Farnsworth, 2018).



obr. 10: Mobilní brýlový eye-tracker (upraveno podle: Tobii Pro, nedat.c)

Mobilní systém je ideální pro experimenty v naturalistickém prostředí. Jeho využití je tedy široké - od sledování vizuálního vnímání během nakupování, řízení vozidla, orientace v prostoru, koordinace rukou a očí, při sportu, vývoji průmyslového designu až po analýzu způsobu interakce s mobilním zařízením. Problémy s nahráváním se mohou vyskytnout při nadměrném slunečním svitu. Obvykle se proto používá tónovaný štít, který filtruje infračervenou složku světla. Jelikož kamera zaznamenávající scénu má obvykle omezený výhled a je orientovaná dopředu a níže, pohyby očí do periferie nebo směrem nahoru nebo výrazně dolů (např.: na předmět držený v rukou), vykazují větší chybovost. V novějších modelech eye-trackerových brýlí se proto přistupuje k využívání širokoúhlých scénických kamer. Záznam každého účastníka je nutné analyzovat a interpretovat individuálně, což je časově velmi náročné. Je to dáno rozdíly mezi nahrávkami. Díky neomezeným pohybům hlavy totiž každý jednotlivec zaznamenává svou jedinečnou scénu (Mento, 2020).

Hlavu imobilizující (Head-Stabilized)

Jedná se o metodu, při které jsou pomocí opěrky brady nebo kousací tyče omezeny pohyby hlavy zúčastněného. Díky její stabilizaci je možné dosáhnout vysoké úrovně přesnosti naměřených dat o pohybu očí, která není u jiných typů zařízení možná. S tímto systémem měření se však lze setkat pouze v kontrolovaných laboratorních podmínkách (např.: neurofyziologických výzkumech), při kterých bývá kombinována s dalšími technologiemi (fMRI aj.). Zřetelným omezením metody je zamezení přirozené interakce účastníka a snížení pohodlí (Mento, 2020).

Integrované

Pro doplnění uveďme ještě, že postupně se eye-trackerová zařízení stávají součástí i dalších technologií. V poslední době se rozšiřuje nabídka spotřební elektroniky s využitím sledování očí, dnes se lze setkat s jejich integrací v nových fotoaparátech nebo v zařízeních pro virtuální realitu. Svě místo už mají také v palubních deskách nových vozidel jako součást asistenčních systémů.

2.3 Možnosti využití eye-trackingu

Od prvních pokusů s primitivními eye-trackery uplynulo více než sto let, během nichž se sledování očních pohybů stalo v mnoha oblastech využívanou metodou. Dávno již tomu, kdy byla pouze doménou psychologů, lékařů a neurovědů, dnes ji hojně používají také designéři, architekti, vývojáři, inženýři z oblasti marketingu nebo ergonomie. Rostoucí zájem lze přičíst na vrub především technologickému pokroku, rostoucí uživatelské pohodlnosti, snadné aplikaci a také cenové dostupnosti.

Jednotlivé typy eye-trackerových zařízení se výrazně liší ve svých parametrech: v rozsahu zorného pole, vzorkovací frekvenci, přesnosti měření a rozlišení (Farnsworth, 2017). Z těchto rozdílů vyplývá i různorodost jejich použití. Desktopové typy se využívají pro zvyšování uživatelské přívětivosti webů nebo softwarů, při průzkumech trhu a reklam, při neurovědních a psychologických experimentech s dětmi i zvířaty nebo jako prostředek asistované komunikace pohybově postižených. Mobilní se skvěle hodí pro autentické pozorování lidského chování v reálném prostředí, mimo jiné i v dopravě, nebo pro sledování účinku marketingových taktik. Eye-trackery se stabilizací hlavy mají své uplatnění například ve vysoce věrných

fyziologických experimentech, kde jsou vzorkovací frekvence a přesnost záznamu důležitější než pohodlí uživatele a přirozenost jeho chování. Rozšiřování nabídky různých zařízení s integrovanými očními sledovači již bylo zmíněno, doplňme, že své nezastupitelné místo dnes mají také v nástrojích lékařské analýzy nebo oční chirurgie (Mento, 2020).

Analýza očních pohybů napomáhá získat vhled do kognitivních procesů – pozornosti, učení, paměti, způsobů kódování a vybavování. Je důležitým nástrojem komerce – uplatňuje se nejen v průzkumech trhu, ale také při posuzování účinku reklamních sdělení, designu produktů, navigace v prostorách obchodů, při vyhodnocování nákupního chování. Přináší cenné informace o způsobech vnímání a prohlížení webových stránek nebo ovládání mobilních aplikací. Své využití nalézá eye-tracking rovněž v herním průmyslu, pomáhá při hodnocení herního zážitku a nové trendy ukazují, že v brzké budoucnosti bude možné na základě pohybů očí ovládat hru samotnou. Ukázalo se, že v kombinaci s konvenčními diagnostickými metodami sledování očí pohybů přispívá také při posuzování poruch pozornosti spojených s hyperaktivitou, poruch autistického spektra, schizofrenií, OCD a jiných duševních onemocnění (Farnsworth, 2018).

2.4 Další metody sledování očních pohybů

Pro úplnost na závěr kapitoly uvedme ještě jiné metody sloužící ke sledování pohybu očí. Kromě videookulografie (VOG) nebo fotookulografie (POG) výzkumníci mohou vyhodnocovat elektrickou aktivitu okohybných svalů pomocí metody elektrookulografie nebo mohou využít metodu magnetoelektrického snímání za pomoci specializované kontaktní čočky umístěné přímo na očním bulbu.

Videookulografie (VOG) nebo fotookulografie (POG)

Existuje hned několik různorodých technik zaměřených na zaznamenání očních pohybů. Některé z nich neposkytují informace o místu pozornosti, ale například jen o oční akomodaci či translaci. Tyto techniky jsou obvykle zaměřeny na snímkování či natáčení změn na části oka zvané *limbus corneae*, jedná se o přechodovou hranici mezi rohovkou (*cornea*) a bělimou (*skléra*). Sledování této hranice má své výhody, jelikož limbus není ovlivněn světelnými podmínkami tak jako zornice. Jiné zařízení však naopak tvar zornice či zakřivení rohovky sledují (Duchowski, 2017). Hodnocení je prováděno procházením jednotlivých snímků a omezeno nejen vzorkovací frekvencí záznamu, překrytí oka očním víčkem při mrkání, ale také obvyklou nutností fixace hlavy a přirozenou chybovostí výzkumníka. Tyto techniky nejčastěji používají infračervených fotodiod připevněných obvykle na rámu kolem očí, jsou tedy velmi blízké současným eye-trackerovým zařízením.

Elektrookulografie (EOG)

EOG je elektrofyziologická metoda záznamu rozdílů v elektrickém napětí mezi sítnicí (retina) a rohovkou (*cornea*) oka. Oční koule je totiž jakýmsi dipólem s tzv. corneo-fundálním potenciálem, který je možné snímat citlivými elektrodami umístěnými na kůži v okolí očí. Při jejich správném umístění nám umožňují sledovat jak horizontální, tak vertikální pohyby oční koule ($\pm 70^\circ$ s přesností kolem 2°). Elektrody pracují na velmi jednoduchém principu. Zaznamenávají změny v potenciálech podle toho, zda je k nim blíže spíše zadní sítnicová část, nebo přední rohovková část oka. Tyto změny lze měřit rovněž při zavřených očích, metody se tak využívá například ve spánkových laboratořích (Stern, Ray, & Quigley, 2001).

Pro naši studii jsme metodu nemohli použít, jelikož je velmi obtížně využitelná mimo laboratorní podmínky. Důvody jsou zcela nasnadě, metoda vyžaduje fixaci hlavy,

do měřeného záznamu vstupují další bioelektrické artefakty (svalové, neuronální) a především nám neumožňuje určit, na co se proband dívá.

Metoda sklerální cívký

Úplně nejpřesnější metodou pro měření pohybu očí je připevnění mechanického nebo optického referenčního předmětu na kontaktní čočku a její nasazení na oko (Duchowski, 2017). Kolem kontaktní čočky bývá nejčastěji umístěn tenký měděný drátek v silikonovém pouzdře. Ten vytváří indukční cívku (tzv. Hemholtzovu) zaznamenávající i velmi drobné změny v elektromagnetickém poli. Následnými analýzami lze vyhodnotit přesnou pozici oka vůči hlavě. Tato metoda, která je zároveň nejméně pohodlnou, bývá využívána nejčastěji v medicínských výzkumech (Whitmire et al, 2016).

Tato invazivní metoda magnetookulografie (MOG) poskytuje zcela jedinečné informace o orientaci oka kolem osy pohledu, tzv. okulární torzi. Je tedy nepostradatelnou při zkoumání koordinace tří párů okohybných svalů. Žádná z předchozích jmenovaných metod nedokáže tento předozadní pohyb oční koule zachytit (Eggert, 2007).

3 Vizualní vnímání

V dopravním provozu řidič zpracovává množství informací z okolí, dle kterých koriguje svoji jízdu. Většina sensorických vstupů má vizuální charakter, řidič musí sledovat dopravní značení, chování ostatních účastníků dopravy, ale také signalizační a řídicí systémy vozidla samotného. Přidává se nadbytečná informační zátěž, kterou produkují rádiové komunikační prostředky, navigační zařízení, vibrace volantu, přítomnost spolujezdce ve voze a další podněty, jež různou měrou zaměstnávají také sluchové a hmatové vnímání. Nejvíce získaných, zpracovávaných a řidičem vyhodnocených informací je však vizuálních (Šucha et al. 2013).

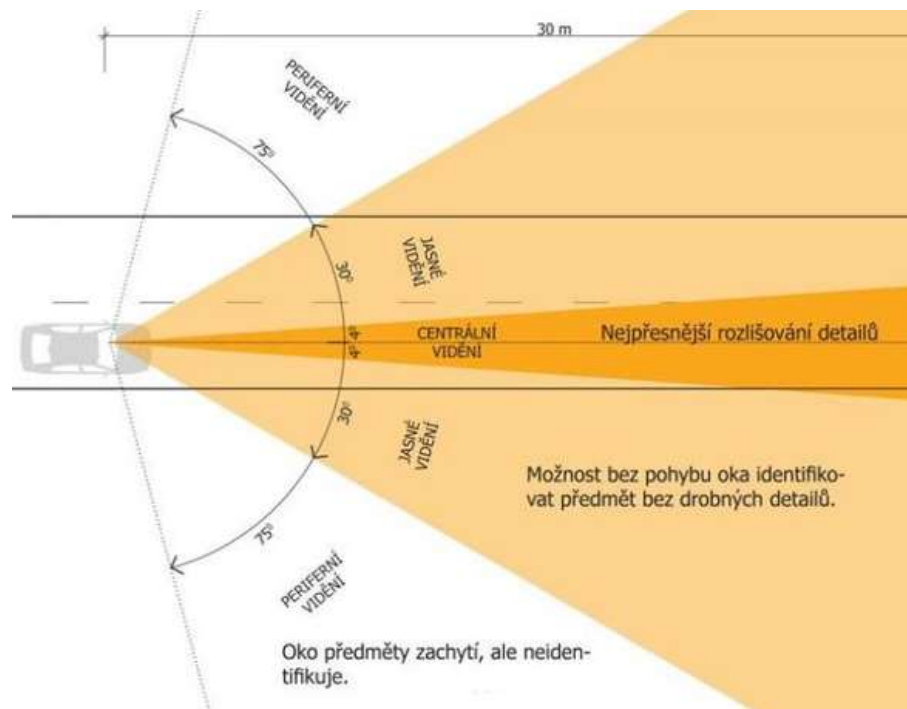
Pro bezpečné řízení vozidla musí optimálně spolupracovat všechny zrakové funkce – zraková ostrost, rozsah zorného pole, vnímání prostoru a pohybu, citlivost na oslnění a schopnost adaptace na změnu intenzity světla, akomodace oční čočky, barevné vidění, pohyblivost očí a další. Jejich posouzení je základním předpokladem vlastnění řidičského oprávnění (Černochová, 2013). V naší práci se budeme věnovat pouze některým z jmenovaných funkcí, které jsou důležité zmínit v kontextu našeho výzkumu.

3.1 Zorné pole

Skotský oftalmolog Harry Moss Traquair definoval zorné pole jako „*ostrov vidění obklopený mořem slepoty*“ (Grzybowski, 2009, 455). Zorným polem rozumíme tu část prostoru, kterou jsou oči při fixaci pohledu na jeden bod schopny zachytit bez pohybů hlavy (viz obr. 11). Tuto vizuální oblast rozdělujeme na centrální a periferní (Černochová, 2013). Centrální vidění se nachází v oblasti žluté skvrny v rozmezí do 2° zorného úhlu, které nazýváme jako foveální. Zde má oko nejvyšší možnou rozlišovací schopnost, o které hovoříme jako o zrakové ostrosti. Jde o schopnost oka rozlišit dva body v prostoru (Jošt, 2011). Díky zrakové ostrosti je možné včas rozeznávat dopravní značky, zaznamenat překážky v jízdě dráze, odhadnout rychlost pohybu ostatních účastníků provozu (Lachenmayr, 1995). Snížení zrakové ostrosti zvyšuje nehodovost, zvláště při vyšších rychlostech (Strayer et al., 2011; Lachenmayr, 1987).

Do centrálního zrakového pole se obvykle zahrnuje také oblast do 5° vizuálního úhlu od fixovaného bodu zvaná jako parafoveální. Z této zóny vidění čerpáme informace například o dalších písmenech slova, které právě čteme. Vzdálenější oblast označujeme

jako periferní. Rozlišovací schopnosti periferního vidění jsou omezené zvláště ve vnímání barev a detailů. Přesto jsou velmi potřebné, poskytují nám totiž důležité informace z okolí, pomáhají nám orientovat se, zaznamenat pohyb nebo vyhnout se boční srážce. Z tohoto vyplývá, že v periferní zóně je důležitý především její percepční rozsah (Jošt, 2011).



obr. 11: Části zorného pole (Nádeník, 2015, 13)

Rozsah zorného pole je individuálně dán tvarem obličeje, nosu, čela a postavením očí. Během života dochází přirozeně také ke zužování periferních oblastí například vlivem poklesnutí očních víček. Kraus (1997) uvádí, že si řada lidí tyto změny, své omezení nebo defekt zorného pole vůbec neuvědomuje. Navíc k dalšímu zúžení zorného pole dochází při zvyšování rychlosti jízdy. Jak znázorňuje následující ilustrace (obr. 12) při rychlosti 40 km/h má rozsah vnímané oblasti úhel cca 100°. Při rychlosti 130 km/h je zmenšení natolik rapidní, že značně omezuje schopnost řidiče vyhodnotit potenciál hrozícího nebezpečí, například překážky na krajnici vozovky (OECD, 2006).



obr. 12: Vliv rychlosti na zužování zorného pole (OECD/ECMT, 2006)

Kromě centrálního zorného pole má zásadní význam vnímání horizontální oblasti vlevo a vpravo. Informace jsou zaznamenávány takto: „*Kritický objekt v parafoveálním nebo periferním zorném poli je zpočátku vnímán nad prahem. Poté dojde k sakádě pohledu, která vede objekt k foveální fixaci. Následně divák objekt analyzuje a rozhodne, zda je nutná reakce. Spuštění sakády pohledu vyžaduje, aby kritický objekt byl nadprahový, pokud jde o velikost, kontrast, barvu, pohyb a časovou modulaci. Zpracování periferně vnímaných objektů tedy vyžaduje více času než ty, které se objevují bezprostředně foveálně*“ (Lachenmayr, 2006, 373).

Zraková ostrost a rozsah zorného pole jsou tedy dva důležité parametry vidění, které ovlivňují bezpečnost řízení. Z tohoto poznání vyplývá, že neporušené centrální a periferní zorné pole je nezbytným předpokladem pro účast ve všech dopravních oblastech. Příloha dopravní vyhlášky o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel (vyhláška č. 277/2004 Sb. v pozdějších zněních) konkrétně jmenuje všechny nemoci, vady a omezení zraku vylučující způsobilost člověka k vlastnictví řídičského oprávnění. Posuzuje se především nepřítomnost vady v intaktním zorném poli, jehož rozsah se pohybuje mezi cca 20° až 30° zorného úhlu (Šucha et al., 2013).

3.1.1 Funkční zorné pole

Pro bezpečnou jízdu má zásadní význam funkční zorné pole (angl. *Useful Field of View / Vision*, zkráceně UFOV), v jehož rámci jsou registrovány změny v bočních oblastech odchylující se cca o 2 až 4 stupně od fixačního bodu. Cohen (2008, 73) jej definuje jako „*prostorový rozsah periferního vidění kolem aktuálního fixačního bodu, kde lze daný podnět bez pohybu očí ještě vnímat, vizuální informaci vyhodnotit a na základě ní ovlivnit své chování.*“ Rozsah UFOV je primárně ovlivněn anatomickou stavbou oka a jeho fyziologickým fungováním.

Velikost tohoto pole není konstantní, ale reaguje na kvantitu informační zátěže, psychický stav řidiče, úzce souvisí s aktuální pozorností. Tato proměnná se také ukázala být dobrým prediktorem pro hodnocení jízdního výkonu a rizika nehodovosti u starších řidičů (Owsley et al., 1991). Souvislost mezi rozsahem funkčního pole a omezením ve způsobilosti k řízení prokázala řada studií (Sekuler et al., 2000; Edwards et al., 2005; Lunsman et al., 2008).

3.2 Reakční čas

Reakční čas (angl. *reaction time*) je obtížně definovatelný pojem. Obecně jej chápeme jako časový interval mezi registrací podnětu a započítáním reakce na něj. Jednoduše se jedná o časový úsek, „*kteřý uplyne od okamžiku, kdy zvuková vlna dosáhne našeho ušního bubínku nebo světelný paprsek dopadne na naši sítnici, dokud nezačneme reagovat na tento podnět*“ (Shinar, 2007, 141). Dále rozlišujeme ještě pojem reakční doba (angl. *response time*), kterým označujeme úsek od vzniku nějaké akce do odpovídající reakční činnosti, a tzv. reakční čas potřebný k sešlápnutí brzdy (angl. *break response time*, zkráceně BRT) (Šucha et al., 2013).

Jelikož rychlost reakce ovlivňuje brzdovou dráhu a riziko vzniku nehody, tak se měřením reakčních časů zabývala již celá řada studií (Štikar & Hoskovec, 1995; Makishita & Matsunaga, 2008). Zjistilo se, že prodloužení reakce souvisí nejčastěji se zatížením nebo deficitem v oblasti pozornosti. Opožděné reagování na podnět se objevuje také při únavě řidiče, přítomnosti alkoholu v krvi, v určitých obdobích dne, v simulovaných podmínkách se prodlužuje se s věkem, ale například také při hovoru se spolujezdcem (Shinar, 2007).

Řidič vozidla vždy i při optimální koncentraci na jízdu reaguje s jistým časovým zpožděním, latence na optický podnět se pohybuje kolem 180 až 300 ms. Aby byl podnět zaznamenán a vyvolal smyslový vjem, musí působit alespoň 0,2 s. V součtu obou intervalů je zpoždění reakce minimálně 0,4 s. (Fitts & Posner, 1967; Štikar et al., 2003). Pokud je objekt zaznamenán v periferním zorném poli, reakce na něj překračuje 1 s, při pozornostním deficitu až kolem 2 s (Lachenmayr, 1995).

3.3 Další zrakové funkce

Na závěr krátce uvedme, že předpokladem bezpečného řízení je dobrá činnost a součinnost všech zrakových funkcí. Při odhadu vzdálenosti při parkování, trajektorií jiných vozidel nebo odhadu rychlosti se uplatňuje schopnost prostorového vnímání. Skotopické vidění pomocí tyčinek je nezbytné pro adaptaci očí na změny intenzity světla – jízdy ve stínech stromů, vjíždění do tunelů, obecně řízení za šera a za tmy. Pro střídavou kontrolu informací z palubní desky a současné sledování dopravní situace je potřebná přesná a rychlá akomodace oční čočky. Výrazný deficit barvocitu základních

barev je vylučující kategorií k získání řídičského oprávnění. Nutná je rovněž určitá úroveň vyhledávací schopnosti v členitém zorném poli (Černochová, 2013).

3.4 Další kognitivní procesy řízení

„Řízení dopravního prostředku je komplexní úlohou zahrnující celou řadu aspektů, jsou jimi vedle pozornosti, které se budeme věnovat v následující kapitole, například také senzomotorická koordinace, rychlost a správnost usuzování, emoce, motivace, schopnost vytvářet dovednost učením“ (Štikar, Hoskovec, & Štikarová, 2003, 57). Řidičovo jednání je rovněž determinováno jeho odbornými znalostmi (pravidel silničního provozu), dovednostmi (řídičskou praxí), schopnostmi (vedle percepčních také psychomotorickými, poznávacími aj.), postoji a osobnostními vlastnostmi (např.: emoční stabilitou, sebejistotou aj.) (Černochová, 2013).

Kognitivní schopnosti řidiče závisí také na jeho paměti. Dlouhodobá paměť se uplatňuje při zapamatování si trasy, vybavení si významu dopravního značení. Dobrá funkce krátkodobé i pracovní paměti je důležitá při registrování údajů z navigace, operování s informacemi z palubní desky, pro kontrolu a uchování si obrazu aktuální dopravní situace při odvracení zraku jiným směrem (Štikar, Hoskovec, & Štikarová, 2003).

Řidiči jsou nuceni v mnoha případech zpracovat a vyhodnotit omezené informace, vytvořit si úsudek a na základě něho učinit rychlé rozhodnutí nebo řešit nastalý problém. V časové tísní musí zvážit různé možnosti, odhadnout další průběh i důsledky chybné reakce. Toto všechno obstarávají myšlenkové procesy. Komplexní rozhodovací postup může usnadnit rozpoznání typické situace (*recognition-primed decision making*) nebo vhled (*situation awareness*). Toho je možné dosáhnout jen na základě selektivního výběru informací (Kluwe, 2006, in Černochová, 2013). Selektivita je základní vlastností pozornosti, které věnujeme následující kapitole.

4 Vizuální pozornost

V předchozích kapitolách jsme představili experimentální metodu eye-trackingu, která výzkumníkům pomáhá získat hlubší vhled do fungování lidské mysli (Farnsworth, 2018). Hlouběji jsme se zabývali fyziologií očních pohybů. V této kapitole se pokusíme představit psychologický základ vizuální pozornosti (*prosexie*). Motivací pro studium očních pohybů u lidí je princip přenášení určité části viditelného zorného pole do oblasti vysokého rozlišení – žluté skvrny, která jej umožňuje vidět v jemných detailech. Svou vizuální pozornost zaměřujeme na objekty a scény, které se nacházejí v okruhu našeho zájmu. Pokud tedy blíže zkoumáme pohyby očí pozorovatele, můžeme poznávat, co jeho pozornost upoutalo nebo vyrušilo, a pomocí poskytnutých vodítek odhalovat, jak vnímal danou scénu (Duchowski, 2017).

V každé chvíli na nás působí celá řada podnětů, doslova jsme „bombardováni“ tak ohromným počtem informací, který nejsme schopni vůbec zpracovat. „*Pozornost je mentální proces, jehož funkcí je vpouštět do vědomí jen omezený počet informací, a tak ho chránit před zahlcením velkým množstvím podnětů*“ (Plháková, 2015, 77). Díky přirozené selektivitě pozornosti dochází k výběru pouze několika právě působících stimulů, které dojdou k uvědomění, ostatní jsou ignorovány. Pokud by lidská schopnost zpracovávat informace neměla své limity, docházelo by k celkovému zahlcení, ochromení a naprostému vnitřnímu chaosu. Při řízení vozu jsou právě způsob výběru a následné rychlé zpracování vnímaných informací klíčové (Štikarová, 2003).

William James (1890, 204) ve své knize Principy psychologie definoval pozornost jako „*jasné a živé uchopení mysli jedním z několika možných objektů nebo myšlenkových pochodů.*“ Dále doplňuje, že podstatou pozornosti je výběrové zaměření a soustředění vědomí. Tento mentální proces má tedy dvě fáze, nejprve dochází k upoutání pozornosti neboli výběru podnětu, což se děje bezděčně, až poté nastupuje fáze vlastního soustředění vědomí. Obecně tak dochází k zaměření mentální kapacity na vybraný smyslový vstup a jeho podrobné zpracování. To platí zejména u procesu vidění a prohlížení prostředí, které se provádí krok po kroku, nikoliv v celku. To znamená, že „*lidské vidění je proces, který se opírá o percepční integraci malých regionů s cílem vytvořit koherentní reprezentaci celku*“ (Duchowski, 2017, 4).

4.1 Složky a mechanismy vizuální pozornosti

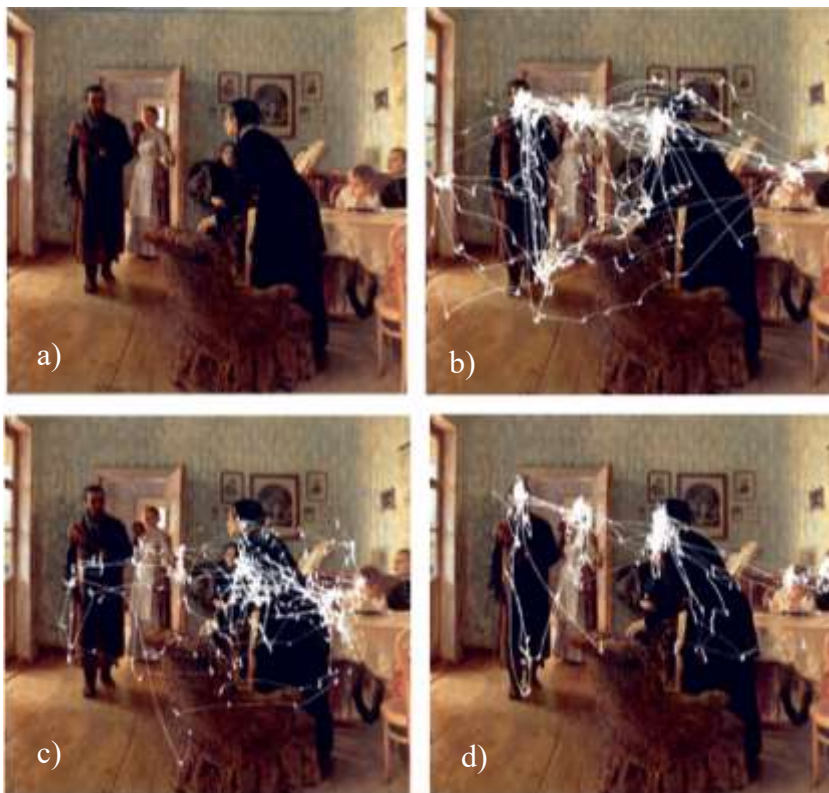
V mnoha publikacích je možné seznámit se podrobně s jednotlivými typy, vlastnostmi nebo poruchami pozornosti. Tato kapitola si však klade za cíl zaměřit se především na vizuální pozornost a představit dvě její hlavní složky. Předložené aspekty pozornosti uvedeme do souvislosti s oblastmi zorného pole a způsoby jeho prohlížení.

Hermann Von Helmholtz si jako první povšiml, že neúplnost sítnicového obrazu vnímaného objektu bývá kompenzována skládáním mnoha vjemů. „*Naše oči necháváme neustále toulat po zorném poli, protože jedině tak můžeme vidět všechny jednotlivé části*“ (Helmholtz, 1924, 63). Sakadickým prohlížením dochází k vytváření mapy klíčových míst, pokud však pozorovateli chybí možnost aktivního pohybu a nahlíží na objekt pouze z jedné perspektivy, může dojít ke zkreslení prostorových vztahů (Šikl, 2001). Helmholtz postuloval, že pohyby očí poskytují zjevný důkaz o vizuální pozornosti a začal ji považovat za základní mechanismus vizuální percepce. Prostorové oční pohyby při prohlížení odrážejí vůli detailněji zkoumat všechny objekty zorného pole (Duchowski, 2017). William James (1890) chápal pozornost jako schopnost zaměřit se na to, co je významné. Rozlišil pasivní bezděčnou pozornost, která je reflexivního charakteru a má pravděpodobně vrozený základ, a aktivní neboli záměrný aspekt pozornosti, který je vývojově mladší a provází úmyslné volní činy.

Duchowski (2017) podotýká, že oba pohledy na pozornosti se vzájemně nevylučují. Jamesovo pojetí odpovídá foveálnímu způsobu vidění a Helmholtzovo perifernímu. „*V tomto smyslu, periferně umístěné obrazové prvky mohou přitahovat pozornost z hlediska ‚kam‘ se dále podívat, abychom mohli identifikovat ‚jaké‘ detaily se na těchto místech nacházejí*“ (Duchowski, 2017, 5). Tedy v okamžiku, kdy periferně vnímanému objektu potřebujeme přisoudit smysl, přecházíme pohybem očí na detailní foveální vidění prostřednictvím žluté skvrny. Tento dichotomický pohled na vnímání v sobě vlastně spojuje procesy rozpoznávání. Postup shora-dolů (*top-down process*) začínající u mentální reprezentace objektu v paměti se propojuje s aktuálními informacemi ze smyslů. Jedná se o percepční očekávání vyplývající z dřívějších zkušeností, které ovlivňuje rychlost rozpoznání objektu a umožňuje odpovědět na otázku: „Co je to?“ Analyticko-syntetické teorie definují také proces postupující zdola-nahoru (*bottom-up process*), který z malých komponent neboli základních rysů postupně vytváří celistvý vjem (Plháková, 2015).

James Gibson (1941) přidal další složku vizuální pozornosti, kterou je záměr nebo úmysl reagovat nebo nereagovat na prezentovaný podnět. Tento záměr může být ovlivněn percepčním očekáváním stimulu, který následně specifikuje povahu reakce. Tento postoj neboli předběžná příprava může být předem modifikována také instrukcí experimentátora. To lze dobře pozorovat především u experimentů s nejednoznačnými podněty. Pokud například proband očekává při čtení textu informace o lodích, tak tiskovou chybu ve slově „praník“ nezaznamená a přečte jej jako „parník.“ Při změně kontextu, např. při čtení receptu z kuchařky, by dané slovo bylo pravděpodobně vnímáno jako „perník“ (Duchowski, 2017).

Ruský psycholog Alfred Yarbus provedl řadu zásadních studií očních pohybů. Nejzajímavější výsledky publikoval v knize *Eye Movements and Vision* (1967). Z jeho zkoumání vyplývá, že proces zaměření pozornosti je sériový. Autor zaznamenával u svých subjektů trajektorie očí během prohlížení vizuálního stimulu – obrázku skupiny lidí. Zjistil, že pozorované oblasti i způsob vizuálního zkoumání se lišily v závislosti na položené otázce. Probandi postupovali zcela odlišně, pokud měli malbu prozkoumat volně nebo při odhadu materiálního poměru rodiny či posouzení věku postav (viz obr. 13). Sekvence očních pohybů demonstrovaly jinakost závislou na tom, jakou informaci měli pozorovatelé z obrazu získat (Tatler et al., 2010).



obr. 13:

a) Malba ruského malíře I. J. Repina z roku 1884 s názvem *Neočekávaný návrat*, na němž Yarbus sledoval oční pohyby.

b) mapa volných očních pohybů jednoho probanda

c) při odhadu materiálních poměrů rodiny

d) při hodnocení věku postav na obraze

překrytí očních stop z Yarbusovy knihy a reprodukce obrazu provedl Archibald (2008, 115)

Yarbusova práce ovlivnila vývoj dalších myšlenek a prací. Například David Noton a Lawrence Stark navázali na jeho práci a zjistili, že i bez pokládání návodných otázek lze pozorovat, že oči probandů mají přirozenou tendenci fixovat určité identifikovatelné oblasti zájmu, tzv. informativní detaily. Navíc se ukázalo, že uspořádání očních trajektorií v jednotlivých oblastech je variabilní jak mezi různými diváky, tak i při opakovaném pozorování stejného diváka. Výsledky naznačují, že *„koherentní obraz zorného pole je konstruován po částech prostřednictvím sestavování sériově zobrazovaných oblastí zájmu“* (Duchowski, 2017, 8).

Posner se svými kolegy (1980) navrhl mechanismus ohniska pozornosti, který odpovídá představě světelného kuželu reflektoru (spotlight), který je nezávislý na pohybech očí. Autoři rozlišují dva aspekty vizuální pozornosti: orientaci a detekci pozornosti. Orientace předchází detekci a vůbec nemusí odpovídat oblasti dopadající do fovey. Je možné se dívat jinam a přitom věnovat pozornost jinému objektu v periférii zorného pole. Z toho vyplývá skutečnost, že je možné přenášet pozornostní ohniska nezávisle na pohybech očí (Posner et al., 1980).

Neopomeňme zmínit teorii vizuální pozornosti a vizuálního vyhledávání. Tou je teorie integrace rysů (Feature Integration Theory) podle Anny Treismanové (1986). Autorka na základě svých experimentů usuzuje, že vizuální vlastnosti objektu jsou nejprve paralelně kódovány. Soustředěná pozornost pak vybírá jednotlivé vlastnosti v zorném poli a jako lepidlo integruje oddělené prvky v jednotný objekt. Obsah je následně porovnáván s minulou zkušeností uloženou v rozpoznávací síti. Právě eye-tracking se prokázal jako skvělý nástroj k experimentálnímu ověřování této teorie. Kulišťák (2003) doplňuje, že výsledky experimentů se zrakovým zpracováním potvrdily, že někdy se jev automaticky vyhoupne z pozadí bez zvláštního zaměření pozornosti, ale jindy je potřeba soustředěné pozornosti a podrobného zpracování vnímaného pole.

Kosslyn (2005) navrhuje model vizuálního bufferu, v němž se nachází mnohem více informací, než je možné detailně zpracovat. V rámci této struktury dle něj funguje pozornostní okno, které vybírá oblast vizuální vyrovnávací paměti a umožňuje je skenovat, aniž by se musely pohybovat oči.

Výčet pozornostních modelů není úplný, ale snad se nám podařilo představit to nejzajímavější z poznatků o vizuální pozornosti a uvést je do kontextu s očními pohyby.

4.1.1 Selektivita pozornosti

Pozornost je v oblasti dopravního výzkumu vysoce relevantním a hojně zkoumaným tématem. Pozorný řidič by měl mít dostatečně dobrou představu o aktuální situaci a rozvinutou schopnost odhadnout pravděpodobný vývoj následujících událostí (Kircher & Ahlstrom, 2016). Tento obraz vnitřní reprezentace současné a předpovídané budoucí situace někteří autoři pojmenovávají jako „vnímané pole bezpečného cestování“ (Gibson & Crooks, 1938) nebo řidičův „mentální model situace“ (Boer, Hildreth, & Goodrich, 1998). Za výběrem rozhodujících podnětů z mnohdy přehlceného dopravního prostředí stojí selektivita pozornosti.

Tradičně se rozlišují dvě odlišná pojetí a vysvětlení selekce pozornosti. První říká, že pro percepční analýzu je vybráno malé množství informací z důvodu omezené kapacity lidské pracovní paměti. Ačkoliv nám okolí předkládá nespočet informací, rozpoznáno a spojeno s dlouhodobou pamětí je aktuálně vždy jen několik z nich. Tento výklad odpovídá Broadbentovu modelu pozornostního filtru. (Broadbent, 1958). Jiné vysvětlení uvádí, že existuje příliš mnoho věcí na to, abychom na ně mohli reagovat najednou. Z tohoto důvodu je vybrán jen omezený počet z nich (Deutsch & Deutsch, 1963).

Termínem pozornosti obecně chápeme zapojení funkčních selekčních mechanismů, které se podílejí na téměř každém kroku od smyslového zpracování po uvědomění i učinění nevědomého rozhodnutí (Chun, Golomb, & Turk-Browne, 2010).

4.2 Nepozornost

Nepozornost a rozptýlení řidiče jsou hlavními příčinami většiny dopravních nehod a incidentů (Klauer et al., 2006; Olson et al., 2005). Zároveň je pravděpodobné, že se vzrůstající technologickou křivkou vozidel bude přibývat také různých rozptylů řidičské pozornosti.

Ačkoliv je tato problematika v literatuře často diskutovaná, prozatím chybí její jasné vymezení a jednotná definice. Pojem je sice užívaný, ale široce abstraktní. To znesnadňuje nejen možnost srovnat výsledky jednotlivých studií mezi sebou. Zároveň brání plnému porozumění formám a mechanismům vedoucím k řidičské nepozornosti, což má negativní dopad na výběr, a také samotný potenciál navrhovaných a zaváděných

bezpečnostních opatření. Regan s kolegy (2011) se proto pokusili na základě rozsáhlé rešerše navrhnout rozdělení řidičské nepozornosti podle mechanismů, které odklání řidičovu pozornost od činností kritických pro bezpečnou jízdu.

Kategorie řidičské nepozornosti dle Regana a kol. (2011, 1775 - 1776):

- Omezení pozornosti řidiče (DRA – Driver Restricted Attention) způsobená limity biologických faktorů. Řidič nezaznamenal kritické informace například kvůli únavě, mikrospánku, mrknutí, slepotě během sakadického přesunu očí apod.
- Nesprávně zaměřená pozornost (DMPA – Driver Misprioritised Attention) či nehierarchizovaná (Šucha, 2019) je způsobená soustředěním pozornosti na méně důležitý aspekt řízení. Jinak řečeno se jedná o špatnou volbu mezi konkurenčními požadavky. Příkladem je odklon pohledu od vozovky na palubní desku pro překontrolování aktuální rychlosti a přehlédnutí brzdění předcházejícího vozidla.
- Nedostatečně věnovaná pozornost (DNA – Driver Neglected Attention) činnostem nezbytným pro bezpečnou jízdu. Příkladem může být opomenutí kontroly zpětného zrcátka při odbočování vpravo a přehlédnutí cyklisty jedoucího v přímém směru na cyklostezce, kterou jízdní dráha vozu protíná, nebo přehlédnutí nového dopravního značení na známé trase či protijedoucího motocyklu ve chvíli jeho odbočování a křížení trasy. Šucha (2019) ji překládá jako zanedbání pozornosti řidiče.
- Povrchní pozornost (DCA – Driver Cursory Attention) způsobená nejčastěji spěchem nebo zbrklostí řidiče, který úkon sice provede, ale jen zběžně a nedbale. Příkladem může být situace, kdy se řidič před změnou jízdního pruhu sice podívá do zpětného zrcátka, ale krátce a nedostatečně. Přehlédnutí vozidla v mrtvém úhlu pak může vést k boční srážce.
- Rozptýlená či odvedená pozornost řidiče (DDA – Driver Diverted Attention), při které je pozornost odkloněná zcela jiným směrem od činností kritických pro bezpečné řízení. Příkladem může být aktuální zaujetí hovorem se spolucestujícím nebo zaobírání se vlastními mentálními aktivitami jako denním sněním apod.

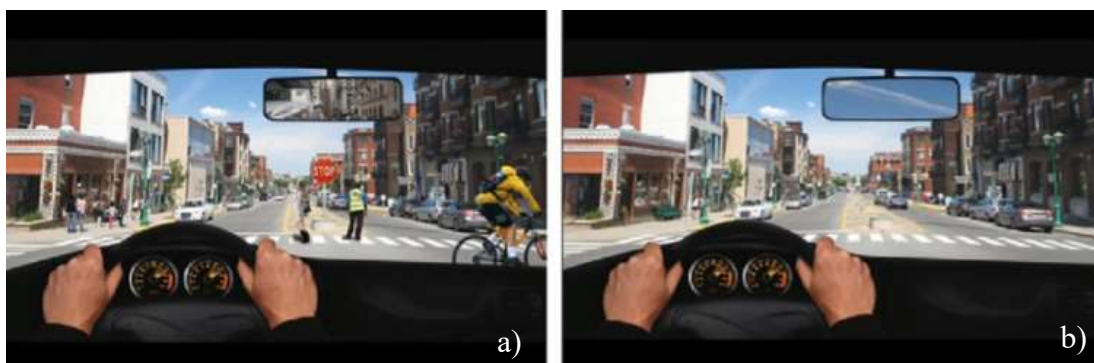
4.2.1 Distraktory pozornosti v dopravě

Distraktory odklání pozornost řidiče k jiným činnostem nebo objektům, což narušuje aktivity důležité pro bezpečnou jízdu. Hancock (et al., 2008) zmiňuje, že účinky interference mohou být „zjevné“ (např: vybočení z jízdního pruhu) nebo „vnitřní“ (tj. nepozorovatelné; např.: ztráta situačního povědomí).

Distraktorem je každá sekundární aktivita, která se v daném okamžiku nevztahuje k primární úloze řidiče (Strayer et al., 2015). Může nabývat povahy vizuální, auditivní, motorické i kognitivní. Dobrým příkladem je telefonování při jízdě. Zvonení telefonu vede k odklonu zraku od vozovky k vnitřnímu prostoru vozidla, pro přijetí hovoru dochází k oddálení rukou od volantu. Řidič je následně zahlcen auditivními podněty realizovaného hovoru a celkovým dopadem kognitivního zpracování přijatých informací. Stejně vzorce lze spatřit také při čtení SMS zpráv, sledování navigace, konzumace potravin či nápojů a další aktivit (Vašek, 2008, in Černochová, 2013).

Treat (1980) rozlišuje dva typy rozptylujících proměnných. Vnitřní, ve smyslu rušivých vlivů nacházejících se uvnitř vozidla (např.: odečítání informací z palubní desky, manipulace se systémy vozidla, konverzace se spolucestujícím, přítomnost dětí ve vozidle aj.), dále vlivy vnějšího okolí (např.: sledování chodců, billboardy aj.). Řidičova pozornost může být rovněž rozptýlena vnitřními myšlenkami (např.: řešením osobních problémů, aktuálním emočním rozrušením aj.) nebo tělesnými pocity a stavy (např.: ospalost, bolest, zima, hlad aj.), které jej odklání od úkolu bezpečného řízení (Klauer et al., 2006).

Následující série obrázků (viz obr. 14) je demonstrací toho, jak telefonování narušuje řidičovo vnímání.



obr. 14: Scéna řidičova výhledu (a) a dopad handsfree hovoru na zpracování vizuálních informací (b) (Strayer et al., 2011, 45)

Předložená ukázka (obr. 14) je názornou prezentací efektu slepoty z nepozornosti (*inattentional blindness efekt*). Při jejich modelaci Strayer s kolegy (2011) vyšel ze studií skutečných nehod řidičů, kteří hlásili, že kritické informace (chodce, značky aj.) neviděli. Při měřeních zjistili, že manipulace s telefonem závažně narušuje kódování informací vizuálního prostředí.

4.3 Vizuální podněty

V průběhu řízení vozidla na řidiče působí celý soubor různých stimulů, které musí řidič včas zaznamenat, vyhodnotit a případně na ně reagovat. Jedná se o stimuly akustické, fyzikální síly spojené se zrychlením, zpomalením, nakláněním, vibrace a odezva pedálů i volantu. Dále do procesu řízení vstupují i vlivy řidičovy individuality, psychické a humorální faktory (Novák et al., nedat.) V neposlední řadě také stimuly vizuální, kterým se budeme věnovat v této kapitole.

Kaluger se Smithem (1970) rozlišují v zorném poli řidiče signály a tzv. ne-signály (*nonsignals*). Signály poskytují řidiči smysluplné informace, které potřebuje k bezpečnému řízení vozidla. Ty jsou rozptýleny v okolním prostředí, které je tvořeno také hlukem ne-signálů. Šucha (2019) rozlišuje faktory přispívající k únavě řidiče a jeho rozptýlení na: externí (dopravní zácpy, nepříznivé počasí, špatný technický stav komunikace aj.), faktory související s vozidlem (ergonomie vozu, hluk aj.) a ty, které souvisejí přímo s osobou řidiče (únava, stres, vliv alkoholu a drog aj.).

Četnost a relativní doba fixace objektů a úkonů s nimi závisí na několika faktorech. Jsou na straně řidiče – jeho věk, pohlaví, způsob chování, ale záleží například také na tom, zda pro řízení potřebuje nějakou korekci zraku. Dále závisí na dopravních faktorech – ať už se jedná o geometrii jízdní dráhy, hustotu dopravy, uspořádání a způsob informačních systémů nebo aktuální rychlost jízdy či podobu počasí. Faktorem je také pocíťovaná potřeba odečítat ukazatele ve vozidle, například ověření množství paliva v nádrži. Jmenovaný faktor blízce souvisí s dalším vlivem, kterým je konstrukce, čitelnost, dostupnost sdělovačů a obslužných prvků vozidla (Verwey, 1990).

Pro účely naší studie rozčleníme vizuální podněty do několika skupin:

- Podněty související s dopravní infrastrukturou

Pro bezpečnou jízdu je primární oblast vizuální pozornosti směřována na vozovku

před automobilem. Geometrie jízdní scény poskytuje řidiči primární kontextová vodítka, dle nichž ovládá rychlost a směr jízdy vozidla. Ve vlastním výzkumu nás budou zajímat oční fixace: dopravních značek umístěných svisle i vodorovně, značení na vozovce, světelných signalizací, přechodů pro chodce, pásů pro cyklisty, zpomalovacích retardérů, úprav komunikace pro bezbariérové vystupování z MHD, křížení komunikace s železniční, tramvajovou tratí, mosty atd.

- Podněty související s vozidlem

Tím rozumíme všechna informační a ovládací zařízení uvnitř vozidla či s ním související. Jmenujme palubní displej, zpětné zrcátko, boční zrcátka, ovládací panel, řadící páku, volant, přítomnost spolujezdce ve voze aj.

- Podněty související s ostatními účastníky silničního provozu – tzv. dynamické prvky dopravy

Dopravní systém tvoří hlavně jeho aktéři – chodci, cyklisté, cestující, vozidla (osobní, nákladní, městské hromadné dopravy a motocykly) jedoucí ve stejném jízdním pruhu, přibližující se zezadu, protijedoucí, odbočující, zaparkovaná v blízkosti komunikace a další. Okrajově lze do této skupiny řadit také zvířata. Mezi nejzranitelnější účastníky dopravy patří bezesporu chodci. Řidič sleduje chodce obvykle nejen před přechodem nebo na něm, ale často také mimo ně, jelikož chodci mají tendenci přecházet vozovku také v místech nevhodných až nebezpečných. Pro řidiče je důležité především dekódovat a predikovat směr trajektorie mobility všech ostatních účastníků dopravy.

- Podněty související s okolím

V okolí vozovky se vyskytuje celá řada jiných podnětů, jež mohou zaujmout pozornost řidiče. Různé typy reklamních zařízení – billboardy a jiné typy propagačních vizualizací na vozidlech, zastávkách a jinde. Dále osvětlení, budovy, stromy a jiné prvky prostředí, jež odvádí pozornost řidiče od jeho primárního zaměření pozornosti. Tyto rozšiřující podněty nejsou účinné a vedou ke druhotné vizuální informační zátěži řidiče (Tijerina, 1999).

5 Teoreticko-kritická analýza

Ve výzkumu očních pohybů existuje celá řada hodnocených indikátorů. Rozložení a délka trvání fixací pro jednotlivé objekty, souvislost s reakčními časy, rozdíly ve výsledcích vizuální orientace, šíře zorného pole, způsob vyhodnocování varovných signálů a podnětů z okolí a dalších proměnných napříč různými skupinami řidičů. V této kapitole se pokusíme představit některé z dosavadních zjištění, která spadají do kontextu naší práce. Neklademe si za cíl poskytnout vyčerpávající přehled, ale pokoušíme se zjištění uvádět ve vzájemných souvislostech.

Z výzkumu Malzové a Shinara (1999) vyplývá, že věkově starší řidiči oproti mladším potřebují signifikantně delší čas pro obecné vizuální vyhledávání. Pokud předpokládáme, že s věkem roste i řidičská praxe, představme i jiné výsledky (Chapman et al., 1998 in Müsseler et al., 2009), které ukazují, že při pohledu na statické nebezpečné scény v dopravě mají řidičští nováčci pomalejší počáteční fixaci nebezpečí. Potřebují více času, než na hrozící nebezpečí zareagují. Dokazuje to, že odborné znalosti a zkušenosti zvyšují efektivní vizuální orientaci z hlediska identifikace nebezpečí. Důvodem je, že méně zkušení řidiči potřebují pro správné zaměření delší časový interval, a to kvůli nárokům na mentální zpracování dané dopravní situace. Cohen (1984) doplňuje, že začínající řidič nedokáže nevědomě vytipovat místa s největší pravděpodobností vzniku nebezpečné situace (vběhnutí dítěte do vozovky). Touto schopností disponují právě řidiči se rozvinutými zkušenostmi. Laboratorní výzkumy z posledních let však hovoří o opaku. Mladí řidiči (20-25 let) jsou schopni detekovat nebezpečí prezentována krátkými dynamickými videi rychleji než jejich starší (55-69 let) kolegové (220 ms proti 403 ms). Podstatné však je, že všechny potřebné informace vedoucí k porozumění a vyhodnocení situace je možné získat jediným pohledem (Wolfe et al., 2020b).

Mourant a Rockwell (1970) provedli výzkum, ve kterém požádali řidiče, aby následovali předchozí vozidlo s udržováním přibližně stejné vzdálenosti (cca 23 m). Zjistili, že ve srovnání s volnou jízdou řidiči pohledem fixovali signifikantně odlišný počet podnětů. Při sledování vpředu jedoucího vozidla se například snížila vzorkovací frekvence dopravních značek. Tuto změnu si výzkumníci vysvětlovali tím, že byla způsobena usuzovacími procesy potřebnými k udržení vzdálenosti mezi vozy. K tomuto

tvrzení se přiklání i Underwood (et al., 2002), který tvrdí, že aktivace mentálních zdrojů limituje řídičský výkon a rozdíl mezi výkonností začínajících a zkušených řidičů vysvětluje zvýšením automatizace řídičské praxe.

V jiném výzkumu byl zaznamenán signifikantní rozdíl v očních pohybech mezi začínajícími a zkušenými řidiči. Z naměřených dat výzkumníci vyvodili, že řidiči experti mají rozvinutou vizuální schopnost využívat informací z periferních oblastí svého zrakového vnímání (Mourant & Rockwell, 1972). To potvrdilo také zkoumání Cohena (et. al, 1984), který zjistil, že fixace méně zkušených řidičů jsou soustředěny především do centrálních oblastí vidění. Studie Nakayasu (et al., 2007) prokázala významné změny očních pohybů během různě náročných dopravních situací. Výsledky získané očními kamerami ukázaly, jak podněty z oblasti periferie významně ovlivňují vizuální vnímání řidiče. Gestalter s Fastenmeierem (2013) si také povšimli změn souvisejících s věkem a řídičskými zkušenostmi. Jejich zjištění poukazují na to, že začínající řidiči věnují svou pozornost především bezprostřední situaci před vozidlem, a jejich periferní vnímání je omezené. To se však pozitivně proměňuje s přibývajícím řídičskými zkušenostmi, kdy dochází k postupnému nárůstu pohledů řidiče do stran. Tato schopnost je ale současně závislá také na věku. Přibližně od 75 let věku dochází k jejímu výraznému omezení, které si řidič obvykle neuvědomuje. Také Underwood s kolegy (2002) zjistili, že lidé s rozvinutější řídičskou zkušeností sledují signifikantně častěji vozidla jedoucí před nimi a také ve vedlejších jízdnicích pruzích. Obecně jsou schopni postřehnout více jednotlivých aspektů v periferních oblastech než řidiči začátečníci.

Rockwell (1972) shrnul studie, které byly provedeny na Univerzitě v Ohio (USA) a při kterých byly využívány záznamy očních pohybů k zachycení rozložení očních fixací řidiče během jízdy autem. Zjištění jsou následující: řidiči jedoucí po komunikaci rychlostí 100 km/h celkem 71 % jízdnic doby fixují zrakem předcházející vozidlo nebo sledují střed jízdnicího pruhu před sebou. V 10 až 12 % času se zabírají sledováním značek ve vlastním jízdnicí pruhu, přibližně stejnou dobu jejich pohledy směřují do jiných míst. V 10 % záznamů se oči probandů dostaly mimo záběr kamer a nemohly být hodnoceny.

Někteří výzkumníci se pokusili zaměřit na detekování řídičských pohledů směřovaných do zpětných zrcátek. Zjistili, že průměrní řidiči během jízdy přibližně 4,7 % svého času

věnují sledování centrálního zpětného zrcátka, 2,1 % sledují levé a jen 0,2 % pravé boční zrcátko. Tedy v součtu cca 7 % z celkové doby jízdy (Olsen, Lee, & Wierwille, 2005). Taoka (1990) se zabýval studiem časových intervalů potřebných k provedení těchto pohledů do zrcátek. Zjistil, že typický pohled do vnitřního zpětného zrcátka v průměru trvá 0,68 s, zatímco pohled do zrcátka na straně řidiče vyžaduje již 1,06 s a na straně u spolujezdce až 1,5 s. Kontrola všech najednou by řidiči zabrala až 3,5 s při přičtení času potřebného k rotaci hlavy a sakadickému pohybu očí. Je potřeba uvést, že pokud řidič odvrátí pohled od vozovky pouze na 1 s, tak při rychlosti 100 km/h urazí vzdálenost 27,8 metrů.

Výzkum Summaly, Lambla a Laaksa (1998) zjistil, že v situacích, kdy řidič odvrací pohled od vozovky před sebou, aby zjistil informaci z přístrojové desky (např. rychlost jízdy z tachometru), dochází k podstatnému snížení schopnosti detekovat podstatné objekty a události na silnici (např. rozsvícení brzdových světel předcházejícího vozidla). Průměrný čas odklonu pohledu od vozovky směrem na sdělovač se pohybuje v intervalu $1 \pm 0,5$ s. Navíc se prokázalo, že ani pokročilé řidičské zkušenosti účinně nezabraňují narušení primárního úkolu řidiče, kterým je přehled o současném dění na vozovce. Z výzkumu také vyplynulo, že zkušení řidiči odhadují rychlost vozidla i nutnost brzdit z jiných zdrojů (úhlové rychlosti pohybujících se bodů aj.).

Štikar (et al., 2003, 46) definuje tři požadavky na myšlení, které se vyskytují při kontrole informačně technických zařízení ve voze. Jde o: rozpoznání významu („*Co znamená tento symbol?*“), uvědomění si pozice ukazatele („*Kde se nachází?*“) a sejmutí informace („*Co mi ukazatel říká? Jakou rychlostí jedu?*“). Naštěstí automobiloví inženýři hledají možnosti, jak s rostoucím počtem ovladačů a displejů v nových vozech pracovat tak, aby nedocházelo k informačnímu zahlcení. Řidiči jsou dnes obklopeni digitálními verzemi Head-Up-Displejů a jinými technickými zařízeními, které jsou projektovány tak, aby je šlo co nejnádhěji ovládat – gesty nebo hlasem. Ukázalo se (Sojourner, 1990; Horrey et al., 2003), že kombinace opticko-akustických nebo jen akustických systémů ovládání a zpětného informování řidiče rozptyluje jeho pozornost signifikantně méně. Bohužel se s pokrokem se rozvíjejí také bezpečnostní rizika (možnosti psaní hlasových zpráv, vyhledávání informací, hudby, streamů prostřednictvím internetových technologií zabudovaných přímo ve vozidlech), při kterých řidiči dělí svou pozornost.

Wolfe s kolegy (2020a) se zabýval pochopením toho, jak řidiči vytvářejí mentální reprezentaci svého prostředí. Porozumění přispěje ke správnému modelování a předpovídání toho, co řidič ví, na základě toho, jak to ví. Dle autorů je zásadní zabývat se vizuálním vnímáním a vizuálními mechanismy a jejich spoluprací, abychom k porozumění dospěli. Proto je nutné klást si tři otázky. První dvě jsou neoddělitelné: „Kam se řidič díval?“; „Na co se díval?“ včetně toho, co viděl na periferii. Musíme uvažovat „*o pohybech očí nejen jako o přesunech pohledu mezi velkými oblastmi zájmu, ale také jako o přesunech pohledu mezi konkrétními předměty nebo místy v zorném poli řidiče*“ (Wolfe et al. 2020a, 14). Pouhá znalost těchto věcí však nemusí stačit k označení jeho úkolu. Proto je tu třetí otázka: „Co v tu chvíli dělal, že to vedlo k pohybu očí?“

Řada jmenovaných experimentů a studií byla provedena v kontrolovaných laboratorních podmínkách. Jejich výsledky si mnohdy odporují, což lze připsat rozdílům mezi jednotlivými výzkumnými scénáři. Navíc jsou však vzdáleny realitě dopravního systému. Simulací jízdních podmínek lze sice vytvořit prostředí, jež připomíná skutečná místa, ale podmínky jsou poněkud idealizovány v tom smyslu, že poskytují jasnou viditelnost všem důležitým objektům v dopravě. Uvědomujeme si, že realita je mnohem komplikovanější a že do ní vstupuje množství situačních faktorů. Proto jsme se rozhodli jít cestou zkoumání v přirozených podmínkách přes všechna rizika, která to s sebou nese.

6 Vlastní výzkum

V předchozích kapitolách jsme se pokusili čtenáři přiblížit teoretická východiska související s předmětem našeho výzkumného šetření. Představili jsme zrakový aparát, popsali jeho části, rozlišili jsme oční pohyby a objasnili jejich fungování. Jelikož ke sběru výzkumných dat jsme využili metodu zaznamenávající pohyby očí, tak jsme se v návaznosti na předchozí témata zabývali samotnou metodou eye-trackingu. Kromě všeobecného úvodu do historie zkoumání očních pohybů jsme se podrobně věnovali vysvětlení principu této techniky zaznamenávající pozice oka a detekování místa pohledu (Focus and Point of Regard). Uvedli jsme jednotlivé typy současných eye-trackerových zařízení s vysvětlením jejich možností. Věnovali jsme se tématům vizuálního vnímání, detailně jsme představili některé zrakové funkce potřebné pro bezpečné řízení, dále vizuální pozornosti a jejím distraktorům. V závěru jsme se pokusili rozdělit vizuální podněty působící na řidiče v realitě dopravy a v souvislostech uvedli některé relevantní výzkumné závěry.

Následující část práce se věnuje představení našeho výzkumného záměru, vysvětlení designu a metodologického postupu zkoumání.

6.1 Předmět a cíl výzkumu

Předmětem našeho zkoumání je **deskripce způsobů vizuálního vnímání** dopravního prostředí řidiči osobních vozidel (dle přílohy č. 18 vyhlášky č. 341/2002 Sb. vozidla kategorie M1). Naším cílem je detekovat rozdíly v oblastech vizuálního zájmu řidičů z povolání (tzv. komerčních, u nichž předpokládáme praxí rozvinuté řidičské schopnosti a dovednosti) a řidičů soukromých vozidel (tzv. běžných uživatelů osobních vozidel). Pokusíme se zachytit celkové rozložení očních fixací mezi objekty v dopravním prostředí a popsat případné odlišnosti mezi skupinami řidičů, které by hovořily pro rozdíl ve způsobech zaměření vizuální pozornosti v průběhu řízení.

V návaznosti na závěry předchozích studií (Gstalter & Fastenmeier, 2013; Underwood et al., 2002) se pokusíme zjistit, zda je možné nalézt **diference v poměru pohledů** věnovaných do centrálního zorného pole a na jeho periferii mezi zkušenými a méně zkušenými řidiči. Rovněž se zaměříme se na **analýzy počtu očních fixací** některých vybraných podnětů vyskytujících se v dopravní infrastruktuře nebo vozidle.

Naším cílem je na základě kvantitativního zkoumání ověřit, zda existuje variabilita ve způsobech vnímání zorného pole a rozložení vizuální pozornosti mezi řidiči s většími a menšími řidičskými zkušenostmi. Svými výsledky chceme doplnit závěry jiných výzkumů v realitě dopravy, které byly realizovány u nás nebo ve světě (Veselá, 2018; Bláhová, 2014; Gstalter & Fastenmeier, 2013; Müsseler et al., 2009; Nakayasu et al., 2007; Olsen, Lee, & Wierwille, 2005; Lansdown, 2002; Underwood et al., 2002 aj.), a rozšířit tak dosavadní empirické poznání v dané oblasti.

6.1.1 Formulace výzkumných otázek

Na základě prostudování odborných pramenů a rešerše současného stavu poznání v oblasti problematiky vizuální pozornosti řidičů jsme formulovali následující výzkumné otázky. Naším výzkumem se pokusíme odpovědět:

1. Jaký je rozdíl ve vizuálním vnímání dopravního prostředí mezi řidiči s různou mírou řidičských zkušeností?

Zajímáme se o to, zda je výběr oblastí, kam směřuje řidičův vizuální zájem, ovlivněn jeho praxí. Zda s rozvojem řidičských schopností a dovedností dochází k detekovatelným změnám ve vizuálním pojmání celkového dopravního prostředí (Müsseler et al., 2009; Underwood et al., 2002).

2. Přispívají nabyté řidičské zkušenosti k rozšíření vnímání do periferie zorného pole?

Na základě rozdílů v publikovaných výzkumech nás zajímá, zda řidiči z povolání fixují oblast periferie častěji než jejich neprofesionální řidičští kolegové. Tedy zda souvisí rozšíření periferního vnímání s řidičskými zkušenostmi. Nutno podotknout, že se budeme vyjadřovat pouze v kontextu prostředí městské dopravy (Gstalter & Fastenmeier, 2013; Nakayasu et al., 2007; Sekuler, Bennett, & Mamelak, 2000 aj.).

3. Liší se řidiči z povolání od běžných uživatelů automobilů v míře fixací objektů v dopravě?

Pokusíme se rovněž zjistit, zda existují mezi skupinami řidičů s různou řidičskou praxí pozorovatelné rozdíly v tom, jak často a jak dlouze fixují některé objekty v jejich zorném poli (Olsen, Lee, & Wierwille, 2005; Taoka, 1990; Rockwell, 1972).

6.1.2 Formulace hypotéz

Z předložených výzkumných otázek jsme formulovali hypotézy pro následné statistické testování naměřených dat.

H₁: Řidiči z povolání se statisticky významně odlišují ve **způsobu rozložení očních fixací** v dopravním prostředí od řidičů soukromých vozidel.

Různá délka řidičské praxe ovlivňuje vizuální vnímání řidičů, o tomto zjištění referovalo již několik studií (Rockwell, 1972; Cohen, 1984; Müsseler et al. 2009). Obecně se ukazuje, že rozdíl mezi zkušenými a méně zkušenými řidiči spočívá právě v rozdílném počtu fixací, který je vyšší u řidičských profesionálů. Zajímá nás celkové rozložení očních fixací řidičů během jejich jízdy a zda se od sebe odlišují sledované skupiny řidičů.

H₂: Řidiči z povolání signifikantně častěji **fixují pohledem periferní oblasti** zorného pole než řidiči soukromých vozidel.

Řada studií (Cohen et. al, 1984; Crundall & Underwood, 1998; Falkmer & Gregersen, 2001; Nakayasu et al., 2007) prokázala, že zkušení řidiči mají tendenci vyhledávat a fixovat objekty v širším rozsahu svého zorného pole, tedy že se rozhlížejí kolem sebe ve větší míře než řidičští nováčci. Laboratorní studie, která se zaměřila na analýzu prostorové variability fixací v horizontální rovině, „*prokázala rozdíl mezi oběma skupinami řidičů, přičemž tato variabilita snímání prostoru byla pro zkušené řidiče rozsáhlejší*“ (Underwood et al., 2002, 95).

H₃: Řidiči z povolání signifikantně častěji pohledem **fixují zpětná zrcátka** než řidiči soukromých vozidel.

Zkušení řidiči sledují skrze zpětná zrcátka dění za vlastním vozem, i když právě neplánují provést žádný řidičský manévr, jako je odbočení nebo změna jízdního pruhu (Štikar, Hoskovec, & Štikarová, 2003; Mourant & Rockwell, 1972). Novější výzkumy vizuální pozornosti řidičů ukazují, že zkušení řidiči mají obecně „*vyšší vzorkovací frekvenci zpětných zrcátek a kratší dobu zpracování*“ (Konstantopoulos, 2010).

H₄: Řidiči z povolání svým pohledem statisticky více **fixují vozidlo jedoucí před nimi** než řidiči soukromých vozidel.

Rozvinutější řidičská zkušenost přispívá ke stabilnější oční fixaci bezprostředně před

sebou jedoucího vozidla. Analýzy Underwooda a jeho kolegů (2002) potvrdily tento rozdíl mezi různě zkušenými řidiči.

H₅: Existuje statisticky významný rozdíl mezi počtem **fixací dopravního značení** u řidičů z povolání a řidičů soukromých vozidel.

Dopravní studie se neshodují v jasném konstatování, zda věk nebo řidičská zkušenost ovlivňuje v pozitivním či negativním směru fixace dopravních značek (Schořová, 2013). Ovšem obvykle konstatují, že zkušení řidiči setrvávají pohledem na dopravním značení kratší dobu (Veselá, 2018). V okolí městské komunikace se jich vyskytuje obvykle velké množství, což někteří označují již spíše za rušivý distraktor (Štikarová, 2003).

H₆: Řidiči z povolání signifikantně častěji zrakem **fixují přechody pro chodce** a jejich bezprostřední okolí než řidiči soukromých vozidel.

Chodci v okolí komunikace představují nezranitelnější účastníky městské mobility. Vyhodnocování fixací chodců je dosti složitý problém, do kterého vstupuje množství aspektů od aktuální pozice, směru chůze vzhledem k vozovce, k jejich množství a konkrétnímu místu. Reakcí řidičů na chodce se zabývala například studie Kleduse a jeho kolegů (2015). Nás bude zajímat, zda řidiči monitorují z určité vzdálenosti levý a pravý vstup na přechod a případně chodce v jejich blízkosti.

H₇: Řidiči z povolání signifikantně častěji **fixují interiér automobilu** než řidiči soukromých vozidel.

Ačkoliv Mourant a Rockwell (1972) zjistili, že řidiči s menší řidičskou zkušeností fixují tachometr častěji než jejich zkušení kolegové, kteří odhadují svou rychlost z jiných zdrojů, závěry jiných výzkumných studií s nimi nejsou konzistentní (Lansdown, 2002; Bláhová, 2014). Rozhodli jsme se fixace interiéru ověřit. Očekáváme, že většina fixací během jízdy bude směřována na rychloměr a otáčkoměr, ale započítáme jakýkoliv odklon pohledu od vozovky do interiéru vozidla.

6.2 Design a pozadí přípravy výzkumu

V této podkapitole popíšeme čtenáři technicko-ideový plán předloženého výzkumného projektu. Představíme dílčí kroky, které byly realizovány v průběhu přípravy a realizace studie od jejího počátku po zpracování naměřených dat.

Samotnému zahájení výzkumné práce předcházela důkladná rešerše relevantní literatury dotýkající se problematiky řídičské pozornosti. Jednalo se především o studium laboratorních i terénních výzkumů v dopravě realizovaných od počátku rozvoje eye-trackingu po současný stav poznání. Zajímaly nás závěry experimentálních šetření realizovaných ve světě i u nás, z řad studentů i odborníků. Po prozkoumání tematiky jsme se rozhodli, s ohledem na dostupné prostředky naší univerzity – mobilní eye-trackerové zařízení a experimentální vozidlo, provést výzkum v realitě dopravní situace města Olomouc.

S ohledem na výše stanovené cíle byl zvolen model kvantitativní metodologie s mezisubjektovým experimentálním plánem (between-subjects design), ve kterém jsme pozorovali dvě skupiny participantů ve vzájemně vyrovnaných skupinách. Kontrolovanou nezávislou proměnnou byla profesní řídičská zkušenost. Sledované závislé proměnné se týkaly způsobů vizuálních fixací v zorné poli (např.: interiér vozu, dopravní značky atd.), které jsou již představeny výše.

V první fázi přípravy výzkumu byla pečlivě plánována trasa jízdy (viz příloha C), tak aby vedla rozličným městským dopravním prostředím a zároveň byla optimálně dlouhá. Okruh byl veden přes dopravní centrum města s hojným zastoupením tramvajové, autobusové i automobilové dopravy, s množstvím přechodů pro chodce i s vyhrazenými cyklistickými pruhy, odbočovacími pásy. Dále přes místa s křížením dopravních cest s kruhovými objezdy, se světlenou signalizací i bez ní. Rovněž skrze části s převahou bytové zástavby, a tedy s klidnější mírou dopravního ruchu. Optimalizace trasy byla v závěru konzultována s učitelem autoškoly, tak aby byla zastoupena veškerá pestrost dopravního prostředí zvoleného města. Celkový čas průjezdu dle plánovače tras Mapy.cz byl 21 minut.

V následující fázi přípravy byl sestaven autorský dotazník analýzy řídičské pozornosti připraven pro potřeby online administrace (viz příloha D). Sloužil ke sběru základních údajů o probandech zapojených do výzkumu, kromě věku a pohlaví nás zajímala délka

řidičské praxe a znalost dopravního prostředí města Olomouc. Dále jsme se v něm dotazovali na řidičské zkušenosti, frekvenci, postoji k řízení a jejich nehodovosti. Rovněž nás zajímalo, co samotní řidiči ze své praxe označují za rušivé vlivy ovlivňující jejich řízení a čemu během jízdy dle své zkušenosti věnují málo vizuální pozornosti.

6.2.1 Sběr dat

Pilotní testování

Před vlastním sběrem dat proběhlo pilotní testování, při kterém jsme sledovali způsob a správnost nastavení eye-trackeru, výdrž baterií, postup výpůjčky vozidla a fungování sběru dat z obou experimentálních nástrojů. Pilotní studie se dvěma zkušebními probandy byla realizována v prosinci 2020 a vedla k novým zjištěním. Na základě nich jsme odstranili zjištěné nedostatky, doplnili nové relevantní odpovědi a pozměnili některé formulace otázek v dotazníku. Také jsme se rozhodli v následujícím sběru upřednostňovat řidiče bez očních vad kompenzovaných kontaktními čočkami. Po základní analýze naměřených dat jsme dospěli k rozhodnutí, že v průběhu samotných jízd budeme průběžně ověřovat přesnost záznamů očních fixací a případně nahrávání a jízdu pozastavíme a znovu eye-tracker kalibrujeme. Pro porozumění vysvětleme, že: *„kalibrace je proces, při kterém se odhalují geometrické charakteristiky očí sledovaného subjektu jako základ pro plně přizpůsobený a přesný výpočet bodu pohledu“* (Tobii Pro Glasses – Discontinued, nedat).

Oproti laboratornímu zkoumání je při realizaci mobilní studie v realitě dopravy potřeba předem uvažovat o složitosti analýzy získaných dat, z tohoto důvodu je mnohem těžší rozšířit zkoumání na velký počet účastníků (Mento, 2020). Tak jsme uvažovali i při přípravě naší výzkumné studie a stanovili jsme si interval 8 až 12 zúčastněných řidičů. Pro všechny probandy byla stanovena stejná trasa průjezdu městem. Přesto jsme si byli vědomi toho, že podněty, kterým budou jednotlivci vystaveni, vyplynou z aktuální dopravní situace a budou tedy mírně odlišné. Rozhodli jsme, že sběr dat bude probíhat v odpoledních časech cca od 13 do 16 hodiny, tak aby byly zajištěny nejlepší možné světelné podmínky a zároveň přibližně podobná hustota dopravy. Chtěli jsme se vyhnout ranní i odpolední špičce s dlouhým popojížděním v kolonách.

Vlastní sběr dat

Ostrý sběr dat byl naplánován na jaro roku 2021, ale nastalá epidemiologická situace neumožnila jeho realizaci. Výzkum tak proběhl až v listopadu a prosinci daného roku. Před jeho zahájením byli účastníci požádáni o vyplnění dotazníku a byla s nimi uzavřena smlouva o výpůjčce univerzitního experimentálního vozidla, která by případně kryla škody vzniklé při samotném testování. Bohužel chybou komunikace došlo k situaci, kdy v jednom výzkumném dni nebylo možné využít výzkumného vozidla a bylo přistoupeno k náhradnímu řešení. Řidiči odjeli jízdy v náhradním soukromém automobilu.

Do studie se přihlásilo celkem 11 řidičů, ale jeden byl již předem vyloučen z důvodu vážné oční vady, která neumožňovala jeho zapojení. Před samotným uskutečněním testovací jízdy byli účastníci ústně informováni o účelu celé studie a způsobu zajištění anonymity dat. Nechybělo slovní vyjádření jejich dobrovolnosti se vstupem do výzkumu a způsobilosti k řízení vozidla.

Vlastní sběr dat probíhal jednotlivě. Samotnému zahájení jízdy předcházelo vždy krátké seznámení s vozidlem, během kterého si již daný řidič zvykal na nasazení využívaného zařízení pro sledování očí (brýle Tobii Pro Glasses 2). Účastníci testování individuálně volili mezi třemi různými nosníkovými sedýlky, tak aby jim brýlová obruba co nejméně omezovala zorný výhled a celé zařízení pevně drželo i během pohybů hlavy. Před zahájením záznamu sledování očí byla provedena nezbytná kalibrační procedura pomocí ovladače Tobii Pro Glasses Controller. Během tohoto procesu byli účastníci požádáni, aby zrakem fixovali bod na kalibrační destičce ve vzdálenosti cca 1 metru.

Ačkoliv je jmenované zařízení pro sledování očí považováno za uživatelsky přívětivé, neomezující a do našeho výzkumu se přihlásili zkušení řidiči z řad profesionálů i běžných uživatelů osobních vozidel, předpokládali jsme, že jejich řidičské chování bude v počátku měření ovlivněno několika proměnnými. Těmi byly například novost testové situace, charakteristiky experimentálního automobilu, skutečnost samotného brýlového eye-trackerového zařízení na obličeji probandů, přítomnost experimentátorů ve vozidle a další. To nás přimělo k rozhodnutí analyzovat naměřená data od určitého místa, ve kterém jsme již mohli u účastníků očekávat přivyknutí testovým podmínkám.

Získaná data byla při samotné jízdě ukládána na SD paměťovou kartu záznamové jednotky eye-trackeru a následně skrze ethernet kabel do přenosného počítače.

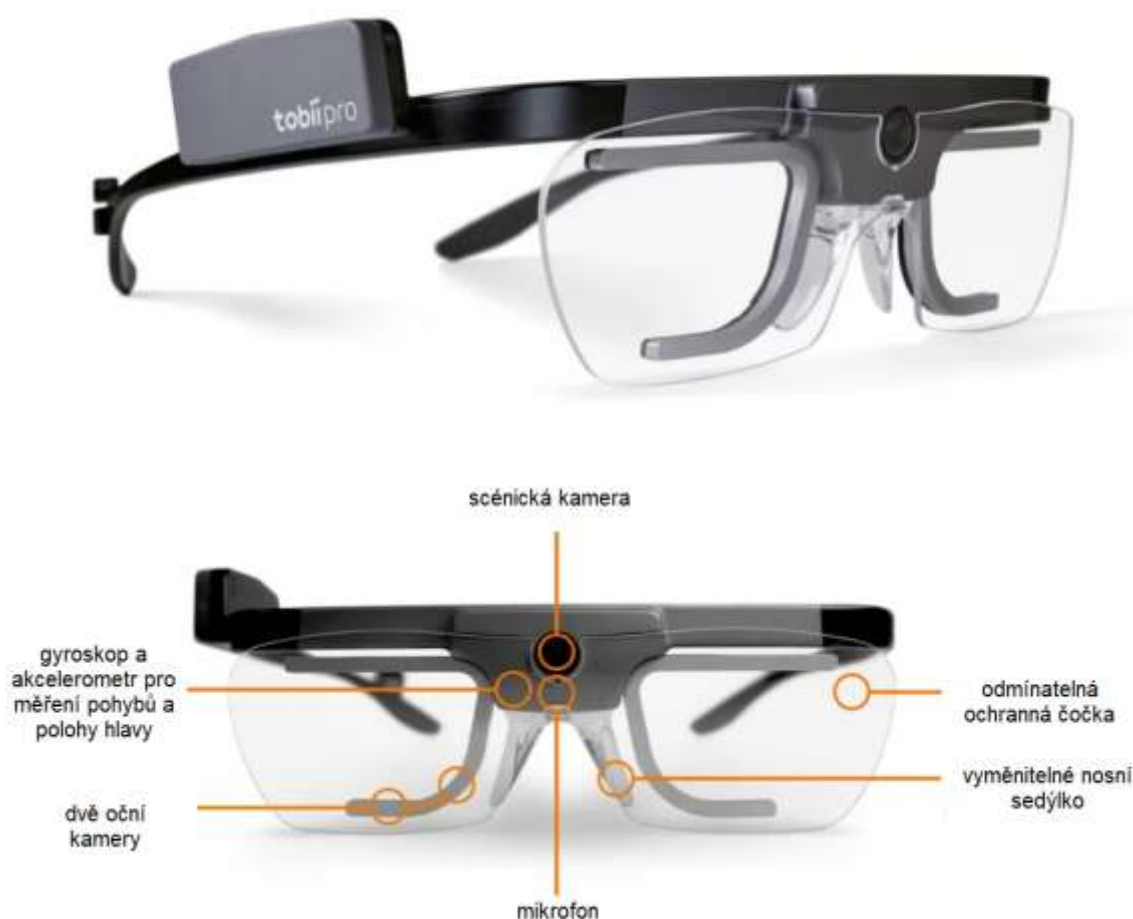
Exportovaná data byla podrobena vizuální analýze se zaměřením na oblasti zájmu tzv. Area of Interest, zkráceně AOI (Andrienko et al., 2012). Příprava základních dat byla provedena v programu Tobii pro Lab a v aplikacích pro přehrávání videí. Pro jejich zkompletování a převedení do jednotné elektronické podoby byl využit software Microsoft Office Excel. Před samotnou deskripcí a statistickým zpracováním byla data pročištěna a jejich správnost ověřena nezávislým pozorovatelem. Závěrečné ověření výše definovaných výzkumných hypotéz bylo provedeno v programu Statistika 13.

6.3 Technické vybavení

Nyní se zaměříme na krátké představení jednotlivých použitých nástrojů. Pokusíme se krátce specifikovat vlastnosti, popsat části mobilního eye-trackeru a využití automobilů. V závěru kapitoly charakterizujeme výzkumnou trasu.

6.3.1 Tobii Pro Glasses 2

Použitým eye-trackerovým zařízením byly brýle Tobii Pro Glasses 2 (viz obr. 15). Jedná se o mobilní zařízení druhé generace od společnosti Tobii AB, které je navrženo pro behaviorální studie v prostředí reálného světa a sloužící k měření vizuální pozornosti.



obr. 15: Tobii Pro Glasses 2 (Tobii Pro, nedat.b)

Samotné brýle jsou uzpůsobeny tak, aby byly diskrétní a poskytovaly účastníkům výzkumů maximální volnost. Váží pouze 45 gramů včetně ochranných čoček (skla) a

záznamová jednotka (s váhou 312 g včetně baterie) pro ukládání dat má kapesní velikost. Technika sledování očních pohybů je binokulární a stojí na snímání odrazu od rohovky a sledování tmavé zornice. Vzorkovací frekvenci čtyř očních kamer lze nastavit v pásmu 50 nebo 100 Hz. Scénická kamera snímající zorné pole účastníka v rozsahu 90° (16:9) má rozlišení 1920 x 1080 pixelů (s frekvencí 25 Hz). Maximální úhly záznamu jsou 82° horizontálního a 52° vertikálního úhlu. Zařízení navíc zaznamenává prostřednictvím mikrofonu také okolní zvuky a má zabudované senzory pro určení náklonu a natočení hlavy (Tobii Pro, nedat.b).

Přenos informací mezi zařízením a záznamovou jednotkou napájenou z baterie (doba záznamu 120 minut) je veden přes jeden HDMI kabel. Softwarový ovladač Tobii Pro Glasses Controller umožňuje ovládání a spouštění vlastního zařízení. Prostřednictvím programu je řešena kalibrace nástroje a zahájeno i ukončeno samotné nahrávání. Navíc zprostředkovává zobrazení aktuálních dat formou videa v reálném čase. Exportovaná data jsou zpracovávána v softwaru Tobii Pro Lab určeném pro jejich analýzu.

6.3.1 Experimentální vozidlo

Pro náš výzkum jsme měli k dispozici experimentální osobní automobil značky Ford Focus, který je určen k terénním výzkumům v oblasti dopravní psychologie. Vozidlo je vybaveno množstvím dostupných asistenčních systémů, jejichž funkce však nebyla předmětem našeho zkoumání. Vůz byl řádně pojištěn v souladu se zákonem o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou jeho provozem (zákon č. 168/1999 Sb.) a řidiči uzavírali před jízdou smlouvu o výpůjčce. Na tomto místě je nutné ještě poznamenat, že část výzkumu byla z důvodu nepředvídaných problémů realizována na jiném vozidle značky Kia, které bylo v osobním vlastnictví jednoho z výzkumníků.

6.3.2 Charakteristika trasy

Jednotliví řidiči projížděli jízdní trasu dlouhou cca 9,5 km, která měla charakter uzavřeného okruhu (viz Příloha C). Začínala v ulici Koželužská u Dopravního podniku města Olomouce, vedla kolem Krajského soudu a zimního stadionu na ulici Palackého. Poté po třídě Svornosti, ulicemi Kmochova a Stupkova, dále kolem Fakultní nemocnice Olomouc a Výstaviště Flóra až na třídu Svobody. Trasa pokračovala po vnějším obvodu

městské památkové zóny kolem Terežské brány, městské tržnice, po třídě Kosmonautů až k vlakovému nádraží. Účastníci dále projížděli ulicí Jeremenkovou, stočili do ulice Dr. Milady Horákové a do centra se vraceli kolem Chrámu svatého Gorazda. Projeli ulicemi Komenského, poté pod katedrálou sv. Václava ulicí Dobrovského a odbočili zpět k místu, kde celá trasa začínala. Odhadovaný průjezd trasou byl kolem 20 minut.

V průběhu sledované trasy řidiči museli 6krát odbočit vpravo a 8krát vlevo na vedlejší komunikaci bez značené semaforové signalizace. Celkem 6krát také projížděli přes křížení komunikace s vlakovou nebo tramvajovou cestou. Po trase potkali 62 značených přechodů pro chodce a 4krát křížili značený pás pro cyklisty. V průběhu jízdy se setkali 12krát se světelnou signalizací a projeli jeden kruhový objezd. V okolí komunikace se vyskytlo rovněž velké množství dopravního značení včetně toho na vozovce, odbočovacích pásů, řada výjezdů z vedlejších komunikací, nespočet reklamních ploch, několik zastávek MHD, vozidel parkujících v blízkosti pozemních komunikací a dalších podnětů. Každá jízda pak byla specifická množstvím pohybujících se objektů – chodců, cyklistů, jiných osobních i městských vozidel aj., v bezprostřední blízkosti komunikace.

6.4 Popis metodologie výzkumu

V této podkapitole představíme metodologické pozadí našeho výzkumu. Nejprve se zaměříme na popis základního souboru a vysvětlíme užití pojmů. Následně představíme průběh výběru výzkumného vzorku a jeho základní charakteristiky. Uvedeme rovněž způsob zpracování statistických dat.

6.4.1 Popis výběru a charakteristika výzkumného souboru

Za základní populaci do našeho výzkumného projektu jsme si zvolili řidiče starší 23 let. Horní hranici věku jsme nestanovili, spodní hranice byla zvolena na základě minimálního věku pro získání řidičského oprávnění skupiny B (zákon č. 361/2000 Sb.) s připočtením 5ti let řidičské praxe.

Naším záměrem bylo posuzovat mezi sebou skupiny řidičů, kteří mají dobré řidičské zkušenosti, které získali buď v rámci své řidičské profese, nebo jako uživatelé automobilů pro své soukromé účely. Naši první skupinu probandů tvoří řidiči komerčních vozidel (Šucha, 2019). Ve výzkumu je označujeme jako **řidiče z povolání**. Jedná se o řidiče, kteří tráví většinu svého pracovního času za volantem osobního automobilu. Zaměřili jsme se cíleně na výběr řidičů taxislužeb a učitele autoškol, kteří museli získat profesní osvědčení ke způsobilosti svého povolání. Toto oprávnění k výkonu své práce zahrnuje u řidičů taxíků lékařské, dopravně psychologické vyšetření a odbornou zkoušku – z místopisu, dopravních a právních předpisů a jiné (zákon č. 111/1994 Sb). Učitelé v autoškolách absolvují několikahodinové kvalifikační školení teoretické výuky i praktického výcviku a rovněž je posuzována jejich psychická způsobilost k výkonu povolání (zákon č. 247/2000 Sb.).

Druhou posuzovanou skupinu tvoří **řidiči soukromých vozidel**. Šucha (2019, 117) je definuje jako někoho, kdo ročně najede do 36 tisíc kilometrů, za volantem stráví méně než 720 hodin, řídí vozidlo do 11 tun a řízením se neživí. Tuto skupinu probandů zastupovali řidiči, kteří nemají v životopisu profesní řidičskou praxi, ale řízení se věnují aktivně alespoň pět let nazpět.

Výběr primárního výzkumného vzorku byl proveden kombinací metody samovýběru (*self selecting sample*) a metody sněhové koule (*snowball sampling*). Uveďme, že tyto nepravděpodobnostní metody sběru dat vedou ke zkreslení charakteristik výběrového

vzorku. Z tohoto důvodu a vzhledem k celému rozsahu výzkumu si neklademe za cíl naše závěry zobecňovat pro celou řidičskou populaci. Navíc všichni zúčastnění v dotazníku, který se zaměřoval na řidičské zkušenosti, i v osobním rozhovoru během jízdy uvedli, že je řízení baví a naplňuje.

Jednotliví probandi z řad profesionálních řidičů se hlásili na základě e-mailové výzvy (viz příloha B) adresované všem taxi službám a autoškolám s působností v městě Olomouc. Výzkumu se účastnili dva řidiči autoškol (P2 a P5), dva řidiči olomouckých taxislužeb (P3 a P4) a jeden řidič z firmy zaměřené na prodej a dovoz produktů (P1). Tato skupina probandů tak byla zastoupena řidiči s výbornou (P2, P3, P4, P5) nebo dobrou (P1) znalostí dopravního prostředí města Olomouc. Jednalo se pouze o muže ve věkovém rozmezí od 37 do 68 let s více než pětiletou profesní řidičskou praxí.

Na základě plakátovací kampaně (viz příloha A), skrze sociální sítě a reference předchozích účastníků výzkumu, se hlásili řidiči do naší druhé skupiny (P6 až P10). Tvořili ji 2 ženy (P6 a P7) a 3 muži (P8, P9 a P10) ve věkovém rozmezí 25 až 55 let. Všichni uvedli, že řízení se věnují více než pět let. Do kategorie řidičů s výbornou znalostí města patřili pouze dva sledovaní (P6 a P10). Ostatní dopravní prostředí města Olomouc neznali nebo znali pouze omezeně (P7, P8, P9).

Před vlastním experimentem všichni zúčastnění vyplnili online dotazník (viz příloha D) a po informování slovně vyjádřili souhlas se zpracováním jejich anonymizovaných dat. Po zpracování a interpretaci získaných eye-trackorových záznamů byly všechny podklady bezpečně zálohovány pro případné navazující studie.

6.4.2 Metody zpracování statistických dat

Data z online dotazníku byla zkompletována a převedena do jednotné elektronické podoby v softwaru Microsoft Office Excel. Před následnou deskripcí a statistickým zpracováním byla podrobena kontrole a kódování.

Záznamy z eye-trackeru byly podrobeny analýze v softwaru Tobii Pro Lab. Nejprve byly z celkového zpracování vyloučeny konkrétní časové úseky (tzv. Times of Interest, zkráceně TOIs), ve kterých řidiči z různých důvodů přerušili svou jízdu. Jednalo se například o část záznamů, při kterých v průběhu sběru výzkumných dat probíhala kontrola přesnosti eye-trackerového záznamu. Rovněž byly z analýz odstraněny časové intervaly, v nichž řidiči stáli na křižovatkách cest, dávali přednost v jízdě jiným

vozidlům nebo čekali na změnu signalizace semaforů pro volný průjezd křižovatkou. Následně jsme si stanovili konkrétní místo na trase, od kterého jsme se rozhodli zpracovávat vizuální fixace podnětů. Výběr místa byl ovlivněn předpokládanou dobou potřebnou pro řidičskou adaptaci na eye-trackerové zařízení a vozidlo. Tyto kroky byly nezbytné, abychom mohli záznamy jednotlivých jízd mezi sebou porovnávat.

Další postup analýzy si žádal výběr konkrétních cílů neboli oblastí zájmu (tzv. Areas of Interest, zkráceně AOIs), ve kterých probíhala samotná analýza fixací. Z výše předložených hypotéz jsme v jednotlivých záznamech označili námi sledované oblasti, kterými byli: zpětná zrcátka, vozidla jedoucí před námi, dopravní značky v bezprostřední blízkosti komunikace, dopravní přechody, interiér vozidla. Jako AOIs jsem tedy definovali oblasti obsahující informace relevantní pro bezprostřední bezpečnost jízdy. Tato práce byla velmi pracná a časově náročná, jelikož vyžadovala individuální zpracování nejen jednotlivých záznamů jízd, ale současně v pohybujícím se videozáznamu jejich jedinečné označení v konkrétním čase. Získali jsme velké množství jednotlivých dat, které bylo nutné po jejich exportu do MS Excel sjednotit.

Pro potřeby této práce jsme se rozhodli vyhodnocovat počet prvních fixací ve stanovených AOIs, nikoliv jejich celkový počet. Tyto data nám lépe poskytují informaci o tom, jak řidiči vybraných skupin vizuálně zpracovávají zorné pole. Pro čtenářské porozumění, o první fixaci oblasti se jedná ve chvíli, kdy předchozí vizuální pozornost směřovala mimo tuto sledovanou oblast zájmu.

Periferní řidičské pohledy byly zpracovávány jednoduchou vizuální analýzou výzkumníka. Oblast periferie představovala odvrácení pohledu do stran na jiná místa v okolí dopravní komunikace, pro naše účely byl stanoven úhel větší 30°. Do periferních pohledů nebyly započítány ty, které směřovaly do zpětných zrcátek, nebo kterými řidiči monitorovali prostor přechodů pro chodce a cyklisty. Vyloučeny byli proto, že bezprostředně souvisejí s bezpečnou jízdou a byly vyhodnoceny zvláště v rámci předchozích analýz jednotlivých objektů dopravy.

Pro obrazové zaznamenání zajímavých způsobů vizuálního zpracování některých momentů ve videích jsme využili nástroj Snapshots, který ukládá snímky obrazovky se znázorněním místa zrakové fixace. Tyto fotografie jsou použity v části věnované analýzám a interpretacím.

Souhrn všech dat byl kompletován v MS Excel a statistické zpracování proběhlo v programu Statistika 13. Před výběrem konkrétních testových metod byla ověřena normalita rozložení naměřených dat, k tomuto účelu posloužil Shapiro-Wilkův test. Narušení distribuční funkce normálního rozdělení (hodnota $p < \alpha$) vykazovala data týkající se záznamů sledování zpětných zrcátek, interiéru vozu, fixace dopravního značek a předchozího vozidla. Pro posouzení významnosti rozdílů mezi skupinami řidičů v případě parametrických výpočtů jsme využívali metodu t-testu pro dva nezávislé výběry. Výsledek jsme doplnili také ukazatelem míry účinku tzv. Cohenovým d , který jsme počítali podle vzorce $d = (\bar{x} - \bar{y}) / s$. Tento ukazatel praktické významnosti je vlastně rozdíl aritmetických průměrů srovnávaných proměnných dělený jejich společnou směrodatnou odchylkou. V případě porušení předpokladu stejných rozptylů ($\sigma^2_x \neq \sigma^2_y$) uvádíme robustnější variantu Welchova t-testu s ukazatelem věcné významnosti Glassovou deltou ($\Delta = (\bar{x} - \bar{y}) / s_y$).

Při porušení předpokladu normálního rozdělení dat, byla zvolena neparametrická metoda pro dva nezávislé výběry – tzv. Mann-Whitneyův U test s použitou korekcí na spojitost i na pořadí hodnot. Tento statistický postup pracuje s pořadím jednotlivých měření dle jejich velikosti. Zvolili jsme jej kvůli malému počtu našich pozorování, pro který nemůžeme předpokládat fungování centrálního limitního teorému. Výsledky jsou doplněny ukazatelem míry účinku $AUC = U / n$, kde je statistika U dělena celkovým počtem pozorování n . Navíc jsme doplnili výpočet o závěry Hodges-Lehmannova estimátoru, který je robustním odhadem mediánu všech průměrů mezi měřeními.

6.5 Etika výzkumu

Při přípravě, realizaci výzkumu a také při analýze dat jsme dodržovali etické zásady doporučené katedrou psychologie Univerzity Palackého v Olomouci. Účast všech osob ve výzkumu byla dobrovolná. Účastníci byli předem pravdivě informováni o účelu, povaze i cílech našeho zkoumání. Byli seznámeni s charakterem eye-trackerového záznamu včetně upozornění na nahrávání zvukové stopy. Svou ochotu zapojit se do výzkumu vyjádřili účastníci vyplněním online dotazníku před jízdou, jejímž odesláním udělili souhlas se zpracováním jejich anonymizovaných dat. Předem jim byla zaslána také podoba smlouvy o výpůjčce experimentálního vozidla. Její uzavření proběhlo až po zodpovězení případných dotazů před zahájením samotné jízdy. V průběhu vzájemné komunikace před výzkumem jsme uváděli e-mailový i mobilní kontakt pro možné spojení nebo vysvětlení nejasností. Zúčastnění řidiči byli po zapojení odměněni malým dárkem. Po skončení výzkumu byli seznámeni s výsledky zkoumání a bylo jim zasláno video jejich jízdy s vizualizací očních fixací.

S veškerými získanými daty jsme nakládali pouze za účelem výzkumu, a to v souladu s aktuálně platnými českými a evropskými předpisy a normami (§ 5 odst. 4 zákona č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých dalších zákonů; GDPR). Se záznamem v průběhu sběru i při jeho analýze disponoval pouze výzkumný tým, exportování probíhalo skrze zabezpečené síťové připojení a následně byla data uložena do zaheslovaných uživatelských účtů.

Pamatovali jsme na to, že výzkum čelí rizikům plynoucím z vlastní realizace v obtížně kontrolovatelné dopravní situaci, jež nelze předem ošetřit. Obě použitá vozidla byla řádně pojištěna pro případ škod způsobených dopravní nehodou. V průběhu jízd jsme kontrolovali dodržování bezpečných pravidel silničního provozu. V případě jejich překročení jsme byli připraveni na jejich nedodržení řidiče upozornit a případně výzkum ukončit.

7 Analýza a interpretace výsledků

V této kapitole postupně představíme podrobné analýzy neměřených výsledků. Nejprve se budeme zabývat bližší statistickou charakteristikou našeho výběrového souboru. Uvedeme zjištěné informace z autorského dotazníku věnovanému problematice řídičské pozornosti. Dále se již budeme zabývat analýzou záznamů z eye-trackeru pro jednotlivé sledované proměnné.

7.1 Základní statistiky výběrového souboru

Výše definovanými podmínkami pro zařazení do výzkumu řídičské pozornosti bylo normální (brýlovými čočkami nekorigované) vidění a vlastnictví řídičského průkazu skupiny B. Tyto náležitosti splnilo celkem deset subjektů z jedenácti přihlášených, kteří projevíli zájem se studie účastnit. Jednalo se o 8 mužů a 2 ženy ve věku od 24 do 68 let. Jejich věkový průměr byl 43,1 let (SD = 14,31). Malá velikost výběrového souboru je dána složitostí terénního zkoumání a následných analýz eye-trackerových dat. Na základě jiných výzkumů ji však lze považována za dostatečnou (Niehorster et al., 2020).

Základní charakteristika zkoumaných skupin je uvedena v následující tabulce (Tabulka 1). Uvádíme také pohlaví účastníků, ačkoliv jsme se na hledání rozdílů mezi muži a ženami nesoustředili.

Tabulka 1: Zastoupení účastníků ve zkoumaných skupinách

Zkoumané skupiny	Celkový počet	Počet mužů	Počet žen	Věkový průměr (SD)
Řidiči z povolání	5	5	0	50,2 (14,11)
Řidiči soukromých vozidel	5	3	2	36,2 (11,38)

Skupinu řidičů z povolání tvořilo pět mužů, z nichž dva byli starší 60 let, jeden do 50 let a dva do 40 let. Skupina řidičů soukromých vozidel byla tvořena dvěma ženami do 40 let, a třemi muži ve věku 25, 36 a 55 let. V závorce u věkových průměrů uvádíme směrodatné odchyly (SD).

Z dotazníků a osobních rozhovorů během výzkumu víme, že všichni účastníci aktivně

řídí již více než 5 let. Všichni shodně uvedli, že řízení se věnují rádi nebo opravdu rádi. Množství a charakter podnětů, kterým jsou řidiči vystaveni a které musí během jízdy vizuálně zpracovávat se liší podle dopravního prostředí. Zajímalo nás tedy, v jakém dopravním prostředí obvykle jezdí účastníci našeho výzkumu, zda převážně v městském provozu, mimo město nebo přibližně stejně v obou prostředích. V souvislosti s položenou otázkou jsme se dotazovali, nakolik znají dopravní prostředí města Olomouc, ve kterém jsme náš výzkum realizovali. Frekvence řízení byla u všech řidičů poměrně vysoká, řídili denně nebo několikrát do týdne. Všechna zjištění jsou představena v následující tabulce (Tabulka 2).

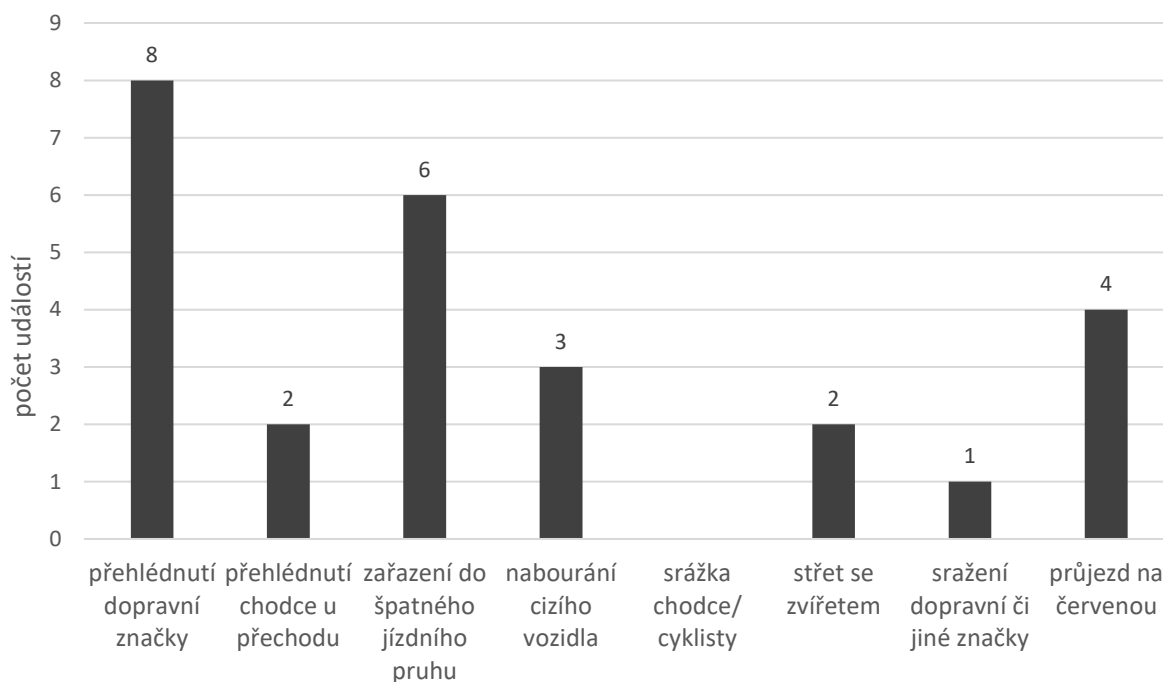
Tabulka 2: Charakteristika zkoumaných skupin

sledované proměnné		Řidiči z povolání	Řidiči soukromých vozidel
Délka řidičské praxe	méně než 5 let	0	0
	více než 5 let	5	5
Řídí	opravdu rádi	4	2
	rádi	1	3
Obvykle jezdí	ve městě	3	0
	mimo město	0	2
	stejně v obou	2	3
Znalost dopravního prostředí města Olomouc	zná	4	2
	nezná	1	3
Frekvence řízení	denně	5	3
	několikrát týdně	0	2

Z údajů vyplývá několik zajímavých zjištění. Všichni řidiči z povolání jsou zkušení v městském provozu, naopak ve skupině řidičů soukromých vozidel se vyskytl dva z účastníků, kteří obvykle jezdí mimo město. Důležitou informací je také rozdíl v míře znalosti dopravního prostředí Olomouce mezi zkoumanými skupinami, ke kterému musíme přihlédnout například při interpretaci sledování dopravních značek a jiných prvků v dopravě. Prostor naší výzkumné trasy bylo dobře známé čtyřem řidičům z povolání a pouze dvěma řidičům soukromých vozidel.

7.2 Výsledky dotazníkového šetření

Další část našeho dotazníku se věnovala mapování řídičských chyb souvisejících s narušením vizuální pozornosti. Nechali jsme respondenti vybírat z předložené nabídky nehod a událostí. Rozdíly mezi sledovanými skupinami nejsou významné, proto zjištění představujeme v jednom souhrnném grafu (Graf 1).

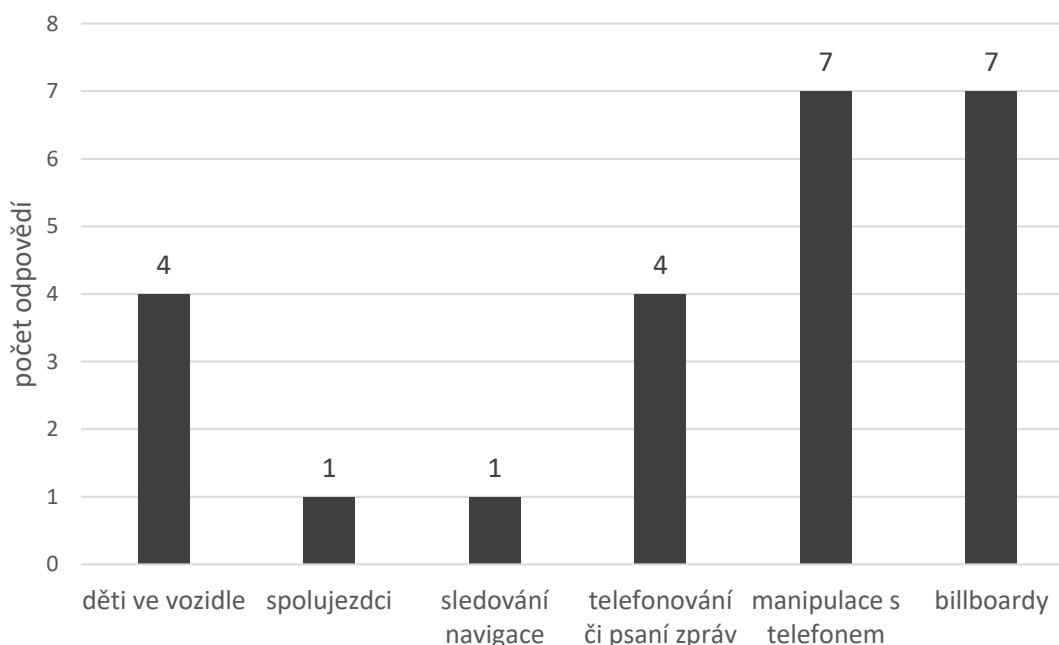


Graf 1: Přehled chybových událostí řidičů související s narušením vizuální pozornosti

Následně jsme požádali respondenty, aby se pokusili krátce popsat danou událost a případně důvody, které vedly dle jejich názoru k nehodě nebo přehlédnutí důležitého podnětu. Pro příklad uvádíme některé ze zajímavých výpovědí.

K průjezdu na červenou signalizaci na semaforu: „*projetí signálu stůj se stalo z důvodu mé nepozornosti při řízení*“ nebo „*během únavy a v trochu zmatené dopravní situaci jsem projel na červenou, víc si nepamatuji.*“ A další: „*byl jsem zabrán do rozhovoru se spolujezdcem a projel jsem na červenou, avšak v době minimální intenzity provozu.*“ Situace vedoucí k srážce s jiným vozidlem popsali probandi například takto: „*nedodržená bezpečná vzdálenost a na základě toho nedobrzdní za vozidlem přede mnou.*“ Jiná výpověď: „*přede mnou stojící vozidlo se rozjíždělo a náhle mu zhasl motor, okamžitě se zastavilo. Já jsem se plynule rozjížděl, nestihl jsem tak rychle zareagovat a lehce do něj narazil v minimální rychlosti.*“

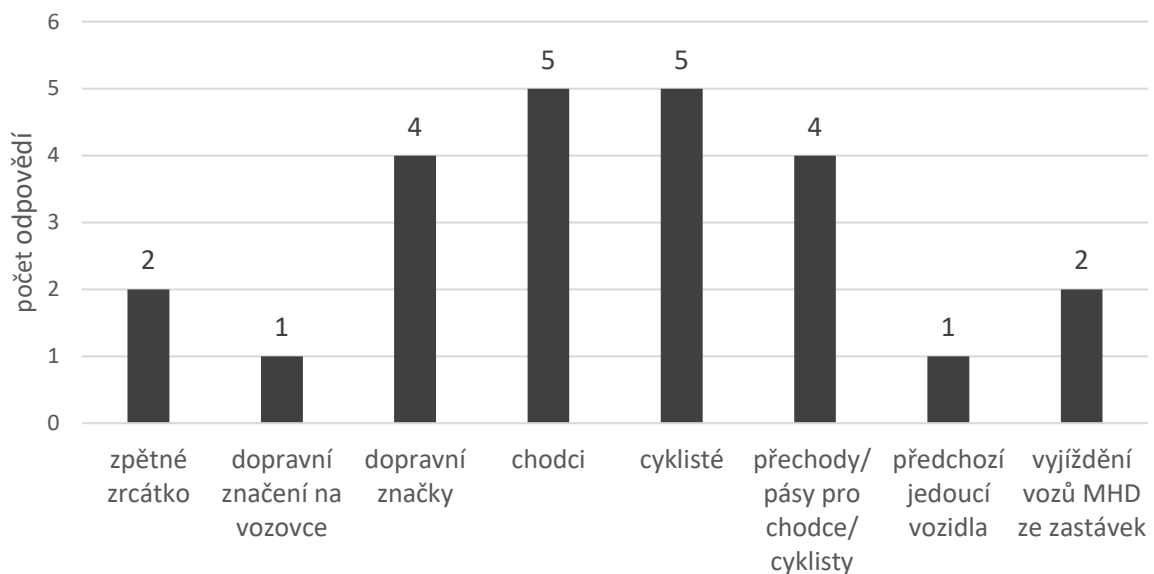
Závěr našich dotazů směřoval na zjištění distraktorů řidičské pozornosti. Rozptylování řidiče představuje dobře zdokumentovanou a dále zkoumanou oblast problému bezpečnosti silničního provozu. Nás zajímalo, co sami účastníci výzkumu hodnotí jako rušivý podnět, který odklání jejich soustředění od bezpečné jízdy. Jejich odpovědi opět uvádíme v grafickém zpracování (Graf 2) pro obě skupiny dohromady. Respondenty jsme nechali vybírat z otevřené nabídky možných distraktorů. Žádný z řidičů neoznačil za rušivý podnět následující tři možnosti: poslech hudby/rádia, konzumaci potravin/nápojů a kouření. Ačkoliv o jejich negativním vlivu na řidičské soustředění není pochyb a hovoří o nich závěry mnoha výzkumů a odborných publikací (Brodsky, 2015; Calvi, Benedetto, & D'Amico, 2011), v našem grafu nejsou uvedeny.



Graf 2: Distraktory řidičské pozornosti

Z výsledků vyplývá, že řidiči si uvědomují odklon své pozornosti od bezpečné jízdy především při obsluze telefonu, kterou může představovat telefonování, čtení a psaní zpráv nebo vyhledávání informací. Respondenti rovněž hojně zmínili negativní vliv vizuálního smogu či reklam kolem dopravních komunikací. O obou těchto skupinách distraktorů řidičské pozornosti se hojně diskutuje v odborných i neoborných kruzích. Je tak možné uvažovat, že jejich vysoký výběr je ovlivněn faktorem známosti. Čtyři respondenti z deseti rovněž označili za rušivý element přítomnost dítěte ve voze, což potvrzují závěry některých předešlých studií (Koppel et al., 2011).

Naposledy jsme dotazníkem mapovali oblasti, které respondenti ze své zkušenosti opomíjejí. Z otevřené nabídky vybírali podněty, o kterých vědí, že by jim při svých jízdách měli věnovat více své pozornosti. Opět předkládáme souhrnné vykreslení odpovědí pro obě sledované skupiny (Graf 3). Jednotlivé položky grafu představují statické i dynamické prvky v dopravě, které jsme si stanovili sledovat v datech z eye-trackeru.



Graf 3: Prvky v dopravě, kterým chtějí respondenti věnovat více pozornosti

Z grafického znázornění je zřejmé, že více řidičské pozornosti si žádají nejzranitelnější účastníci dopravy – chodci a cyklisté. Chůzí se mobility ve městě účastní především děti mladší 12 let a dospělí nad 75 let; nejpočetnější skupinou cyklistů jsou pak především mladí dospívají (Šucha, 2019). Řidiči vozidel musí počítat s tím, že v těchto věkových kohortách se vyskytují lidé s chybnými odhady bezpečných vzdáleností a riskantním chováním, které jsou dány jejich biologickými omezeními a vývojovými zvláštnostmi. Ty je činí ještě více zranitelnými.

7.3 Výsledky záznamů z eye-trackeru

Tato část naší práce se již bude věnovat samotné prezentaci dat z eye-trackingových záznamů. Výsledky pro jednotlivé analýzy jsou přehledně prezentovány v tabulkách. V návaznosti na vyhodnocené údaje se současně vyjadřujeme také k platnosti stanovených výzkumných hypotéz. Jejich přijetí nebo zamítnutí je stanoveno na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, pokud není uvedeno jinak. Tato vymezená hladina hovoří o maximálně 5 % pravděpodobnosti, že zamítnutí testované nulové hypotézy bylo neoprávněné.

7.3.1 Kvalita a čas eye-trackerových záznamů

Před samotným hodnocením uvádíme v následující tabulce (Tabulka 3) souhrn průměrů dat týkající se času a kvality eye-trackingových nahrávek. Úplnost záznamu uvedeného v procentech předkládá informaci o celkovém množství zpracovaných vzorků pohledů. Naše nastavení eye-trackeru se vzorkovací frekvencí 50 Hz zaznamenávalo 50 snímků za sekundu. Všechny snímky ale nebyly použity k výpočtu bodu aktuálních pohledů, protože informace v nich nebyly kompletní. To bylo způsobeno například vlivem mrkání, výraznou rotací oka, oslněním a jinými důvody. Celkové nahrané časy, záznamy vlastních jízd i hodnocené časové intervaly jsou uvedeny v sekundách.

Tabulka 3: Kvalita a časy záznamů z eye-trackeru

	Řidiči z povolání	SD	Řidiči soukromých vozidel	SD
Úplnost záznamů (%)	92	4,47	95	2,35
Celkový čas záznamů (s)	1668,6	142,65	1417,2	224,77
Časy vlastních jízd (s)	1572,2	101,86	1320,2	210,17
Vyhodnocované časy (s)	1122,8	54,56	1008,6	48,97

Procento vyhodnocených vzorků nahrávek bylo vysoké u obou skupin. Nižší číslo u skupiny řidičů z povolání bylo způsobeno nystagmem tedy mimovolným třesem očních bulv jednoho z účastníků. Ztráta dat v jeho záznamu byla 15 %, což jej ale nevyklučovalo z následných analýz.

Průměrný čas nahrávek se pohyboval kolem 25 minut, prodloužení doby nahrávání bylo

způsobeno především množstvím počátečních a závěrečných úkonů kontrolního či zabezpečovacího charakteru. V jedno případě se jednalo také o chybné odbočení z trasy, jinak šlo především o ověřování přesnosti eye-trackingového záznamu a parkování v závěru testovacích jízd.

Skupina řidičů projela trasu městem v průměru za 26 minut. Časy jízd u skupiny řidičů soukromých vozidel byly kratší o cca 2,5 minuty. Domníváme se, že příčinou zkrácení časů bylo, že čtyři z pěti řidičů této skupiny absolvovali své jízdy v den státního svátku. V tento den byl průjezd městem rychlejší vlivem nižší dopravní hustoty.

Po vyloučení časových intervalů, při kterých byly jednotlivé jízdy přerušeny například z důvodu červené signalizace na semaforech, se vyhodnocovaná délka hodnocených záznamů zkrátila. Průměr hodnocených časů zájmu tzv. TOIs byl 16,5 minut pro řidiče soukromých vozidel a 18,5 minut pro řidiče profesionály.

7.3.2 Oční fixace v záznamech eye-trackeru

V naší práci se zabýváme sledováním fixací objektů v dopravě, proto je nezbytné uvést také souhrnnou statistiku těchto fixací a jejich základní charakteristiku. V následujícím zobrazení (Tabulka 4) uvádíme pro srovnání průměr celkového počtu všech fixací v záznamech mezi skupinami. Dále celkové časy, ve kterých řidiči fixovali objekty zorného pole, rovněž jejich průměrnou délku. Následně představujeme počet námi vyhodnocovaných fixací, které se vyskytly v sledovaných TOIs, a také počet fixací, které byly směřovány do sledovaných oblastí zájmu, tedy konkrétně zpětných zrcátek, interiéru vozu nebo na dopravní značky.

Tabulka 4: Charakteristika očních fixací pro sledované skupiny řidičů

	Řidiči z povolání	SD	Řidiči soukromých vozidel	SD
Celkový počet	3671,6	292,54	3460,2	591,87
Celkový čas (s)	822,2	129,36	769	96,97
Průměrný čas (s)	0,25	0,05	0,25	0,04
Počet hodnocených	2614,4	205,95	2641,4	136,9
Počet fixací v AOIs	954,6	265,92	407	89,24

Rozdíl v průměrném počtu všech fixací v záznamu se pohyboval kolem 211 fixací ve prospěch skupiny řidičů profesionálů. Pro ujištění jsme ověřili normalitu rozložení dat testem Shapiro-Wilka ($W = 0,908$; $p = 0,268$) a provedli kontrolní t-test pro dva nezávislé výběry ($t = 0,716$; $p = 0,494$), který ukázal že počty celkových fixací mezi skupinami řidičů jsou vzájemně ekvivalentní.

Celkový čas fixací uvedený v sekundách informuje o souhrnném časovém úseku, ve kterém oči účastníků fixovaly konkrétní místa v zorné poli. Výpočet je provedený odečtením doby sakád, při kterých se oči pohybují mezi jednotlivými místy fixace, od celkové doby trvání TOIs. Časy jsou mezi skupinou profesionálních řidičů (822,2 sekund) a skupinou řidičů soukromých vozidel (769 sekund) podobné, tak jako průměr délek jednotlivých fixací, který se pro obě skupiny pohybuje kolem 0,25 sekundy.

Počet fixací, které jsme ze záznamů vyhodnocovali, je u obou skupin téměř shodný.

Zajímavý je ale rozdíl v počtu fixací v oblastech zájmu (dále AOIs), které jsme sledovali. Pro upřesnění je třeba poznamenat, že jsme hodnotili pouze první fixace v AOIs po odklonu vizuální pozornosti od jiné oblasti fixace. Mezi těmito hodnotami uvedenými v tabulce (Tabulka 4) je patrný rozdíl, proto jsme se rozhodli ověřit data testem normality (Shapiro-Wilk = 0,925; $p = 0,362$). Jelikož nám Levenův i Fisherův F test ukázaly statisticky významnou rozdílnost nezávislých rozptylů sledované veličiny ve srovnávaných skupinách řidičů, museli jsme přistoupit k výpočtu Welchovy varianty t-testu. Výsledky statistiky uvádíme níže (Tabulka 5). Na základě tohoto srovnání můžeme vyhodnotit hypotézu **H₁**: *Řidiči z povolání se statisticky významně odlišují ve způsobu rozložení očních fixací v dopravním prostředí od řidičů soukromých vozidel.*

Tabulka 5: Rozdíl v počtu fixací AOIs mezi skupinami řidičů

	Skupina řidičů	M	SD	Welchův t-test	df	p-hodnota (two-tailed)	Δ
Počet fixací v AOIs	z povolání	954,6	265,92	4,365	4,9	0,007*	6,14
	soukromí	407,0	89,24				

Poznámka: „*“ = signifikantní na 0,05

Nalezený výsledek Welchova t-testu je statisticky významný, a proto na základě uvedené p-hodnoty ($p < 0,05$) naši **hypotézu o rozdílu mezi skupinami řidičů přijímáme**. Hodnota Glassovy $\Delta = 6,14$ značí velmi vysokou věcnou významnost porovnávaných rozdílů. Ze statistického zpracování počtu fixací AOIs vyplývá, že řidiči z povolání častěji fixují oblasti, ve kterých se nacházejí relevantní zdroje informací (zpětná zrcátka, přechody pro chodce, předchozí vozidlo aj.), které bezprostředně souvisejí s bezpečnou jízdou.

Periferní pohledy

Při zpracovávání jednotlivých částí videozáznamů jsme postupně odečítali pohledy směřované do periferních oblastí, ve kterých účastníci pootočením hlavy nebo prostřednictvím rotace očí fixovali objekty nacházející se mimo jízdní trasu. Informační přínos těchto pohledů může být různý. Řidiči mohou fixovat prvky, které přinášejí potenciálně důležité údaje z dopravního prostředí (např.: výjezd automobilu z míst mimo pozemní komunikaci, kontrola pohybujícího se vozu ve vedlejším pruhu aj.). Jiné podněty mohou působit rušivě, odvádět řidičovu vizuální pozornost od samotné jízdy a zvyšovat riziko nehody (např.: při sledování billboardů). Tato problematika by si zasloužila podrobnější analýzu, než je v samotném rozsahu této práce. Omezili pouze na vyloučení fixací prvků, jež jsou zahrnuty v jiných námi zkoumaných AOIs.

Již z následujícího srovnání průměrů periferních pohledů (Tabulka 6) je patrný rozdíl mezi skupinami řidičů. Ověřili jsme normalitu rozložení dat (Shapiro-Wilk = 0,901; $p = 0,224$) a provedli srovnání rozptylů ($F = 5,133$; $p = 0,142$) a na základě těchto výsledků jsme přistoupili k výpočtu rozdílů dvouvýběrovým t-testem.

Tabulka 6: Rozdíl ve fixaci periferních oblastí mezi skupinami řidičů

	Skupina řidičů	M	SD	t-test	df	p-hodnota (<i>one-tailed</i>)	d
Periferní pohledy	z povolání	352,4	117,45	3,264	8	0,006*	1,43
	soukromí	165,0	51,84				

Poznámka: *,** = signifikantní na 0,05

Výsledek nalezené p-hodnoty potvrdil signifikantní rozdíl mezi sledovanými skupinami. Ukazatel míry účinku Cohenovo $d = 1,43$ navíc značí vysokou sílu významnosti, jelikož skupina řidičů z povolání se liší v míře sledování periferního okolí v průběhu řízení o více než jednu směrodatnou odchylku od skupiny řidičů soukromých vozidel. Na podkladě těchto zjištění se můžeme vyjádřit k platnosti **H₂: Řidiči z povolání signifikantně častěji fixují pohledem periferní oblasti zorného pole než řidiči soukromých vozidel.** Položenou hypotézu na základě zamítnutí jejího nulového doplňku **přijímáme.**

Na následující sérii momentek (neboli Snapshots) z testových jízd předkládáme ukázkou fixace periferního pole vybraného profesionálního řidiče (P5). Snímky představují

způsob zpracování informací z řidičova zorného pole ve chvíli průjezdu křižovatkou řízenou semaforem (obr. 16). Vybraný účastník pohledem kontroluje bezpečný průjezd, intuitivně předvídá možnou chybu ze strany ostatních účastníků provozu, aby mohl případnému střetu svou reakcí zabránit. Jak se ukázalo i v našem dotazníku, který jsme administrovali účastníkům před výzkumem, chybné přehlednutí signalizace stůj na semaforu se vlivem nepozornosti reálně může stát.



obr. 16: Série fixací při průjezdu křižovatkou (P2)



obr. 17: Série fixací periferních míst (P9 a P5)

Zpětná zrcátka

Položili jsme si za cíl naším výzkumem zjistit, zda (**H₃:**) *Řidiči z povolání signifikantně častěji fixují pohledem zpětná zrcátka než řidiči soukromých vozidel*. Pohled do zpětných zrcátek přináší řadu informací o dění za vozidlem nebo v sousedním pruhu, díky kterým může řidič zabránit případným kolizím, například při přejíždění do jiného jízdního pruhu. Automobil je opatřen třemi zpětnými zrcátky – levým, pravým a vnitřním. V následujícím přehledu (Tabulka 7) uvádíme souhrn počtů fixací jednotlivých zrcátek pro skupiny řidičů.

Tabulka 7: Průměrný počet fixací zpětných zrcátek u sledovaných skupin řidičů

	Řidiči z povolání	SD	Řidiči soukromých vozidel	SD
Levé zrcátko	43	37,75	13	6,89
Vnitřní zrcátko	35	26,65	30,2	21,16
Pravé zrcátko	21,6	26,31	8,6	14,28

Z dat průměrů fixací zpětných zrcátek je patrný výrazný rozdíl zvláště v počtu pohledů do bočních zrcátek. Z bližší analýzy dat jednotlivých účastníků výzkumu jsme zjistili, že některý z nich (P10) se do pravého zrcátka během jízdy vůbec nepodíval, jiný ze stejné skupiny řidičů soukromých vozidel (P9) dané zrcátko fixoval celkem 34krát. Mezi jednotlivými probandy v obou skupinách se v počtech pohledů, které věnovali zvláště každému zrcátku, vyskytovaly výrazné rozdíly, které neodpovídaly normalitě rozložení dat. Rozhodli jsem se proto přistoupit ke statistickému srovnání (Tabulka 8) souhrnného počtu pohledů věnovaných všem zpětným zrcátkům dohromady.

Tabulka 8: Rozdíl ve fixaci zpětných zrcátek mezi skupinami řidičů

	Skupina řidičů	M	SD	U	Z	p-hodnota (one-tailed)	AUC
Fixace zrcátek	z povolání	99,6	73,42	7,5	0,943	0,173	0,3
	soukromí	51,8	37,04				

Poznámka: ověřováno na hladině statistické významnosti 0,05

Analýza provedená Mann-Whitneyho U testem nenašla statisticky významný rozdíl mezi skupinami řidičů. Na základě uvedené p-hodnoty se nepotvrdila platnost naší hypotézy o signifikantně častější fixaci zpětných zrcátek řidiči z povolání, proto ji

zamítáme. Doplněk AUC_2 pro skupinu profesionálních řidičů hovoří o 70 % pravděpodobnosti, že tito řidiči výše skórují v počtu fixací zrcátek. Robustní Hodges-Lehmann estimátor, který srovnává medián rozdílů párů dvojic všech měření, stanovil míru rozdílu mezi skupinami na 66 fixací víc ve prospěch profesionálních řidičů.

V průběhu sledování záznamů z eye-trackeru jsme si povšimli některých zajímavostí. Někteří z řidičů si upravovali polohu vnitřního zpětného zrcátka během jízdy, což lze hodnotit spíše rušivě. Mnohem zajímavější byl ale příklad fixace cyklisty v jízdním pruhu ve chvíli jeho předjíždění řidičem ze skupiny profesionálů (P2). Následná dokumentace Snapshots (obr. 18) je názornou ukázkou pohledu do pravého bočního zrcátka.



obr. 18: Fixace řidiče při předjíždění cyklisty – před a po (P2)

Vozidlo ve výhledu

V následující části analýz dat nás zajímal rozdíl ve fixaci předcházejících vozidel. Počet fixací mezi účastníky byl ovlivněn časovým intervalem, ve kterém se vozidla ve výhledu pohybovala. Proto bylo nutné počítat s průměrem fixací vozů za jednu minutu. Hodnoty nabývaly normálního rozdělení (Shapiro-Wilk = 0,903; $p = 0,235$), ale homogenita jejich rozptylů byla narušena (Leveneho $F = 6,789$; $p = 0,031$). Přistoupili jsme tedy k výběru Welchova t-testu pro dva nezávislé výběry, abychom ověřili, zda platí že **H4: Řidiči z povolání svým pohledem statisticky více *fixují vozidlo jedoucí před nimi než řidiči soukromých vozidel.*** Graficky (Tabulka 9) představujeme nalezené výsledky.

Tabulka 9: Rozdíl ve fixaci vozidel ve výhledu mezi skupinami řidičů

	Skupina řidičů	M	SD	Welchův t-test	df	p-hodnota (one-tailed)	Δ
Fixace přechodů	z povolání	32,15	10,45	3,866	5,75	0,005*	4,0
	soukromí	12,13	5,01				

Poznámka: „*“ = signifikantní na 0,05

Glassova delta, která hovoří o věcném významu, ukazuje na velký efekt v míře sledovaného rozdílu mezi skupinami. Na základě signifikantního výsledku p-hodnoty ($p = 0,0045$) můžeme konstatovat, že rozdíl v míře fixací předchozího jedoucího vozu mezi řidiči z povolání a řidiči soukromých vozidel nabývá statistické významnosti. Proto hypotézu **přijímáme**.

Svislé dopravní značky

Naše analýza dopravních značek se soustředila pouze na vizuální fixace svisle stojících značek v bezprostředním okolí komunikace s vyloučením světelné signalizace. Tu jsme nezahrnuli do našeho sledování z důvodu toho, že při některých jízdách na některých úsecích města byly semaforey vypnuté, v některých chvílích jízd byl průjezd volný, jindy řidiči zastavili za autobusem, který zcela zakrýval výhled na světla semaforu. Vyabstrahování těchto dat by bylo velmi obtížné.

Jelikož nebyla dodržena normalita rozložení dat (Shapiro-Wilk test = 0,803; $p = 0,015$) přistoupili jsme opět k výpočtu Mann-Whitneyova U testu. Výsledky uvádíme

v grafickém zpracování (Tabulka 10), kterou odpovídáme na dvoustraně definovanou hypotézu **H_s**: *Existuje statisticky významný rozdíl mezi počtem fixací dopravního značení u řidičů z povolání a řidičů soukromých vozidel.*

Tabulka 10: Rozdíl ve fixaci dopravních značek mezi skupinami řidičů

	Skupina řidičů	M	SD	U	Z	p-hodnota (two-tailed)	AUC
Fixace vozidla	z povolání	8,6	7,02	3,5	1,781	0,075	0,14
	soukromí	32,0	18,01				

Poznámka: ověřováno na hladině statistické významnosti 0,05

Nalezená p-hodnota nepodkročila stanovenou hladinu významnosti ($\alpha = 0,05$), proto hypotézu o rozdílu ve fixacích dopravních značek mezi skupinami řidičů **zamítáme**.

Pohled na surová data a informace získané dotazníkem analýzy řidičské vizuální pozornosti nás přivedly k stanovení logické doplňkové otázky. Je možné nalézt statisticky významný rozdíl v počtu fixací značek mezi řidiči s různou znalostí dopravního prostředí města Olomouc? Na základě položené otázky jsme vytvořili dvě nové skupiny řidičů. Podobu dopravy v Olomouci znali čtyři probandi ze skupiny profesionálních řidičů (P2, P3, P4, P5) a dva ze skupiny řidičů soukromých vozidel (P6, P10). Ostatní účastníci (P1, P7, P8, P9) město neznali nebo znali jen omezeně. Pro zajímavost uvádíme výpočet statistického testu v následující tabulce (Tabulka 11).

Tabulka 11: Rozdíl ve fixaci dopravních značek mezi řidiči s různou znalostí města

	Skupina řidičů	n	M	SD	U	Z	p-hodnota (one-tailed)	AUC
Dopravní prostředí	znají	6	8,17	6,85	1,0	2,245	0,025*	0,04
	neznají	4	38,5	11,85				

Poznámka: „*“ = signifikantní na 0,05

Výsledek našeho doplňkového výpočtu ukázal na signifikantní rozdíl mezi řidiči, kteří dopravní prostředí města Olomouc znali a kteří jej neznali dobře. Doplněk k AUC ($AUC_2 = 0,96$) lze interpretovat tak, že řidiči bez dobré znalosti města fixují značky s 96 % pravděpodobností častěji než ti, kdo město dokonale znají. Hodges-Lehmann estimátor našel v našem vzorku rozdíl 37 pohledů v mediánu pro skupinu těch, co dopravní prostředí města neznali a orientovali se prostřednictvím dopravního značení.

Přechody pro chodce

Hodnocení fixace bezprostředního okolí přechodů pro chodce ze záznamů se ukázalo být jako obtížný úkol. Hodnověrně rozpoznat, zda je bodem fixace prostor vstupu na přechod nebo výjezd z boční ulice, nebylo snadné. Rovněž musíme brát v úvahu, že zvýšená pozornost věnovaná chodcům je patrně ovlivněna faktorem jejich přítomnosti, což jsme pozorovali i na vizualizacích zaznamenaných jízd. Navíc musíme uvést, že náš výsledek bude pravděpodobně zkreslen, a to v neprospěch skupiny řidičů soukromých vozidel. Čtyři z celkových pěti řidičů této skupiny totiž absolvovali svou jízdu ve státní svátek. Z analyzovaných záznamů bylo zřejmé, že v tento den se na některých místech ve městě vyskytoval zcela odlišný počet chodců. Proto jsme nejprve přistoupili k ověření normálního rozdělení testem Shapiro-Wilka ($W = 0,920$; $p = 0,354$). Homogenita rozptylů byla vyhodnocena Leveneho testem nesignifikantně (Levene $F = 3,429$; $p = 0,101$). Na základě těchto zjištění jsme zvolili výpočet t-testu, jehož výsledky jsou uvedeny níže (Tabulka 12), a kterým se snažíme najít ověřit platnost naší hypotézy **H₆**: *Řidiči z povolání signifikantně častěji zrakem fixují přechody pro chodce a jejich bezprostřední okolí než řidiči soukromých vozidel.*

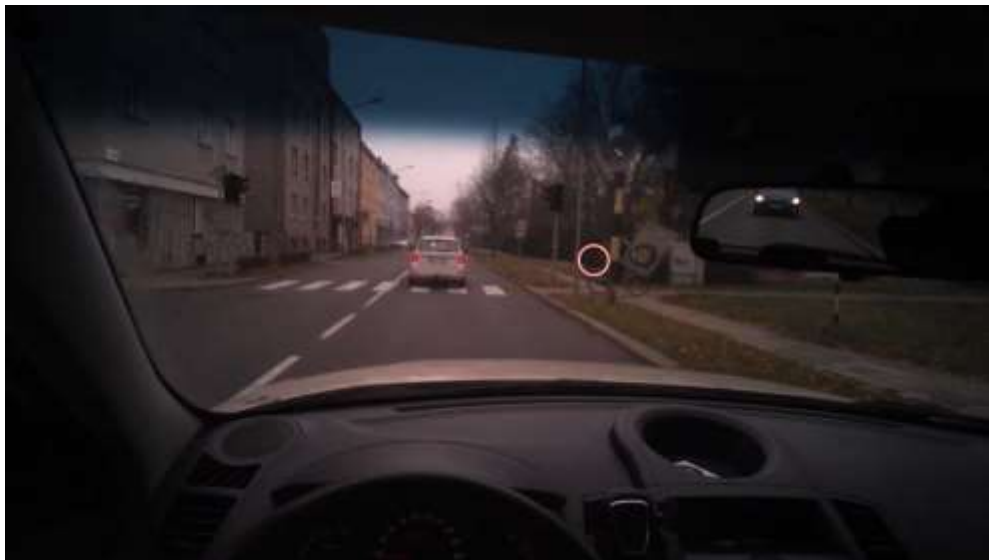
Tabulka 12: Rozdíl ve fixaci přechodů pro chodce mezi skupinami řidičů

	Skupina řidičů	M	SD	t-test	df	p-hodnota (one-tailed)	d
Fixace přechodů	z povolání	137,6	37,92	3,871	8	0,005*	1,53
	soukromí	68,6	12,16				

Poznámka: „*“ = signifikantní na 0,05

Z uvedeného přehledu vyplývá, že řidiči z povolání signifikantně častěji fixují prostor přechodů pro chodce než řidiči soukromých vozidel. Na vysoký efekt významnosti nalezeného rozdílu mezi skupinami ukázalo také Cohenovo d. Předloženou hypotézu proto můžeme **přijmout**.

Pro dokumentaci příkladů předkládáme opět některé hodnocené ukázky fixací míst s přechody pro chodce (viz obr. 19).



obr. 19: Série fixací míst přechodů pro chodce (P6 a P8)

Interiér vozidla

Interiér vozu je prostředím, ve které na řidiče působí velké množství podnětů, jež mohou odvádět jeho pozornost od hlavního úkolu, kterým je bezpečná jízda. Z palubní desky vozu může řidič odečítat relevantní informace, například z přístrojových ukazatelů rychlosti jízdy a otáček motoru. Současně ale může být sváděn potřebou ovládat některý z nespočtu doplňkových zařízení vozu (např.: klimatizaci, rádio aj.). Během našich testových jízd jsme pozorovali řadu interindividuálně různě dlouhých a odlišných fixovaných míst ve vozech. K interiérovi vozu by bylo možné rovněž radit pohledy směřované na vnitřní zpětné zrcátko, to jsem se ale rozhodli zpracovávat zvlášť, proto je zde už nezapočítáváme. Následujícím schématem (Tabulka 13) se pokusíme statisticky zodpovědět hypotézu **H7: Řidiči z povolání signifikantně častěji fixují interiér automobilu než řidiči soukromých vozidel.**

Tabulka 13: Rozdíl ve fixaci interiérovi vozidla mezi skupinami řidičů

	Skupina řidičů	M	SD	U	Z	p-hodnota (one-tailed)	AUC
Fixace interiérovi	z povolání	47,6	34,79	4,0	1,671	0,047*	0,16
	soukromí	15,2	6,22				

Poznámka: „*“ = signifikantní na 0,05

Z předchozí tabulky vyplývá, že nalezený rozdíl mezi průměrnou fixací interiérovi vozu řidiči z povolání a řidiči soukromých vozidel je statisticky významný. Předloženou hypotézu proto můžeme **přijmout** a doplnit dalšími ukazateli. Při vyvození doplňku z uvedeného AUC lze říci, že řidiči profesionálové s 84 % pravděpodobností častěji fixují vnitřek vozidla než řidiči bez profesní zkušenosti. Hodges-Lehmannův mediánový odhad našel rozdíl 25 fixací mezi skupinami řidičů.

7.3.3 Shrnutí analýz hypotéz

V předchozích částech jsme prezentovali výsledky jednotlivých statistických analýz, doplnili je o fotografické ilustrace z jízdních zkoušek a současně informovali čtenáře o některých možných souvislostech. Na závěr se pokusíme přehledně shrnout výsledky jednotlivých formulovaných hypotéz do graficky členěného seznamu (Tabulka 14).

Tabulka 14: Souhrn hypotéz a nalezených výsledků

Hypotéza	p-hodnota	Závěr
H₁: Řidiči z povolání se statisticky významně odlišují ve způsobu rozložení očních fixací v dopravním prostředí od řidičů soukromých vozidel.	0,007*	přijímáme
H₂: Řidiči z povolání signifikantně častěji fixují pohledem periferní oblasti zorného pole než řidiči soukromých vozidel.	0,006*	přijímáme
H₃: Řidiči z povolání signifikantně častěji pohledem fixují zpětná zrcátka než řidiči soukromých vozidel.	0,173	zamítáme
H₄: Řidiči z povolání svým pohledem statisticky více fixují vozidlo jedoucí před nimi než řidiči soukromých vozidel.	0,005*	přijímáme
H₅: Existuje statisticky významný rozdíl mezi počtem fixací dopravního značení u řidičů z povolání a řidičů soukromých vozidel.	0,075	zamítáme
H₆: Řidiči z povolání signifikantně častěji zrakem fixují přechody pro chodce a jejich bezprostřední okolí než řidiči soukromých vozidel.	0,005*	přijímáme
H₇: Řidiči z povolání signifikantně častěji fixují interiér automobilu než řidiči soukromých vozidel.	0,047*	přijímáme

8 Diskuze

Tato kapitola si klade za cíl představit výsledky naší studie zaměřené na vizuální pozornost řidičů a uvést je do kontextu se závěry jiných výzkumů, které se zabývaly obdobnou problematikou. Dále bude naší snahou také uvažovat nad možnými limity a přínosy předložené práce.

Stěžejním záměrem naší studie bylo detekovat rozdíly ve způsobech zaměření vizuální pozornosti v reálném dopravním prostředí mezi dvěma skupinami řidičů osobních vozidel – řidičů z povolání a řidičů bez této profesní zkušenosti. Na základě jiných výzkumů (Gstalter & Fastenmeier, 2013; Olsen, Lee & Wierwille, 2005; Underwood et al., 2002 aj.) již víme, že rozvinuté řidičské schopnosti, dovednosti a nabyté zkušenosti řidičů z povolání se promítají do jejich odlišného pojmání zorného pole, rychlejší kritické analýzy dopravních situací, lepšího předvídání možných rizikových situací a také do pružnějšího přizpůsobení řidičského chování (Crundall, 2016; Klauer et al., 2009). Námi realizované zkoumání nabývalo podobu studie v realitě silniční dopravy (naturalistic driving study). Využili jsme moderní metodu sledování pohybů očí, kterou je mobilní eye-tracker. Pomocí brýlového zařízení jsme mohli pozorovat a následně také analyzovat data o očních fixacích dopravních objektů a míst. Naše výzkumné úsilí se pak blíže zaměřilo na hledání diferencí v poměru pohledů do periferních oblastí a rozdílů v počtu fixací vybraných podnětů vyskytujících se v dopravní infrastruktuře nebo přímo ve voze mezi sledovanými skupinami řidičů. Stanovili jsme si za cíl obohatit současné poznatky, často abstrahované na základě laboratorních zkoumání, o rozměr reálného působení městského dopravního prostředí na řidičskou pozornost.

Samotné realizaci výzkumu předcházelo vedle rešerše relevantní literatury, volby mezisubjektového plánu a stanovení zkoumaných proměnných také pečlivé plánování výzkumné trasy a sestavení autorského dotazníku analýzy řidičské pozornosti. Ten nám posloužil ke sběru důležitých informací o zkušenostech, frekvenci i postojích k řízení a vnímaných distraktorech pozornosti jednotlivých účastníků zkoumání. Pilotní testování se uskutečnilo již v prosinci roku 2020. V průběhu této přípravné fáze jsme se mohli důkladně seznámit s využívaným technickým vybavením – přístrojem Tobii Pro Glasses 2, jeho funkcemi, nastavením i výslednou podobou eye-trackerových dat.

Vlastní část sběru dat byla ovlivněna epidemiologickou situací kolem onemocnění COVID-19 a nakonec byla realizovaná až v průběhu listopadu a prosince roku 2021. Studie se účastnilo celkem 10 probandů, jednalo se o 8 mužů a 2 ženy ve věku od 24 do 68 let ($M = 43,1$; $SD = 14,31$). Účastníci byli rozděleni do dvou skupin podle jejich řídičských profesních zkušeností, každá z těchto sledovaných skupin řidičů byla zastoupena vyrovnaně pětici účastníků. Jízdy byly nahrávány jednotlivě. Řidiči projížděli stanovenou trasu městem Olomouc. Každá ze sledovaných jízd byla ve své podstatě jedinečná, a to kontextuálními situačními proměnnými, jež v terénních výzkumech nelze předem ošetřit. Abychom jednotlivé řidiče vystavili alespoň částečně podobným dopravním podmínkám, byly všechny jízdy naplánovány na odpolední časový interval od 13 do 15 hodin. Před vlastním vyhodnocením naměřených dat musely být všechny získané eye-trackerové záznamy postupně zhlédnuty a následně z nich byly vybrány určité časové úseky jízd, jež bylo možné mezi probandy navzájem porovnávat.

Nejprve jsme se zaměřili na porovnání výsledků eye-trackerových dat. Zjistili jsme, že v celkovém počtu fixací se mezi sebou sledované skupiny řidičů příliš nelišily. Rozdíl v průměru hodnocený fixací ve stanovených časových intervalech (TOIs) byl pouhých 27 fixací. Rovněž v průměrných časech fixací nebyl mezi skupinami nalezen rozdíl. Délka očních fixací činila 0,25 sekundy, což je časový údaj, o kterém referují i jiné výzkumy (Veselá, 2018; Summala, Lamble, & Laakso, 1998). Mnohem zajímavější byl ale rozdíl v počtu fixací vybraných oblastí zájmů (AOIs), kterými byly fixace zpětných zrcátek, vozidel ve výhledu, svislých dopravních značek, oblast přechodů pro chodce a interiér vozidla. Diferenci v průměrech fixací AOIs mezi skupinou řidičů z povolání ($M = 955$; $SD = 266$) a skupinou řidičů soukromých vozidel ($M = 407$, $SD = 89$) jsme ověřili Welchovou variantou t-testu, která našla statistickou významnost ($t = 4,365$; $p = 0,007$). Ze statistického zpracování tak vyplynulo, že řidiči z povolání častěji fixují oblasti, ve kterých se nacházejí relevantní zdroje informací (zpětná zrcátka, dopravní značky, předchozí vozidlo aj.), které bezprostředně souvisejí s bezpečnou jízdou.

Dále jsme ověřovali, zda rozvinutá řídičská praxe, která vede k nárůstu specifických odborných znalostí, ovlivňuje také rozsah fixovaného vizuálního pole dopravního prostředí (Müsseler et al. 2009). Z terénního šetření Mouranta a Rockwella (1972) vyplynulo, že řidiči profesionálové častěji registrují informace z periferních oblastí svého zrakového vnímání a naopak, že méně zkušené řidiči soustředí své oční fixace

na menší plochu především v centrální oblasti vidění. Naše zkoumání dospělo ke stejnému závěru. Nalezli jsme statisticky významný rozdíl ($p = 0,006$) v míře fixací periferního okolí v průběhu jízd mezi sledovanými skupinami řidičů. Ukazatel míry účinku Cohenovo d ($d = 1,43$) potvrdil věcnou významnost nalezené diference. Dle uvedeného ukazatele řidiči z povolání pohlédnou do periferních oblastí o více než jednu směrodatnou odchylku častěji oproti skupině řidičů bez profesní zkušenosti. V práci obrazově dokumentujeme, jak vybraný řidič z povolání fixuje periferní oblasti při průjezdu světelně řízené křižovatky. Tento způsob kontroly okolí vozidla nebyl u skupiny profesionálních řidičů ojedinělý. Navíc je možné, že by byl v ideálních testových podmínkách sledovaný rozdíl v periferních pohledech mezi skupinami řidičů ještě zřetelnější, jelikož během záznamů jízd řidičů soukromých vozů bylo na některých místech světlené řízení vypnuto.

Další proměnné, které jsme ve výzkumu věnovali pozornost, byla oční fixace zpětných zrcátek. Olsen, Lee a Wierwille (2005) zjistili, že průměrný řidič 7 % času během jízdy sleduje zpětná zrcátka a již výše zmíněný terénní experiment (Mourant & Rockwell, 1972) odhalil, že zkušení řidiči fixují zpětná zrcátka častěji než jejich méně zkušení kolegové. Pohled do zpětných zrcátek přináší řidičům cenné informace o situaci v bezprostředním okolí vozidla, díky kterým mohou zabránit hrozcím kolizím. Data fixací mezi jednotlivými účastníky pro každé ze zpětných zrcátek byla velmi odlišná a neodpovídala normalitě rozložení dat. Statistické srovnání souhrnného počtu fixací zpětných zrcátek Mann-Whitneyho U testem nenalezla statisticky významný rozdíl mezi jmenovanými skupinami řidičů. Přesto Hodges-Lehmann estimátor, který je velmi robustním ukazatelem srovnávajícím mediány jednotlivých párů dvojic měření, stanovil souhrnný mediánový rozdíl o 66 fixovaných pohledů více pro skupinu řidičů z povolání. Výsledky mohly být ovlivněny skutečností, že tři z deseti účastníků upravovali vnitřní zpětné zrcátko během samotné jízdy (P1, P8 a P9). U skupiny řidičů z povolání jsme během jízd sledovali zajímavé a informačně užitečné fixace pravých bočních zrcátek ve chvíli křížení pásů pro cyklisty nebo při jejich přejíždění.

Laboratorní zkoumání (Underwood et al., 2002) zjistilo, že lidé s rozvinutější řidičskou zkušeností sledují signifikantně častěji vozidla jedoucí před nimi. V analýzách dat z eye-trackeru jsme se rozhodli ověřit, zda tento rozdíl lze zaznamenat i mimo simulované podmínky. Získané počty fixací mezi účastníky však byly ovlivněny časem,

ve kterém se v jejich výhledu objevovalo jiné vozidlo. Museli jsme tak nejprve napočítat průměry fixací za stanovený čas pro všechny účastníky, které jsme následně podrobili statistickému srovnání pomocí Welchova t-testu pro dva nezávislé výběry. Nalezený rozdíl fixací vozidel ve výhledu ($t = 3,866$; $p = 0,005$) podkročil stanovenou hladinu p-hodnoty. Zde zvažujeme možnou chybu našeho měření. Domníváme se, že faktor vzdálenosti předchozího vozidla ve výhledu může vizuální fixaci tohoto vozu významně ovlivňovat. Ze sledování záznamů bylo zřejmé, že v případě přibližování se k jiným vozům nebo při jejich bezprostředním následování byla frekvence očních fixací vyšší. Bližší zkoumání tohoto jevu bylo nad rámec našeho výzkumu, ale zmiňujeme, že v budoucnu bychom si dokázali představit jeho detailnější rozpracování.

Studentská práce s videosekvencemi dopravních situací z pohledu řidiče vozu v kontrolovaných laboratorních podmínkách zaznamenala statisticky významný rozdíl mezi skupinou zkušených a nezkušených řidičů v počtu i čase fixování dopravních značek (Veselá, 2018). Rozhodli jsme se ověřit tento závěr v realitě dopravy. Náš výzkumný vzorek byl tvořen řidiči s různou znalostí dopravního prostředí Olomouce. Sledovaná trasa vedla frekventovanými úseky, u kterých můžeme předpokládat, že ti, kteří ve městě bydlí, pracují a pravidelně řídí, tato místa dobře znají. Skupina řidičů z povolání byla zastoupena čtveřicí probandů s velmi dobrou znalostí města. Dva z těchto řidičů byli taxikáři a dva učitelé autoškol, kteří nezávisle na sobě během jízd uvedli, že se na značky nedívají, jelikož jejich pozice a význam dobře znají. Ve skupině řidičů soukromých vozidel byli pouze dva účastníci, kteří referovali, že městem projíždějí denně. Faktor znalosti dopravního prostředí sehrál svou roli. Při statistickém posuzování fixací svisle stojících dopravních značek nebyl nalezen rozdíl mezi řidiči s odlišnými profesními zkušenostmi ($p = 0,075$), ale při jejich přerozdělení do skupin podle znalosti dopravního prostředí se efekt prokázal ($p = 0,025$). Pro příští zkoumání fixací dopravních značek proto doporučujeme skupiny vyvážit co do profesních zkušeností tak i do znalosti místního dopravního značení.

Chodci jsou obecně považováni za nejzranitelnější účastníky silničního provozu (Šucha, 2019) a peší přechody představují místa s nejvyšším rizikem vzniku kolize v městském provozu. Řada převážně laboratorních studií se zabývala způsoby fixací a rychlostí detekce nebezpečí vstupu chodce do vozovky mezi skupinami různě zkušených řidičů (Chen et al., 2019, Crundall, 2016; Chapman & Underwood, 1998 aj.). Jelikož závěry

nejsou zcela konzistentní, rozhodli jsme se poznatky rozšířit o naše zjištění. Předpoklad, že řidiči z povolání fixují okolí přechodů pro chodce signifikantně více než řidiči soukromých vozidel, se potvrdil podkročením hladiny $\alpha < 0,005$. Výpočet Cohena d pro rozdíl mezi těmito dvěma skupinami udává hodnotu 1,53, lze ji interpretovat jako vysoce významný efekt nalezené difference.

Poslední proměnnou, kterou jsme se rozhodli hodnotit a podrobit statistickému zkoumání, byl odklon pohledu od vozovky směrem do interiéru vozidla. Záznamy z eye-trackeru ukázaly, že primární fixovanou oblastí uvnitř vozu byla palubní deska s ukazateli rychlosti jízdy a otáček motoru, což odpovídalo jiným výzkumným závěrům (Bláhová, 2014; Lansdown, 2002). Nalezli jsme statisticky významný rozdíl v průměrných počtech fixací interiéru vozu mezi řidiči z povolání a řidiči soukromých vozidel. Výsledek však odporoval zjištěním Mouranta a Rockwella (1972), jelikož náš závěr byl v opačném směru. Účastníci ze skupiny řidičů z povolání fixovali interiér vozidla výrazně více než jejich kolegové s absencí profesních zkušeností.

8.1 Limity studie

Praktická omezení našeho zkoumání spatřujeme v následujících bodech. Prvním je volba nepravděpodobnostních metod výběru výzkumného souboru. Všichni účastníci zkoumání v dotazníku administrovaném před jízdou uvedli, že řízení se věnují rádi nebo opravdu rádi. Do studie se tedy zapojili pouze probandi s obecně pozitivním vztahem k řízení motorových vozidel. V průběhu sběru vlastních dat se většina zúčastněných aktivně dotazovala na princip eye-trackerového zařízení a také se zajímala o samotný význam výzkumného šetření. To mohlo vést k tomu, že své řídičské chování mohli vědomě ovlivňovat.

Zcela zřetelné je, že naše studie v přirozeném prostředí silniční dopravy (naturalistic driving study) s sebou nese jen obtížně srovnatelné výsledky, jelikož každý ze zúčastněných byl podroben zcela jedinečné situaci s mnoha odlišnostmi v působení jednotlivých sledovaných proměnných. To omezení je však vysoce vykompenzováno jedinečnými poznatky, které nelze prostřednictvím laboratorního zkoumání získat.

Způsob sběru dat mobilním přístrojem Tobii Pro Glasses 2, jejich zpracování i vyhodnocení je velmi komplikovaným a časově náročným procesem. Z jiných výzkumů

realizovaných s těmito eye-trackerovými nástroji jsme již věděli, že je nesnadné rozšířit zkoumání na velký počet účastníků (Mento, 2020). Zvolili jsme proto takovou velikost výzkumného vzorku, abychom zvládli data optimálně zpracovat a statisticky vyhodnotit.

Dalším limitem našeho zkoumání byl vlastní časový nárok na získání dat. Na procesu současně participovalo více kolegů z katedry. Proto bylo nutné sladit možnosti a časy všech zainteresovaných stran tak, aby bylo možné realizovat deset samostatných jízd. Vlastní příprava technického vybavení, optimalizace nastavení pro každého jednotlivce, seznámení s průběhem jízdního testu, vlastní sběr a závěrečná kontrola získaných dat si vyžádala v průměru alespoň hodinu času. Z toho důvodu jsme přistoupili na realizaci několika testových jízd v jednom dni. Optimální by samozřejmě bylo stanovit jeden den v týdnu a určitou hodinu, ve které by po dobu deseti týdnů sběr dat probíhal. Tak by bylo možné zajistit nejlépe srovnatelné podmínky. Bohužel jsme museli přistoupit také na sběr dat v průběhu dne státního svátku, v němž byla hustota provozu ve městě znatelně odlišná od reality pracovního dne.

Posledním uvědomovaným limitem je využití dvou různých testových vozidel. Počítali jsme s dobou adaptace na eye-trackerové zařízení a řízení vozu, ale je možné, že časový interval mohl být ovlivněn nejen interindividuálními vlastnostmi a zkušenostmi řidičů, ale současně také použitím jiného typu automobilu.

8.2 Přínosy studie

Za hlavní přínos naší studie považujeme způsob její realizace. Využili jsme dostupných mobilních zdrojů, opustili simulované laboratorní prostředí a provedli výzkum v reálném světě městské dopravy. Zkoumání se neobešlo bez rizik a obtíží, kterým bylo potřeba čelit. Uvědomujeme si naše limity spojené s terénním šetřením a otevřeně je diskutujeme tak, aby mohly být v budoucích výzkumných projektech lépe řešeny. Přesto se domníváme, že námi získané poznatky jsou obohacením současného stavu poznání a mají svou nezastupitelnou hodnotu právě pro způsob jejich sběru.

Pozitivně hodnotíme volbu skupin řidičů dle profesních zkušeností. V mnoha předchozích výzkumech se autoři zaměřovali na dělení skupin především podle věku, počtu najetých kilometrů nebo doby vlastnictví řidičského oprávnění. Z odhadů

testovaných osob, které se účastnily výzkumu, vyplynulo, že všichni již během své řidičské kariéry odřídili více jak 20 tisíc kilometrů. Navíc se v obou skupinách vyskytovali řidiči, kteří v průběhu posledního roku stejný i větší počet kilometrů odřídili. Z pohledu předchozích studií můžeme na všechny účastníky zapojené do našeho výzkumu pohlížet jako na zkušené řidiče.

Na závěr zmiňme, že jsme se pokusili zaměřit na rozložení vizuální pozornosti v celé širší zorného pole s vyčleněním a samostatným hodnocením vybraných objektů v dopravě. Obvykle se studie soustředí pouze na mapování fixací a průměrných časů fixace jednoho sledovaného prvku (např. billboardu). Tento způsob sice umožňuje detailnější prozkoumání, ale naopak mu chybí celkové porozumění interakcím řidičů s dopravním prostředím jako komplexem všech vlivů a podnětů.

9 Závěr

Předložená diplomová práce je věnována tématu řídičské vizuální pozornosti v městské dopravní realitě. Zaměřili jsme se v ní na mapování očních fixací periferních oblastí a dále vybraných statických i dynamicky se pohybujících objektů v okolí silniční komunikace nebo uvnitř vozidel. Těmito závislými proměnnými byly periferie zorného pole, zpětná zrcátka, vozidla jedoucí ve výhledu, svislá dopravní značení, přechody pro chodce a prvky v interiéru vozu. Jmenované proměnné byly sledovány u dvou skupin řidičů, rozdělených podle jejich profesních řídičských zkušeností. Pro detekci míst očních fixací byla využita metoda eye-trackingu. Nyní již předkládáme závěry výsledků terénního výzkumného šetření v dopravním prostředí města Olomouc.

Výzkumné studie se účastnilo celkem deset řidičů. Všichni zúčastnění měli rozvinuté řídičské zkušenosti a řízení osobního vozidla se aktivně věnovali s minimálně týdenní frekvencí již více než 5 let. Probandi byli rozděleni dle jejich řídičských profesních zkušeností do dvou pětičlenných skupin. Jednu skupinu tvořili tzv. řidiči z povolání, jednalo se o učitele z autoškoly, taxikáře a řidiče přepravy obchodních produktů. Druhou skupinu sledovaných zastupovala pětice řidičů bez profesní řídičské zkušenosti.

Mezi skupinami řidičů jsme našli statisticky významné rozdíly, které podkročily hladinou významnosti $\alpha = 0,05$, v očních **fixacích oblastí s relevantními zdroji informací** o aktuální dopravní situaci. Z výsledku Welchova t-testu ($t = 4,365$; $p = 0,007$) vyplynulo, že řidiči z povolání častěji fixují místa, která jsou potřebná pro bezpečnou jízdu v městském provozu. Za tato místa s oblastmi zájmu (Area of Interest; AOI) jsme označili níže zmíněné sledované proměnné.

Dále jsme mezi skupinami posuzovali rozdíl v počtu **pohledů směřovaných do periferie**. Nezaměřovali jsme se na posuzování jejich informačního přínosu, ačkoliv jsme zaznamenali pohledy, které byly potencionálně důležité (např. kontrola místa výjezdu automobilů z bočních ulic), i pohledy rušivé, působící jako distraktory řídičské pozornosti (např. fixace billboardů). Nalezli jsme statisticky významný rozdíl ($t = 3,264$; $p = 0,006$) v míře sledování periferního okolí v průběhu jízdy. Nalezený rozdíl hovoří kladně pro skupinu řidičů z povolání. Lze tedy říci, že účastníci s řídičskou profesní zkušeností fixují zorné pole v širším rozsahu.

Následně jsme posuzovali rozdíl v počtu **fixací věnovaných zpětným zrcátkům**, které

řidiče informují o dění vedle vozidla a za ním. Mezi jednotlivými účastníky sledování byly v počtech pohledů, které řidiči věnovali jednotlivým zrcátkům, rozdíly, a tak získaná data neodpovídala normálnímu rozdělení. Mann-Whitneyho U test však nenalezl rozdíl, který by bylo možné považovat za statisticky významný ($U = 7,5$; $p = 0,173$) a interpretovat jako odlišnost v celkovém způsobu fixací zpětných zrcátek mezi řidiči z povolání a řidiči soukromých vozidel.

Další část analýz odhalila signifikantní rozdíl v počtu **fixací jedoucích vozidel ve výhledu** ($t = 3,866$; $p = 0,005$). Výsledku lze rozumět tak, že řidiči z povolání častěji fixují vozidlo jedoucí před nimi než řidiči bez této profesní zkušenosti. Zmiňujeme však, že nalezená odlišnost mohla být ovlivněna hustotou provozu v jednotlivých testových dnech a rovněž relativní vzdáleností vpředu jedoucího vozu.

Statistické posouzení **vizuálních fixací visle stojících značek** v bezprostředním okolí komunikace nenalezlo významný rozdíl mezi stanovenými skupinami řidičů ($U = 3,5$; $p = 0,075$). Po bližším prozkoumání jsme si ale povšimli odlišností mezi řidiči, kteří dopravní prostředí města znají a neznají. Doplnkový výpočet dvou skupin řidičů rozdělených podle znalosti města Olomouc tento rozdíl potvrdil. Z tohoto závěru vyplývá naše doporučení pro příští výzkumy, a to pokusit se vyvážit skupiny nejen podle profesních zkušeností, ale také dle znalosti dopravní situace.

Data eye-trackerových záznamů umožnila posuzovat rozdíl v míře **fixací okolí přechodů pro chodce**. Analýza dat t-testem ukázala, že řidiči z povolání častěji kontrolují místa s možným výskytem chodců, jež by mohli mít v úmyslu překročit vozovku ($t = 3,871$; $p = 0,005$). Ukazatel míry účinku Cohenovo d ($d = 1,53$) označil nalezený rozdíl za vysoký. Zmiňujeme, že tento výsledek mohl být zkreslen aktuálním výskytem chodců v okolí komunikací v průběhu jednotlivých testovacích dnů.

Na závěr jsme se věnovali posouzení počtu **fixací interiéru vozidla**. Zájem řidičů směřoval především na palubní desku s ukazateli rychlosti jízdy a otáček motoru. Rozdíl mezi skupinami řidičů byl Mann-Whitneyho U testem označen za signifikantní ($U = 4,0$; $p = 0,047$), řidiči z povolání statisticky častěji fixují prostor vozidla.

Věříme, že výsledky naší terénní studie s využitím mobilního eye-trackeru mohou přispět k rozšíření porozumění tomu, čemu řidiči věnují svou vizuální pozornost přímo v dopravním provozu, a poukázat tak na rozdíly ve fixacích objektů řidiči z povolání.

Souhrn

V této práci se blíže zabýváme zrakovým vnímáním jako „*aktivním procesem konstruování smysluplných informací z vnějších vizuálních podnětů založených jak na neurobiologických schopnostech (tj. zákonitostech vnímání) tak na individuální historii učení, například tréninkem dovedností a paměti*“ (Tallon et al., 2021, 1). V kontextu dopravního prostředí se zaměřujeme na vizuální zpracování podnětového pole řidičem vozidla. Řízení v městském provozu je náročnou vizuální úlohou, a nejen dopravní psychologové si kladou otázku, co v dopravě ovlivňuje vizuální vyhledávání, co působí rušivě na pozornost řidičů a jak probíhají kognitivní mechanismy zpracování vizuálních podnětů na smysluplné informace vedoucí k bezpečnému řízení. Naším cílem je přispět k odhalení rozdílů v očních fixacích vybraných objektů v dopravě, které mohou být založeny na pokročilých řidičských zkušenostech u tzv. řidičů z povolání.

Místa, která upoutala vizuální pozornost řidičů, odhalujeme metodou eye-trackingu. Jedná se o moderní nástroj umožňující zaznamenat behaviorální reakce na podněty či situace. Podle těchto míst můžeme analyzovat, jaké informace byly z dopravního prostředí odečítány jednotlivými skupinami řidičů. Princip je založen na algoritmech výpočtu středu zornice, které vycházejí z geometrických a fotometrických parametrů oka při jeho snímání jednou nebo více kamerami. A dále závisí na sledování odrazu světla od rohovky. Tyto údaje a jejich vzájemná vzdálenost, která se při pohybu oka mění, se vzájemně porovnávají (Holmqvist et al., 2011). Tento výzkum bychom mohli realizovat ve výzkumné laboratoři, ale díky technologickému pokroku, zvyšující se flexibilitě a přesnosti mobilních eye-trackerových přístrojů, nám bylo umožněno provádět šetření přímo v prostředí reálného světa dopravy.

Text práce věnovaný analýze vizuální pozornosti je pro přehlednost členěn do dvou celků. První část je věnována uvedení do problematiky samotné metody eye-trackingu. Předem je představen anatomický a funkční aparát lidského zraku s rozlišením různých pohybů očí. Dále je popsána historie sledování očí a vysvětlen princip fungování soudobých nástrojů. Následně jsou uvedeny různé druhy eye-trackerů, jejich praktické možnosti výzkumného využití, podoba zaznamenaných výstupů a jiné způsoby měření očních pohybů. Práce pokračuje teoretickým ukotvením důležitých pojmů a oblastí, které se vztahují ke složkám zrakového vnímání, mechanismům vizuální pozornosti a

jejími distraktory. Teoretická část je uzavřena přehledem současného stavu poznání v oblasti řídičské vizuální pozornosti.

Druhá část práce souhrnně představuje průběh, metodologické pozadí a výsledky výzkumné činnosti, jež měla za cíl detekovat rozdíly v míře fixací míst vizuálního zájmu. Nejprve byla stanovena výzkumná trasa městem Olomouc, sestaven autorský dotazník analýzy řídičské pozornosti a bylo zajištěno potřebné vybavení pro vlastní realizaci zkoumání v realitě dopravního prostředí – univerzitní experimentální vozidlo a mobilní eye-tracker Tobii Pro Glasses 2. Do kvantitativní naturalistické studie řízení se zapojilo celkem deset probandů. Účastníci byli rozděleni do dvou vyvážených skupin podle jejich profesní řídičské zkušenosti. Vlastní sběr dat proběhl ke konci roku 2021, následně byla data podrobena selekci a analýzám. K ověření výzkumných hypotéz byly použity jak parametrické (t-test, Welchův t-test), tak neparametrické testy (Mann-Whitneyův U test). Výsledky byly doplněny ukazateli míry účinku a dalšími statistickými nástroji (Cohenovo d, Glassova delta, AUC, Hodges-Lehmannův estimátor). Interpretace nalezených zjištění byly doplněny o grafické ukázky fixací konkrétních míst. Na základě nálezů p-hodnoty ($\alpha = 0,05$) bylo přijato celkem pět hypotéz ze sedmi postulovaných.

Pozorovali jsme statisticky významný rozdíl v počtu fixací míst souvisejících s bezpečnou jízdou. Řidiči z povolání častěji pohledem kontrolovali periferní oblasti zorného pole. Z videozáznamů jsme zjistili, že účastníci zkoumání s profesními řídičskými zkušenostmi měli tendenci při průjezdu světelnou křižovatkou opakovaně fixovat ostatní účastníky provozu. Tak naopak téměř nečinili řidiči z druhé skupiny. Dále jsme mohli přijmout hypotézy předpokládající nalezený rozdíl mezi řidiči s různou mírou řídičských zkušeností v počtu fixací jedoucích vozidel ve výhledu, oblastí přechodů pro chodce a interiéru vozidla, jelikož řidiči z povolání tato místa v průměru výrazně častěji fixovali. Ostatní rozdíly ve frekvenci očních fixací dopravních značek a zpětných zrcátek nedosáhly statisticky významné hladiny a nemohli jsme o nich rozhodnout.

Všechny nalezené výsledky, výzkumný design i způsob jejich sběru pomocí mobilního eye-trackeru považujeme za užitečný základ pro další zkoumání vizuální pozornosti řidičů přímo v realitě městské dopravy.

Zdroje

- Andrienko, G., Andrienko, N., Burch, M., & Weiskopf, D. (2012). Visual Analytics Methodology for Eye Movement Studies. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(12), 2889–2898.
- Anton, M. (2004). *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů.
- Archibald S. (2008). Ways of seeing: Alfred Yarbus's science of visual attention. *Cabinet Magazine: The Underground Summer*, Issue 30. Získáno 10. února 2022 z <https://www.cabinetmagazine.org/issues/30/archibald.php>
- Bergstrom, J. R. & Schall, A. J. (2014). *Eye tracking in user experience design*. Amsterdam: Elsevier.
- Bláhová, E. (2014). *Vliv prvků okolí komunikace na bezpečnost provozu vozidel*. (Diplomová práce). Brno: VUT, Ústav soudního inženýrství.
- Boer, E. R., Hildreth, E. C., & Goodrich, M. A. (1998). *Satisficing decision making with dynamic mental models*. Paper presented at the 17th European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control, Valenciennes, France.
- Bramborová, S. (2016). Nově aplikovatelné poznatky v oblasti zraku. *Česká oční optika*. 3, 26-29.
- Broadbent, D. (1958). *Perception and Communication*, London: Pergamon Press.
- Brodsky, W. (2015). *Driving With Music: Cognitive-Behavioural Implications*. Human Factors in Road and Rail Transport. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315578170>
- Calvi, A., Benedetto, A., & D'Amico, F. (2011). *Effects of mobile telephone tasks on driving performance: a driving simulation study*.
- Cohen, A. S. (1984). *Einflussgrößen auf das nutzbare Sehfeld*. Bericht zum Forschungsprojekt 8005, Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen.
- Cohen, A. S. (2008). Wahrnehmung als Grundlage der Verkehrsorientierung bei nachlassender Sensorik während der Alterung. In: Schlag, B. (Hrsg.). *Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter*, 65-84.

- Cornsweet, T. N. (1956). *Determination of the stimuli for involuntary drifts and saccadic eye movements*. *J. Opt. Soc. Am.*, 46: 987–993.
- Crane, H. D. & Steele, C. M. (1985). Generation-V dual-Purkinje-image eyetracker. *Applied Optics*, 24(4), 527–537.
- Crundall, D. & Underwood, G. (1998). Effects of experience and processing demands on visual information acquisition in drivers. *Ergonomics*, 41, 448–458.
- Crundall, D. (2016). Hazard prediction discriminates between novice and experienced drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 86, 47–58. doi:10.1016/j.aap.2015.10.006
- Černochová, D. (2013). *Příjem a zpracování vizuálních informací v dopravním provozu*. (Dizertační práce). Praha: Univerzita Karlova, Filozofická fakulta, Katedra psychologie.
- Deutsch, J. A. & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70 (1), 80–90. <https://doi.org/10.1037/h0039515>
- Divišová, G. (1990). *Strabismus*. Praha: Avicenum.
- Dodge, R. & Cline, T. S. (1901). The angular velocity of eye movements. *Psychological Review*, 8, 145-157.
- Duchowski, A. T. (2017) *Eye tracking methodology: theory and practice*. Third edition. Cham: Springer,
- Eggert, T. (2007). Eye Movement Recordings: Methods. *Developments in Ophthalmology*, 15–34. doi:10.1159/000100347
- Edwards, J. D., Vance, D. E., Wadley, V. G., Cissell, M. G., Rucker, D. L., & Ball, K. K. (2005). Reliability and validity of useful field of view test scores as administered by personal computer. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 27(5), 529-543.
- Falkmer, T. & Gregersen, N. P. (2001). Fixation patterns of learner drivers with and without cerebral palsy (CP) when driving in real traffic environments. *Transportation Research F*, 4, 171–185.
- Farnsworth, B. (2017). *Top 12 Eye Tracking Hardware Companies (Ranked)*. Získáno 9. února 2022 z <https://imotions.com/blog/topeye-tracking-hardware-companies/>.

- Farnsworth, B. (2018). *Eye Tracking: The Complete Pocket Guide*. Získáno 9. února 2022 z <https://imotions.com/blog/eye-tracking/>
- Fitts, P. M. & Posner, M. L. (1967). *Human Performance*. Brooks/Cole, Belmont, CA.
- Gibson, J. J. & Crooks, L. E. (1938). A theoretical field-analysis of automobile driving. *American Journal of Psychology*, 51(3), 453–471.
- Glenstrup, A. J. & Engell-Nielsen, T. (1995). *Eye controlled media: Present and future state*. Copenhagen.
- Grzybowski, A. (2009). Harry Moss Traquair (1875-1954), Scottish ophthalmologist and perimetrist. *Acta Ophthalmologica*, 87(4), 455–459. doi:10.1111/j.1755-3768.2008.01286.x
- Gstalter, H. & Fastenmeier, W. (2013). Ältere Fahrer und Verkehrsicherheit? Bestandsaufnahme und mögliche Massnahmen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 1(59), 5-13.
- Hammoud, R. I. (Eds.). (2008). *Passive Eye Monitoring. Signals and Communication Technologies*. doi:10.1007/978-3-540-75412-1
- Helmholtz, H. (1924). *Treatise on physiological optics*.
- Hills, B. L. (1980). Vision, Visibility, and Perception in Driving. *Perception*, 9(2), 183–216. doi:10.1068/p090183
- Hancock, P. A., Mouloua, M. & Senders, J. W. (2008). On the philosophical foundations of the distracted driver and driving distraction. In: Regan, M. A., Lee, J. D., & Young, K. L. (Eds.), *Driver Distraction: Theory, Effects, and Mitigation*. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, USA, 11–30.
- Helísková, M. (2020). Aplikace na ovládání eye trackingového zařízení s možností komunikace se softwarem Hypothesis (Diplomová práce). Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně: Fakulta aplikované informatiky.
- Hoffman, D. D. (2000). *Visual intelligence: How we create what we see*. W W Norton & Co.

- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Halszka, J., & van de Weijer, J. (2011). *Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures*. Oxford University Press.
- Hornová, J. (2011). *Oční propedeutika*. Grada Publishing.
- Horrey, W. J., Wickens, C. D., & Alexander, A. L. (2003). The Effects of Head-Up Display Clutter and In-Vehicle Display Separation on Concurrent Driving Performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 47(16), 1880–1884. doi:10.1177/154193120304701610
- Chapman, P. R. & Underwood, G. (1998). *Visual search of dynamic scenes*: Event types and the role of experience in viewing driving situations.
- Chen, W., Zhuang, X., Cui, Z., & Ma, G. (2019). Drivers' recognition of pedestrian road-crossing intentions: Performance and process. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 64, 552–564. doi:10.1016/j.trf.2019.07.004
- Chun, M. M., Golomb, J. D., & Turk-Browne, N. B. (2010). A taxonomy of external and internal attention. *Annual Review of Psychology*, 62(1), 73–101.
- Irwin, D. E. (2004). Fixation location and fixation duration as indices of cognitive processing. In *The Interface of Language, Vision, and Action: Eye Movements and the Visual World*. Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203488430>
- James, W. (1890). *The Principles of Psychology*. Ziskáno 6. února 2022 z <http://www.public-library.uk/ebooks/50/61.pdf>
- Jošt, J. (2011). *Čtení a dyslexie*. Praha: Grada.
- Kaluger, N. A. & Smith, G. L. (1970). *Driver eye movement pattern under conditions of prolonged driving and sleep deprivation*. Ohio State University. Unpublished paper.
- Kosslyn, S. M. (2005). Mental images and the Brain. *Cognitive Neuropsychology*, 22(3-4), 333–347. doi:10.1080/02643290442000130
- Kircher, K. & Ahlstrom, C. (2016). Minimum Required Attention: A Human-Centered Approach to Driver Inattention. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 59(3), 471–484. doi:10.1177/0018720816672756

- Klauer, S. G., Dingus, T. A., Neale, V. L., Sudweeks, J. D., & Ramsey, D. J., (2006). The impact of driver inattention on near-crash/crash risk: an analysis using the 100-car naturalistic driving study data. *National Highway Traffic Safety Administration*, Washington, D.C.
- Kledus, R., Semela, M., Maxera, P., & Bradáč, A. (2015). *Souhrnná analýza chování řidiče při jízdě přes moderně řešený přechod pro chodce*. Akademické nakladatelství CERM, 26 (1), 22-33.
- Konstantopoulos, P., Chapman, P., & Crundall, D. (2010). Driver's visual attention as a function of driving experience and visibility. Using a driving simulator to explore drivers' eye movements in day, night and rain driving. *Accident Analysis and Prevention*, 42(3), 827–834. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.09.022>
- Koppel, S., Charlton, J., Kopinathan, C., & Taranto, D. (2011). Are child occupants a significant source of driving distraction? *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 1236–1244. doi:10.1016/j.aap.2011.01.005
- Kraus, H. (1997). *Kompendium očního lékařství*. Praha: Grada.
- Kulišťák, P. (2003). *Neuropsychologie*. Praha: Portál.
- Lachenmayr, B. J. (1987). Peripheres Sehen und Reaktionszeit im Strassenverkehr. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 4, 151-156.
- Lachenmayr, B. J. (1995). *Sehen und gesehen werden: Sicher unterwegs im Straßenverkehr. Berichte aus der Medizin*. Aachen: Shaker
- Lachenmayr, B. J. (2006). Gesichtsfeld und Verkehr. Wie funktioniert das periphere Sehen? *Ophthalmologie*, 103, 373-381.
- Lansdown, T. C. (2002). Individual differences during driver secondary task performance: Verbal protocol and visual allocation findings. *Accident Analysis and Prevention*, 34(5), 655–662. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00065-3](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00065-3)
- Lunsman, M., Edwards, J. D., Andel, R., Small, B. J., & Ball, K. K. (2008). What predicts changes in useful field of view test performance? *Psychology and aging*, 23(4), 917-927.

- Makishita, H. & Matsunaga, K. (2008). Differences of drivers' reaction times according to age and mental workload. *Accident Analysis & Prevention*, 40(2), 567–575. doi: 10.1016/j.aap.2007.08.012
- Maltz, M. & Shinar, D. (1999). Eye Movements of Younger and Older Drivers. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 41(1), 15–25.
- Martinez-Conde, S. (2006). Fixational eye movements in normal and pathological vision. *Progress in Brain Research*, 151–176. doi:10.1016/s0079-6123(06)54008-7
- Martinez-Conde, S. & Macknik, S. L. (2008). Fixational eye movements across vertebrates: Comparative dynamics, physiology, and perception. *Journal of Vision*, 8(14), 1–16. doi:10.1167/8.14.28
- Martinez-Conde S., Macknik S., & Hubel D. (2004) The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature Rev Neurosci* 5, 229–240.
- Mento M. A. (2020) *Different Kinds of Eye Tracking Devices*. Ziskáno 7. února 2022 z <https://www.bitbrain.com/blog/eye-tracking-device>
- Mourant, R. R. & Rockwell, T. H. (1970). Mapping eye-movement patterns to the visual scene in driving: An exploratory study. *Human Factors*, 12(1), 81-87.
- Mourant, R. R. & Rockwell, T. H. (1972). Strategies of visual search by novice and experienced drivers. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 14, 325–335. doi:10.1177/001872087201400405
- Müsseler, J., Debus, G., Huestegge, L., Anders, S., & Skottke, E. M. (2009). *Massnahmen zur Verbesserung der visuellen Orientierungsleistung bei Fahranfänger*, Bericht M 199, Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Strassenwesen.
- Nádeník, D. (2015). *Užitečné vizuální pole řidiče* (Diplomová práce). Praha: VUT.
- Nakayasu, H., Keren, Yasuhiro, S., Patterson, P., & Tetsuya, M. (2007). *Measurement of visual attention and useful field of view during driving tasks using a driving simulator*. Proceedings of the 2007 Mid-Continent Transportain Research Symposium, Ames, Iowa State University.
- Niehorster, D. C., Santini, T., Hessels, R. S., Hooge, I. T. C., Kasneci, E., & Nyström, M. (2020). The impact of slippage on the data quality od head-worn eye trackers. *Behavior Research Methods*. doi:10.3758/s13428-019-01307-0

Novák, M., Votruba, Z., & Faber, J., (nedat.) *Jak ohrožuje pokles pozornosti řidičů vozidel bezpečnost jízdy*. ČVUT: Fakulta dopravní. Získáno 11. února 2022 z https://forum.nmw.cz/publikace/publikace-ke-stazeni/jak-ohrozuje-pokles-pozornosti-ridicu-vozidel-bezpecnost-jizdy/at_download/file

OECD/ECMT (2006): *Speed Management*. Paris: OECD.

Olsen, E. C. B., Lee, S. E., & Wierwille, W. W. (2005). Eye Glance Behavior during Lane Changes and Straight-Ahead Driving. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1937(1), 44–50.

Owsley, C., Ball, K., Sloane, M. E., Roenker, D. L., & Bruni, J. R. (1991). Visual/Cognitive Correlates of Vehicle Accidents in Older Drivers. *Psychology and Aging*, 6 (3), 403-415.

Patočková, L. (2017). *Výšetření postavení očí – princip, metody, vyhodnocení*. (Bakalářská práce). Brno: LF MUNI.

Plháková, A. (2015). *Učebnice obecné psychologie* (Dotisk 1. vydání). Academia.

Popelka, S. (2018). *Eye tracking (nejen) v kognitivní kartografii*. Olomouc, VUP.

Posner, M. I., Snyder, C. R. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the Detection of Signals. *Experimental Psychology: General*, 109(2), 160-174.

Regan, M. A., Hallett, C., & Gordon, C. P. (2011). Driver distraction and driver inattention: Definition, relationship and taxonomy. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1771–1781. doi: 10.1016/j.aap.2011.04.008.

Robinson, D. A. (1963). A Method of Measuring Eye Movement Using a Scieral Search Coil in a Magnetic Field. *IEEE Transactions on Bio-Medical Electronics*, 10(4), 137–145.

Rockwell, T. H. (1972). Eye movement analysis of visual information acquisition in driving: An overview. *Proceedings of the Australian Road Research Board*, 6(3), 316-331

Sekuler, A. B., Benett, P. J., & Mamelak, M. (2000). Effects of aging on the useful field of view. *Experimental aging research*, 26, 103-120.

- Sheehy, C. K., Beaudry-Richard, A., Bensinger, E., Theis, J., & Green, A. J. (2018). Methods to Assess Ocular Motor Dysfunction in Multiple Sclerosis. *Journal of Neuro-Ophthalmology*, 38(4), 488–493.
- Shinar, D. (2007). *Traffic safety and human behavior*. Amsterdam: Elsevier.
- Schořová, L. (2013). *Zrakové vnímání dopravního značení a sekundární informační zátěž*. (Diplomová práce) Olomouc: UPOL. Filozofická fakulta.
- Skavenski, A. A., Hansen, R. M., Steinman, R. M., & Winterson, B. J. (1979) Quality of retinal image stabilization during small natural and artificial body rotations in man. *Vision Reserch*, 19: 675–683.
- Sojourner, R. J. & Antin, J. F. (1990). The Effects of a Simulated Head-Up Display Speedometer on Perceptual Task Performance. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 32(3), 329–339.
- Stern, R. M., Ray, W. J., & Quigley, K. S. (2001). *Psychophysiological recording*. Oxford, Oxford University Press.
- Strayer, D. L., Watson, J. M., & Drews, F. A. (2011). Cognitive distraction while multitasking in the automobile. In Ross, B. (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, 54, 29–58. San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- Strayer, D. L., Turrill, J., Cooper, J. M., Coleman, J. R., Medeiros-Ward, N., & Biondi, F. (2015). Assessing Cognitive Distraction in the Automobile. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 57(8), 1300–1324.
- Summala, H., Lamble, D., & Laakso, M. (1998). Driving experience and perception of the lead car's braking when looking at in-car targets. *Accident Analysis and Prevention*, 30(4), 401-407
- Synek, S., & Skorkovská, Š. (2014). *Fyziologie oka a vidění: 2., doplněné a přepracované vydání*. Praha: Grada.
- Syka J., Vrabec F., & Voldřich L. (1981). *Fyziologie a patofyziologie zraku a sluchu*, Avicenum.
- Šikl, R. (2001). Hermann von Helmholtz (1821-1894) o vnímání. *Československá psychologie*. 45(2), 166-178.

- Šikl, R. (2012). *Zrakové vnímání*. Praha: Grada.
- Štikar, J., & Hoskovec, J. (1995). *Přehled dopravní psychologie: Historie, teorie, výzkum, aplikace*. Praha: Karolinum.
- Štikar, J., Hoskovec, J. & Štikarová, J. (2003). *Psychologie v dopravě*. Praha: Karolinum.
- Štikarová, J. (2003). Vizuální orientace v dopravě. *Psychologie v ekonomické praxi*, 3-4, 169-181.
- Šucha, M. (2019). *Proč se v dopravě chováme tak, jak se chováme?: a co s tím můžeme dělat*. NLN.
- Šucha, M., Rehnová, V., Kořán, M., & Černochová, D. (2013). *Dopravní psychologie pro praxi: výběr, výcvik a rehabilitace řidičů*. Praha: Grada.
- Tallon M., Greenlee M. W., Wagner E., Rakoczy K., & Frick U. (2021). How Do Art Skills Influence Visual Search? – Eye Movements Analyzed With Hidden Markov Models. *Frontiers in Psychology*, 12, doi:10.3389/fpsyg.2021.594248
- Taoka, G. T. (1990). Duration of drivers' glances at mirrors and displays. *ITE Journal*, 60(10), 35-39.
- Tatler, B. W., Wade, N. J., Kwan, H., Findlay, J. M., & Velichkovsky, B. M. (2010). Yarbus, Eye Movements, and Vision. *i-Perception*, 1(1), 7–27.
- Tijerina, L. (1999). Driver Eye Glance Behavior During Car Following on the Road. *SAE Technical Paper Series*. doi:10.4271/1999-01-1300
- Tobii Pro. (nedat.a). *How do Tobii Eye Trackers work?* Získáno 11. února 2022 z <https://www.tobii.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/how-do-tobii-eye-trackers-work/>
- Tobii Pro. (nedat.b). *Tobii Pro Glasses 2 – Discontinued*. Získáno 15. února 2022 z <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/>
- Tobii Pro. (nedat.c). *Dark and bright pupil tracking*. Získáno 15. února 2022 z <https://www.tobii.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/what-is-dark-and-bright-pupil-tracking/>

- Treat, J. R. (1980). A study of precrash factors involved in traffic accidents. *The HSRI Review*, 10 (1).
- Treisman, A. (1986). Features and objects in visual processing. *Scientific American*, 255(5), 114B–125. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican1186-114B>
- Trick, L. M., Enns, J. T., Mills, J., & Vavrik, J. (2004). Paying attention behind the wheel: a framework for studying the role of attention in driving. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(5), 385–424. doi:10.1080/14639220412331298938
- Underwood, G., Chapman, P., Bowden, K., & Crundall, D. (2002). Visual Search while driving: skill and awareness during inspection of the scene. *Transportation research Part F*, 5, 87-97.
- Valenta, J., Fiala, P., & Eberlová, L. (2015). *Stručná anatomie člověka*. Karolinum.
- Veltri, L. A. (1995). *Modeling eye movements in driving* (Report No. CBR TR 95-3). Cambridge, MA: Cambridge Basic Research.
- Verwey, W. B. (1990). Adaptable driver-car interfacing and mental workload: *A review of the literature*. TNO Institute for Perception.
- Veselá, C. (2018). *Eyetracking při řešení dopravních situací*. (Bakalářská práce). Brno: VUT, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
- Wade, N. J. (2000). Porterfield and Wells on the Motions of Our Eyes. *Perception*, 29(2), 221–239. doi:10.1068/p2887
- Wade, N. J. (2010). Pioneers of Eye Movement Research. *i-Perception*, 1(2), 33–68.
- Wade, N. J., Tatler, B. W., & Heller, D. (2003). Dodge-Ing the Issue: Dodge, Javal, Hering, and the Measurement of Saccades in Eye-Movement Research. *Perception*, 32(7), 793–804. doi:10.1068/p3470
- Whitmire, E., Trutoiu, L., Cavin, R., Perek, D., Scally, B., Phillips, J., & Patel, S. (2016). *EyeContact*. Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers - ISWC'16.
- Wolfe, B., Sawyer, B. D., & Rosenholtz, R. (2020). Toward a Theory of Visual Information Acquisition in Driving. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, doi:10.1177/0018720820939693

Wolfe, B., Seppelt, B., Mehler, B., Reimer, B., & Rosenholtz, R. (2020). Rapid holistic perception and evasion of road hazards. *Journal of Experimental Psychology: General*, 149, 490-500.

Yarbus, A. L. (1967). *Eye Movements and Vision*. Springer, Boston, MA.
doi:10.1007/978-1-4899-5379-7_8

Young, L. R., Sheena, D. (1975). Eye-movement measurement techniques. *American Psychologist*, 30(3), 315–330.

Seznam obrázků s uvedenými zdroji

- Obr. 1: Schematický řez okem; zdroj: Helísková, 2020, 11
- Obr. 2: Změny hustoty fotoreceptorových buněk na sítnici; zdroj: Popelka, 2018, 10
- Obr. 3: Rotace oka; zdroj: Patočková, 2017, 15
- Obr. 4: Mikropohyby během fixace – mikrosakáda, drift, tremor; zdroj: Martinez-Conde, & Macknik, 2008, 5
- Obr. 5: Náčrtek Hueyho techniky pákového systému a vyrytý záznam horizontálního pohybu očí; zdroj: Wade et al., 2003, 801
- Obr. 6: Pupil Center Corneal Reflection systém identifikuje střed zornice (střed bílého kříže) a odraz od rohovky (střed černého kříže); zdroj: Holmqvist et al., 2011, 12
- Obr. 7: Čtyři Purkyňovy odrazy procházejícího paprsku; zdroj: Sheehy et al., 2018, 489
- Obr. 8: Rozdíl v metodách tmavé (dark) a světlé (bright) zornice; získáno 15. února 2022 z: Dark and bright pupil tracking, nedat.
- Obr. 9: Desktopový eye-tracker umístěný pod obrazovkou; získáno a upraveno 7. února 2022 z: Mento, 2022
- Obr. 10: Mobilní brýlový eye-tracker; získáno a upraveno 11. února 2022 z: How do Tobii Eye Trackers work? nedat.
- Obr. 11: Části zorného pole; zdroj: Nádeník, 2015, 13
- Obr. 12: Vliv rychlosti na zužování zorného pole; zdroj: OECD/ECMT, 2006
- Obr. 13: Překrytí očních stop z Yarbusovy knihy a reprodukce obrazu; zdroj: Archibald, 2008, 115
- Obr. 14: Scéna řidičova výhledu (a) a dopad handsfree hovoru na zpracování vizuálních informací (b); zdroj: Strayer et al., 2011, 45.
- Obr. 15: Tobii Pro Glasses 2; získáno a upraveno 15. února 2022 z: Tobii Pro Glasses – Discontinued, nedat.
- Obr. 16: Série fixací při průjezdu křižovatkou (P2); záznam eye-trackeru
- Obr. 17: Série fixací periferních míst (P9 a P5); záznam eye-trackeru

Obr. 18: Fixace řidiče při předjíždění cyklisty – před a po (P2); záznam eye-trackeru

Obr. 19: Série fixací míst přechodů pro chodce (P6 a P8); záznam eye-trackeru

Seznam tabulek

Tabulka 1: Zastoupení účastníků ve zkoumaných skupinách

Tabulka 2: Charakteristika zkoumaných skupin

Tabulka 3: Kvalita a časy záznamů z eye-trackeru

Tabulka 4: Charakteristika očních fixací pro sledované skupiny řidičů

Tabulka 5: Rozdíl v počtu fixací AOIs mezi skupinami řidičů

Tabulka 6: Rozdíl ve fixaci periferních oblastí mezi skupinami řidičů

Tabulka 7: Průměrný počet fixací zpětných zrcátek u sledovaných skupin řidičů

Tabulka 8: Rozdíl ve fixaci zpětných zrcátek mezi skupinami řidičů

Tabulka 9: Rozdíl ve fixaci vozidel ve výhledu mezi skupinami řidičů

Tabulka 10: Rozdíl ve fixaci dopravních značek mezi skupinami řidičů

Tabulka 11: Rozdíl ve fixaci dopravních značek mezi řidiči s různou znalostí města

Tabulka 12: Rozdíl ve fixaci přechodů pro chodce mezi skupinami řidičů

Tabulka 13: Rozdíl ve fixaci interiéru vozidla mezi skupinami řidičů

Tabulka 14: Souhrn hypotéz a nalezených výsledků

Seznam grafů

Graf 1: Přehled chybových událostí řidičů související s narušením vizuální pozornosti

Graf 2: Distraktory řidičské pozornosti

Graf 3: Prvky v dopravě, kterým chtějí respondenti věnovat více pozornosti

Seznam použitých zkratk

AOI = oblast sledovaného zájmu / Area of Interest

DPI = metoda duálního Purkyňova odrazu / Dual Purkinje image

EOG = elektrookulografie / Elektro-OculoGraphy

MOG = magnetookulografie / Magneto-OculoGraphy

POG = fotookulografie / Photo-OculoGraphy

PCCR = sledování středu zornice a odrazu světla od rohovky / Pupil Center Corneal
Reflection

TOI = čas sledovaného zájmu / Time of Interest

VOG = videookulografie / Video-OculoGraphy

Zkratky statistických hodnot v tabulkách

Δ = Glassova delta; ukazatel míry účinku

AUC = Area under curve; ukazatel míry účinku

d = Cohenovo d; ukazatel míry účinku

df = Degrees of freedom; stupně volnosti neboli počet hodnot použitý ve výpočtu

M = Mean; průměr

n = Number; počet

p-hodnota = Probability value; pravděpodobnostní hodnota

SD = Standard deviation; směrodatná odchylka

ABSTRAKT MAGISTERSKÉ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Název práce: Analýza vizuální pozornosti řidičů pomocí metody eye-trackingu

Autor práce: Mgr. Bc. et Bc. Kristýna Honzíčková

Vedoucí práce: doc. PhDr. Matúš Šucha, Ph.D.

Počet stran a znaků: 110, 192 817

Počet příloh: 4

Počet titulů použité literatury: 125

Abstrakt: Diplomová práce se zabývá deskripcí vizuální pozornosti řidičů osobních vozidel v prostředí městské dopravy. Naším cílem bylo zmapovat rozdíly v oblastech vizuálního zájmu řidičů z povolání a řidičů soukromých vozidel bez profesní řidičské zkušenosti. Praktická část práce představuje výsledky terénní studie uskutečněné v realitě dopravy města Olomouc. Výzkumného šetření se účastnilo celkem deset řidičů. Data o očních fixacích jednotlivých objektů v okolí silničních komunikací byla získávána metodou eye-trackingu. Zajímali jsme se o celkové rozložení očních fixací v průběhu řízení vozidla, popsali jsme nalezené odlišnosti v množství periferních pohledů mezi sledovanými skupinami účastníků. Dále jsme se věnovali představení nalezených rozdílů ve fixacích vybraných objektů souvisejících s bezpečnou jízdou – zpětných zrcátek, vozidel ve výhledu, okolí přechodů pro chodce, dopravních značek a interiéru vozidla. Analýzu dat jsme doplnili obrazovými ukázkami a nalezená zjištění jsme porovnali se závěry jiných výzkumů. Výsledky mohou posloužit jako základ pro navazující studie v oblasti zkoumání řidičského vizuálního zájmu a způsobů zpracování informací v zorném poli řidiče.

Klíčová slova: řidičská vizuální pozornost, naturalistická studie řízení, eye-tracking

ABSTRACT OF THESIS

Title: Analysis of visual attention of drivers using the eye-tracking method

Author: Mgr. Bc. et Bc. Kristýna Honzíčková

Supervisor: doc. PhDr. Matúš Šucha, Ph.D.

Number of pages and characters: 110, 192 817

Number of appendices: 4

Number of references: 125

Abstract: The diploma thesis deals with the description of visual attention of car drivers in the urban transport environment. We aimed to map the differences in the areas of the visual interest of professional drivers and drivers of private vehicles without professional driving experience. The practical part of the work presents the results of a field study carried out in the reality of transport in the city of Olomouc. A total of the drivers participated in the research survey. Data on eye fixations of individual objects in the vicinity of roads were obtained by eye-tracking. We were interested in the overall distribution of eye fixations during driving, we described the differences found in the number of peripheral views between the groups of participants. We also presented the differences found in the fixation of selected objects related to safe driving – rear-view mirrors, vehicles in view, pedestrian crossings, traffic signs and the interior of the vehicle. We supplemented the data analysis with pictorial examples and compared the findings with other research findings. The results can serve as a basis for follow-up studies in the field of examining the driver's visual interest and ways of processing information in the driver's field of vision.

Keywords: visual attention of drivers, naturalistic driving study, eye-tracking

Přílohy

Příloha A – Plakát

Příloha B – Příklad e-mailu oslovující řidiče z povolání

Příloha C – Mapa výzkumné trasy městem Olomouc

Příloha D – Hlavička dotazníku analýzy řidičské pozornosti



Univerzita Palackého
v Olomouci



KATEDRA
PSYCHOLOGIE
UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Baví tě řízení?



**Zapoj se do výzkumu řídičské pozornosti
v dopravě s využitím eye-trackeru.**

Olomouc, 15. - 19. listopadu 2021

Podmínky:

- řídičské oprávnění skupiny B
- řízení bez brýlí / kontaktních čoček
- 2 roky profesionální řídičské praxe

**vyzkumvdoprave@gmail.com
+420 720 353 943**

Vážený řidiči,

tímto emailem Vás prosím o zapojení do výzkumu zaměřeného na **zkoumání řidičské pozornosti pomocí eye-trackingu**. Jedná se o studii **přímo v realitě dopravního prostředí města Olomouc** za pomoci sledování očních pohybů a fixací při řízení automobilu metodou brýlového eye-tracku (ukázka brýlového zařízení: <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/>). Eye-tracker dokáže sledovat pohyby očí a na záznamu vyznačit objekty, kterým řidič věnoval svou vizuální pozornost.

Vaše účast ve výzkumu může přispět k lepšímu porozumění, čemu řidiči v dopravě věnují nebo naopak nevěnují svou pozornost. Zjištění pak mohou přispět k zvýšení dopravní bezpečnosti při výcviku nových řidičů a doplnit další badatelskou mezeru.

Výzkum bude probíhat pomocí **45minutové jízdy** v experimentálním vozidle Univerzity Palackého v Olomouci po osobní domluvě v období od **15. do 19. listopadu 2021**. Jedinými nezbytnými podmínkami k zapojení kromě vlastnictví **řidičského oprávnění skupiny B** jsou:

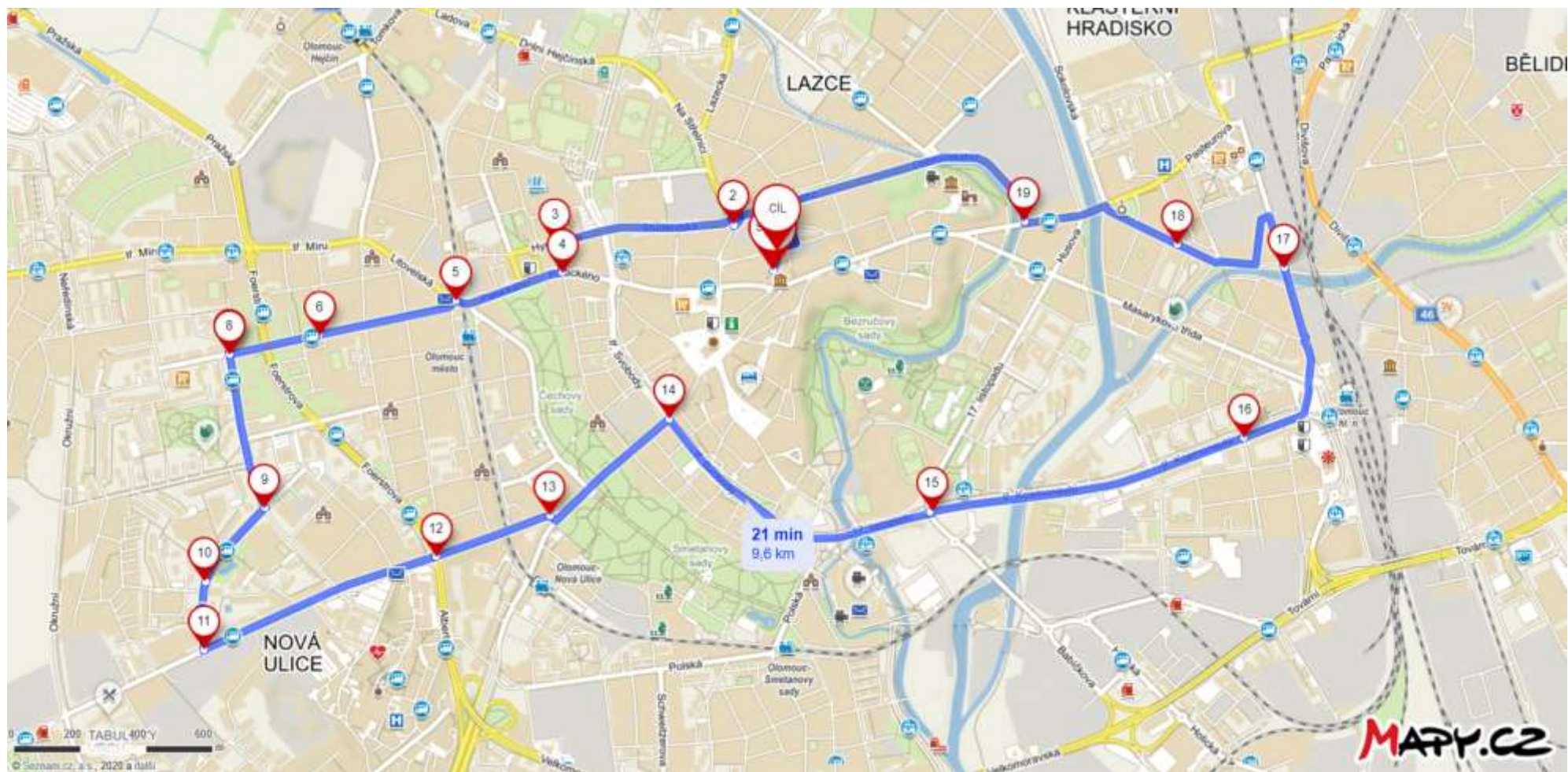
- a. **nepřítomnost oční vady** k jejíž korekci by řidič potřeboval brýle
- b. minimálně dvouletá zkušenost jako **řidiče z povolání**

Získané údaje budou sloužit pouze pro výzkumné účely řešeného projektu a budou **anonymizovány**. Následná **analýza, uchování i prezentace** zpracovaných údajů bude probíhat v souladu se zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů. Účast ve výzkumu je **dobrovolná** a můžete ji kdykoliv odvolat.

V případě jakýchkoliv dotazů mě neváhejte kontaktovat na e-mailu kristyna.honzickova01@upol.cz či uvedeném tel. čísle.

Těším se na Vaší reakci!

Krásné dny přeje a zdraví Vás,
Mgr. Bc. et Bc. Kristýna Honzíčková
Katedra psychologie FF UPOL



C



Univerzita Palackého
v Olomouci

Dotazník k analýze řídičské pozornosti

Vážený účastníku výzkumu / Vážená účastnice výzkumu,

děkuji za Váš zájem zapojit se do studie řídičské pozornosti pomocí metody eye-trackingu. Před zahájením vlastního výzkumu Vás chci poprosit o vyplnění tohoto krátkého dotazníku, kterým pomůžete k lepšímu porozumění naměřených dat.

Dotazník obsahuje 13 otázek a jeho vyplnění Vám nezabere více než 5 minut. Dobrovolným vyplněním dotazníku souhlasíte s jeho anonymním zpracováním. Se získanými daty bude nakládáno podle aktuálně platných evropských předpisů a po skončení studie budou veškeré záznamy smazány.

Předem děkuji za Vaši spolupráci i upřímnost při vyplňování.

Mgr. Bc. et Bc. Kristýna Honzíčková
Katedra psychologie FF UPOL
Vodární 601/6, 779 00 Olomouc
e-mail: honzickovakristyna@upol.cz

Důležité pokyny pro vyplňování

V následujícím dotazníku neexistují žádné správné ani špatné odpovědi. Vaše odpovědi buď vpisujete do předznačených rádků nebo označte kliknutím na připravené odpovědi. Pokud není stanoveno jinak, vybírejte vždy pouze jednu možnost.

 honzickovakristyna@gmail.com (nesdíleno) [Přepnout účet](#)



[Další](#)

[Vymazat formulář](#)