

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Diplomová práce

**Hodnocení pozornosti řidiče pomocí technologie
eye-tracking**

Bc. Daniel Prix

© 2023 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Daniel Prix

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Hodnocení pozornosti řidiče pomocí technologie eye-tracking

Název anglicky

Evaluation of driver attention using eye-tracking technology

Cíle práce

Diplomová práce je tématicky zaměřena na problematiku pozornosti řidiče. Hlavním cílem práce bude přiblížit využití technologie eye tracking při hodnocení prvků ovlivňujících pozornost řidiče. Úkolem bude otestovat reakce řidiče při jízdě v reálném provozu pomocí eye trackingu.

Metodika

Metodika řešené problematiky diplomové práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Na základě rozboru teoretických poznatků a výsledků hodnocení budou formulovány závěry diplomové práce.

Práce bude zpracována dle osnovy:

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Přehled řešené problematiky
5. Praktická část práce
6. Výsledky a diskuse
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

Doporučený rozsah práce

50 až 60 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Klíčová slova

eye tracking, pozornost, reakce řidiče

Doporučené zdroje informací

Matt Eliot, Mike Horsley, Bruce Allen Knight, Ronan Reilly. Current trends in eye tracking research. New York: Springer, 2013. ISBN 9783319028675.

MIHELJ, Matjaž, Domen NOVAK a Samo BEGUŠ. Virtual reality technology and applications. Dordrecht [Netherlands]: Springer, [2014]. Intelligent systems, control and automation, Volume 68. ISBN 9400769091.

POPELKA, Stanislav. Eye-tracking (nejen) v kognitivní kartografii: praktický průvodce tvorbou a vyhodnocením experimentu. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky, 2018. ISBN 978-80-244-5313-2.

PŘIBYL, Pavel. Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika II. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03648-8.

STRNADOVÁ, Zuzana. Inteligentní dopravní systémy ve vozidle: přínos a rizika. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2009. ISBN 978-80-86502-17-5.

Verlag Dashöfer – BOZP v silniční dopravě

Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 19. 1. 2022

doc. Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2022

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 19. 01. 2023

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Hodnocení pozornosti řidiče pomocí technologie eye-tracking** vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 31.3.2023

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucí mé diplomové práce, Ing. Veronice Hartové, Ph.D. za veškeré rady, pomoc při práci na praktické části a připomínky, které mi pomohly k dokončení této práce.

Hodnocení pozornosti řidiče pomocí technologie eye-tracking

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na problematiku pozorování a měření pohybu lidského oka a veškerých parametrů s tím spojených. Cílem je zhodnocení rozhledu jednotlivých respondentů při přejíždění železničních přejezdů různých druhů. Teoretická část diplomové práce se zabývá základy smyslů lidského vnímání, zrakem a faktory spojenými se zorným polem a dalšími parametry lidského vidění, až po samotnou problematiku eye-trackingu neboli sledování pohybů lidského oka. Dále také shrnuje základní informace o železničních přejezdech, jejich druzích a také problematiku ohledně statistické nehodovosti v oblasti železničních přejezdů. Vlastní výzkumná práce je zaměřena na měření pomocí eye-trackovacích brýlí Tobii Pro Glasses 3, které umožňují sledovat jednotlivé oční pohyby respondenta. Pomocí brýlí bylo sledováno, kam respondenti fixují svůj zrak před a během přejíždění železničního přejezdu a zda dodržují základy bezpečného přejetí na různých typech železničních přejezdů.

Klíčová slova: eye-tracking, pozornost, reakce řidiče, oko, základní smysly vnímání, železniční přejezd, bezpečnost, vozidlo, pohyb očí

Evaluation of driver attention using eye-tracking technology

Abstract

This thesis focuses on the issues related to observing and measuring human eye movement and all the associated parameters. The goal is to evaluate the gaze behavior of individual respondents when crossing various types of railroad crossings.. The theoretical part deals with the basics of human sensory perception, vision, factors related to visual field and other parameters of human vision, and the issue of eye tracking, which is the tracking of human eye movements. It also summarizes basic information about railroad crossings, their types, and the issue of statistical accident rates in the field of railroad crossings. The practical part of the thesis is focused on the actual measurement using eye-tracking glasses Tobii Pro Glasses 3, which allow the tracking of individual eye movements of the respondent. Using the glasses, it was monitored where the respondents fixated their gaze during the crossing of the railroad crossing and whether they followed the basics of safe crossing on different types of railroad crossings.

Keywords: eye-tracking, attention, driver reaction, eye, basic sensory perception, railroad crossing, safety, vehicle, eye movement

Obsah

1.	Úvod	10
2.	Cíl práce.....	11
3.	Metodika práce	12
4.	Přehled řešené problematiky	14
4.1	Popis současného stavu v oblasti dopravy	14
4.2	Aktuální požadavky a poptávka v dopravě	15
4.3	Silniční doprava	15
4.4	Dopravní nehody	16
4.4.1	Důvody vzniku dopravních nehod	17
4.4.2	Statistiky nehod pro rok 2021	18
4.5	Nehody na železničních přejezdech	19
4.5.1	Typy železničních přejezdů	20
4.6	Parametry ovlivňující schopnost řízení vozidel	21
4.6.1	Základní smysly vnímání	22
4.6.2	Vlivy působící na pozornost řidiče	27
4.7	Eye-tracking	29
4.7.1	Historie.....	29
4.7.2	Metody pro sledování pohybu očí.....	30
4.7.3	Možnosti zobrazení zaznamenaných dat.....	33
	Heatmaps.....	33
	Area of Interest.....	33
	Gaze Replays.....	34
	Time to first fixation	35
	First fixation duration.....	35
	Total fixation duration	35

5.	Praktická část práce	36
5.1	Technologické vybavení	36
5.1.1	Tobii Pro Glasses 3	36
5.1.2	Osobní automobil.....	39
	Volkswagen Passat B8 2016.....	39
5.2	Respondenti.....	40
5.3	Příprava pro měření.....	40
5.3.1	Trasa.....	40
5.3.2	Podmínky pro měření.....	41
5.3.3	Postup přípravy techniky pro měření	42
5.4	Vlastní měření	44
6.	Výsledky a diskuse	51
7.	Závěr	52
8.	Seznam použitých zdrojů	54
9.	Seznam obrázků a tabulek.....	57
	Seznam obrázků	57
	Seznam tabulek.....	58

1. Úvod

Z trendů poslední doby je snadné dojít k východisku, že vlivů působících na řidiče stále přibývá a tím také může docházet k snižování pozornosti řidiče, která by měla být věnována důležitějším činnostem. Řidič vozidla v dnešní době musí sledovat celou řadu nahodilých podnětů, jako jsou osoby pohybující se ve vozovce, vběhnutí zvířete do cesty, nestandardní dopravní situace a mnoho dalších. Současně je ale nutné, aby řidič stále věnoval dostatek pozornosti i běžným úkonům, jako je například bezpečnost během křížení železnice s pozemní komunikací na železničních přejezdech.

Zásadním faktorem, na základě kterého zejména řidič reaguje, jsou oči. Díky moderním technologiím a jejich zdokonalování, jako je například eye-tracking, je možné veškeré oční úkony sledovat a vyhodnocovat.

V současné době, kdy je stále více kladen důraz na rozšiřování dopravní infrastruktury, dochází také ke křížení jednotlivých druhů dopravních infrastruktur. Jedním ze zásadních střetů dvou infrastruktur jsou dopravní přejezdy. V současnosti se řidiči stále více spoléhají na podpůrné systémy vozidel nebo bezpečnostní vybavení veřejné komunikace. Stále se však vyskytuje celá řada dopravních přejezdů nechráněných nebo vybavených pouze světelným signalizačním zařízením. V tomto případě je stále kladen vysoký důraz na mentální přítomnost a pozornost řidiče, který na základě vlastního vjemu učiní rozhodnutí. V neposlední řadě má také vliv stále se zvyšující hustota dopravy. V těchto případech je nutné dbát na kvalitní rozbor situace, tedy rozhlédnout se před vjezdem na železniční přejezd, a nepodceňovat žádnou z těchto situací. Také je velice zásadní fakt, že i přes veliký přínos zabezpečovacích zařízení a všech podpůrných bezpečnostních systémů, je řidič stále rozhodujícím faktorem v jednání a neměl by tak spoléhat na žádný z těchto systémů. Veškeré podněty by měly být vnímány pouze informativně pro kvalitnější vyhodnocení situace.

Díky využití eye-trackingových technologií je možné získávat cenná data, zda a jak dlouho člověk věnuje pozornost očí pro konkrétní bod zájmu. Tato data mohou být následně využita například pro zdokonalování nebo vývoj zcela nových systémů, aby bylo dosaženo maximálního komfortu pro řidiče a současně, aby bylo dosaženo maximálně možné bezpečnosti všech účastníků provozu.

2. Cíl práce

Hlavním cílem této diplomové práce je provést měření zaměřené na sledování pohybů očí řidiče během přejíždění železničních přejezdů. Cílem je provedení jednotlivých měření, pro skupinu respondentů, která budou provedena za stálých podmínek pro všechny zúčastněné. Současně je cílem provedení měření za denního světla, následně stejné měření realizovat za tmy a zkoumat, zda mají světelné podmínky vliv na chování řidiče při rozhlížení na železničním přejezdu. Zároveň je cílem informovat o využití technice, která je nutná pro provedení konkrétního měření a také shrnout jednotlivé parametry měřící techniky a její další podstatné vlastnosti a schopnosti. Dále informovat o nutném postupu s cílem dosažení relevantních a přesných dat pro následné vyhodnocení. V neposlední řadě představit podmínky pro měření. Následně také zpracovat naměřená data a vytvořit report, který je ideálním zdrojem pro pozdější prezentování výsledků měření.

Dalším dílčím cílem je vytvoření literární rešerše na problematiku týkající se železničních přejezdů, současné dopravní situace včetně statistických údajů a také nehodovosti v oblasti železničních přejezdů. Dále je cílem informovat o historii, vývoji a současných možnostech sledování očních pohybů a fixací, představení jednotlivých metod měření a následného vyhodnocování naměřených dat, dle požadovaných výstupních informací.

Po vyhodnocení experimentu je možné stanovit východiska a interpretovat je. Díky tomu je možné formulovat závěr měření a jednotlivá data porovnat mezi sebou na základě specifických a zásadních podmínek během jednotlivých měření. Konkrétně je možné stanovit, zda se všichni respondenti rozhlédnou během přejíždění jednotlivých druhů železničních přejezdů s cílem bezpečného přejetí a současně, zda mají vliv na chování řidiče světelné podmínky, jako je den a noc.

3. Metodika práce

Teoretická část diplomové práce bude zpracována a sepsána na základě relevantních a zásadních zdrojů českého i zahraničního původu, s cílem vytvoření rešerše potřebné pro získání dostatečných znalostí k dotčené a zásadní problematice. Praktická část bude zaměřena na provedení experimentu zaměřeného na sledování očních pohybů pomocí měřicí techniky Tobii Pro Gasses 3 spolu s podpůrným softwarem.

Pro měření bude sestavena skupina respondentů, která bude vyvážená na základě pohlaví. Všichni respondenti budou absolvovat stejný postup měření ve dvou opakováních.

Bude zvolena vhodná trasa pro měření dat, aby byla naměřena na všech druzích železničních přejezdů pro každého z respondentů alespoň dvakrát. Současně bude zvolena tak, aby byla koncentrace všech přejezdů co nejvyšší a nedocházelo tak k zdlouhavému měření, ovlivňující výsledky vlivem únavy a snížení koncentrace řidiče.

Každý z respondentů bude před začátkem měření seznámen s měřicí technikou a bude provedena instruktáž potřebná pro měření. Respondenti budou seznámeni s tím, jak s technikou manipulovat a zacházet pro získání přesných a relevantních výsledků. Současně však nebudou respondenti informováni o předmětu zájmu daného měření, aby výsledky nebyly, jejich vědomím, ovlivněny. Před každou zkušební jízdou bude provedena kalibrace brýlí s použitím kalibračního nástroje, aby byla zajištěna přesnost výsledků. Poté bude provedeno měření s každým respondentem pomocí měřících brýlí, které budou ovládány obsluhou skrze počítač po celou dobu jízdy. Obsluha bude zodpovědná za spuštění a ukončení záznamu, kalibraci brýlí před měřením a průběžnou kontrolu záznamu v reálném čase.

Veškerá nasbíraná data během měření budou následně zpracována a analyzována v podpůrném softwaru Tobii Pro Lab, do které budou nahrána veškerá data a zpracována do požadované podoby. Současně bude pomocí zmíněného softwaru zjištěno, jak dlouho každý respondent ve sledovaných okamžicích setrval pohledem daným směrem, pro zjištění, že může vjet na železniční přejezd. Současně bude vygenerována heatmapa pro grafické znázornění intenzity pohledu řidiče v rámci jeho výhledu.

Na konci bude provedeno zhodnocení veškerých zpracovaných dat, bude formulován vhodný komentář a současně bude také sestaven závěr práce.

4. Přehled řešené problematiky

„Doprava je cíleným technologickým procesem, jehož principem je pohyb dopravních prostředků po předem stanovené dopravní trase. V dopravě jde v podstatě o komplex mnoha činností, jejichž prostřednictvím dochází k pohybu dopravních prostředků po dopravních cestách. (1)

Věci i osoby se přemísťují nejen dopravními prostředky, ale i zařízeními. Doprava vždy určuje, s jakou rychlostí a spolehlivostí se bude přepravovaný předmět přemísťovat z bodu A do bodu B, tedy z místa výjezdu, do cílového místa.“ (1)

4.1 Popis současného stavu v oblasti dopravy

V současné době se oblast dopravy řadí mezi sektory s trvale rostoucím charakterem. Tomuto stavu přispívá zejména řada zásadních vlivů. Veškerá výroba následuje moderní trendy přesouvání se do tržně zajímavých a vývojově atraktivních míst, narozdíl od dříve tradičních lokalit. (2)

Způsoby dodavatelských vztahů vykazují změny v oblasti skladování. Je kladen důraz na minimalizaci nákladů na sklad a s tím spojené dodávání zboží, až v případě potřeby. S tím souvisí čím dál četnější dodávání zboží a nárůst dopravních cest. (2)

Obecně je možné stanovit rostoucí podíl služeb na tržní ekonomice a s tím je také spojen stále rostoucí tlak na navýšení dopravních kapacit. (2)

V souvislosti se stále se zvyšujícím počtem osobních automobilů v domácnosti, využívaných pro osobní potřebu či rekreaci, roste také jejich počet na silničních komunikacích. (2)

Vývoj jednotlivých dopravních sektorů nestíhá následovat růst požadavků na dopravu. Z toho důvodu je většina dopravních úkonů realizována po silničních komunikacích. V současné době činí silniční doprava přibližně 70 % z celkové přepravní činnosti. Podíl železniční a vnitrostátní dopravy po vodě stále stagnuje nebo dokonce klesá. (2)

4.2 Aktuální požadavky a poptávka v dopravě

Dopravu je možné obecně charakterizovat, jako potřebu přesunu objektů z bodu A do bodu B. Pro naplnění daných požadavků je potřebné vytvoření konkrétních nástrojů a úkonů. Je však nutné dosažení potřeb za současného plnění několika podmiňujících parametrů. (2)

Prvním zásadním parametrem, a v současnosti nejzásadněji vnímaným, je finanční stránka. Je kladen důraz na to, aby byla přeprava realizována za co nejnižší náklady. (2)

Dále je parametrem ekologičnost přepravy. Je stále více kladen důraz na to, aby měla přeprava co nejnižší vliv na životní prostředí a planetu. (2)

Současně je nutné plnit také požadavky společenské. Cílem je delegovat veškeré možné náklady spojené s negativními dopady na třetí osoby. (2)

4.3 Silniční doprava

Silniční doprava má v dnešní době také charakter, který stanovuje společenské postavení. Téměř každá domácnost v ČR má dnes doma osobní automobil. Společnost zkoumá, porovnává a hodnotí vozidla využívané pro osobní přepravu. Přeprava osobním automobilem se také stala určitým měřítkem pokroku. V dnešní době jsou automobily využívány nejen pro přepravu. Jsou využívány také pro zábavu, sport a jako nástroj pro trávení volného času. Obecně je možné říci, že si většina obyvatelstva, v dnešní době, již nedokáže představit život bez automobilu. Jedná se o nástroj, který usnadňuje každodenní život a je využíván pro snadnější a rychlejší přesun mezi lokacemi pro život, práci nebo volný čas. (2)

Využívání tohoto způsobu dopravy v tak vysokém měřítku má jeden zásadní důvod, který zbylé způsoby přepravy postrádají. Jedná se o přepravu „z domu do domu“, kdy není vyžadována žádná další podpůrná doprava pro přesun na přesnou adresu, jako u ostatních způsobů přepravy. Jedná se o nejvyužívanější způsob přepravy nejen v ČR, ale i ve většině jiných evropských zemí. (2)

Hlavním nepřítelem silniční dopravy se v dnešní době stává kapacita silničních komunikací. Stále se zhoršující dopravní situace (kongesce), zejména ve velkých městech, nepřispívá pohodlnému cestování a komplikuje tak rychlý způsob přepravy.

V následujících letech tak bude velice nutné preferovat budování a zvyšování kapacit silničních komunikací, ať už z důvodu stále dynamicky rostoucího procenta využívání silniční dopravy, tak i z důvodu zlepšení situace na pozemních komunikacích. (2)

4.4 Dopravní nehody

Vznik dopravní nehody je vždy ve spojitosti s jejími účastníky. To jsou vždy účastníci dopravního provozu, což je každý, který se účastní provozu osobního automobilu na pozemní komunikaci. Za provozovatele vozidla může být považován každý vlastník vozidla nebo jeho zmocněnce, uvedený ve velkém technickém průkazu, jakožto provozovatele vozidla, který se účastní dopravního provozu a řídí dané vozidlo. V tomto případě je považován za řidiče, který provozuje motorové vozidlo. (3)

Za dopravní nehodu je považováno událost, podle zákona č. 361/2000 Sb. O provozu na pozemních komunikacích, která má za následek usmrcení, zranění nebo škodu na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu. V případě vzniku dopravní nehody je řidič, který se jí účastní, povinen setrvat na místě, vyhnout se požívání omamných a psychotropních látek a vyčkat až do kontroly na jejich přítomnost. (4)

V případě dopravní nehody nesou její účastníci povinnost oznámit ji neodkladně policii, pokud došlo ke škodě přesahující 100 000Kč, pokud mohl být poškozen majetek třetí osoby nebo došlo k poškození veřejné komunikace. Pokud ani jedna z uvedených podmínek nebyla nutně překročena, je možné vyřešit dopravní nehodu bez přítomnosti policie. (4)

Je nezbytné, aby byl prostor nehody dobře označený a předešlo se tak dalšímu neštěstí a přijíždějící vozidla tak měly jasnou informaci o překážce na silnici, po které přijíždějí. (4)

Dopravní nehoda může být také pojem, který je vykládán jako událost, při které došlo k újmě na zdraví jejích účastníků nebo vznikla škoda na majetku účastníků. (4)

Dopravní nehody je možné rozdělit do několika kategorií. Jedno z nich je již zmíněná podmínka, zda je nutné k nehodě volat policii či nikoliv. Následně je možné dopravní nehody dělit na základě stánky finanční, tj. výše škody na majetku nebo majetku třetí osoby, přítomnosti zranění či dokonce usmrcení. (4)

4.4.1 Důvody vzniku dopravních nehod

Pro každého účastníka provozu na silničních komunikacích jsou stanoveny pravidla silničního provozu, které definují konkrétní podmínky pro jeho provozování. Zpravidla platí, že porušování těchto podmínek je nejčastějším důvodem vzniku dopravní nehody. (5)

Mezi nejobvyklejší příčiny nehody je možné zařadit: nepřiměřená rychlost, nevhodný technický stav provozovaného vozidla, nedodržení přednosti v jízdě, provoz vozidla po požití omamných látek, neodhadnutí bezpečné vzdálenosti mezi jedoucimi vozidly a další. Často jsou tyto důvody zobecňovány pojmy nepozornost či bezohlednost řidičů během silničního provozu. (5)

Mezi důvody vzniku dopravní nehody jsou často řazeny také příčiny technického původu, jako je špatný stav brzdového potrubí nebo jiných součástí brzdového systému, nevhodný technický stav vozidla a další. Mezi příčiny technického charakteru jsou zařazeny také ty, které se nespojují se stavem vozidla, ale se stavem komunikace, po které vozidlo jede. Mohou to být: nevhodný stav vozovky, neprovedená údržba v zimním období, neoznačená překážka na pozemní komunikaci. (6)

Obecně je možné příčiny, které mají za následek dopravní nehody rozdělit do několika kategorií vzniku:

- Stav vozidel, které jsou přímo zapojeny do nehody
- Chování řidičů vozidel
- Neovlivnitelné prvky, např. počasí, provoz, roční období
- Technický stav vozovky (6)

Dopravní nehody je také možné dělit na základě pohledu třetí osoby v teoretické rovině na kategorie, dle důvodu vzniku nehody na základě nerespektování některých z podmínek. (6)

Nehody mohou být rozděleny na nehody vzniklé vlivem nerespektování:

- Pravidel pro silniční provoz
- Pravidel pro třetí osoby, které zabezpečují dobrý stav vozovky a jejího okolí
- Dlouhodobých zvyklostí v provozu (6)

4.4.2 Statistiky nehod pro rok 2021

Data plynoucí se statistik jasně vykazují, že většinou část příčin vzniku dopravních nehod zavinuje sám řidič motorového vozidla. Současně také jasně vyplývá, že nejčastěji vzniká dopravní nehoda vlivem nesprávného způsobu jízdy. Mezi nejčastější příčiny dopravní nehody patří zejména nedodržení bezpečného rozestupu mezi jedoucimi vozidly nebo příliš rychlá jízda. (7)

V předešlém roce 2021 došlo v součtu k celkem 99 332 dopravním nehodám. Toto číslo je proti roku předchozímu vyšší o 4583. (8)

V pohledu ekonomickém, došlo při dopravních nehodách k celkové škodě na majetku 6,7 miliardy Kč, což je číslo také vyšší než z roku předchozího a to o 702,2 milionů Kč. (8)

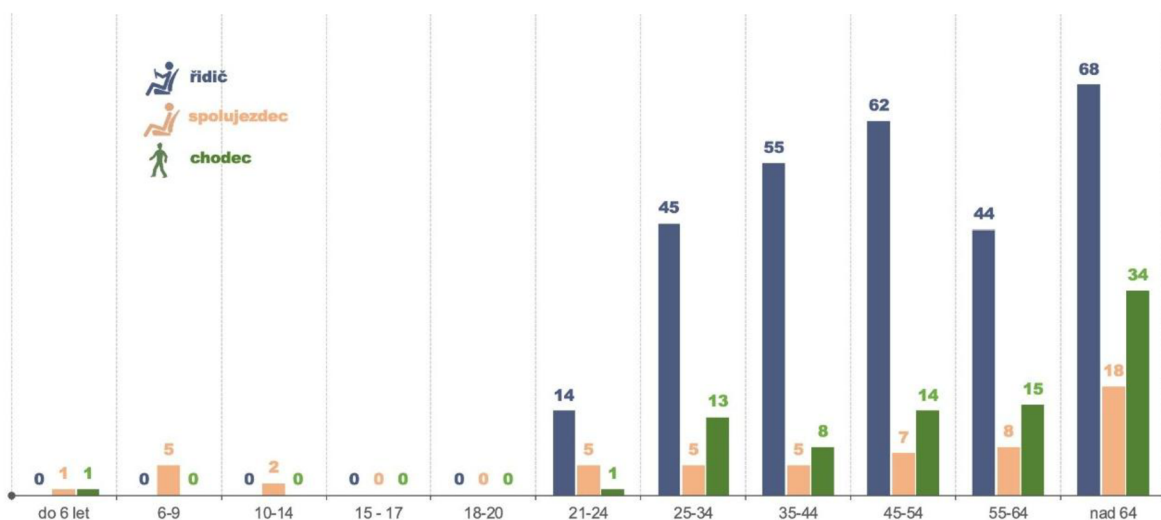
Smrtečných zranění, vlivem dopravních nehod, nastalo v roce 2021 celkem 470. Jedná se o číslo nižší než z roku 2020, kdy se stalo o 10 smrtečných zranění více. Zraněných s těžkým zraněním a nutným ošetřením v nemocnici, vlivem dopravní nehody, bylo v předešlém roce 1624., což bylo o 183 méně než rok předchozí. Lehkých zranění se na českých silnicích v roce 2020 stalo 20 581, tj. o 299 než o rok dříve. (8)

Nejčastějším důvodem vzniku vážných dopravních nehod se stalo nepřizpůsobení rychlosti vozidla k dopravně technickému stavu pozemní komunikace. Konkrétně se jednalo o 18,1 % ze všech vážných nehod. Druhým nejčastějším viníkem dopravních nehod v roce 2021 bylo přejetí do protisměru a to ve 13 % případů. Skoro stejným podílem (12,5 %) na celkovém počtu nehod přispěla počtu nehod příčina nevěnování se řízení

vozidla. Čtvrtým a pátým nejčastějším důvodem vzniku dopravní nehody v roce 2021 bylo nepřizpůsobení se stavu vozovky (8,8 %) a nepřiměřená rychlost ve vztahu k nákladu nebo fyzickým vlastnostem vozidel (4,9 %). (8)

Následující graf v obrázku 1 zobrazuje usmrčené účastníky dopravních nehod na základě jejich věku a zároveň dle pozice v rámci dopravní nehody.

Obrázek 1 Usmrčené osoby podle věku



Zdroj: <https://www.garaz.cz/clanek/servis-auto-cisla-statistiky-dopravni-nehody-v-roce-2021-ocima-policie-21007486>

4.5 Nehody na železničních přejezdech

Vznik dopravních nehod na železničních přejezdech se bohužel stal nedílnou součástí problematiky dopravních nehod na pozemních komunikacích. (9)

Ať už z pohledu řidiče jedoucího ve vozidle po silniční komunikaci nebo osoby mající na starost provoz kolejové soupravy, nejkritičtějším prostorem z pohledu rizikovosti dopravní nehody, je úrovně křížení se silniční komunikace a trasy pro kolejovou dopravu. (9)

Z toho důvodu dochází k nejvíce střetům vozidel pro silniční dopravu a vozidel určených k dopravě kolejové právě na železničních přejezdech. V současné době je na území České

republiky evidováno zhruba osm tisíc železničních přejezdů. Důvodů, proč dochází k dopravním nehodám v úseku křížení dvou dopravních tras je celá řada. (9)

Problematiku tohoto segmentu potvrzuje také statistika vedená v roce 2019, kdy došlo na železničních přejezdech k 398 dopravním nehodám. Z tohoto celkového počtu dopravních nehod na železničních přejezdech se ve 38 % případů jednalo o přímou srážku jedoucího vozidla s vlakovou soupravou. V takovém případě v devíti z deseti případů dopadá srážka tragicky, a to smrtí posádky vozidla. Důležitým faktem, který je nutno zdůraznit je, že na vině dopravní nehody je z 98% řidič vozidla jedoucího po silniční komunikaci. (9)

4.5.1 Typy železničních přejezdů

Obecně je možné konstatovat, že kritická situace nastává, kdy má dojít ke křížení dvou způsobů dopravy, v tomto případě silniční a vlakové. V České republice je poměrně rozlehlá síť infrastruktury pro vlakovou dopravu a z toho plyne, že nastávají určité bariéry pro dopravu silniční, kde nutně vniká křížení dvou tras. V ideální situaci by toto křížení mělo být realizováno mimoúrovňově, tedy nadjezdem nebo podjezdem. To však je v České republice upozaďováno z finanční důvodů pro nákladnost tohoto řešení. Z toho důvodu převládá řešení úrovňové, které je možno realizovat několika způsoby. (9)

Rozdělení jednotlivých typů přejezdů udává norma ČSN 73 6380, která dělí přejezdy na základě jejich parametrů:

a) Přejezdy podle počtu křížovaných kolejí:

- *Jednokolejné*
- *Dvojkolejné a vícekolejné*

b) Přejezdy podle druhu pozemní komunikace:

- *Na silnici*
- *Na místní komunikaci*
- *Na účelové komunikaci, polní a lesní cestě*

c) Přejezdy podle povahy a účelu dráhy:

- *Přes celostátní dráhu*

- *Přes regionální dráhu*
- *Přes vlečku*
- *Přes tramvajovou dráhu (v práci nebude uvažováno)*

d) Přejezdy podle nejvyšší dovolené rychlosti silničních vozidel na přejezdu:

- *Přejezdy s nejvyšší dovolenou rychlostí 30 km·h-1*
- *Přejezdy s nejvyšší dovolenou rychlostí 50 km·h-1*
- *Přejezdy s odlišně dovolenou rychlostí*

e) Přejezdy podle zabezpečení:

- *Přejezdy zabezpečené pouze výstražným křížem*
- *Přejezdy vybavené přejezdovým zabezpečovacím zařízením*
- *Přejezdy řízené světelným signalizačním zařízením ovládaným jízdou tramvaje.*

(10)

Souhrn dat a následné zpracování do statistických výstupů pro nehodovost na železničních přejezdech i pozemních komunikacích má na starost Policie ČR. Ta každoročně také vydává soubor informací za daný rok.

Statistika vydávaná policií ČR rozděluje problematiku nehodovosti na železničních přejezdech do dvou kategorií a to na:

- a) Nehody na železničních přejezdech
- b) Srážky s vlakem na železničních přejezdech (11)

V první variantě se jedná o standartní dopravní nehodu, ke které však došlo v oblasti železničního přejezdu. Nemusí jít nutně o dopravní nehodu, při které došlo ke srážce dvou vozidel silničního provozu. Může to být také chápáno, jako dopravní nehoda účastníka dopravního provozu vlivem selhání techniky zabezpečující přejezd. (11)

Pokud jde o srážku vozidla s vlakem na železničním přejezdu, je to chápáno, jako kolize vozidla silniční dopravy s vozidlem dopravy železniční. (11)

4.6 Parametry ovlivňující schopnost řízení vozidel

Mezi parametry, které hrají roli na schopnost řídit vozidla je možné zařadit celou řadu vlivů. Obecně je možné tyto vlivy rozdělit do několika obecných kategorií. (12)

První takovou skupinou jsou vlivy, které jsou přímo spojeny s osobou vykonávající činnost řízení vozidla, jako jsou: věk řidiče, povaha člověka, únava nebo schopnosti a zkušenosti řidiče. V neposlední řadě je také do této skupiny možné zařadit vliv pozitivních omamných látek před řízením, jako je alkohol, drogy a jiné. (12)

Druhou skupinou vlivů je možné charakterizovat, jako vlivy spojené s vlastnostmi vozidla. Ty jsou dány zejména typem, stářím a technickým stavem daného vozidla. Také je možné považovat za velký vliv výbava vozidla, která podporuje pozornost řidiče nebo slouží ke zvýšení aktivní bezpečnosti. (12)

Další důležitou skupinou vlivů působících na řidiče jsou ty, které jsou spojeny s vozovkou a jejím stavem. Příkladem může být kategorie pozemní komunikace, hustota dopravy, popřípadě také povrch a jeho stav dané pozemní komunikace. (12)

V neposlední řadě mají na chování řidiče vliv také podmínky spojené s počasím. Všechny tyto parametry mohou přispět k horší situaci během provozu vozidla na pozemní komunikaci a také zhoršit podmínky pro řidiče. Mezi tyto vlivy je možné zařadit například déšť, vítr, mlhu, sněžení nebo náledí vlivem chladného počasí. (12)

4.6.1 Základní smysly vnímání

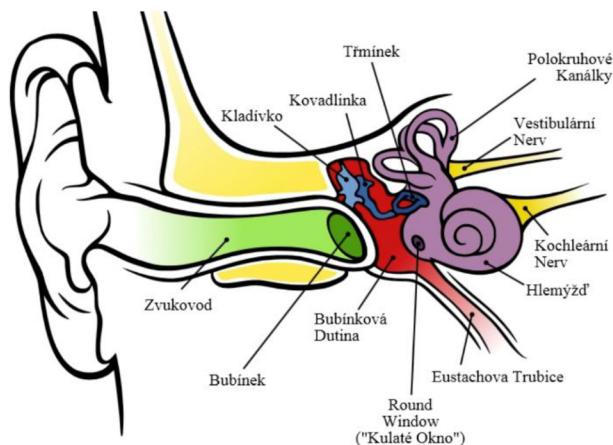
Pro člověka je rozlišováno pět základních smyslů vnímání. Tyto smysly slouží k přijímání vjemů z okolí. Základními smysly jsou: zrak, sluch, čich, hmat a chuť. Jednotlivé smysly využívá organismus pro vnímání okolí pomocí jejich receptorů. Pro řidiče vozidla je nejpodstatnějším smyslem vnímání jeho zrak, protože pomocí zraku člověk přijímá až 80 % informací. (13)

Sluch

Základním orgánem pro příjem audio-vjemů je lidské ucho. Nejprve zvuk putuje zvukovodem, kde na konci narazí do ušního bubínku. Bubínek se rozechvěje a přes kladívko přenáší vznikající vibrace dále skrze kladívko, kovadlinku a třmínek do hlemýždě, což je možné vidět v obrázku 2. V tomto místě dochází ke zpracování zvuku

pomocí smyslových buněk, které informace o přicházejícím zvuku dále odesílají skrze sluchový nerv, až do mozku, kde dochází k jejich zpracování. (13)

Obrázek 2 Schéma ústrojí sluchu



Zdroj: http://www.khshk.cz/e-learning/kurs2a/kapitola_21_sluchov_system.html

Hmat

Jedná se o jeden z pěti základních lidských smyslů. Hmat je fyzický vjem, který je soubor několika smyslů, které skrze receptory v pokožce získávají informace o vjemech z okolí. Skládají se z tlaku, bolesti, teploty, chladu, vpichu nebo vibrací a jiných. Obecně je možné tyto vjemy nazývat taktilním kontaktem. Často je tento vjem využíván také, jako náhrada zraku, například formou Braillova písma, které je zobrazeno na obrázku 3. (14)

Obrázek 3 Braillovo písmo

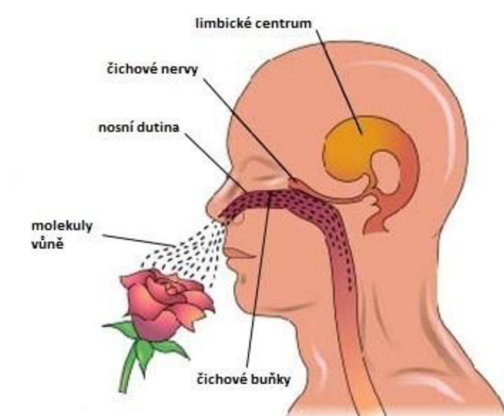


Zdroj: https://www.lidovky.cz/orientace/veda/braillovo-pismo-se-presouva-z-papiru-do-modernich-technologii.A140103_151624_ln_veda_ebr

Čich

Jde o schopnost člověka, která mu umožňuje identifikovat ve vzduchu nebo vodě rozpuštěné chemikálie a jiné látky. Čichový vjem je obecně nazýván vůně. Buňky určené k rozpoznávání čichových vjemů jsou nazývány bipolární neurony, obecně čichové receptory. Informace z těchto receptorů poté putují do mozku pomocí hlavového nervu, jak je také patrné z obrázku 4. (15)

Obrázek 4 Schéma čichových cest

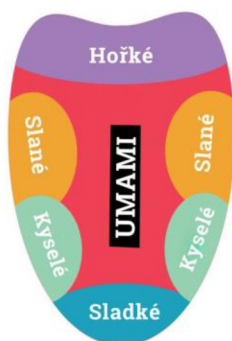


Zdroj: <https://prirodak-na-pohodu.webnode.cz/smyslova-soustava/>

Chuť

Obecně je možné charakterizovat chuť, jako smysl vnímání lidského těla, který dokáže identifikovat chemické látky rozpuštěné ve slinách nebo vodě. K rozpoznávání jednotlivých chutí slouží chuťové receptory, které rozlišují základní chutě na sladkou, slanou, hořkou, kyselou a umami. Jednotlivé rozmístění na jazyku je zobrazené na obrázku 5. (15)

Obrázek 5 Rozložení chuťových receptorů



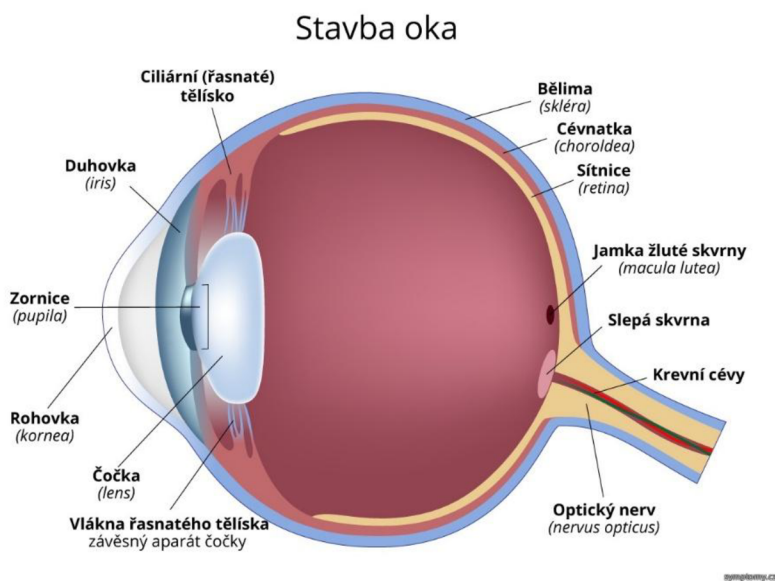
Zdroj: <https://www.fitnessakce.cz/ljaky-vliv-ma-chut-a-vune-na-nase-stravovani-a-vyber-potravin/>

Zrak

Zrak se smysl vnímání, který pro příjem informací používá lidské oko. Jedná se o fotoreceptorový smysl, který je založen na vnímání barev, tvarů nebo světla. Slouží k rozeznávání kontrastů, což umožňuje rozlišování kontur, vzdáleností a také je využíván pro orientaci v prostoru. (13)

Lidské oko je párovým orgánem, které tvoří oční koule spolu s přídatnými orgány. Fotoreceptory, světločivné buňky, tyčinky a čípky se nacházejí v světločivné vrstvě, která je také nazývána sítnice. Tyto jednotlivé prvky jsou obklopeny pigmentovým epitelem pro zabezpečení dostatečné světelné izolace a zároveň přísunu výživy. Pro komplexní fungování lidského oka, a tedy přenosu zrakového vjemu, slouží také zbylé části, které dohromady tvoří komplexní optický systém, zobrazený v obrázku 6. Mezi tyto části patří rohovka, komorová voda, sklivec, čočka, cévnatka, bělma, závěsný aparát čočky, zornice, duhovka a řasnaté těleso. (13)

Obrázek 6 Stavba oka



Zdroj: <https://www.symptomy.cz/anatomie/oci>

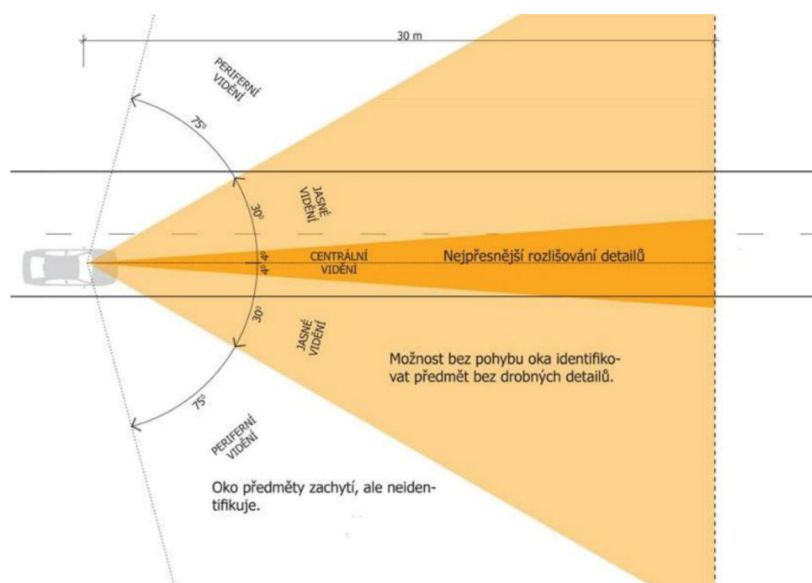
Mechanismus vidění je založen na principu, že struktura lidského oka obstarává přizpůsobení s cílem dokonale zaostřit světelný paprsek dopadající na sítnici. Všechny části lidského oka, skrze které prochází paprsek světla jsou svými vlastnostmi

přizpůsobeny tak, aby propouštěly co nejvíce světla, tedy jsou průhledné. Pro spojení a zaostření paprsku světla dopadajícího na zadní stěnu oka (sítnici) jsou využívány rohovka a čočka. Pomocí světločivných buněk dochází k chemické přeměně, která mění dopadající světlo na nervové impulsy, které jsou následně pomocí zrakového nervu odesílány do mozku. (13)

Zorné pole

Vizuální zorné pole se skládá ze dvou částí. První část zorného pole je centrální zorné pole. Jedná se o zorný úhel 2-5 stupňů, kde lidské oko zaznamenává nejvíce detailů a je schopno nejdokonaleji rozlišovat jednotlivé vjemy a předměty. Druhou částí zorného pole je oblast periferního zorného pole, zabírající mnohem větší plochu. Ve vertikální rovině je lidské oko schopno zaznamenávat až 60° směrem vzhůru a 70° směrem dolů. V rovině horizontální je maximální rozsah přibližně 65° směrem k nosu a 95° opačným směrem. Jedná se o oblast zorného pole, kde není lidské oko schopno rozeznávat jednotlivé předměty, zaznamenávat detaily. Někdy je periferní pole dále děleno na pole jasného vidění a pole periferního vidění. Periferní zorné pole slouží k zaznamenání pohybujících se předmětů, zjištění existence objektu nebo zachycení informace, že se objekt blíží do centrálního zorného pole. Jeho hlavní funkcí je orientace v prostoru. (16) (17)

Obrázek 7 Zorné pole



Zdroj: <http://www.smerovetabule.cz/je-vase-navigacni-reklama-skutecne-funkcni>

Jak je možné vidět v obrázku 7, zorné pole je tvořeno třemi oblastmi. Periferní vidění, jasné vidění, centrální vidění. Oblast jasného a centrálního vidění je také někdy označována, jako užitečné vizuální pole. Jedná se o oblast zorného pole, kdy je člověk schopen vnímat informace, aniž by byl nucen pohnout očima. Bez jejich pohybu je člověk schopen v rychlosti získat a také zpracovat zobrazované informace a také aktivně vnímat předměty. (18)

Rozsah užitečného vizuálního pole není pevný. Může být proměnlivý vzhledem k věku jedince nebo jeho zdravotního stavu. Zároveň rozsah užitečného vizuálního pole, které je schopen člověk zpracovávat se zužuje společně s rostoucí rychlostí jedoucího vozidla nebo jinými vlivy působícími negativně na pozornost a soustředění řidiče vozidla jedoucího po pozemní komunikaci. (19)

4.6.2 Vlivy působící na pozornost řidiče

Řidič vozidla jedoucího po pozemní komunikaci neustále přijímá velké množství podnětů, které musí vyhodnocovat, popřípadě na ně i adekvátně reagovat. Tyto vlivy jsou zejména vizuálního, akustického či psychického charakteru a také se jedná o vlivy z okolí vozidla nebo fyzikální jevy vznikající pohybem vozidla. To mohou být například síly nebo vibrace. (20)

Drtivá většina těchto vlivů přichází k řidiči s původem od vozovky. Zejména ty vizuální, akustické či mechanická zpětná vazba do volantu nebo celé karoserie vozidla. Další skupinou vlivů působících na řidiče jsou ty, které přichází od okolí. To jsou vlivy spojené s počasím-teplota vzduchu mimo vozidlo, vlhkost vzduchu, světelné podmínky, prašnost a mnoho dalších parametrů, které jsou spojeny zejména s počasím nebo charakterem okolí. Také velké množství podnětů přichází k řidiči vozidla formou mechanických podnětů vznikajících jízdou. Velkou část těchto podnětů tvoří veškeré síly vznikající stylem jízdy a působících přímo na řidiče nebo na celé vozidlo. Charakteristické je například zrychlení, zpomalení, náklon vozidla, popřípadě odstředivé nebo dostředivé síly. V neposlední řadě je také nutné zmínit vlivy psychického a fyziologického charakteru. Tyto vlivy se zásadně podílí zejména na volbě jízdního stylu řidiče vozidla a v souvislosti s tím také na bezpečnosti jízdy po pozemní komunikaci. (20)

Za nejzásadnější skupinu je ale obecně možné považovat vlivy vizuálního charakteru, protože zrak je nejdůležitějším vjemem lidských smyslů a řidič také tímto smyslem přijímá největší množství informací. (20)

Vizuální vlivy mohou na řidiče vozidla působit z vnějšího okolí mimo vozidlo, ale také to mohou být vlivy vznikající nebo působící uvnitř provozovaného vozidla. Tyto vlivy mohou být jednak vlivy potřebné pro provozování vozidla na pozemní komunikaci, ale zároveň také vlivy, které jsou nežádoucí pro dosažení, co nevyšší bezpečnosti provozu vozidla na pozemní komunikaci. (20)

Řidič vozidla věnuje pozornost celé řadě vjemů vizuálního charakteru. Tyto vlivy je možné rozdělit do několika charakteristických skupin, dle jejich typu a původu.

a) Dopravní infrastruktura

Tato skupina zahrnuje veškeré vjemy, které jsou spojeny přímo s pozemní komunikací jejími náležitostmi. Příkladem mohou být dopravní značení, světelné signalizační zařízení, koridory pro cyklisty nebo chodce, osvětlení dopravních komunikací nebo například křižovatky a další.

b) Dopravní provoz

Do této skupiny spadají všichni účastníci dopravního provozu. Samozřejmě jsou veškerá vozidla účastníci se provozu, ale také cyklisté, chodci nebo zvířata a ostatní účastníci dopravního provozu.

c) Samotné vozidlo

Jedná se o veškeré informace, které řidič přijímá ze strany vozidla. Jsou to údaje zobrazované na infotainmentu daného vozidla, ale také činnost spolujezdce nebo dalších cestujících, rádio, sledování zpětných zrcátek a jakékoliv další vjemy spojené s provozem vozidla.

d) Okolní prostředí

Do této kategorie patří veškeré vlivy z okolního prostředí, jako jsou budovy v okolí, krajina, přírodní úkazy a jiné. (20) (21)

4.7 Eye-tracking

Jedná se o zařízení pro sledování pohybu očí člověka a bodů, kterým je pozornost očí věnována. Díky této technologii je možné sledovat, co v daný moment řidiče zaujalo a jakou pozornost konkrétnímu bodu zájmu věnoval. Jde o způsob sbírání dat v reálném čase, kdy je sledováno, na jaké objekty, jakým směrem a jak dlouho se řidič dívá. (22)

Eye-tracking je metoda pro průzkum, využívaná nejen v problematice dopravní. Je využívána v celé řadě vědních oborů a problematik. Mezi zásadní obory patří problematika psychologie, dopravních simulací, neurologie. Zásadním zdrojem dat také bývá při tvorbě marketingových kampaní a strategií a jejich vyhodnocování nebo sběru dat pro tato vědní odvětví spojených s propagací a reklamou. (22)

4.7.1 Historie

První náznaky snahy sledování pohybu očí byly zaznamenány v 19. století, kdy byly přímo spojeny se studováním čtení knih. V počátku metoda sledování pohybu očí byla založena na pouhém sledování pohybu oka pohledem. (23)

V období přelomu 19. a 20. století byla poprvé představena nesubjektivní metoda pro sledování pohybu očí, kterou popsal Edmund Huey. Jeho metoda spočívala v použití průhledné destičky ve tvaru čočky, která měla otvor pro zornici. Tento otvor byl spojen s jehlou, která zobrazovala pohyb oka na papírový list. Nevýhodou této metody byla bolestivá stránka věci, která si vyžadovala anestezii oka. (24)

V průběhu let docházelo k mnoha inovacím a nápadům, avšak všechny měly negativní vliv na zdravotní stav nebo ovlivňovaly výsledky měření svou konstrukcí. (23)

V 30. letech 20. století byl objeven potenciálový rozdíl mezi rohovkou a sítnicí, což umožnilo využití elektrod umístěných v blízkosti oka pro sledování pohybu oka. Signál získaný z elektrod byl poté přeložen do směru, kterým bylo oko natočeno. (23)

Následně byly, díky stále větší dostupnosti výpočetní techniky, zdokonalovány metody sledování pohybu oka neinvazivní metodou až do dnešní podoby. (23)

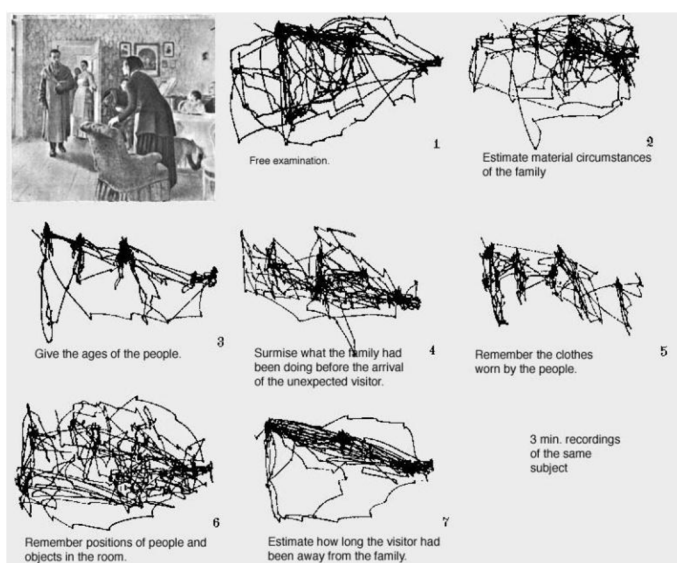
4.7.2 Metody pro sledování pohybu očí

Veškeré metody, které slouží pro sledování pohybu oka je možné rozdělit do třech základních kategorií na základě jejich technologie pro zaznamenání pohybu. Jsou to metody založené na sledování a zaznamenávání pohybu pomocí variant speciálně upravených čoček vkládaných do oka, které slouží pro přenos pohybu oka. Další skupinou jsou metody založené na principu záznamu pohybu očí pomocí snímání elektrických potenciálů v oblasti blízké oku pomocí elektrod. Poslední variantou jsou metody, které jsou nejčastěji využívány v dnešní době. Jedná se o nejmodernější neinvazivní variantu, kdy je pohyb oka sledován pomocí optického snímání. (23)

Mechanické metody

Hlavním charakteristickým znakem mechanické metody sledování očních pohybů je vložená, speciálně upravená, kontaktní čočka do sledovaného oka se zrcadlovou plochou, která slouží k odrazu paprsku světla, který je možné následně zaznamenávat a zpracovat. Dalším variantním řešením mechanické metody je vložená kontaktní čočka, která je navíc vybavena cívkou pro měření elektrického napětí, které je generované v magnetickém poli. Tato data slouží k vyhodnocení pohybu oka, které je možné vidět na obrázku 8. Jedná se o metodu velice přesnou, která je však ovlivněna vahou kontaktní čočky působící na pohyb oka. (25)

Obrázek 8 Výstupní data mechanické metody



Zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sledování_pohybu_očí#/media/Soubor:Yarbus_The_Visitor.jpg

Elektrookulografické metody

Jedná se o metody založené na principu sledování očního pohybu pomocí elektrod zobrazených na obrázku 9, které jsou umístěny do blízkého okolí oka, sledujících elektrický potenciál. Pootočení oka v určitém směru způsobuje změnu elektrického potenciálu, což způsobuje změnu napětí, kterou je možné zaznamenávat a následně z těchto hodnot i vyhodnocovat pohyb oka. Pohyby lze sledovat v horizontální i vertikální rovině pomocí dvojic elektrod. (23)

Hlavní výhodou metod založených na tomto principu je možnost sledování pohybu očí nezávisle na světelných podmínkách a zároveň při otevřených i zavřených očních víčkách. Nejčastěji je tato metoda využívána pro spánkovou analýzu a tomu příbuzné výzkumy. (23)

Obrázek 9 Elektrookulografická metoda



Zdroj: <https://zavrate.info/diagnostika/>

Videookulografické metody

Metody sledování pohybu oka jsou založeny na principu záznamu pohybu oka pomocí videa a následnému určení jeho pozice. Existuje několik způsobů, jak lze oko snímat, například sledováním polohy zornice, polohy kapilár na sítnici, porovnáváním dvou purkyňových obrazů nebo pomocí snímání infračerveného paprsku odraženého od oka. Volba konkrétní metody závisí na konkrétních podmínkách a na požadované přesnosti získaných dat. (26)

Tyto metody mají výhodu neinvazivnosti při měření pomocí speciálních brýlí, jak je vidět na obrázku 10. Na druhou stranu, tato metoda má nevýhodu v tom, že je obtížné rozlišit pohyb oka od pohybu hlavy. Proto je tato metoda nejvhodnější tehdy, pokud je hlava fixována. (26)

Obrázek 10 Videookulografická metoda



Zdroj: <https://zavrate.info/diagnostika/>

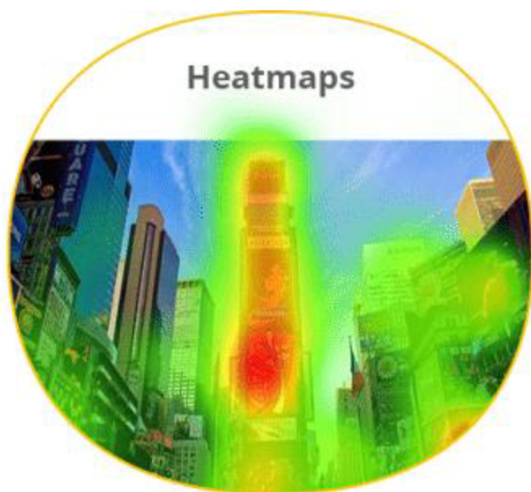
4.7.3 Možnosti zobrazení zaznamenaných dat

Z eye-trackingových zařízení vzniká veliké množství dat, které jsou sbírány během záznamu. Tato data je proto nutné nejprve zpracovat a až následně prezentovat. Pro nejlepší znázornění zaznamenaných dat je jejich grafická vizualizace. (27)

Heatmaps

Jedná se o vizualizaci dat pomocí teplotní mapy. Pomocí barev je na obrázku znázorněno, v jakých oblastech a jak intenzivně či dlouho se ubíral zrak daným směrem, což je možné vidět na obrázku 11. (27)

Obrázek 11 Heatmapa



Zdroj: <https://imotions.com/blog/7-terms-metrics-eye-tracking/>

Area of Interest

Jedná se o oblasti zájmu, které jsou zkráceně nazývány AOI, a jsou využívány pro vyhodnocování například marketingových strategií, kdy jsou porovnávány dva vizuály. Jde o metodu, kdy jsou vybírány oblasti zobrazení podnětu zájmu, viz obrázek 12, a následně hodnoceny a porovnávány. (27)

Obrázek 12 Area of interest



Zdroj: <https://imotions.com/blog/7-terms-metrics-eye-tracking/>

Gaze Replays

Metoda je založena na vizualizaci skrze řetězec jednotlivých bodů, které jsou znázorněny na obrázku 13, s velikostí závisující na době fixace očí k danému bodu. Jednotlivé body, ve kterých došlo k fixaci očí jsou vizualizovány kruhem s číslem, které znázorňuje pořadí a velikostí odpovídající době fixace. (27)

Obrázek 13 Gaze Replays



Zdroj: <https://imotions.com/blog/7-terms-metrics-eye-tracking/>

Time to first fixation

Je založena na principu doby, která udává odmlku první fixace respondenta od stimulu. (27)

First fixation duration

Udává dobu, kterou respondent strávil při první fixaci na bod zájmu. (27)

Total fixation duration

Stanovuje dobu v jednotkách času, kterou strávil sledovaný subjekt, sledováním daného bodu zájmu během všech fixací. (27)

5. Praktická část práce

Následující kapitola práce je zaměřena na praktické měření. Výzkum je založen na pozorování řidiče během jízdy a sledování jeho očí pomocí speciální techniky, která bude konkrétně specifikována v následujících podkapitolách. Současně bude znázorněna trasa, během které měření probíhalo a také veškeré aspekty, na které byla směřována pozornost během experimentu. Následně také budou vyhodnoceny veškerá naměřená data tak, aby bylo co nejpřehledněji možné reportovat výsledky vlastního experimentu.

5.1 Technologické vybavení

Pro experiment zaměřený na sledování očního pohybu, fixace a splnění určitých podmínek bylo využito eye-trackeru, laicky speciálních brýlí pro sledování očních pohybů, Tobii Pro Glasses 3. Měření probíhalo během provozu na veřejné komunikaci v osobním automobilu za předem stanovených a specifických světelných podmínek.

5.1.1 Tobii Pro Glasses 3

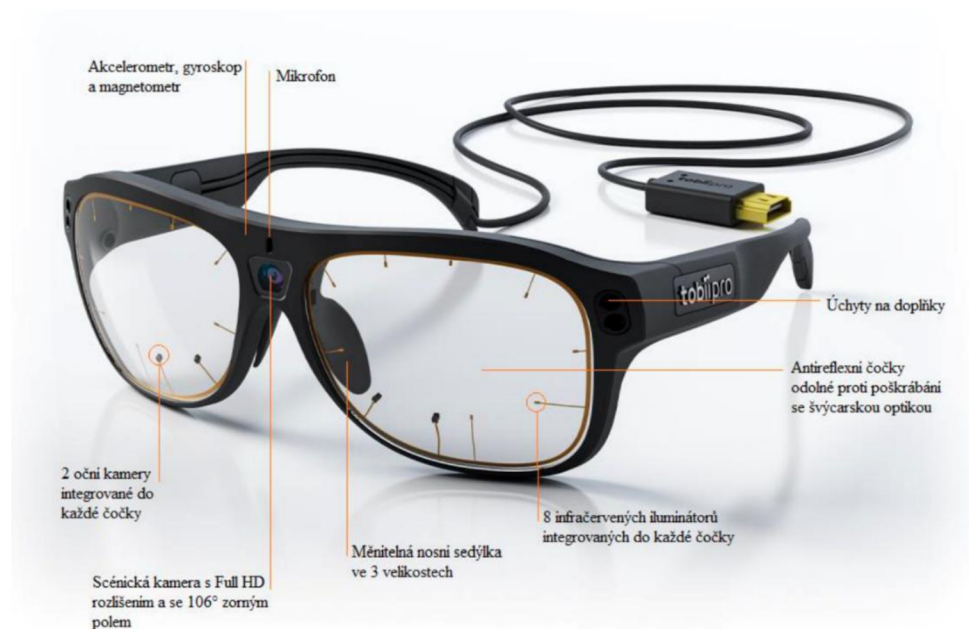
Jak již bylo zmíněno, jedná se o speciálně vyvinuté brýle pro měření očních pohybů a následné vyhodnocování pohybů očí a trasy jejich pohybů během měření, či jiných parametrů. Jedná se o poslední model, který byl představen společností Tobii a jde o již třetí generaci brýlí. Hlavní chloubou třetí generace brýlí Tobii Pro Glasses 3, oproti jejich předchůdcům, je zejména možnost sledování dat v reálném čase současně bez snižování parametrů, jako je kvalita záznamu nebo spolehlivost záznamu dat.

Využívaná generace brýlí navíc byla navržena tak, aby nedocházelo k omezování sledovaného subjektu. Tudíž je možné hýbat hlavou i očima bez omezení. Díky tomu je docíleno přirozených pohybů respondenta tak, jako kdyby žádné měřicí zařízení neměl. Současně díky minimalistickému designu není omezeno zorné pole respondenta a také je možné brýle využívat pod různé ochranné pomůcky nebo pokrývky hlavy.

Pro zaznamenání pohybu očí je využito několik technologií zakomponovaných do vlastních brýlí. Pro sledování očí jsou v brýlích umístěny čtyři oční kamery, kdy jsou v každém skle umístěny dvě pro každé oko. Následně je v brýlích Tobii Pro Glasses 3 umístěno 16 infračervených svítidel směřovaných na oči respondenta. Tyto svítílny jsou

rozděleny do obou skel brýlí po osmi kusech na každé oko. Pro ochranu kamer a svítílen proti poničení nebo poškrábání jsou umístěny do čoček (skel) samotných brýlí. Umístění je zvoleno tak, aby měly veškeré kamery a svítilny ideální pozici pro záznam, ale současně jsou umístěny po krajích čoček tak, aby nebyl omezen výhled nebo zorné pole respondenta a on tak nebyl rušen žádným nežádoucím vlivem při pohledu skrze brýle během vlastního měření. Dále jsou brýle vybaveny jednou kamerou vpřed, která zaznamenává obraz ve směru pohledu respondenta. Rozlišení obrazu je Full HD. Obraz je zaznamenáván kamerou s poměrně širokým úhlem záběru, konkrétně 95° ve vertikální rovině a 63° v rovině horizontální, tedy 106° zorného pole. Brýle mají tuto kameru zakomponovanou přímo do těla brýlí ve střední části, která spojuje jednotlivá skla nad nosem. Současně s kamerou jsou brýle vybaveny také mikrofonem, pro záznam zvuku z okolního prostředí, umístěným vedle kamery. Dále je do těla brýlí umístěno několik senzorů pro záznam dalších parametrů. Jde o akcelerometr, magnetometr a gyroskop. Tato data slouží k následnému softwarovému vyhodnocování brýlí, zda jsou jednotlivé pohyby vykonávány pouze očima nebo zda se současně pohybuje také hlava. Pro jasnější představu popisovaného vybavení brýlí je veškerá technika zobrazena na obrázku 14.

Obrázek 14 Tobii Pro Glasses 3



Zdroj: <https://www.tobii.com/products/eye-trackers/wearables/tobii-pro-glasses-3> a následně doupřaveno

Pro samotné měření jsou brýle dále vybaveny externí záznamovou jednotkou, zobrazenou na obrázku č. 15, která současně slouží také, jako zdroj napájení vlastních brýlí. Elektrická energie je dodávána do záznamové jednotky skrze dobíjecí baterie. Také je v záznamové jednotce umístěna SD karta, na kterou je ukládán veškerý záznam během celého měření. Se záznamovou jednotkou jsou brýle propojeny pomocí HDMI kabelu.

Obrázek 15 Záznamová jednotka



Zdroj: <https://www.auganix.org/tobii-pro-launches-its-next-generation-of-wearable-eye-tracker-the-tobii-pro-glasses-3/>

Pro ovládání brýlí během měření, jako spouštění, jmenování či zastavování záznamu nebo také vyznačování záchytných bodů v záznamu i ovládání kalibrace brýlí, nebo sledování živého záznamu slouží aplikace Glasses 3. Tuto aplikaci je možné stáhnout na operační systémy Windows nebo MacOS. Současně existuje stejná aplikace pro mobilní telefony s operačním systémem Android.

Veškerá naměřená data, která jsou zaznamenána pomocí brýlí však nejsou výsledným produktem. Tato data je nutné následně zpracovat do formy, která je ideálním výstupem pro daný experiment nebo výzkum. Pro zpracování zaznamenaných dat slouží program Tobii Pro Lab, který je již dostupný pouze pro použití na PC a se zakoupenou licencí.

Výstupem z brýlí je videozáznam spolu s trasou pohybů očí v časové posloupnosti. Pomocí zmíněného programu je následně možné tato data vyhodnotit pomocí mnoha grafických nebo statistických výstupů. (28)

5.1.2 Osobní automobil

Pro měření byl zvolen osobní automobil standardního typu za účelem, aby se minimálně většina testovaných respondentů cítila komfortně během měření a zároveň se vozidlo příliš nelišilo od jejich vlastních či jiných na která jsou respondenti zvyklí.

Volkswagen Passat B8 2016

Pro experiment byl zvolen osobní automobil VW Passat B8 2.0 TDI 110kW, který je možné vidět na obrázku 16. Toto vozidlo bylo vybaveno automatickou převodovkou, s cílem minimalizovat práci řidiče během měření a poskytnout tím také dostatek prostoru pro koncentraci na jízdu. Jedná se o vozidlo vysoce rozšířené v České republice a široké veřejnosti velice dobře dostupné a známé.

Obrázek 16 Automobil



Zdroj: <https://www.vyberovaaauta.cz/vw-passat-b8-2-0-tdi-110kw-dsg-2018-jako-novy/>

5.2 Respondenti

Pro realizaci experimentu byla sestavena skupina respondentů, která byla vytvořena s cílem dosažení co nejrelevantnějších výsledků.

Skupinu tvořilo celkem 6 respondentů. Ti byli sestaveni ze 3 mužů a 3 žen. Skupina se skládala z řidičů stejné věkové kategorie od 20 do 28 let. Všichni respondenti uvedli, že jsou každodenními řidiči a mají bohaté zkušenosti s řízením.

Každý z respondentů absolvoval dvě měřené jízdy, aby byly eliminovány nahodilé reakce nebo jiné nestandardní pohyby.

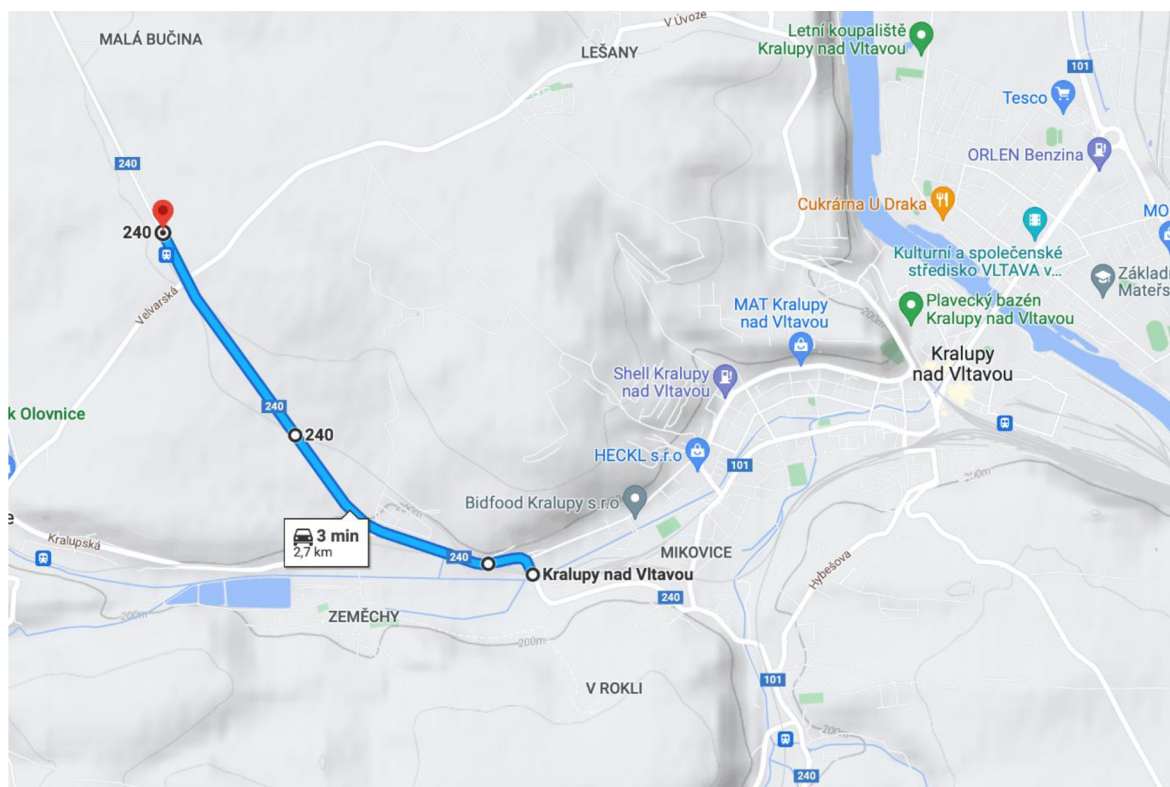
5.3 Příprava pro měření

Pro měření bylo nutné stanovit základní parametry, za kterých bude experiment probíhat. Mezi tyto parametry patří trasa, světelné podmínky nebo počet účastníků.

5.3.1 Trasa

Pro vlastní experiment byla zvolena trasa, která je charakteristická množstvím železničních přejezdů, které byly předmětem zájmu daného experimentu. Jedná se o trasu, kde řidič během jízdy protne všechny typy železničních přejezdů, přejezd zabezpečený pouze výstražným křížem, přejezd vybavený pouze světelným signalizačním zařízením a také přejezd vybavený přejezdovým zabezpečovacím zařízením. Trasa byl stanovena s délkou 2,7km a doba jízdy trvala přibližně 3-4 minuty v závislosti na dopravní situaci. Celá trasa vedla po veřejné komunikaci č. 240 směrem z Kralup nad Vltavou do obce Velvary. Celá trasa je také znázorněna graficky na obrázku 17 pro přehlednější znázornění.

Obrázek 17 Trasa



Zdroj:

<https://www.google.com/maps/dir/50.2319713,14.2799654/50.2324691,14.2768043/50.2383633,14.2630447/50.2475937,14.2535834/@50.2397862,14.264608,4908m/data=!3m2!1e3!4b1!4m2!4m1!3e0>

5.3.2 Podmínky pro měření

Měření bylo realizováno ve dvou blocích s cílem získání rozdílných dat pro následné porovnání a vyhodnocení.

První měření bylo provedeno se všemi respondenty v době denního světla, za dobré viditelnosti a bez vlivů špatného počasí. Během měření za denního světla byla provedena veškerá měření všech respondentů za srovnatelných podmínek, aby bylo dosaženo co nejnižších rozdílů ve vlivech na jednotlivé řidiče od vnějšího okolí během jízdy.

Druhý blok měření byl proveden během noci, aby bylo dosaženo podmínek maximální možné tmy. Opět byli všichni respondenti podrobeni jízdě se zaznamenáváním dat za srovnatelných podmínek.

Veškerá zaznamenávaná data pro jednotlivé bloky byla naměřena během jednoho dne, v rámci souvislého měření s minimálními prodlevami, aby bylo dosaženo co nejnižších rozdílů vnějších podmínek.

Data byla zaznamenávána v rámci běžného provozu bez uzavření komunikace, aby bylo dosaženo co nejběžnější situace pro řidiče a byla tak simulována přirozená jízda. Rychlost jízdy tedy odpovídala rychlosti místního provozu.

Žádný z respondentů nebyl předem informován o předmětu měření ani o jednotlivých bodech zájmu, které byly následně zkoumány. Tento postup byl zvolen z důvodu snahy o dosažení co nejpřirozenějšího chování řidiče, které není ovlivněno myšlenkou na konkrétní bod zájmu nebo zkoumání.

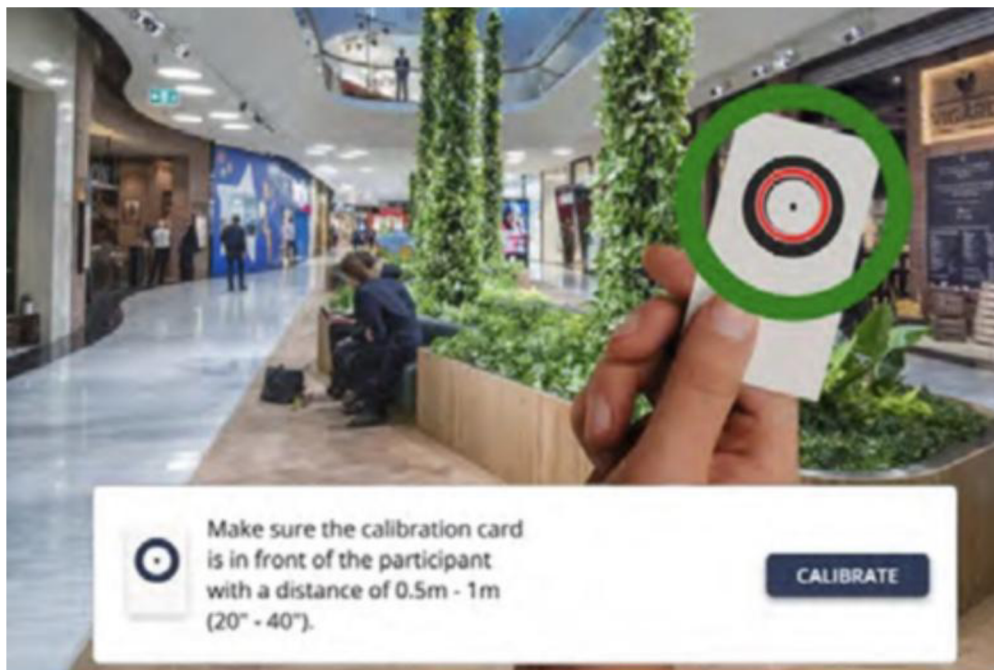
5.3.3 Postup přípravy techniky pro měření

Pro kvalitní záznam dat a vyhnutí se nepřesnostem či chybnému záznamu je nutné dodržení základních pravidel, jako je správné nasazení brýlí či jejich následná kalibrace před začátkem každého jednoho záznamu. Správný postup je možné popsat v několika následujících krocích:

1. Volba správného sedýlka brýlí, které je možné měnit na základě tvaru nosu.
2. Nasazení brýlí na hlavu respondenta, jejich upevnění fixačním popruhem a následná kontrola jejich umístění.
3. Připojení brýlí skrze HDMI kabel k záznamové jednotce, vybavené SD kartou a také napájecí baterií a následné spuštění zařízení tlačítkem pro zapnutí.
4. Spuštění vlastní aplikace na kontrolním chytrém telefonu nebo počítači, propojení skrze bezdrátovou WIFI síť nebo datový kabel ovládacího zařízení se záznamovou jednotkou.
5. Volba režimu zaznamenávání dat, kde je preferován režim plné analýzy („Full Analysis Mode“) pro získávání veškerých možných dat, pro následné zpracování.
6. Vepsání názvu konkrétního měření a následné spuštění.

7. Kalibrace brýlí. Tento proces je postavený na postupu, že respondent s brýlemi umístěnými na hlavě, drží v ruce před obličejem s nataženou paží kalibrační kartičku a koncentrovaně kouká do středu kružnic, které je možné vidět na obrázku 18. V ovládací aplikaci se zobrazí dvě kolečka. Zelené, které reprezentuje kalibrační kartičku zaznamenanou brýlemi a červené, které znázorňuje oblast, kam směřují respondentovy oči. Vše je současně kontrolováno obsluhou v dané aplikaci. Poté obsluha stiskne tlačítko kalibrace a vyčká do potvrzení aplikací, že kalibrace proběhla úspěšně. V případě neúspěšné kalibrace se musí kalibrování provést opětovně. Pokud kalibrace proběhne v pořádku, je vše připraveno pro spuštění záznamu a začátek měření.

Obrázek 18 Kalibrační kartička



Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/Example-of-one-point-calibration-with-a-wearable-eye-tracker-From-Pro-Glasses-3-User_fig4_366303918

5.4 Vlastní měření

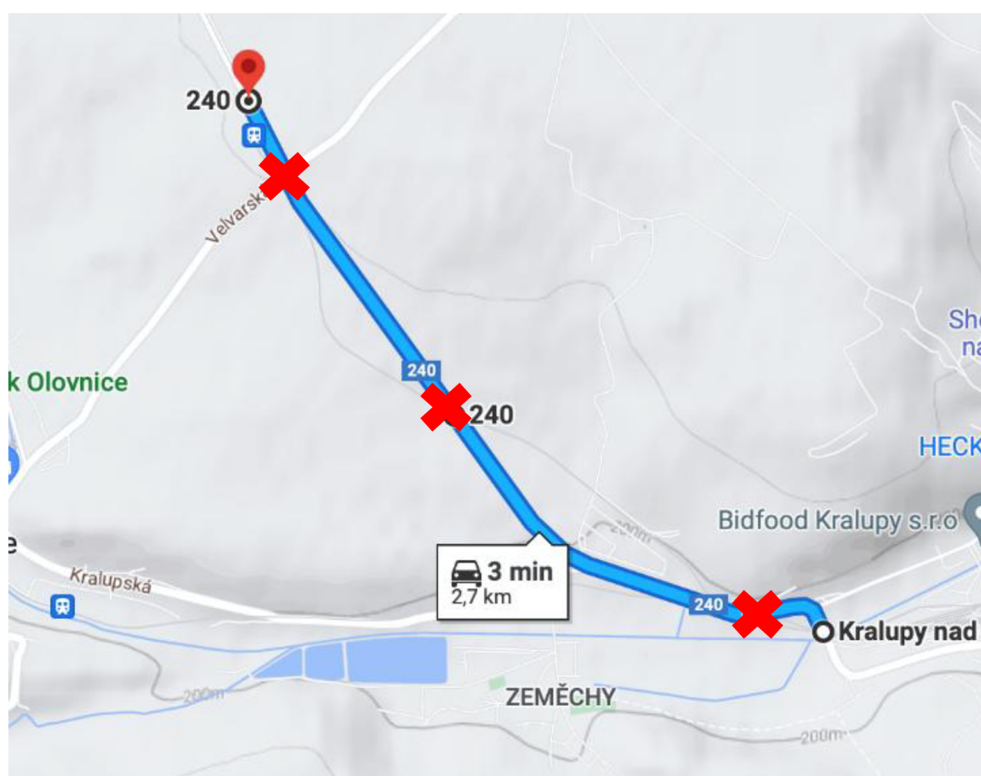
Jak již bylo zmíněno, do měření bylo zapojeno celkem 6 respondentů, kteří absolvovali každý 2 jízdy ve dne a 2 v noci. Celkem tedy bylo provedeno 24 zkušebních jízd, které byly zaznamenány. Měření proběhla v rámci totožné trasy a byly sledované stejné body zájmu pro každou jízdu a pro každého respondenta.

V následujícím rozboru jednotlivých jízd byli pojmenováni jednotliví respondenti ŘIDIČ 1-6.

Doba trvání jednotlivé měřené jízdy byla závislá na aktuální dopravní situaci, ale pohybovala se mezi 5-7 minutami na jízdu.

Následující mapa zobrazuje body zájmu, které byly sledovány. Jedná se o tři různé typy železničních přejezdů s rozdíly v typu zabezpečení přejezdu.

Obrázek 19 Body zájmu



Zdroj: <https://www.google.com/maps/dir/50.2319713,14.2799654/50.2324691,14.2768043/50.2383633,14.2630447/50.2475937,14.2535834/@50.2397862,14.264608,4908m/data=!3m2!1e3!4b1!4m2!4m1!3e0>

Následující tabulky zobrazují naměřená data pro jednotlivé řidiče a jejich jízdy. Současně je také zobrazena Heatmapa, která zobrazuje, kam daný řidič věnoval svou pozornost pohledu během měřené jízdy.

Řidič 1

Tabulka 2 Naměřená data – řidič 1 - den

ŘIDIČ 1 - DEN		POHLED VPRAVO		POHLED VLEVO	
Typ přejezdu	Jízda č.	ANO/NE	Doba [s]	ANO/NE	Doba [s]
Výstražný kříž	1	ANO	3,151	ANO	1,690
Výstražný kříž	2	ANO	3,106	ANO	3,995
Světelné signalizační zařízení	1	ANO	3,580	ANO	3,444
Světelné signalizační zařízení	2	NE	0	ANO	2,762
zabezpečovací zařízení	1	ANO	3,133	ANO	1,562
zabezpečovací zařízení	2	NE	0	ANO	3,523

Zdroj: Vlastní

Tabulka 1 Naměřená data – řidič 1 - noc

ŘIDIČ 1 - NOC		POHLED VPRAVO		POHLED VLEVO	
Typ přejezdu	Jízda č.	ANO/NE	Doba [s]	ANO/NE	Doba [s]
Výstražný kříž	1	ANO	2,445	ANO	1,300
Výstražný kříž	2	ANO	3,286	ANO	1,606
Světelné signalizační zařízení	1	ANO	2,586	ANO	1,877
Světelné signalizační zařízení	2	ANO	1,428	ANO	2,719
zabezpečovací zařízení	1	ANO	3,511	NE	0
zabezpečovací zařízení	2	ANO	2,320	NE	0

Zdroj: Vlastní

Obrázek 20 Heatmapa řidič 1



Zdroj: Vlastní

Na obrázku 20 je možné vidět heatmapu, která znázorňuje fixace očí během jízdy a jejich intenzity. Čím více je oblast zbarvena do červena, tím více pozornosti bylo věnováno tomuto prostoru. Z tohoto obrázku je zřejmé, že nejvíce pozornosti bylo věnováno pohledu vpřed a sledování vozovky. Současné je možné vysledovat, že řidič sledoval zpětná zrcátka a infotainment umístěný v prostoru palubních budíků.

Řidič 2

Tabulka 4 Naměřená data – řidič 2 - den

ŘIDIČ 2 - DEN		POHLED VPRAVO		POHLED VLEVO	
Typ přejezdu	Jízda č.	ANO/NE	Doba [s]	ANO/NE	Doba [s]
Výstražný kříž	1	ANO	1,857	ANO	3,162
Výstražný kříž	2	ANO	3,635	ANO	3,270
Světelné signalizační zařízení	1	ANO	1,053	ANO	1,707
Světelné signalizační zařízení	2	ANO	1,775	ANO	2,900
zabezpečovací zařízení	1	ANO	3,951	ANO	3,906
zabezpečovací zařízení	2	ANO	1,921	ANO	2,113

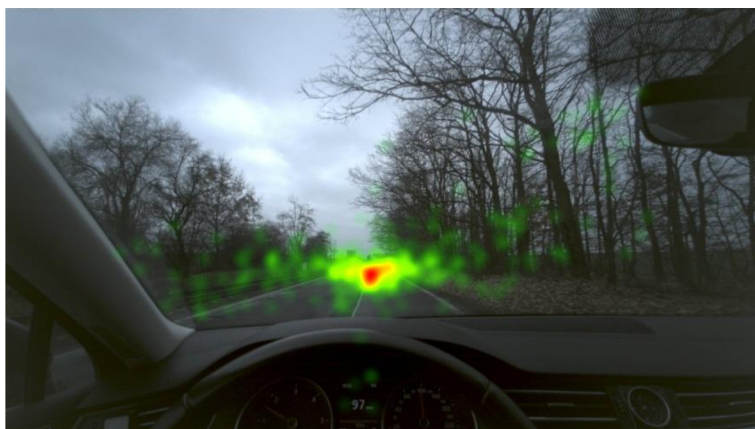
Zdroj: Vlastní

Tabulka 3 Naměřená data – řidič 2 - noc

ŘIDIČ 2 - NOC		POHLED VPRAVO		POHLED VLEVO	
Typ přejezdu	Jízda č.	ANO/NE	Doba [s]	ANO/NE	Doba [s]
Výstražný kříž	1	ANO	2,190	ANO	2,460
Výstražný kříž	2	ANO	2,760	ANO	3,244
Světelné signalizační zařízení	1	ANO	1,323	ANO	3,923
Světelné signalizační zařízení	2	ANO	2,905	ANO	1,436
zabezpečovací zařízení	1	ANO	3,277	ANO	3,884
zabezpečovací zařízení	2	ANO	3,308	ANO	3,265

Zdroj: Vlastní

Obrázek 21 Heatmapa řidiče 2



Zdroj: Vlastní

Heatmapa zobrazená na obrázku 21 znázorňuje podobu intenzit očních fixací řidiče č. 2. Je patrné, že největší intenzita probíhala směrem vpřed na vozovku. Současně řidič sledoval kraje vozovky a zpětná zrcátka. Pozornost byla také věnována ukazateli rychlosti vozidla.

Řidič 3

Tabulka 6 Naměřená data – řidič 3 - den

ŘIDIČ 3 - NOC		POHLED VPRAVO		POHLED VLEVO	
Typ přejezdu	Jízda č.	ANO/NE	Doba [s]	ANO/NE	Doba [s]
Výstražný kříž	1	ANO	2,569	ANO	1,732
Výstražný kříž	2	ANO	1,009	ANO	1,545
Světelné signalizační zařízení	1	ANO	1,004	ANO	1,756
Světelné signalizační zařízení	2	ANO	2,833	ANO	3,040
zabezpečovací zařízení	1	ANO	2,774	ANO	2,014
zabezpečovací zařízení	2	ANO	2,008	ANO	2,066

Zdroj: Vlastní

Tabulka 5 Naměřená data – řidič 3 - noc

ŘIDIČ 3 - DEN		POHLED VPRAVO		POHLED VLEVO	
Typ přejezdu	Jízda č.	ANO/NE	Doba [s]	ANO/NE	Doba [s]
Výstražný kříž	1	ANO	2,584	ANO	1,619
Výstražný kříž	2	ANO	2,816	ANO	3,049
Světelné signalizační zařízení	1	ANO	1,032	ANO	1,261
Světelné signalizační zařízení	2	ANO	2,868	ANO	2,678
zabezpečovací zařízení	1	ANO	1,768	ANO	2,416
zabezpečovací zařízení	2	ANO	3,620	ANO	3,107

Zdroj: Vlastní

Obrázek 22 Heatmapa řidiče 3



Zdroj: Vlastní

Z obrázku 23 obsahující heatmapu, pro znázornění pohledů řidiče 3, je zřejmé, že řidič věnoval relativně velkou pozornost zpětným zrcátkům a současně sledování rychlosti vozidla. Samozřejmostí je, že řidič pozoroval vozovku před vozidlem a současně krajnice vozovky, po které jel.

Řidič 4

Tabulka 8 Naměřená data – řidič 4 - den

ŘIDIČ 4 - DEN		POHLED VPRAVO		POHLED VLEVO	
Typ přejezdu	Jízda č.	ANO/NE	Doba [s]	ANO/NE	Doba [s]
Výstražný kříž	1	ANO	1,313	ANO	2,766
Výstražný kříž	2	ANO	1,947	ANO	3,079
Světelné signalizační zařízení	1	ANO	1,988	ANO	3,419
Světelné signalizační zařízení	2	ANO	2,536	ANO	1,441
zabezpečovací zařízení	1	NE	0	NE	0
zabezpečovací zařízení	2	NE	0	NE	0

Zdroj: Vlastní

Tabulka 7 Naměřená data – řidič 4 - noc

ŘIDIČ 4 - NOC		POHLED VPRAVO		POHLED VLEVO	
Typ přejezdu	Jízda č.	ANO/NE	Doba [s]	ANO/NE	Doba [s]
Výstražný kříž	1	ANO	1,219	ANO	2,394
Výstražný kříž	2	ANO	2,478	ANO	2,885
Světelné signalizační zařízení	1	ANO	1,373	ANO	2,785
Světelné signalizační zařízení	2	ANO	1,032	ANO	1,568
zabezpečovací zařízení	1	NE	0	NE	0
zabezpečovací zařízení	2	NE	0	NE	0

Zdroj: Vlastní

Obrázek 23 Heatmapa řidič 4



Zdroj: Vlastní

Na obrázku 23 je možné vidět oční fixace řidiče č. 4, které jsou znázorněny heatmapou. Je patrné, že řidič č. 4 věnoval většinu své pozornosti pohledu vpřed na vozovku před vozidlem. Dále také je možné zpozorovat několik pohledů do stran, na krajnice vozovky, dopravní značení či pohled do zpětných zrcátek a na ukazatel rychlosti.

Řidič 5

Tabulka 10 Naměřená data – řidič 5 - den

ŘIDIČ 5 - DEN		POHLED VPRAVO		POHLED VLEVO	
Typ přejezdu	Jízda č.	ANO/NE	Doba [s]	ANO/NE	Doba [s]
Výstražný kříž	1	ANO	1,217	ANO	3,258
Výstražný kříž	2	ANO	1,009	ANO	2,170
Světelné signalizační zařízení	1	ANO	1,944	ANO	2,046
Světelné signalizační zařízení	2	ANO	2,428	ANO	1,456
zabezpečovací zařízení	1	ANO	1,133	ANO	2,510
zabezpečovací zařízení	2	ANO	3,430	ANO	1,311

Zdroj: Vlastní

Tabulka 9 Naměřená data – řidič 5 - noc

ŘIDIČ 5 - NOC		POHLED VPRAVO		POHLED VLEVO	
Typ přejezdu	Jízda č.	ANO/NE	Doba [s]	ANO/NE	Doba [s]
Výstražný kříž	1	ANO	3,312	ANO	2,611
Výstražný kříž	2	ANO	2,073	ANO	1,346
Světelné signalizační zařízení	1	ANO	3,777	ANO	2,197
Světelné signalizační zařízení	2	ANO	2,071	ANO	1,248
zabezpečovací zařízení	1	ANO	3,461	ANO	2,950
zabezpečovací zařízení	2	ANO	3,656	ANO	3,949

Zdroj: Vlastní

Obrázek 24 Heatmapa řidič 5



Zdroj: Vlastní

Z heatmapy, vygenerované z trasování očních pohybů pro řidiče č. 5, která je na obrázku 24, je možné sledovat, že řidič věnoval poměrně velkou pozornost rychlosti vozidla. Samozřejmostí je, že nejvyšší intenzita pohledu řidiče je vpřed ve směru jízdy.

Řidič 6

Tabulka 11 Naměřená data – řidič 6 - den

ŘIDIČ 6 - DEN		POHLED VPRAVO		POHLED VLEVO	
Typ přejezdu	Jízda č.	ANO/NE	Doba [s]	ANO/NE	Doba [s]
Výstražný kříž	1	ANO	2,870	ANO	1,607
Výstražný kříž	2	ANO	3,480	ANO	2,793
Světelné signalizační zařízení	1	ANO	3,174	ANO	3,762
Světelné signalizační zařízení	2	ANO	1,443	ANO	3,054
zabezpečovací zařízení	1	ANO	1,184	ANO	3,848
zabezpečovací zařízení	2	ANO	2,687	ANO	3,293

Zdroj: Vlastní

Tabulka 12 Naměřená data – řidič 6 - noc

ŘIDIČ 6 - NOC		POHLED VPRAVO		POHLED VLEVO	
Typ přejezdu	Jízda č.	ANO/NE	Doba [s]	ANO/NE	Doba [s]
Výstražný kříž	1	ANO	1,313	ANO	2,712
Výstražný kříž	2	ANO	1,912	ANO	2,403
Světelné signalizační zařízení	1	ANO	1,042	ANO	2,896
Světelné signalizační zařízení	2	ANO	3,968	ANO	3,671
zabezpečovací zařízení	1	ANO	1,898	ANO	3,639
zabezpečovací zařízení	2	ANO	2,015	ANO	1,676

Zdroj: Vlastní

Obrázek 25 Heatmapa řidič 6



Zdroj: Vlastní

Řidič č. 6 sledoval silnici zejména v horizontální rovině od hlavního ohniska jeho pohledů, tedy vpřed ve směru jízdy, jak je možné vyčíst heatmapy v obrázku 25. Současně řidič kontroloval rychlost vozidla pomocí infotainmentu nebo situaci ve zpětných zrcátkách vozidla.

6. Výsledky a diskuse

Z výsledků naměřených během experimentu vyplývá, že typ železničního přejezdu nemá přímý vliv na délku očních fixací během rozhlížení předcházející vjezdu na přejezd. Je však možné konstatovat, že u dvou respondentů bylo prokázáno, že v případě jednoho z druhů zabezpečení spoléhali čistě na techniku a nerozhlédli se sami před vjezdem na železniční přejezd. U řidiče č. 1 bylo prokázáno, že ve dne se jednou nerozhlédl vlevo na přejezdu se světelnou signalizací a jednou se zabezpečovacím zařízením. Současně se dvakrát v noci nerozhlédl vpravo při přejíždění přes přejezd se zabezpečovacím zařízením. U řidiče č. 4 je možné konstatovat, že během měření po celou dobu zcela spoléhal na techniku u přejezdů se zabezpečovacím zařízením. Tím je myšleno, že pokud zabezpečovací zařízení nebránilo průjezdu, tak vždy přešel přes železniční přejezd, aniž by se rozhlédl do jakékoliv strany.

Z heatmap, vygenerovaných z jízd pro jednotlivé řidiče, je možné dojít k závěru, že všichni řidiči věnovali většinu své pozornosti pohledu vpřed ve směru jízdy vozidla a sledovali tak vozovku před sebou. Dále také sledovali krajnice vozovky a situaci ve zpětných zrcátkách. V neposlední řadě jejich pozornost patřila také ukazateli rychlosti na palubní desce.

Měření a i samotné výsledky mohou být ovlivněny mnoha faktory, působícími v daný okamžik. Na délky očních fixací jednotlivých respondentů může mít vliv zejména stav dopravy, ve kterém bylo měření prováděno. Současně může mít vliv na rozhodování o rozhlédnutí fakt, zda zrovna železniční přejezd nesignalizuje příjezd vlaku. Dále může být měření ovlivněno jakýmkoliv nahodilým jevem, který rozptyluje pozornost řidiče. Současně má veliký vliv na výsledky osobnost řidiče a jeho úsudky. Všechny tyto faktory není možné zcela eliminovat nebo ovlivnit. Z toho lze usuzovat, že při opakovaném měření by výsledky nebyly totožné a v určitém podílu by se mohly lišit.

V případě, že by bylo nutné experiment opakovat, pro jeho zdokonalení, by bylo vhodné rozšířit počet respondentů na vyšší číslo. Současně by bylo vhodné provést měření ve více denních částech, tedy v ranní nebo odpolední špičce, ale také v době klidné dopravy. Obecně je možné konstatovat, že čím vyšší by bylo množství naměřených dat, tím relevantnější by výsledky byly.

7. Závěr

Cílem této práce bylo informování o problematice týkající se sledování očních pohybů neboli eye-trackingu a jeho metodami měření a následného vyhodnocování. Současně tyto metody představit spolu s problematikou železničních přejezdů a nehodovostí na nich. Následně také reálné využití těchto metod v praxi pro ověření chování řidičů na železničních přejezdech.

Pomocí měřicí techniky, eye-trackingových brýlí Tobii Pro Glasses 3, byl proveden experiment, do kterého bylo zapojeno celkem 6 respondentů různých personalit a s nimi bylo provedeno celkem 24 měření v různých podmínkách pro získání co nejrelevantnějších výsledků. Cílem měření bylo zjištění chování respondenta před a během přejíždění železničního přejezdu. Sledováno bylo, zda se respondent rozhlédne před vlastním vjezdem na železniční přejezd nebo zda bude spoléhat na zabezpečení železničních přejezdů. Dále bylo cílem stanovit doby očních fixací do jednotlivých směrů rozhledu. Zároveň bylo sledováno, zda bude mít vliv typ zabezpečení železničních přejezdů na doby očních fixací během rozhlížení před vjezdem na přejezd.

Jednotlivá měření probíhala od 5 do 7 minut v závislosti na dopravní situaci. Během měření bylo zjištěno, že doby trvání očních fixací v jednotlivých směrech se pohybovaly v rozmezí přibližně od 1 do 4 sekund. Bylo zjištěno, že dva z respondentů několikrát spoléhali na techniku a na přejezd vjeli bez vlastního rozhlédnutí.

Po zanalyzování naměřených výsledků bylo zjištěno, že typ zabezpečení jednotlivých železničních přejezdů pravděpodobně nemá vliv na délku očních fixací během rozhlížení řidiče před vjezdem na železniční přejezd. Současně bylo vyloučeno specificky rozdílné chování, a tedy změna délky očních fixací při přejíždění železničních přejezdů v noci – ve tmě.

Nelze přímo stanovit způsob, jak dosáhnout stejných výstupních dat během dalšího měření. Během experimentu vstupuje veliké množství nahodilých jevů, podmínek počasí či dopravní situace. Proto není možné toto měření opakovat se stejnými výsledky a následně srovnávat. Také není možné absolutně porovnat jednotlivé účastníky, protože podmínky

jednotlivých jízd nebyly zcela totožné a každý z řidičů musel řešit své, a hlavně unikátní situace během jízdy a reagovat adekvátně na ně.

Aby bylo možné reálně aplikovat naměřená data do praxe a provádět tak i opatření v dopravě pro snížení nehodovosti na železničních přejezdech, musel by být experiment prováděn dlouhodobě s vysokým počtem respondentů. Současně by musel být prováděn za všech možných dopravních podmínek a počasí. Bylo by vhodné provést měření během všech ročních období a na různých místech, kde například dochází k častým dopravním nehodám na železničních přejezdech. Tato data by mohla být použita pro vývoj podpůrných systémů zamezujícím srážku vozidla s vlakovou soupravou na železničních přejezdech.

Se současným trendem vývoje bezpečnostních prvků v dopravě je velice pravděpodobné předpokládat zdokonalení bezpečnostních prvků pro železniční přejezdy a tím i značné snížení nehodovosti s nimi spojenou.

8. Seznam použitých zdrojů

1. Česká logistika. [Online] [citováno 24. 10. 2022], Dostupné z: <https://www.ceskalogistika.cz/doprava/>.
2. VANĚČEK, Drahoš a Dalibor KALÁB. *Logistika*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2004. ISBN 80-7040-653-4.
3. ŠTIKAR, Jiří, Jiří HOSKOVEC a Jana ŠMOLÍKOVÁ. *Psychologická prevence nehod: (teorie a praxe)*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-246-1096-5.
4. KONRÁD, Zdeněk. *Metodika vyšetřování jednotlivých druhů trestných činů. 3. nezm. vyd.* Praha: Policejní akademie České republiky, 1999. ISBN 80-7251-023-1.
5. KAUN, Miroslav a František LEHOVEC. *Pozemní komunikace 20. Vyd. 2. přeprac.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-02874-7.
6. CHMELÍK, Jan. *Dopravní nehody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2009. ISBN 978-80-7380-211-0.
7. KŘIVÁNEK, Vítězslav, Jiří HUZLÍK a Jiří JEDLIČKA. *Monitoring vlivu pozemních komunikací na životní prostředí*. Praha: Centrum dopravního výzkumu, 2014. ISBN 978-80-86502-95-3.
8. Majurník, Jan. *Garáž.cz*. [Online] [citováno: 28. 11. 2021], Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/servis-auto-cisla-statistiky-dopravni-nehody-v-roce-2021-ocima-policie-21007486>.
9. Pavelka, R. *Nehody na železničních přejezdech. Soudní inženýrství*. místo neznámé : Akademické nakladatelství CERM, 2020. ISSN 1211-443X.
10. ČSN 73 6380. *Železniční přejezdy a přechody, změna Z1*. Praha: : ČNI, 2004.
11. Policie České republiky. *Statistika nehodovosti* . [Online] [citováno 28. 11. 2022], Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti->.

12. *Naucseridit.cz*. [Online] [Citace: 29. 11. 2022] <https://www.naucseridit.cz/zasady-bezpecne-jizdy/factory-ovlivnujici-jizdu/>.
13. Lidské smysly. [Online] [citováno 6. 12. 2022], Dostupné z: https://www.otevrenaveda.cz/export/sites/otevrenaveda/.content/files/metodiky-laboratornich-cviceni/biologie/06_Lidske-smysly_web.pdf.
14. KASSIN, Saul M. *Psychologie*. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1716-3.
15. HEWITT, John. *New evidence for the vibration theory of smell*. 2016.
16. Je vaše navigační reklama skutečně funkční. [Online] [citováno 06. 12. 2022], Dostupné z: <http://www.smerovetabule.cz/je-vase-navigacni-reklama-skutecne-funkcni>.
17. Zorné pole. [Online] [citováno 06. 12. 2022], Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/488-zorne-pole>.
18. Efektivní zorné pole. [Online] [citováno 07. 12. 2022], Dostupné z: <http://clovekonline.cz/efektivni-zorne-pole/>.
19. ČERNOCHOVÁ, Dana. *Příjem a zpracování vizuálních informací v dopravním provozu*. Praha, 2013. Dizertační práce. Univerzita Karlova, Filozofická fakulta, Katedra psychologie. Vedoucí práce Štikar, Jiří.
20. Prof. Ing. Mirko Novák, DrSc., Doc. Ing. Zdeněk Votruba, CSc., Prof. MUDr. Josef Faber, DrSc. *Jak ohrožuje pokles pozornosti řidičů vozidel bezpečnost jízdy*. [Online] [citováno 27. 012. 2022], Dostupné z: <http://www.lss.fd.cvut.cz/publikace/publikace-ke-stazeni/jak-ohrozuje-pokles-pozornosti-ridicu-vozidel-bezpecnost-jizdy/view>.
21. Čechová, A., Šumelda, A., Bouchner, P. *Výzkumná zpráva a metodika vyšetřování vizuální zátěže a pozornosti řidiče*. místo neznámé : interní materiál ČVUT, Fakulta dopravní.

22. Co je to eye tracker? [Online] [citováno 19. 01. 2023], Dostupné z: <http://etlab.cz/co-je-to-eye-tracker>.
23. YARBUS, Alfred L. *Eye Movements and Vision*. New York : Plenum Press,1967. ISBN: 978-1-4899-5379-7
24. HUEY, Edmund Burke. *The Psychology and Pedagogy of Reading*. Cambridge : MIT Press, 1968. ISBN: 978-0262-58010-6
25. ROBINSON, David A. *A method of measuring eye movemnent using a scieral search coil in a magnetic field*. místo neznámé : IEEE Transactions on Bio-medical Electronics, 1963.
26. RAYNER, Keith. *Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research*. místo neznámé : Psychological Bulletin, 1998.
27. Farnsworth, B. 10 Most Used Eye Tracking Metrics and Terms. [Online] [citováno 24. 01. 2023], Dostupné z: <https://imotions.com/blog/10-terms-metrics-eye-tracking/>.
28. Tobii Pro Glasses 3 [online], [citováno 12. 03. 2023], Dostupné z: <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-glasses-3/>.

9. Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1	Usmrčené osoby podle věku.....	19
Obrázek 2	Schéma ústrojí sluchu.....	23
Obrázek 3	Braillovo písmo	23
Obrázek 4	Schéma čichových cest.....	24
Obrázek 5	Rozložení chuťových receptorů	24
Obrázek 6	Stavba oka	25
Obrázek 7	Zorné pole.....	26
Obrázek 8	Výstupní data mechanické metody.....	30
Obrázek 9	Elektrookulografická metoda	31
Obrázek 10	Videookulografická metoda	32
Obrázek 11	Heatmapa.....	33
Obrázek 12	Area of interest	34
Obrázek 13	Gaze Replays.....	34
Obrázek 14	Tobii Pro Glasses 3.....	37
Obrázek 15	Záznamová jednotka.....	38
Obrázek 16	Automobil.....	39
Obrázek 17	Trasa	41
Obrázek 18	Kalibrační kartička	43

Obrázek 19 Body zájmu.....	44
Obrázek 20 Heatmapa řidič 1.....	45
Obrázek 21 Heatmapa řidič 2.....	46
Obrázek 22 Heatmapa řidič 3.....	47
Obrázek 23 Heatmapa řidič 4.....	48
Obrázek 24 Heatmapa řidič 5.....	49
Obrázek 25 Heatmapa řidič 6.....	50

Seznam tabulek

Tabulka 1 Naměřená data – řidič 1 - noc	45
Tabulka 2 Naměřená data – řidič 1 - den	45
Tabulka 3 Naměřená data – řidič 2 - noc	46
Tabulka 4 Naměřená data – řidič 2 - den	46
Tabulka 5 Naměřená data – řidič 3 - noc	47
Tabulka 6 Naměřená data – řidič 3 - den	47
Tabulka 7 Naměřená data – řidič 4 - noc	48
Tabulka 8 Naměřená data – řidič 4 - den	48
Tabulka 9 Naměřená data – řidič 5 - noc	49
Tabulka 10 Naměřená data – řidič 5 - den	49
Tabulka 11 Naměřená data – řidič 6 - den	50
Tabulka 12 Naměřená data – řidič 6 - noc	50