

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

KOMPLEXNÍ ANALÝZA OBVYKLÉ DOBY POZOROVÁNÍ JEDOUcíHO VOZIDLA A OKOLNÍCH PODMÍNEK PRO VYHODNOCENÍ DOPRAVNÍ SITUACE

COMPLEX ANALYSIS OF COMMON OBSERVATION TIME OF MOVING VEHICLE AND
ENVIRONMENTAL CONDITIONS FOR EVALUATION OF TRAFFIC SITUATION

TEZE – ZKRÁCENÁ DIZERTAČNÍ PRÁCE
ABBREVIATED DOCTORAL THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. ROBERT SEDLÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ALBERT BRADÁČ, Ph.D.

BRNO 2013

Abstrakt

V disertační práci jsou odvozeny teoretické vztahy pro výpočet minimální rozpoznatelné změny polohy objektu pozorovatelem. K posouzení vhodnosti přístupu této teorie byly provedeny testy na zkušebním polygonu. Testy potvrdily teoretický výklad u tří z pěti zkušebních osob. V případě čelního pozorování byly ve větších vzdálenostech i delší časy fixace, u bočního pozorování byly časy pozorování v krátkých a větších vzdálenostech bez významných odlišností. Dále byly provedeny testy v křižovatkách městského provozu v denní a noční době. Statistickým vyhodnocením bylo zjištěno, že pokud ke křižovatce nepřijíždělo žádné vozidlo byl medián doby pozorování 0,4 s (noc) a 0,56 s (den), pokud ke křižovatce přijíždělo vozidlo byl medián doby pozorování 0,74 s (noc) a 1,06 s (den), medián kontrolního pohledu byl shodně 0,12 s pro den i noc. Dále byla statisticky vyhodnocena motorika otáčení hlavy řidiče při rozhlížení se v křižovatce. Medián časového intervalu natočení hlavy z přímého směru doleva, z přímého směru doprava a naopak byl 0,36 s, medián časového úseku natočení hlavy zleva doprava a naopak byl 0,56 s.

Abstract

In the doctoral thesis is derived a theoretical equations for calculating the minimum recognizable change in position of an object by the observer. To assess the suitability of this approach theory tests were carried out on the test track. Tests confirmed the theoretical explanation for three of the five test persons. In the event of a head-on observations were at greater distances longer times of fixation, at the side watching the observation times at short and long distances were without significant differences. Further tests were carried out in urban traffic intersections in day and night time Statistical evaluation was found that if to the intersection did not come any vehicle, the median observation time was 0,4 s (night) and 0,56 s (day), if to the intersection were coming vehicle, the median observation time was 0,74 (night) and 1,06 (day), the median of the check view was 0,12 s for both day and night. There were also statistically evaluated motor skills of turning the driver's head when looking around the intersection. The median time interval rotation of the head from a straight line to the left, straight line to the right and vice versa was 0,36 s, median time period of rotation of the head from left to right and vice versa was 0,56 s.

Klíčová slova

Doba pozorování, změna úhlu pohledu, křižovatka, čelní pozorování, boční pozorování.

Keywords

Observation time, change of visual angle, crossroad, head-on observation, side observation.

Studijní program

P3917 Soudní inženýrství

Studijní obor

3917V001 Soudní inženýrství

Místo uložení práce

Ústav soudního inženýrství VUT v Brně

OBSAH:

ÚVOD	5
1 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY, FORMULOVÁNÍ PROBLÉMU... 5	5
1.1 Současný stav řešené problematiky	5
1.2 Formulování problému	12
2 CHARAKTERISTIKA ZVOLENÝCH METOD ŘEŠENÍ..... 13	13
2.1 Teoretický výklad k rozpoznání změny polohy objektu pozorovatelem.....	13
2.2 Praktické ověření teoretického výkladu k rozpoznání změny polohy objektu	18
2.3 Doba pozorování při vyhodnocování dopravní situace řidičem v křižovatkách městského provozu	20
2.3.1 Místo provedených testů	20
2.3.2 Světelné podmínky	20
2.3.3 Zkušební osoby	20
2.3.4 Výsledky.....	21
2.4 Motorika pohybu při rozhlédnutí se řidičem v křižovatce.....	24
3 ZÁVĚRY DISERTAČNÍ PRÁCE, PŘÍNOS	25
LITERATURA	27

ÚVOD

Ve znalecké praxi je možno se setkat s celou řadou dopravních nehod, při kterých řidič vozidla při vjíždění na hlavní silnici vjede do koridoru pohybu jiného vozidla na takovou vzdálenost, kdy řidič jedoucí po hlavní silnici nemá možnost včas snížit rychlost nebo provést včasný úhybný manévr tak, aby střetu zabránil. Další podobnou situací jsou dopravní nehody při odbočování vozidla z hlavní silnice přes protisměrný jízdní pruh vlevo, kdy řidič odbočujícího vozidla koliduje s protijedoucím.

Pomineme-li nehody, kdy vozidlo jedoucí po hlavní silnici bylo pro odbočujícího řidiče v oblasti zakrytého výhledu přes sloupek vozidla a necháme-li stranou nehody s přehlédnutím dopravního značení, světelné signalizace, atd., tak typickým příkladem jsou nehody vozidla v křižovatkách, kdy vozidlo jedoucí po hlavní silnici jelo vyšší než stanovenou rychlostí, přičemž pokud by vozidlo jedoucí po hlavní silnici jelo stanovenou rychlostí, tak by k nehodě nedošlo.

Ze znaleckého hlediska zůstává otázkou jaké jsou možnosti řidiče v konkrétní dopravní situaci rozpoznat rychlost vozidla a vyhodnotit možnost vzniku kolizní situace s ohledem na jeho vizuální a motorické schopnosti a dále jaká je obvyklá doba pozorování jedoucího vozidla při vyhodnocování dopravní situace řidičem a do jaké míry je při obvyklé době pozorování jedoucího vozidla řidič schopen rozlišit jeho rychlost, vyhodnotit dopravní situaci a učinit odpovídající rozhodnutí.

1 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY, FORMULOVÁNÍ PROBLÉMU

1.1 Současný stav řešení problematiky

Gregora a Korč v [1] zkoumali možnosti rozpoznání rozjíždějícího se vozidla kolmo na pozorovatele, který byl ve vzdálenosti 30 m. Motivací byly nehody v křižovatkách pro případ vjíždění vozidla z vedlejší silnice na hlavní. Snahou bylo zjistit okamžik, kdy může řidič jedoucí po hlavní silnici nejprve reagovat. Bylo zjištěno, že v dané konfiguraci bylo možno rozjezd rozpoznat 0,2 až 1,4 s po jeho zahájení.

V publikaci [2] jsou analyzovány rozdíly v navigační strategii řidiče při jízdě ve dne a v noci. Za denního světla probíhá navigace hlavně pomocí středové čáry a vegetace na okraji silnice (stromy, keře apod.). V noci se řidič naviguje výlučně podle okrajové čáry a směrových sloupků, jejichž reflexní prvky mají významný charakter. Navigace ve dne vykazuje širší rozptyl fixačních bodů, v noci je toto výrazně omezené. Za denního světla jsou využívány navigační body ve vzdálenosti asi 120m až 140 m, kdežto v noci se tato vzdálenost redukuje

asi na 40 až 50 m, což prakticky odpovídá úseku osvětleném reflektorem. 85% navigace ve dne se pohybuje v úhlovém rozmezí 4,13 až 8,43°, v noci je toto rozmezí s hodnotami 3,09 - 4,64°. Při jízdě v noci za mokra dochází ke značnému zhoršení podmínek pro navigaci kvůli zrcadlení. Při jízdě v obci při pouličním osvětlení vznikají ve tmě na mokré vozovce početné světelné body a tyto způsobují rozptýlení řidiče, delší časy pohledu a vytvářejí priority vnímání – tzn., že jiné důležité informace, opticky nenápadné, nejsou vnímány – jsou překryty, maskovány.

Literatura [3] pojednává o rozdílech v očních pohybech zkušeného řidiče - instruktora a žáka autoškoly. Instruktor sledoval čteněji vnější zrcátka, pozoroval okolí ve větším úhlu a polohu pohledu měnil častěji a rychleji než začátečník.

Pfleger ve výzkumné práci [4] uvádí, že vnímání barev, tvarů, kontrastu je v oblasti do 10°. V oblasti větší než 10° (periferní vidění) jsou vnímány pouze větší pohyby. Zaznamenání informací je provedeno jejich výběrem z jednotlivých cílů, následně jsou tyto informace subjektivně zpracovány a teprve potom následuje reakce. Chybná reakce je způsobena třemi faktory: 1. nedostatek objektivních informací, 2. nedostatečným využitím známých informací, 3. nesprávným použitím známých informací. V této publikaci bylo jízdním testem zkoumáno, které objekty v okolí vozovky jsou předmětem zájmu a jak dlouho trvá jejich sledování. Testu se zúčastnila řidička ve věku 30 let, která měla najeto přes 10 000 km. Řidička projížděla městem rychlostí 50 km/h ve vymezené oblasti. Objekty byly sledovány v rozmezí 0,24 až 0,6 s. Dále bylo zjištěno že při projíždění ulice se řidička orientovala pomocí domů a okraje silnice. Ve fázi, kdy řidička přijížděla do dvojité zatáčky si pomáhala sledováním okraje vozovky a středové čáry. Okraj v zatáčce sledovala řidička celkem 3 x v délce 0,44, 0,44 a 0,8 s. V závěru byla uvedena tabulka, která byla sestavena z mnoha výzkumů chování řidiče s upozorněním, že tabulka ukazuje pouze obecné příklady, a z tohoto důvodu by měl být každý případ testován odděleně.

Rozpoznání chodců:	[s]
Pohled na hlavu	0,7 – 1,0
Pohled na polovinu těla	0,4 – 0,5
Pohled na pohybující se celé tělo	0,4
Kontrolní pohled na chodce	0,4
První detekce pohybu cyklistů v provozu	1,2 – 3,0
Pohled do levého zrcátka	0,6 – 1,1
Pohled do pravého zrcátka	1,1 – 1,4
Pohled do vnitřního zrcátka	0,6
Pohled přes levé rameno	1,0 – 2,2
Pohled na předjíždějící vozidlo	0,5

Otočení hlavy vlevo-vpravo-vlevo	1,1 – 1,9
Kontrolní pohled vlevo-vpravo-vlevo	0,7 – 0,9
Otočení hlavy vlevo-vpravo	0,5 – 0,8
Otočení hlavy přímo-vlevo	0,5 – 0,8
Fixace vozidla přijíždějícího z dálky	2,5
Fixace vozidla přijíždějícího z blízkosti	0,4 – 0,7
Fixace vozidla jedoucího blízko vpředu	0,4
Navigace podle tvaru vozovky	0,3 – 0,4

Tabulka 1: Motorické a vizuální charakteristiky řidiče

Autoři v literatuře [6] se zabývají kompenzačními mechanismy starších řidičů, jimiž tito řidiči nahrazují deficit v rychlosti vnímání, který souvisí s jejich věkem. Bylo zjištěno, že základním kompenzačním mechanismem je snížení rychlosti, dále potom jízda pouze po známých silnicích, neodbočování vlevo přes protisměrný jízdní pruh a řízení pouze mimo noční hodiny.

Wood v [9] srovnával řidičské schopnosti u osob s normálním zrakem (mladí, střední věk, starší) s řidiči, kteří měli oční vadu (pouze starší). Bylo zjištěno, že starší řidiči bez ohledu na to, zda měli nebo neměli oční vadu, vykazovali nižší výkonnost, než řidiči mladí a středního věku. Tendenci k nižšímu či vyššímu výkonu bylo možné předpovědět podle testu na rozsah zorného pole, kontrastní citlivost a citlivost jedince na vjem pohybu.

Porovnání zrakové citlivosti na podnět ve formě pohybu u starších a mladších řidičů bylo provedeno také v [10]. Bylo zjištěno, že starší řidiči měli sníženou citlivost na vjem pohybu, a to podle poznatků autorů může způsobovat obtíže při stanovování rychlosti nebo odhadování vzdálenosti v dopravním provozu. Rovněž v [8] je uvedeno že kontrastní citlivost a možnost vnímat periferní pohyb klesá s přibývajícím věkem řidičů.

Autoři publikace [13] uvádí, že pokud se řidič dívá při jízdě na přístrojovou desku, tak schopnost detekovat periferním viděním zkracující se vzdálenost od předcházejícího vozidla, které brzdí, není závislá na zkušenostech řidiče. Pokud však jde o udržení jízdního směru – jízdu v pruhu při pohledu na přístrojovou desku, tak zkušenější řidiči vykazovali lepší schopnosti, neměnili výrazně směr pohybu.

Výzkum provedený Bhisem a Rockwellem v [14] se zabýval úlohou přímého a periferního vidění při získávání informací řidičem. Řidiči nepotřebovali přímé vidění k udržení jízdního pruhu a vzdálenosti, k tomuto stačilo periferní vidění. V případě, kde byla rozhodující rychlost zpracování informace, museli řidiči použít přímé – foveální vidění. Využití periferního vidění při udržování vzdálenosti bylo ukázáno na jednom konkrétním případě. Řidič při jízdě v koloně - rychlost 70 mph (113 km/h), vzdálenost mezi vozidly 70 stop (21 m) - mohl následovat vedoucí vozidlo při udržování fixace do 25° od podélné osy vozidla. Se

zvětšujícím se úhlem periferního vidění, klesal výkon řidiče při plnění kontrolních úkolů. Když řidič vykonával dva prostorově oddělené úkoly současně, tak výkon řidiče při přímém vidění rovněž klesal. Čím větší byla vzdálenost mezi těmito kontrolními podněty, tím nižší byl výkon řidiče.

LEE v [15] se zabýval podněty, které řidič využívá pro udržení vzdálenosti za vozidlem jedoucím před ním. Dospěl k závěru, že rozhodnutí řidiče o tom kdy, a jakou intenzitou brzdít není závislé na vzdálenosti vozidel ani na rychlosti přibližujícího se vozidla, resp. na zrychlení/brzdění, ale na nějakém vztahu mezi těmito proměnnými. Tento vztah definoval jako převrácenou hodnotu z poměrného zvětšení obrazu překážky na sítnici za jednotku času.

$$\tau(t) = \frac{1}{\text{poměrné zvětšení obrazu překážky na sítnici}} \quad (1)$$

V publikaci [16] byla zkoumána schopnost řidičů pohybujících se zatáčkou do křižovatky předpovědět, zda vozidlo, které se pohybuje kolmo na jejich trajektorii stihne přijet ke křižovatce před anebo po jejich průjezdu daným místem. Bylo zjištěno, že v situaci, kdy se pozorované vozidlo pohybuje v prostředí, kde jsou pevné body v okolí, byly odhady přesnější než v případě volné plochy. Rovněž v práci [17] je uvedeno, že stacionární referenční body usnadňují rozlišení pohybu v prostoru.

Burg v [18] porovnával výsledky zrakového testu, osobnostní a řidičské návyky se záznamem o počtu dopravních nehod a záznamu v přestupcích, to vše u cca 18 000 řidičů. Dospěl k závěru, že s počtem záznamů v přestupcích nejvíce souvisí výsledek testu na dynamickou zrakovou ostrost, následován statickou zrakovou ostrostí, šířkou zorného pole a schopností vidět v noci. Výsledky ukázaly, že počet ujetých kilometrů, věk a pohlaví jsou také důležité faktory ovlivňující řidičské záznamy.

Cavallo a Laurent v [20] prováděli testy, kdy úkolem bylo odhadnout čas do kolize se statickou překážkou, kterou mohly testovací osoby pozorovat 3 s v zorném poli. Rychlost jedoucího vozidla byla 30 a 90 km/h, vzdálenost překážky byla také variována. Odhady byly prováděny s využitím monokulárního i binokulárního vidění, s omezeným zorným polem a se zorným polem bez omezení. Výsledky ukázaly, že přesnost odhadu doby do kolize vzrůstala v případě neomezeného zorného pole, binokulárního vidění, při vyšších rychlostech a u zkušených řidičů. Bylo zjištěno, že pro odhad doby do kolize je využívána rychlost i vzdálenost.

Výzkum provedený v práci [21] vedl autora k závěru, že pohybující se menší objekty se jeví vzdálenější, než stejně vzdálené pohybující se rozměrnější objekty.

V publikaci [22] bylo v laboratorních podmínkách prověřováno rozhodnutí řidiče přejet anebo zůstat stát, před vozidlem jedoucím po hlavní silnici v situaci T křižovatky se značkou „STOP“. Tyto výsledky potom byly porovnávány s vyhodnocením chování řidiče v reálných dopravních situacích. Autoři došli k závěru, že v laboratorních podmínkách řidiči posuzovali nebezpečí podle poměru vzdálenosti a rychlosti příjíždějícího vozidla oproti realitě, kdy posuzovali pouze časovou vzdálenost příjíždějícího vozidla.

Na provedeném laboratorním výzkumu v [23] bylo ukázáno, že periferní vidění ovlivňuje přesnost odhadu rychlostí a vzdáleností. Vnímání zvuku příjíždějícího vozidla tyto odhady ještě zpřesňovalo.

V literatuře [24] byly s využitím simulátoru zkoumány vlivy, podle kterých se řidič rozhoduje při odbočení v křižovatce vlevo. Výsledky ukázaly odlišné posouzení vzdálenosti a rychlosti podle typu příjíždějícího vozidla. Sklon ke vzniku kolizního chování byl tehdy, když si řidič nebyl jistý, zda odbočit či nikoliv. Toto vznikalo zejména při vyšších rychlostech pozorovaného vozidla. Rozhodnutí o odbočení autoři popsali jako výsledek komplexního působení změny vnímaných veličin, jakými jsou „doba do kontaktu“ a vnímané charakteristiky vozidla.

Caird a Hancock se v práci [25] zabývali stejnou problematikou s tím, že využili zkušební osoby ve věku 51 až 84 let – tedy starší osoby než v [24]. Rychlost příjíždějících vozidel byla variována v rozmezí 16 až 112 km/h, v čase příjezdu do křižovatky 3 až 9 sekund. Provedené testy potvrdily předchozí závěry. Ze zkoušek bylo patrné, že rozhodnutí o odbočení není výhradně prováděno podle rychlosti a vzdálenosti, ale bylo také založeno na jiných vnějších podnětech majících vztah k těmto parametrům (např. velikost vozidla). Z pokusů vyplynulo, že se vzrůstající rychlostí vyhodnocovaného vozidla rostl počet kolizí.

Přesnost odhadu časového intervalu podle pohlaví a věkové kategorie (od 20 do 69 let) byla prověřována v [26]. Bylo zjištěno, že muži byly v odhadech přesnější než ženy, věk prováděné odhady časového intervalu neovlivňoval. Ženy odhadovaly delší čas než muži. Autoři v závěru práce poznamenali, že existují další studie, které rozdíl v odhadech času mezi muži a ženami nenalezly.

V publikaci [27] bylo zjištěno, že zrychlování pozorovaného objektu nemá vliv na odhad času do okamžiku minutí pozorovatele objektem.

Podle změny obrazu na sítnici byla Reganem v [28] sestavena rovnice, která popisuje pohyb pozorovaného přibližujícího se objektu. Tato rovnice (2) byla ekvivalentem ke vztahu uvedeném v práci [15].

$$\beta \approx \tan^{-1} \left[\frac{I(d\phi / dr)}{D(d\delta / dr)} \right] \quad (2)$$

Experimenty prováděné v [29] měly za cíl zjistit faktory, které ovlivňují odhad času do příjezdu vozidla, pokud se pohybuje příčným směrem k pozorovateli. Testy ukázaly, že zkušební osoby se rozhodovaly podle rychlosti a vzdálenosti.

Autoři literatury [30] promítali zkušební osobám záznam z pohledu řidiče přibližujícího se ke stojícímu vozidlu. Záznam byl promítán v délce od 2 do 6 sekund, rychlost vozidla byla od 40 do 100 km/h. Film byl vždy ukončen ve vzdálenosti 100 m před stojícím vozidlem. Úkolem zkušebních osob bylo odhadnout čas do kolize. Výsledky ukázaly, že větší délka pozorování nevedla k přesnějším odhadům. Tím bylo prokázáno, že odhady byly založeny pouze na informacích získaných z měnícího se optického pole v oku pozorovatele. Se vzrůstající rychlostí vozidla se zvyšovala i přesnost odhadů. Muži odhadovali vyšší časy a přesněji než ženy.

Kolektiv autorů publikace [31] zkoumal rozlišitelnost relativního pohybu nejprve s úplně odkrytým a později s částečně zakrytým objektem pozorování. Situace byla navozena na simulátoru tak, že zkušební osoba se pohybovala ve vozidle rychlostí 50 km/h a před jejím vozidlem jelo ve vzdálenosti 20 m další vozidlo. Vpředu jedoucí vozidlo se pohybovalo relativní rychlostí od ± 2 do ± 18 km/h. Úkolem bylo stanovit, zda se pozorované vozidlo přibližuje či vzdaluje. Zkušební osoba po zaznamenání tohoto vjemu stiskla tlačítko a tím byl změřen čas. Bylo zjištěno, že zkušební osoby se byly vždy schopny adaptovat na konkrétní podmínky daného úkolu.

Rozbor očních pohybů řidiče při následování jiného vozidla byl proveden v [32]. Účastníci testu se pohybovali po dálnici i městských silnicích. Nebyla jim kladena žádná specifická otázka, mohli se chovat tak jak byli zvyklí, tzn. ladit rádio, nastavovat klimatizaci, sledovat zrcátka, značky apod. Osoby byly placeny za účast a nebyly tak v časové tísní. Podle autorů byla během testu vidět u všech osob snaha dokončit jízdu úspěšně - bezpečně, proto získaná data autoři považovali za „bezpečnostní ideál“ očních pohybů při jízdě. Při jízdě v koloně, resp. za jiným vozidlem byla délka pohledu mimo přímý směr průměrně 0,6 sekundy s odchylkou 0,46 s. Délku pohledu mimo přímý směr nebylo možno předpovědět podle vzdálenosti od předcházejícího vozidla ani podle rychlosti. Všechny věkové kategorie sledovaly častěji

vnitřní zrcátko než vnější. Mladší řidiči a řidiči ve středním věku měli podobné návyky, které se však odlišovaly od návyků starší skupiny řidičů. Starší řidiči méně sledovali přístrojovou desku, a častěji se dívali přes levé rameno než do levého zrcátka.

V literatuře [33] byl zkoumán vjem zrychlujícího objektu a objektu pohybujícího se konstantní rychlostí. Testované osoby pozorovaly pohybující se objekt, který se v určitém okamžiku skryl za překážku, a úkolem bylo odhadnout čas, kdy objekt vyjede zpoza překážky. Pokud se objekt pohyboval konstantní rychlostí, byly odhady přesné, se vzrůstající akcelerací objektu se zvyšovala i nepřesnost odhadu.

Porovnání odhadu času do kolize při vizuálním a akustickém podnětu bylo provedeno Schiffem a Oldakem v [34]. Při akustické zkoušce nebylo vozidlo viditelné, blížilo se pouze zvukově. Vyhodnocované vozidlo se pohybovalo v čelním a příčném směru vzhledem k poloze zkušební osoby. Bylo zjištěno, že optické podněty byly využity efektivněji než sluchové vjemy. Při čelním pohybu vozidla byly časy podhodnocovány, při příčném pohybu byly odhady přesnější, ale časy byly nadhodnoceny. Ženy odhadovaly kratší časy než muži.

Odhady času příjezdu vozidla v závislosti na věku, pohlaví, trajektorii a rychlosti vozidla byly zkoumány v [35]. Mladší řidiči odhadovali přesněji, starší ženy odhadovaly nejkratší čas. Při vyšších rychlostech vozidla byly odhady přesnější.

V publikaci [36] je uvedeno, že nehody starších řidičů mohou souviset s obtížemi při stanovení rychlostí ostatních vozidel. Pro vykonání testu na tuto problematiku byly sestaveny 3 věkové skupiny (mladí, střední věk, starší). Úkolem bylo odhadnout rychlost samostatně se pohybujícího vozidla, jehož rychlost byla v rozmezí 24 až 80 km/h. Bylo zjištěno, že starší řidiči měli menší citlivost na rozlišení změny v rychlosti pozorovaného vozidla.

Caird a Hancock v [39] prováděli testy na simulátoru se zaměřením na problematiku dopravních nehod v křižovatkách, pro případ odbočení vlevo. Testu se zúčastnilo 24 žen a 24 mužů ve věku od 18 do 44 let. Zkušební osoby pozorovaly vozidlo vždy po dobu 3 s. Byly zkoumány vlivy, podle kterých se řidiči rozhodují o tom zda odbočit či nikoliv. Odhadovaná veličina byla doba do příjezdu vozidla do křižovatky T_A . Při testu byla měněna doba T_A , vzdálenost vozidla a typ příjezdu vozidla (motocykl, osobní, dodávkové, nákladní vozidlo). V případě, že byla doba T_A zvyšována, docházelo k většímu podhodnocování tohoto skutečného času. Významný vliv na tyto odhady mělo pohlaví osoby, typ vozidla a vzdálenost, ve které bylo vozidlo pozorováno. Muži byly při odhadech příjezdu motocyklu a dodávkového vozidla přesnější než ženy, zatímco u ostatních dvou typů vozidel nebyly nalezeny rozdíly. Autoři došli k závěru, že velikost vozidla rozhoduje o úsudku řidiče zda odbočit či zůstat stát. U větších vozidel docházelo k většímu podhodnocování T_A .

Provedené zkoušky v [39] potvrdily předpoklad, že účastníci testu se vzrůstající T_A odhadovaný čas více podhodnocovali a se vzrůstající T_A se zvětšoval se i rozptyl odhadovaných hodnot. Při kratších vzdálenostech příjezdějího vozidla (vozidlo blíže k pozorovateli) byly odhady přesnější. Tyto výsledky ukázaly, že řidiči při odhadech využívali kromě proměnné τ ještě další informace. U motocyklů respondenti odhadovali vyšší T_A než při stejných podmínkách u ostatních vozidel. To mohlo být částečně způsobeno malou změnou úhlu expanze profilu motocyklu, která je strmější u větších vozidel.

V literatuře [40] je uvedeno, že řidič příjezdějí ke křižovatce s úmyslem odbočit doprava se v 82 % procentech podívá nejprve doprava a v 99 % jeho poslední pohled směřuje doleva. Mezi všemi věkovými kategoriemi řidičů není rozdíl v tomto způsobu jednání - pohybech hlavy. Obtížnou detekci příjezdějího vozidla způsobuje nízký kontrast mezi prostředím a vozidlem a při čelním pozorování je toto ztíženo vždy.

Polášek v literatuře [42] definoval vidění, popsal jeho vlastnosti a zákonitosti (dioptrické zařízení oka, princip vytváření obrazu na sítnici, rozlišovací mez oka, podstata vzniku zrakového vjemu a jejich setrvačnost, reakce oka na jasy předmětů, Purkyňův jev, binokulárního vidění, fyzikální veličiny související s vytváření zrakového vjemu apod.)

1.2 Formulování problému

V předchozí části disertace je uvedeno, že při rekonstrukci silničních nehod v křižovatkách, pro specifický případ nehod vysoké rychlosti vozidla s právem přednosti v jízdě, je pro technického znalce velmi problematické popsat, jaké měl odbočující řidič možnosti stanovit rychlost přibližujícího se vozidla v okamžiku před rozhodnutím o odbočení. Jedná se o nehody typu „viděl, ale nerozpoznal“. Lze je charakterizovat tak, že odbočující řidič viděl příjezdějího vozidlo, ale neodhadl správně vzájemnou vzdálenost ve vztahu k rychlosti příjezdějího vozidla, to vše s ohledem k reakčním schopnostem řidičů a dynamickým možnostem vozidel (akcelerace, brzdění, vyhýbání), které jsou fyzikálně omezeny.

Dalšími podobnými nehodami jsou kolize typu „podíval se, ale neviděl“. Při tomto typu nehod jsou možné v zásadě dva pohledy. Buď vozidlo v okamžiku, kdy se řidič odbočujícího vozidla rozhlédl bylo v oblasti zakrytého výhledu (za zatáčkou, zástavbou, horizontem apod.) anebo bylo pro odbočujícího řidiče viditelné po celou dobu jeho rozhodování v křižovatce a příčina přehlédnutí vozidla pak byla jiná než technická. Pro stanovení, která z těchto dvou alternativ je s ohledem na podmínky v místě nehody (zejm. rychlost vozidla jedoucího po hlavní silnici a stavebně technický charakter daného místa) technicky přijatelná, je nutno znát

dobu, během které řidič mění úhel pohledu z jedné na druhou stranu a dále dobu, během které řidič vyhledává objekty ve svém zorném poli a jak dlouho trvá jejich fixace.

Z výše uvedeného je možno formulovat základní problém tématu disertace:

- 1. S ohledem k fyziologické hranici zrakového vnímání pohybujících se těles v prostoru definovat matematický vztah, kterým lze popsat minimální rozpoznatelnou změnu polohy přibližujícího se vozidla v závislosti na podélné a příčné vzdálenosti pozorovatele od trajektorie objektu.**
- 2. Ověřit odvozený matematický vztah v realitě zkušebního polygonu.**
- 3. Zjistit obvyklou dobu pozorování jedoucího vozidla, která je dostatečná pro zaznamenání vjemu – rozhodnutí zda odbočit či zůstat stát.**
- 4. Popsat motorické schopnosti řidičů při rozhlížení se křižovatce.**

2 CHARAKTERISTIKA ZVOLENÝCH METOD ŘEŠENÍ

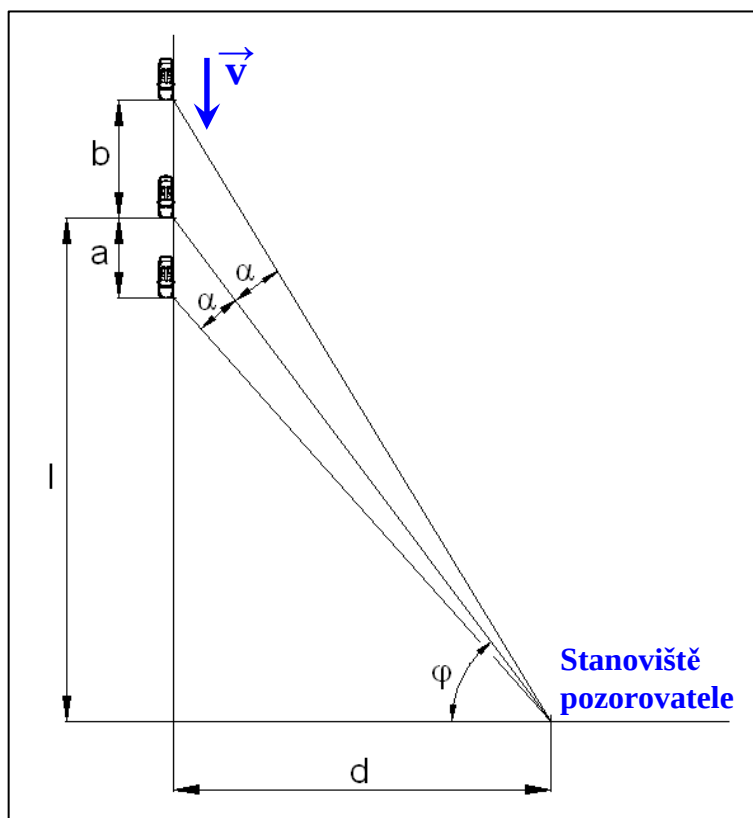
2.1 Teoretický výklad k rozpoznání změny polohy objektu pozorovatelem

Možnost rozlišení změny polohy pohybujícího se objektu za daný čas je v obecném pohledu závislá zejména na:

- poloze pozorovatele vzhledem k trajektorii pozorovaného objektu
- rychlosti pohybu tohoto tělesa,
- vzdálenosti ve které je objekt pozorován,
- prostředí v němž se objekt pohybuje.
- světelných podmínkách - kontrastem jasů mezi objektem a prostředím.

Změnu polohy objektu, kterou je schopen člověk z teoretického hlediska v konkrétních podmínkách zaznamenat, souvisí s fyziologickou hranicí zrakového vnímání. Při ideálních světelných podmínkách, tedy při denní době je zaručen dostatečný kontrast jasů mezi objektem a prostředím, který umožňuje rozpoznání vozidla – objektu v prostředí. Fyziologická hranice vnímání je při ideálních podmínkách potom dána minimálním rozdílem paralaktických úhlů, které svírají osy očí při stáčení do bodu zájmu. Tento minimální úhel představuje mez stereoskopického vidění.

Na **obr. 1** je z obecného pohledu znázorněna vzájemná poloha „pozorovatel – skutečná vzdálenost objektu“ a „pozorovatel – minimální vnímaná změna vzdálenosti objektu“. Z vyznačené situace je možno po úpravách odvodit vztahy **(3)** až **(6)**.



Vysvětlivky:

- d příčná vzdálenost pozorovatele vzhledem k trajektorii objektu
- l podélná vzdálenost mezi objektem a pozorovatelem z pohledu směru pohybu objektu
- a, b minimální pozorovatelná změna polohy objektu
- φ úhel pozorování
- $\alpha = \frac{\delta_o}{2}$ minimální úhel, při kterém je schopen pozorovatel zjistit změnu polohy objektu; úhel mezi osami paralaktických úhlů
- δ_o mez stereoskopického vidění

Obr. 1: Schematické znázornění situace objekt vs. pozorovatel – obecná poloha [48]

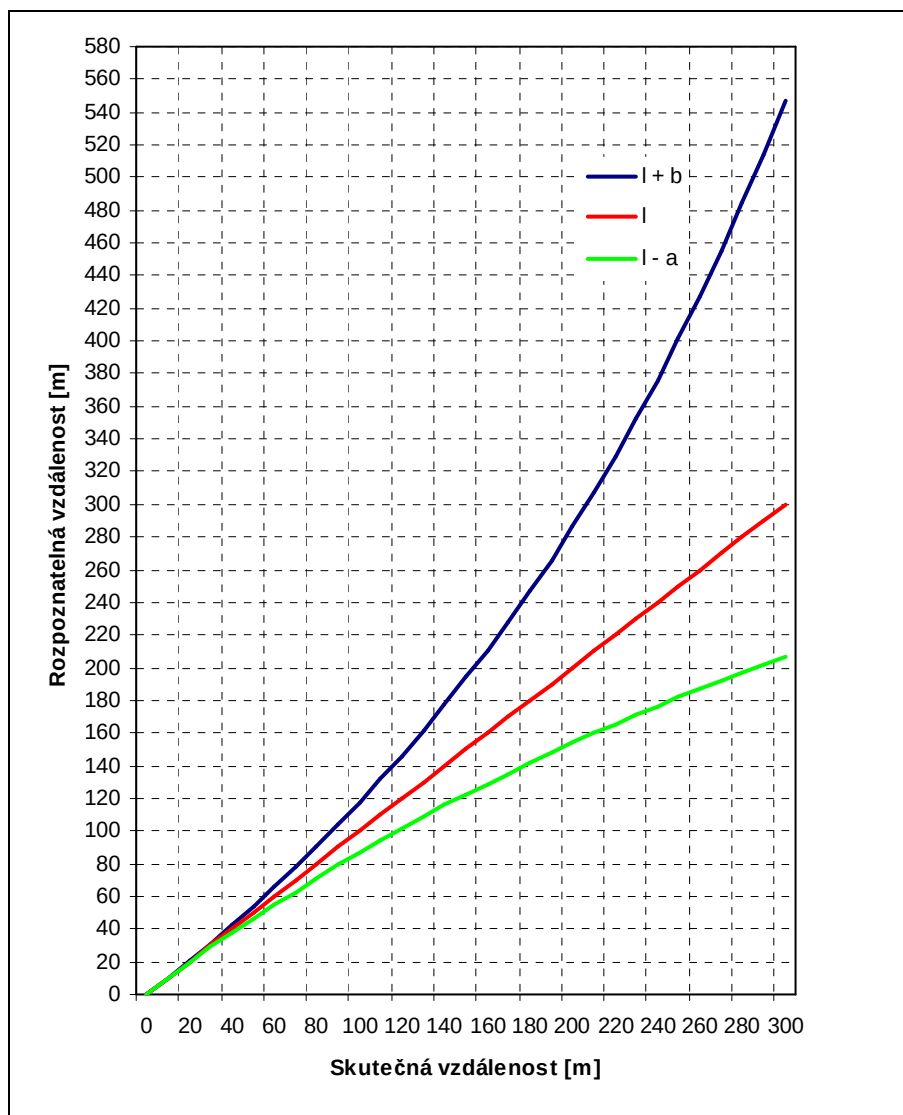
$$b = \left[\operatorname{tg}(\alpha + \operatorname{arctg} \frac{l}{d}) \right] d - l \quad (3)$$

$$a = l - \left[\operatorname{tg}(\operatorname{arctg} \frac{l}{d} - \alpha) \right] d \quad (4)$$

$$l^b_{1,2} = \left(\frac{-\frac{b}{d} \operatorname{tg} \alpha \pm \sqrt{\left(\frac{b}{d} \operatorname{tg} \alpha\right)^2 - 4 \operatorname{tg} \alpha \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{b}{d}\right)}}{2 \operatorname{tg} \alpha} \right) d \quad (5)$$

$$l^a_{1,2} = \left(\frac{\frac{a}{d} \operatorname{tg} \alpha \pm \sqrt{\left(\frac{a}{d} \operatorname{tg} \alpha\right)^2 - 4 \operatorname{tg} \alpha \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{a}{d}\right)}}{2 \operatorname{tg} \alpha} \right) d \quad (6)$$

Na **obr. 2** je s využitím odvozených vztahů znázorněn možný rozptyl vzdáleností od skutečné polohy objektu, ve kterých pozorovatel není schopen rozlišit změnu polohy tohoto tělesa. Závislosti na **obr. 2** platí v případě čelního pozorování objektu pro oční rozestup $PD = 65$ mm a mez stereoskopického vidění $\delta_0 = 20''$. Z grafického znázornění je zřejmé, že při větších vzdálenostech objektu od pozorovatele je velké rozpětí vzdáleností, ve které není schopen člověk v dané konfiguraci pohybu objektu a polohy pozorovatele rozpoznat změnu jeho polohy.



Vysvětlivky:

- l skutečná vzdálenost objektu od pozorovatele
a, b minimální pozorovatelná změna polohy objektu

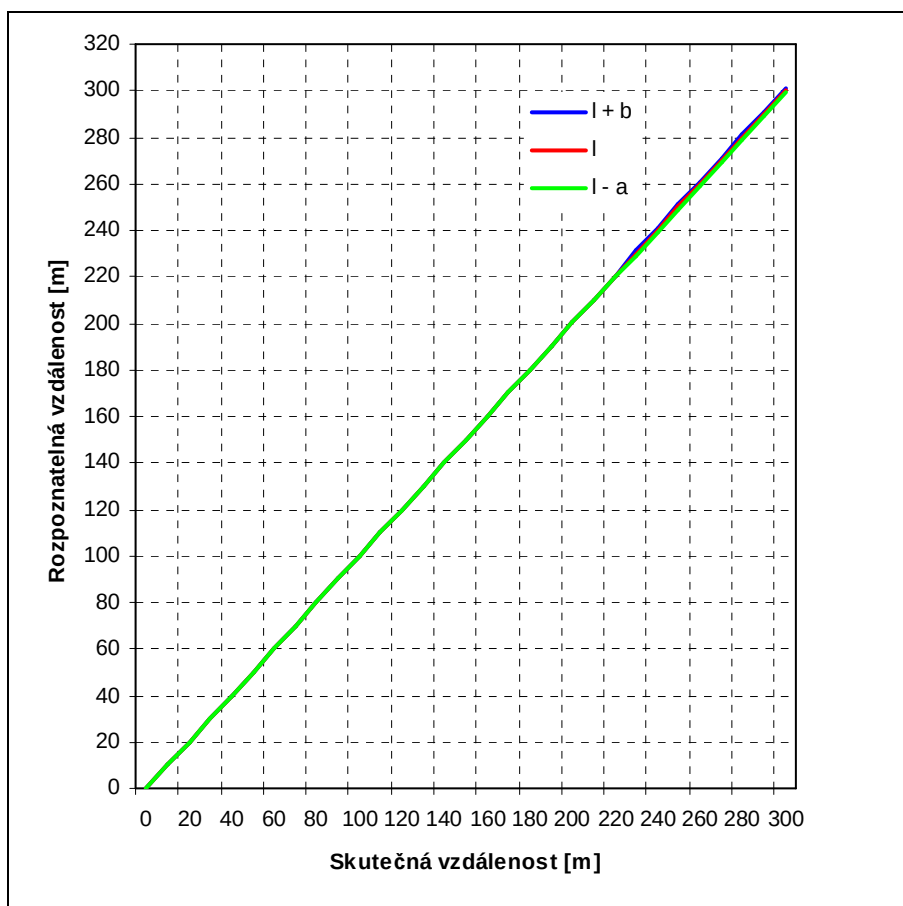
Obr. 2: Hranice rozlišitelnosti změny polohy objektu pro případ čelního pozorování (modrá a zelená křivka) [48]

Z veličiny „a“ podle vztahu (4) lze dovodit dráhový úsek, o který se musí objekt pozorovaný v určité vzdálenosti přemístit, aby bylo možno postřehnout změnu jeho polohy.

Pro spojitě vnímání pohybu je nutné, aby se objekt pohyboval takovou rychlostí, při níž během 1 sekundy urazí vzdálenost, která je 13-krát větší než vzdálenost „a“, tedy délky, která je nezbytná k rozlišení změny jeho polohy. Tato podmínka vychází z fyziologické hranice frekvence vzniku zrakových vjemů, viz literatura [42], příklad podstaty kinematografie. V případě čelního pozorování je člověk schopen spojitě vnímat změnu polohy objektu, který se pohybuje rychlostí 70 až 160 km/h v relativně krátkých vzdálenostech přibližně do 40 až 50 m (PD = 65 mm a mez stereoskopického vidění $\delta_0 = 20'$). Zaznamenáním změny polohy

vznikne tzv. počítek a syntézou dalších počitků vzniká vjem, viz literatura [45]. Při spojitém pozorování změny polohy tak může pozorovatel získat vjem v relativně krátkém časovém okamžiku, v řádu několika desetin sekundy. Při pozorování v delších vzdálenostech k tomu potřebuje delší čas, řádově i několik sekund. Rychlost vytvoření vjemu syntézou počitků je závislá především na prostředí v němž se objekt pohybuje (množství a vzdálenost referenčních bodů od trajektorie objektu – viz [16], [17]) a dále také na správném chápání vnímané situace v tomto prostředí. Na výše uvedeném příkladu je rovněž možno vysvětlit rozdíl v době fixace blízkých a vzdálených vozidel při odbočování přes jejich koridor pohybu, tak jak je to uvedeno v publikaci [4].

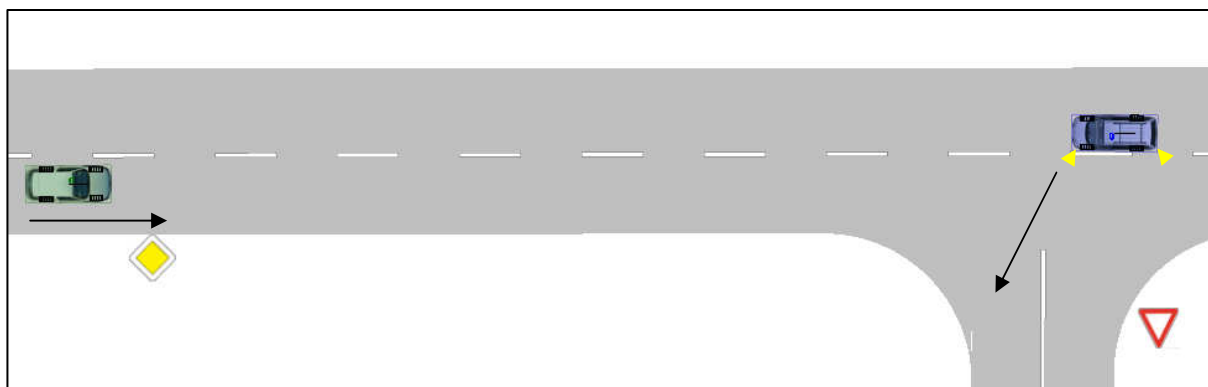
Na **obr. 3** je znázorněn možný rozptyl vnímané vzdálenosti od skutečné v případě, že poloha pozorovatele je vzhledem k trajektorii objektu posunuta příčně o 5 m. Při tomto částečně bočním pozorování, je rozpoznání změny polohy objektu a tedy i kvantifikace jeho rychlosti a následný odhad času příjezdu k pozorovateli výrazně usnadněna než v případě čelního pozorování, viz závislosti na **obr. 2**.



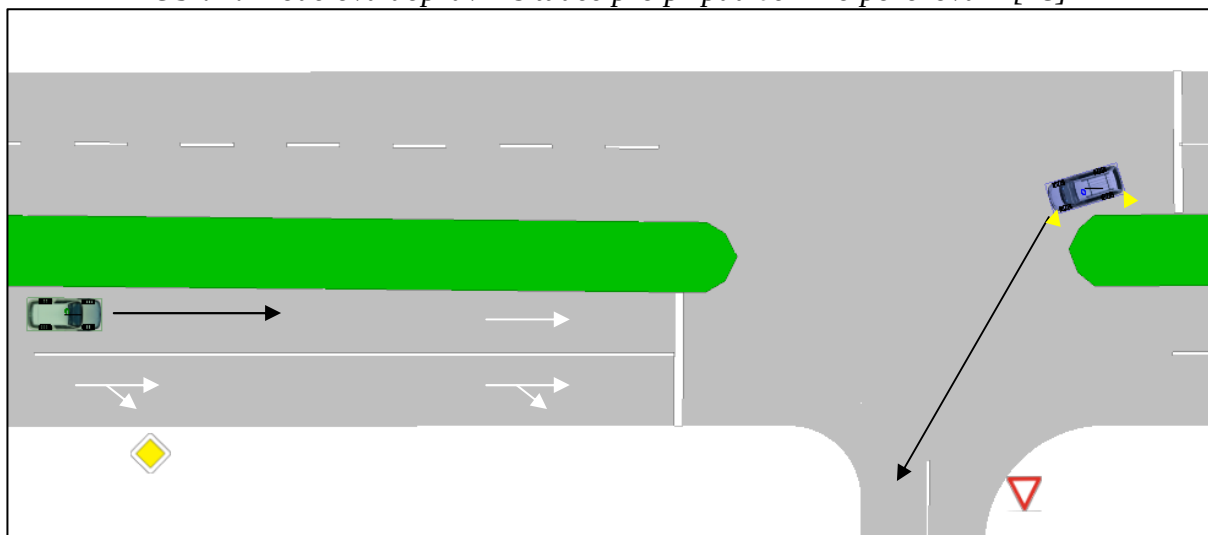
Obr. 3: Hranice rozlišitelnosti změny polohy objektu pro případ posunu pozorovatele o 5 m příčně vzhledem k trajektorii objektu [48]

2.2 Praktické ověření teoretického výkladu k rozpoznání změny polohy objektu

Praktickým ověřením vhodnosti teoretického přístupu, matematických vztahů a správnosti dovozených principů, lze následně posoudit jeho aplikovatelnost ve znalecké praxi. Modelové dopravní situace, které reprezentují problém čelního a částečně bočního pozorování řidičem odbočujícího vozidla jsou znázorněny na **obr. 4** a **5**. Testy byly prováděny tak, aby navozovaly podmínky, které by odpovídaly těmto dvěma základním modelovým situacím.



Obr. 4: Modelová dopravní situace pro případ čelního pozorování [48]



Obr. 5: Modelová dopravní situace pro případ částečně bočního pozorování [48]

Testy proběhly v denní době na letištní ploše. V přilehlém okolí plochy nebyla zástavba, stromy ani jiné referenční body. Během testů byla jasná obloha, teplota 36°, viditelnost několik kilometrů. Testu se zúčastnilo 5 osob, mužů ve věku 26 až 31 let. Žádná z osob neměla oční vadu, která by potřebovala korekci zraku. Jednalo se o řidiče s praxí přes 100 000 km.

Provedenými testy bylo možno určit:

1. délku fixace vozidla pozorovatelem
2. dráhu ujetou vozidlem během doby fixace
3. okamžik ukončení fixace před míjením
4. vzdálenost vozidla od pozorovatele na počátku fixace

Každý figurant se vyjadřoval ke 4 zkouškám na čelní a ke 4 testům na boční pozorování. Z vyhodnocení testu na čelní pozorování je možno u respondentů 1, 2, 4 vysledovat, že při srovnatelné rychlostní hladině byly ve větších vzdálenostech vozidla od pozorovatele i delší časy pozorování než tomu bylo v případě kratších vzdáleností. Tato tendence je zejména patrná u nižších rychlostních hladin. U těchto osob tedy lze v souvislosti s rychlostí vozidla poukázat na její vliv na dobu pozorování - rychlost vytvoření vjemu. Nižší rychlost ve větší vzdálenosti vedla u této skupiny osob k delším intervalům fixace. V případě bočního pozorování tato skupina osob vyhodnocovala navozené situace ve srovnatelném časovém intervalu bez významných odchylek. Zmiňované osoby správně vyhodnotily všechny předestřené situace. Popsaná zjištění vlivu trajektorie vozidla vzhledem k poloze pozorovatele, vzdálenosti a rychlosti pozorovaného vozidla jsou v souladu s teoretickými poznatky uvedenými v kapitole 2.1.

Časy pozorování, které byly u jednotlivých testovacích osob porovnatelné jsou shrnuty v **tabulkách 2 až 5**.

		ČELNÍ POZOROVÁNÍ			
Rychlost vozidla	[km/h]	56 až 67	52 až 66	103 až 108	106 až 113
Vzdálenost vozidla od pozorovatele na počátku fixace	[m]	130 až 138	220 až 241	124 až 137	198 až 215
Doba fixace	[s]	1,2 až 1,6	2,1 až 3,2	1,1 až 1,4	1,5 až 2,2

Tab. 2: Shrnutí výsledků testů na čelní pozorování u zkušební osoby 1, 2, 4

		ČELNÍ POZOROVÁNÍ			
Rychlost vozidla	[km/h]	69 až 70	71	116	108 až 114
Vzdálenost vozidla od pozorovatele na počátku fixace	[m]	132 až 133	223 až 233	126 až 132	212 až 225
Doba fixace	[s]	0,6 až 0,8	1,0 až 1,1	0,8	0,8 až 1,0

Tab. 3: Shrnutí výsledků testů na čelní pozorování u figurantů 3 a 5

		BOČNÍ POZOROVÁNÍ			
Rychlost vozidla	[km/h]	60 až 67	61 až 68	108 až 111	108 až 109
Vzdálenost vozidla od pozorovatele na počátku fixace	[m]	129 až 132	219 až 227	110 až 121	207 až 219
Doba fixace	[s]	1,0 až 1,6	1,1 až 1,4	1,0 až 1,3	1,2 až 1,5

Tab. 4: Shrnutí výsledků testů na boční pozorování u figurantů 1, 2, 4

		BOČNÍ POZOROVÁNÍ			
Rychlost vozidla	[km/h]	62 až 76	67 až 76	106 až 108	102 až 107
Vzdálenost vozidla od pozorovatele na počátku fixace	[m]	134 až 138	221 až 233	122 až 128	215 až 219
Doba fixace	[s]	0,7 až 0,8	0,7 až 1,0	0,9	0,8 až 1,0

Tab. 5: Shrnutí výsledků testů na boční pozorování u figurantů 3 a 5

Respondenti 3 a 5 ve všech zkušebních situacích čelního pozorování fixovali vozidlo po dobu, která se lišila řádově v desetinných sekundách. Rozmezí doby jejich fixace bylo ve velmi úzkém časovém intervalu. Teoretická zjištění, která byla podpořena výsledky zkoušek u respondentů

1, 2, 4 naznačují, že zkušební osoby 3 a 5 se rozhodují i na základě dalších skutečností než je pouze kvalifikované vyhodnocení skutečné rychlostní hladiny pozorovaného vozidla v dané vzdálenosti. Podle rozporů v uvedených reakcích na navozené situace respondentem 3, nebylo možno s jistotou potvrdit, že během doby pozorování, která ve všech navozených situacích kolísala s malou významností, byla tato osoba schopna spolehlivě vyhodnotit všechny předestřené situace, zejména ty ve větší vzdálenostech v testu na čelní pozorování. Respondenti 3 a 5 se během testů projeví podobnými návyky. Respondent 5 se rozhodoval na základě prakticky stejného časového intervalu fixace nezávisle na trajektorii a vzdálenosti vozidla vzhledem k poloze pozorovatele. Spolehlivost této strategie rozhodování (zejména pro čelní pozorování) by však bylo nutno ještě dále zkoumat a ověřit, aby bylo možno eventuelně vyloučit pochybnosti, které byly vzneseny rozpory v uvedených reakcích respondenta 3.

2.3 Doba pozorování při vyhodnocování dopravní situace řidičem v křižovatkách městského provozu

2.3.1 Místo provedených testů

Pro testy 1 byla zvolena trasa mezi obcemi Lednice, Břeclav, Valtice, Hlohovec. Vyhodnocované křižovatky na tomto okruhu se nacházely v obci.

Testy 2 byly provedeny v Prostějově. Ve zvoleném úseku byly kombinovány křižovatky nerozlišené dopravními značkami (přednost zprava) s křižovatkami ve tvaru T s rozlišením hlavní a vedlejší silnice.

2.3.2 Světelné podmínky

Testy 1 byly prováděny za soumraku a v nočních hodinách. Během první sady těchto měření bylo zataženo, občas jemně mžilo, místy se tvořila mlha a byla mokrá vozovka. V další sadě měření (jiný den) bylo polojasno a testy již byly prováděny na suché vozovce. Projížděné ulice a křižovatky byly osvětleny pouličními lampami.

Testy 2 byly prováděny v denní době, za sucha a jasna.

2.3.3 Zkušební osoby

Testu 1 se zúčastnilo 8 řidičů, 7 mužů a 1 žena. Pět řidičů bylo z nejmladších věkových skupin (průměrný věk 35 let), zbývající 3 řidiči byli v průměrném věku 52 let) [47].

Testu 2 se zúčastnilo 7 řidičů, mužů ve věku 25 až 31 let.

2.3.4 Výsledky

Obvyklou dobu pozorování při vyhodnocování dopravní situace řidičem lze v pojetí předkládané práce, tedy tak jak byla při zpracování pořízených záznamů testu 1 a 2 chápána a byla i tímto způsobem vyhodnocena, definovat následujícím způsobem.

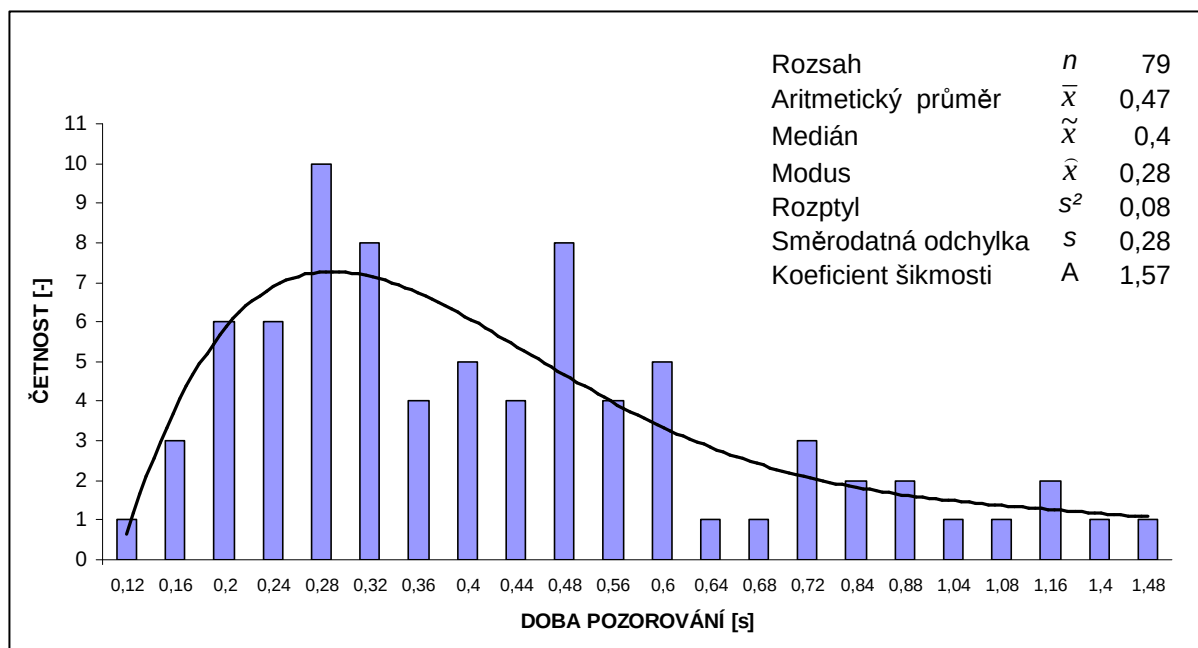
Obvyklá doba pozorování je časový interval, během něhož řidič vyhledává očními pohyby objekty ve svém zorném poli a ty potom následně fixuje. Je to tedy časový interval mezi změnou úhlu pohledu natáčením hlavy, který řidič provedl za účelem vyhledání objektů v zorném poli.

Získaný soubor dat z pořízeného záznamu bylo možno seřadit a statisticky zpracovat. Doby pozorování získané z testu 1 a 2 byly zpracovány odděleně, neboť při každém z těchto dvou testů byly odlišné světelné podmínky. Doby pozorování při rozhlédnutí v křižovatce lze v obou testech rozdělit do tří základních skupin.

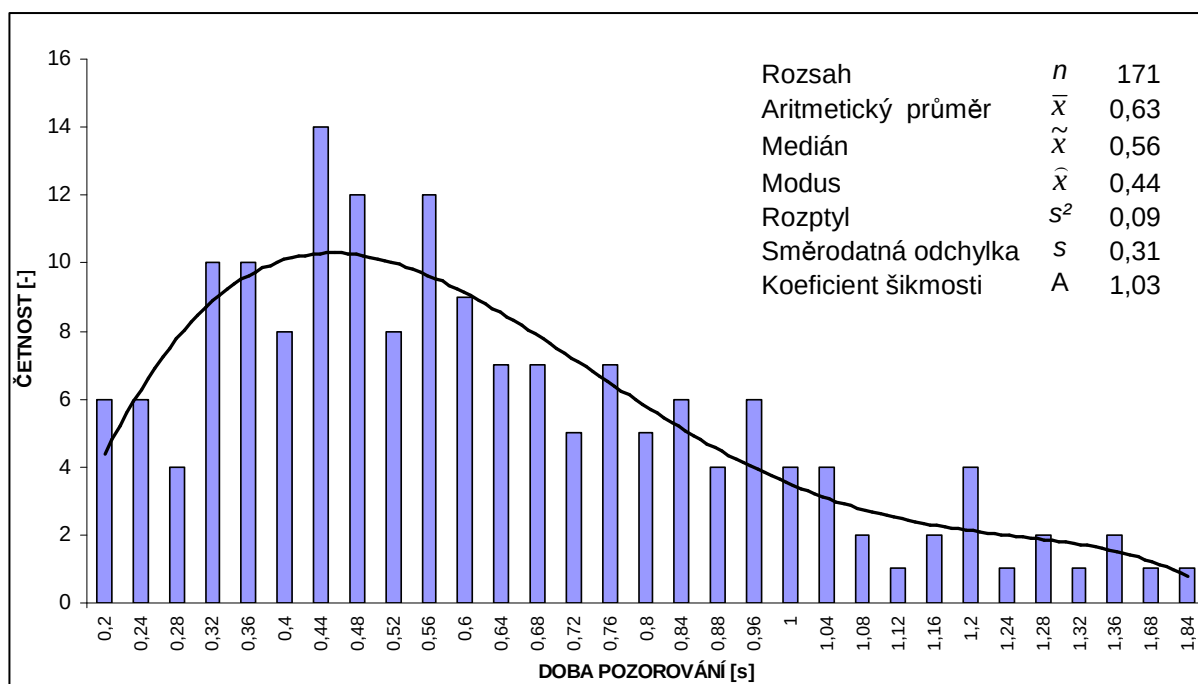
1. V zorném poli nebyl žádný objekt zájmu
2. Řidič sledoval – vyhodnocoval přijíždějící vozidlo
3. Kontrolní pohled

Podle těchto tří skupin byla v každém testu získaná data rozřazena a samostatně zpracována. Ze souboru byly odstraněny časy, které zjevně nesouvisely s vyhodnocením dopravní situace, např. časy během nichž řidič vyčkával průjezdu vozidla křižovatkou a mezi tím jej stále pozoroval.

První skupinu lze charakterizovat jako čas pozorování, podle kterého se řidič rozhoduje o rozjetí za předpokladu, že z daného směru nepřijíždí žádné vozidlo.

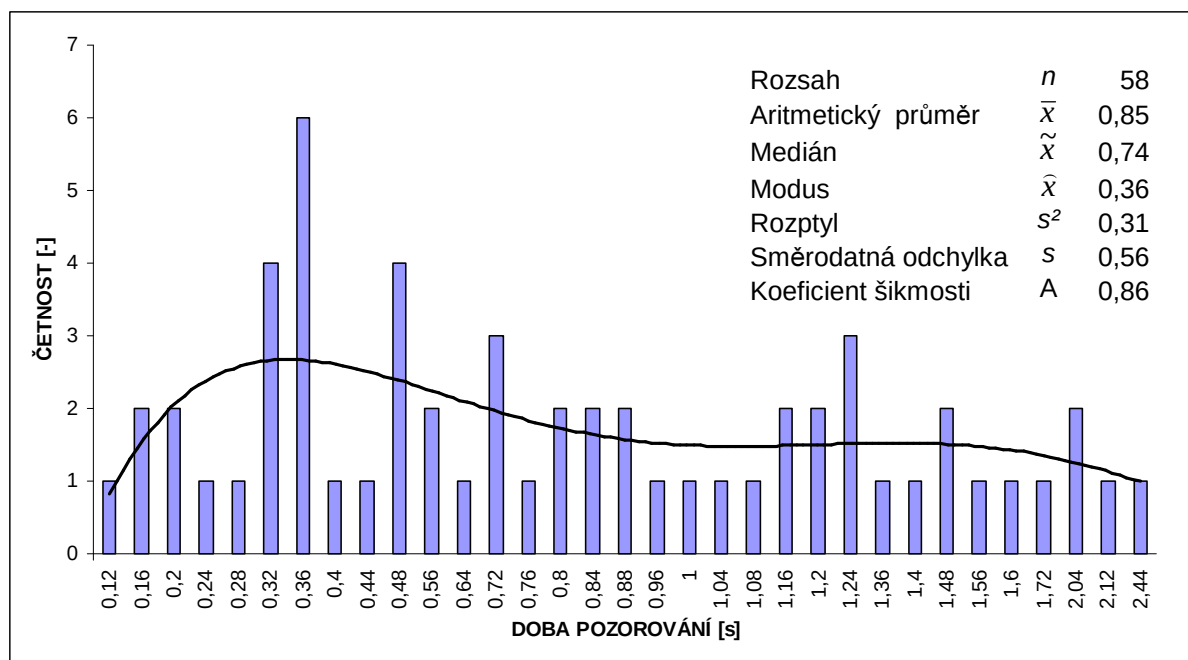


Obr. 6: Test 1 (soumrak, noční doba) – data od 8 řidičů, doba pozorování v případě, že ke křižovatce nepřijíždělo žádné vozidlo [48]

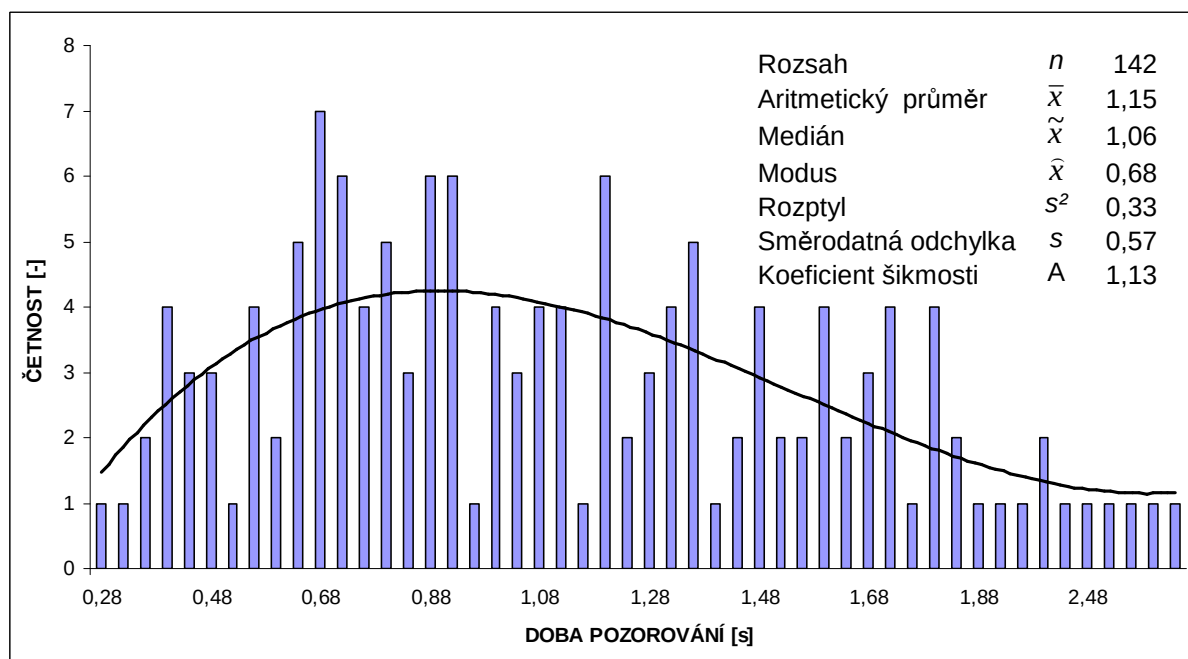


Obr. 7: Test 2 (denní doba) – data od 7 řidičů (jiné osoby než v testu 1), doba pozorování v případě, že ke křižovatce nepřijíždělo žádné vozidlo [48]

Druhá skupina jsou doby pozorování, během nichž řidič vyhodnocuje časové možnosti odbočení na základě sledování přibližujícího se vozidla.

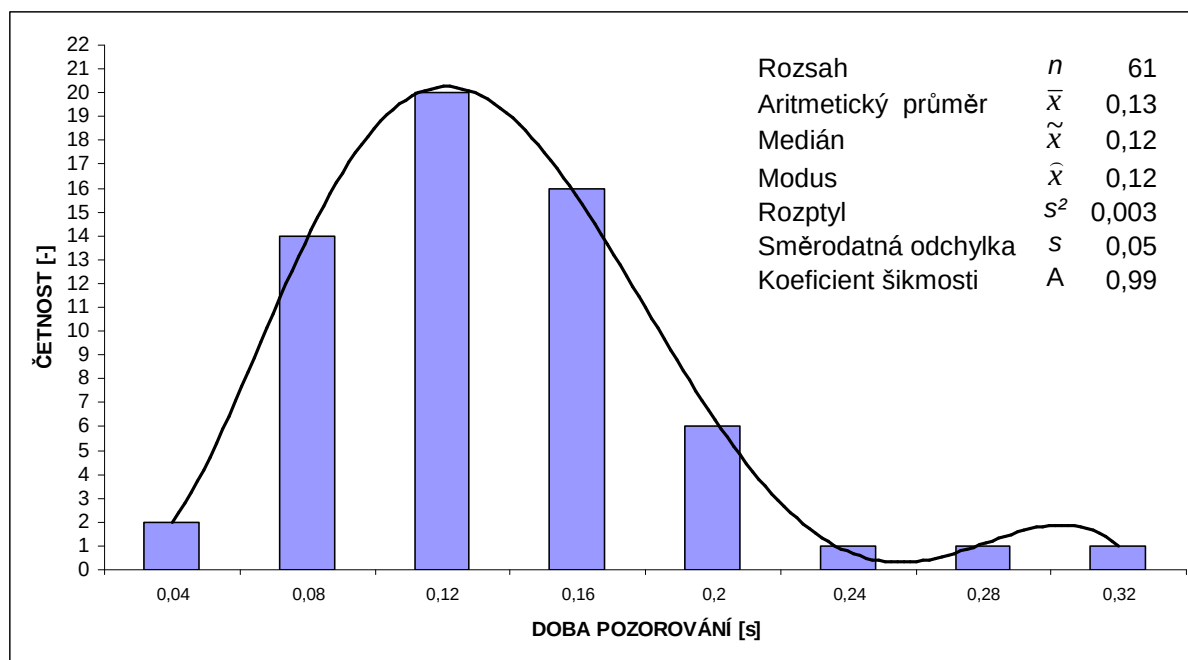


Obr. 8: Test 1 (soumrak, noční doba) – data od 8 řidičů, doba pozorování v případě, že ke křižovatce přijíždělo vozidlo [48]

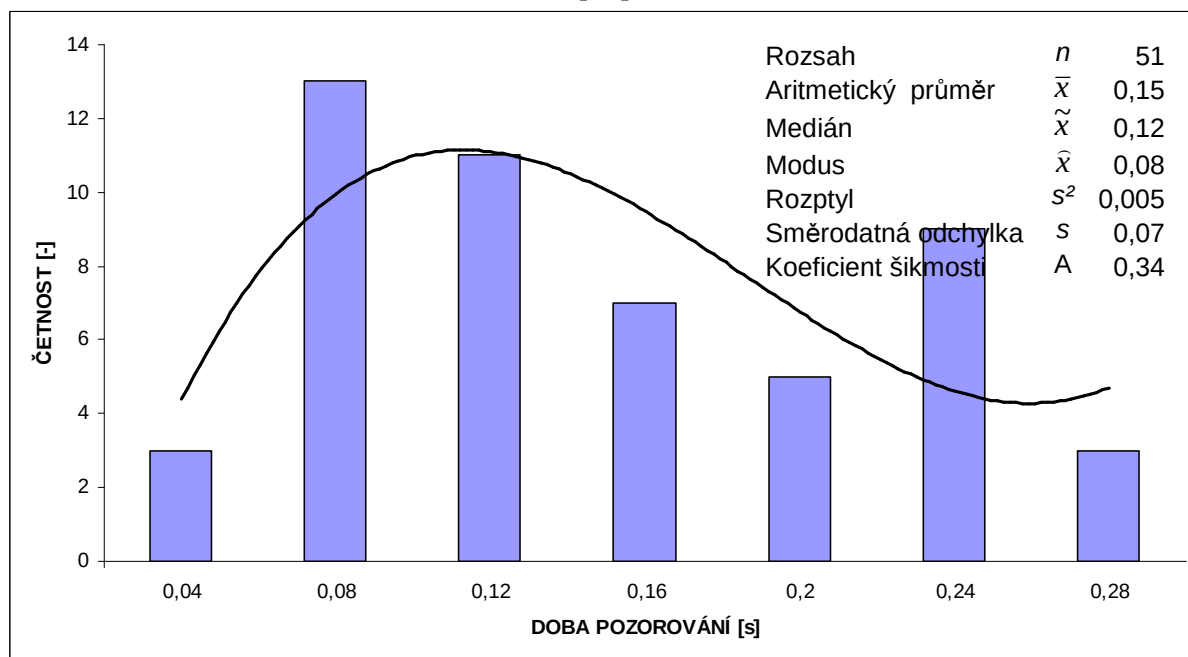


Obr. 9: Test 2 (denní doba) – data od 7 řidičů (jiné osoby než v testu 1), doba pozorování v případě, že ke křižovatce přijíždělo vozidlo [48]

Třetí skupina jsou doby pohledu, které řidič používá pro rychlé přesvědčení, jestli je z daného směru volno anebo přijíždí vozidlo. Tyto doby pohledu nesloužily jako samostatné informace na základě nichž se řidiči rozhodovali o rozjezdu.



Obr. 10: Test 1 (soumrak, noční doba) – data od 8 řidičů, délka trvání kontrolního pohledu [48]

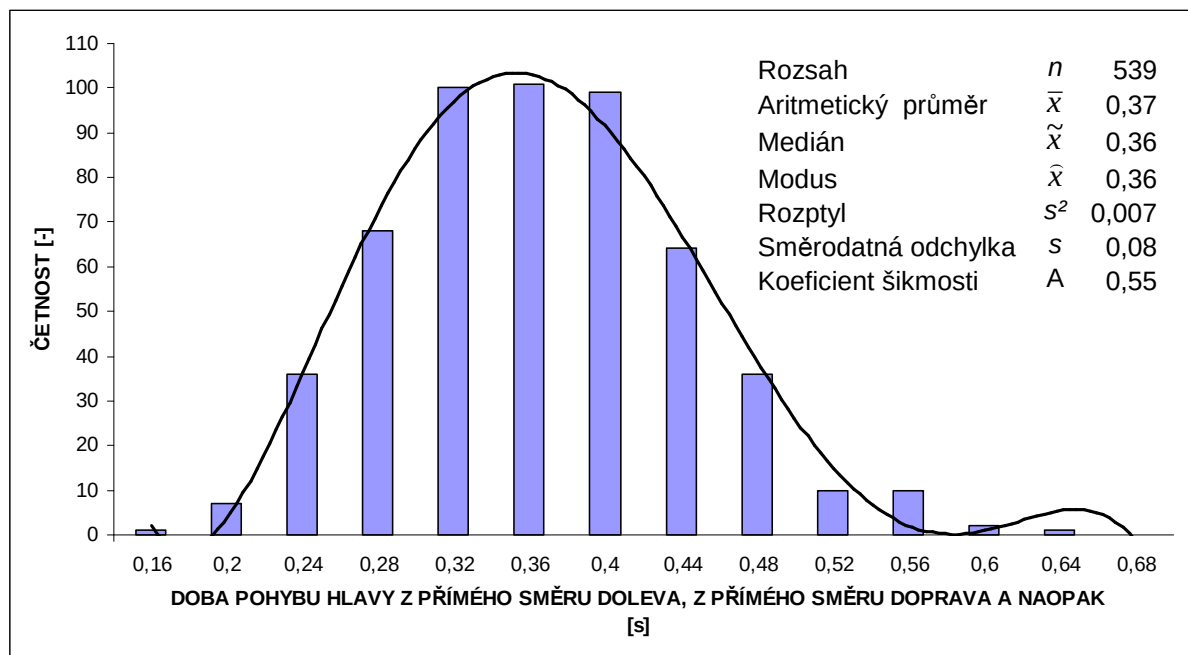


Obr. 11: Test 2 (denní doba) – data od 7 řidičů (jiné osoby než v testu 1), délka trvání kontrolního pohledu [48]

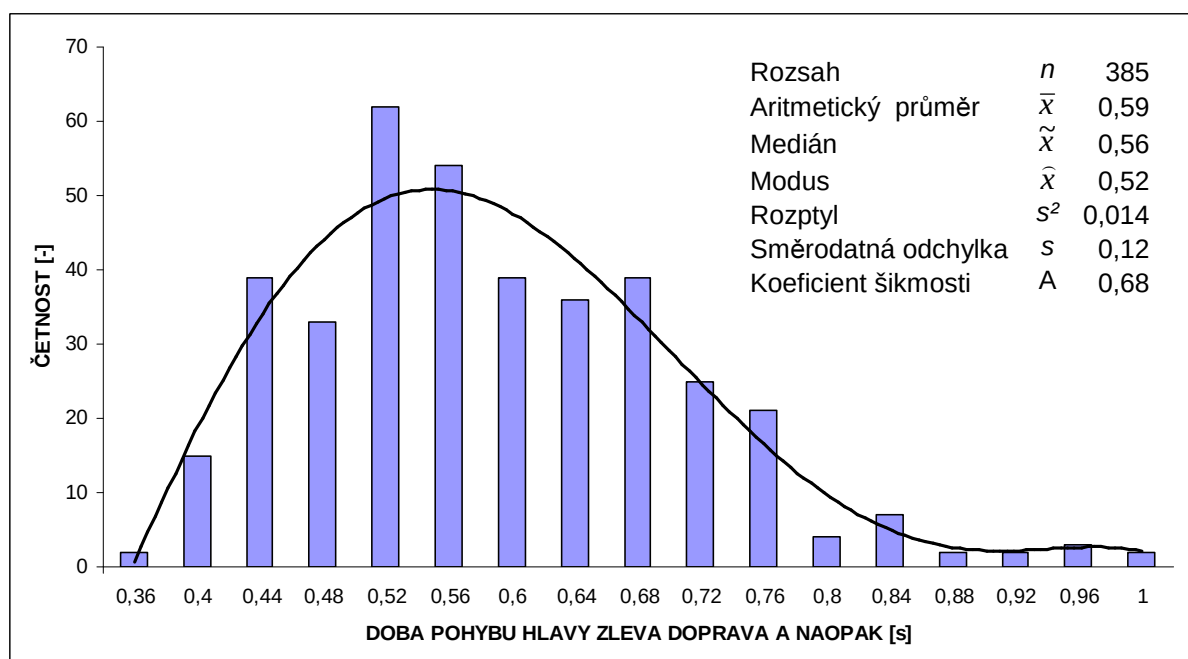
2.4 Motorika pohybu při rozhlédnutí se řidičem v křižovatce

Vyhodnocením záznamu testu 1 a 2 bylo rovněž možno získat i časové intervaly pohybu - natáčení hlavy řidiče při rozhlížení v křižovatce. Tyto intervaly je možno rozdělit do dvou skupin. První skupinu představují časové úseky trvání natočení hlavy z přímého směru (pohled před sebe) doleva, z přímého směru doprava a naopak. Druhou skupinou jsou časové

intervaly, během nichž řidič natáčí hlavu zleva doprava a zprava doleva. Testy 1 a 2 byly zapracovány do společných histogramu, neboť se jednalo o srovnatelné soubory dat.



Obr. 12: Délka trvání natočení hlavy z přímého směru doleva, z přímého směru doprava a naopak – data od 19 řidičů (osoby z testu 1,2 a osoby z testu podle kapitoly 2.2) [48]



Obr. 13: Délka trvání natočení hlavy zleva doprava a naopak – data od 15 řidičů (osoby z testu 1 a 2) [48]

3 ZÁVĚRY DISERTAČNÍ PRÁCE, PŘÍNOS

Změnu polohy objektu, kterou je schopen člověk zaznamenat, souvisí s fyziologickou hranicí zrakového vnímání. Možnost rozlišení změny polohy pohybujícího se objektu za daný čas je

v obecném pohledu závislá především na poloze pozorovatele vzhledem k trajektorii pozorovaného objektu, rychlosti pohybu tohoto tělesa, vzdálenosti ve které je objekt pozorován, prostředí (zejm. množství a vzdálenost referenčních bodů od trajektorie objektu) a světelných podmínkách (kontrast jasů mezi objektem a prostředím).

Podle příčné polohy stanoviště pozorovatele vzhledem k trajektorii objektu a vzdálenosti, ve které je objekt pozorován, lze z teoretického hlediska matematicky popsat minimální změnu vzdálenosti objektu, kterou je schopen člověk z fyziologického hlediska rozpoznat. Tyto matematické vztahy a z nich odvozené závislosti pro příklad čelního a bočního pozorování naznačují určité tendence o dobách pozorování, které jsou v těchto konfiguracích nutné k rozlišení rychlostní hladiny objektu. Provedeným testem bylo ukázáno, že 3 osoby z pěti se rozhodovaly o odbočení na základě tendencí vyplývajících z těchto teoretických zjištění. Zbývající 2 zkušební osoby se rozhodovaly i na základě dalších skutečností, než bylo pouze kvalifikované vyhodnocení skutečné rychlostní hladiny pozorovaného vozidla v dané vzdálenosti.

Dále byly provedeny testy v městském provozu. Cílem bylo získat časové intervaly dob pozorování v realitě dopravního provozu, které řidiči obvykle užívají při rozhlížení se v křižovatce. Bylo zjištěno, že doba pozorování v dopravním provozu je kromě skutečností uvedených v prvním odstavci této kapitoly závislá na konkrétních podmínkách daného místa (zejm. přehlednost), konkrétní dopravní situaci (množství objektů) a dále také samozřejmě i na psychických a fyziologických vlastnostech řidiče. Výsledky statistického zpracování byly shrnuty v histogramech. V histogramech byly rovněž shrnuty i motorické schopnosti řidičů – natáčení hlavy z jednoho směru do druhého při rozhlížení v křižovatce.

Přínos předkládané práce lze spatřovat zejména při řešení dvou typů nehod. Prvním z nich jsou nehody „viděl, ale nerozpoznal“. Lze je charakterizovat tak, že odbočující řidič viděl přijíždějící vozidlo, ale neodhadl správně vzájemnou vzdálenost ve vztahu k rychlosti přijíždějícího vozidla. Jedná se zejména o problematiku čelního pozorování, kdy je možno se vyjádřit, zda bylo v časových možnostech odbočujícího řidiče před okamžikem rozhodnutí o odbočení pozorovat potřebnou dobu vozidlo tak, aby vyhodnotil jeho rychlost, to vše s ohledem na jím prováděné úkony před odbočením (zařazení do pruhu, pohled zrcátek, prohlédnutí situace v místě odbočení apod.).

Druhým typem jsou nehody „podíval se, ale neviděl“. Na tyto nehody lze v zásadě nahlížet tak, že buď bylo vozidlo pro odbočujícího řidiče v okamžiku rozhlédnutí v křižovatce v oblasti zakrytého výhledu (za zatáčkou, zástavbou, horizontem apod.) anebo bylo pro

odbočujícího řidiče viditelné po celou dobu jeho rozhodování v křižovatce a příčina přehlédnutí vozidla pak byla jiná než technická. Z provedených testů v dopravním provozu je možno stanovit dobu, během níž řidič při rozhlížení v křižovatce mění úhel pohledu z jedné na druhou stranu a dále dobu během, které řidič vyhledává objekty ve svém zorném poli a dobu trvání jejich fixace. Na tomto podkladě by potom bylo možno rozhodnout, která z těchto dvou popsaných alternativ je s ohledem na podmínky v místě nehody (zejm. rychlost vozidla jedoucího po hlavní silnici a stavebně technický charakter daného místa) technicky přijatelná.

LITERATURA

- [1] GREGORA, J., KORČ, P. Rozjezd vozidel a možnost jeho zpozorování z kolmého směru. *Zábrana škod*. 1983, č. 2.
- [2] PFLEGER, E. JECHLINGER, CH. Disclosure of the Differences in the Navigation and Viewing Behaviour at Day and Night with viewpointsystem® Viewing Analysis based on Real Examples. *19th EVU Congress*. Prague, 2010.
- [3] KONSTANTOPOULOS, P., CHAPMAN, P., CRUNDALL, D. 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*. 2010, vol. 42, issue 3, pages 827-834.
- [4] PFLEGER, E. Die Gefahrenerkennung und Reaktion in der Praxis - exakter zeitlicher Nachweis durch Blickanalysen. *21. Jahrestreffen der Europäische Vereinigung für Unfallforschung und Unfallanalyse*. Romania, 2012.
- [5] LIU, B-S. Association of intersection approach speed with driver characteristics, vehicle type and traffic conditions comparing urban and suburban areas. *Accident Analysis and Prevention*. 2007, vol. 39, issue 2, pages 216–223.
- [6] TRICK, L. M., TOXOPEUS, R., WILSON, D. The effects of visibility conditions, traffic density, and navigational challenge on speed compensation and driving performance in older adults. *Accident Analysis and Prevention*. 2010, vol. 42, issue 6, pages 1661–1671.
- [7] MAYHEW, D. R., SIMPSON, H. M., FERGUSON, S. A. Collisions Involving Senior Drivers: High-Risk Conditions and Locations. *Traffic Injury Prevention*. 2007, vol. 7, issue 2, pages 117–124. ISSN 1538 9588.
- [8] HENDERSON, S., GAGNON, S., BÉLANGER, A., TABONE, R., COLLIN, CH. Near peripheral motion detection threshold correlates with self-reported failures of attention in younger and older drivers. *Accident Analysis and Prevention*. 2010, vol. 42, issue 4, pages 1189–1194.
- [9] WOOD, J.M. Age and visual impairment decrease driving performance as measured on a closed-road circuit. *Human Factors*. 2002, vol. 44, issue 3, pages 482 – 494.
- [10] CONLON, E., HERKES, K. Spatial and Temporal Processing in Healthy Aging: Implications for Perceptions of Driving Skills. *Aging, Neuropsychology, and Cognition: A Journal on Normal and Dysfunctional Development*. 2008, vol. 15, issue 4, pages 446 – 470.
- [11] CAIRD, J. K., CHISHOLM, S. L., LOCKHART, J. Do in-vehicle advanced signs enhance older and younger drivers' intersection performance? Driving simulation and eye movement results. *International Journal of Human-Computer Studies*. 2008, vol. 66, issue 3, pages 132-144.
- [12] LEANDRO, M. Young drivers and speed selection: A model guided by the Theory of Planned Behavior. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. 2012, vol. 15, issue 3, pages 219-232.

- [13] SUMMALA, H., LAMBLE, D., LAAKSO, M. Driving experience and perception of the lead car's braking when looking at in-car targets. *Accident Analysis and Prevention*. 1998, vol. 30, issue 4, pages 401 – 407.
- [14] BHISE, V.D., ROCKWELL, T. R. Role of peripheral vision and time-sharing in driving. *American Association for Automotive Medicine, 15th conference*. USA, 1972.
- [15] LEE, D. N. A theory of visual control of braking based on information about time-to-collision. *Perception*. 1976, vol. 5, issue 4, pages 437 – 459.
- [16] BERTHELO, C., MESTRE, D., POTTIER, A., PONS, R. Is visual anticipation of collision during self-motion related to perceptual style? *Acta Psychologica*. 1998, vol. 98, issue 1, pages 1-16.
- [17] PALMER, J. Mechanisms of displacement discrimination with a visual reference. *Vision Research*. 1986, vol. 26, issue ,pages 1939-1947,
- [18] BURG, A. *Vision and Driving: A Report on Research*. 1971, Institute of Transportation and Traffic Engineering, University of California.
- [19] LAPPE, M., BREMMER, F., BERG, A. V. Perception of self-motion from visual flow. *Trends in Cognitive Sciences*. 1999, vol. 3, issue 9, pages 329 – 336.
- [20] CAVALLO, V., LAURENT, M. Visual information and skill level in time-to-collision estimation. *Perception*. 1988, vol. 17, issue 5, pages 623 – 632.
- [21] DELUCIA, P. R. Small object can appear farther than large far objects during object motion and self motion: Judgement of object-self and object-object collisions. *VIth International Conference on Event Perception and Action*. Netherlands, 1991.
- [22] EBBESEN, E. B., PARKER, S., KONEČNÝ, V. J. Laboratory and Field Analyses of Decisions Involving Risk. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1977, vol. 3, issue 4, pages 576 – 589.
- [23] GROEGER, J. A., BROWN, I. D. Motion Perception is not Direct with Indirect Viewing Systems. *Vision in Vehicles II. Second International Conference on Vision in Vehicles*. United Kingdom, 1988.
- [24] HANCOCK, P., CAIRD, J. K., SHEKHAR, S., VERCRUYSEN, M. *Factors influencing drivers' left turn decision*. 1991. Research report. University of Minnesota, Human Factors Research Lab. University of Hawaii, Aging and Ergonomics Laboratory Center on Aging and Department of Psychology.
- [25] HANCOCK, P., CAIRD, J. K. *Factors influencing older drivers' left turn decision*. 1993. Research report. University of Minnesota, Human Factors Research Lab.
- [26] HANCOCK, P. A., RAUSCH, R. The effects of sex, age, and interval duration on the perception of time. *Acta Psychologica*. 2009, vol. 133, issue 2, pages 170 – 179.
- [27] KAISER, M. K., HECHT, H. Time-to-passage judgments in nonconstant optical flow fields. *Perception and Psychophysics*. 1995, vol. 57, issue 6, pages 817-825.
- [28] REGAN, D. Binocular information about time to collision and time to passage. *Vision Research*. 2002, vol. 42, issue 22, pages 2479-84.
- [29] LAW, D., J., PELLEGRINO, J. W., MITCHELL, S. R., FISCHER, S. C., MCDONALD, T. P., HUNT, E. B. Perceptual and cognitive factors governing performance in comparative arrival-time judgments. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1993, vol. 19, issue 6, pages 1183–1199.
- [30] MCLEOD, R. W., ROSS, H. E. Optic-flow and cognitive factors in time to collision estimates. *Perception*. 1983, vol. 12, issue 4, pages 417-423.
- [31] SANTOS, J., NORIEGA, P., ALBUQUERQUE, P. *Perceptual cues in vehicle's motion detection. 13th Triennial Congress of the International Ergonomics Association*. Tampere, 1997.

- [32] TIJERINA, L., BARICKMAN, F. S., MAZZAE, E. N. *Driver Eye Glance Behavior During Car Following*. 2004. Research report. U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.
- [33] ROSENBAUM, D. A. Perception and Extrapolation of Velocity and Acceleration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1975, vol. 1, issue 4, pages 395-403.
- [34] SCHIFF, W., OLDAK, R. Accuracy of judging time to arrival: effects of modality, trajectory, and gender. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1990, vol. 16, issue 2, pages 303 – 316.
- [35] SCHIFF, W., OLDAK, R., SHAH, V. Aging persons' estimates of vehicular motion. *Psychology and Aging*. 1992, vol. 7, issue 4, pages 518-25.
- [36] SCIALFA, CH. T., GUZY, L. T., LEIBOWITZ, H. W., GARVEY, P. M., TYRRELL, R. A. Age Differences in Estimating Vehicle Velocity. *Psychology and Aging*. 1991, vol. 7, issue 1, pages 60–66.
- [37] STOFFREGEN, T. A., RICCIO, G. E. Responses to Optical Looming in the Retinal Center and Periphery. *Ecological Psychology*. 1990, vol. 2, issue 3, pages 251 – 274.
- [38] TRESILIAN, J. R. Empirical and theoretical issues in the perception of time to contact. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1991, vol. 17, issue 3, pages 865-876.
- [39] CAIRD, J. K., HANCOCK, P. A. The Perception of Arrival Time for Different Oncoming Vehicles at an Intersection. *Ecological Psychology*. 1994, vol. 6, issue 2, pages 83–109.
- [40] CAIRD, J. K., HANCOCK, P. A.: Left-Turn and Gap Acceptance Crashes. *Human factors in traffic safety*. Tucson: Lawyers and Judges Publishing, 2002. Pages 613 – 652.
- [41] ČERNOCHOVÁ, D. Vizuální orientace v dopravě a psychická zátěž řidiče. *Mezinárodní odborná konference „Prevence dopravní nehodovosti v resortu Ministerstva obrany“*. Vyškov, 2009.
- [42] POLÁŠEK, J. *Technický sborník oční optiky*. Praha: SNTL, 1975.
- [43] GANONG, F. W. *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: H&H, 1999.
- [44] HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. *Fyzika část 4, Elektromagnetické vlny – optika – relativita*. Brno: VUTIUM, PROMETHEUS, 2000.
- [45] BRADÁČ, A. a kol.: *Soudní inženýrství*. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM s.r.o., Brno 1999.
- [46] ŠTIKAR, J., HOSKOVEC, J., ŠTIKAROVÁ, J. *Psychologie v dopravě*. Praha: Karolinum, 2003.
- [47] KLEDUS, R. a kolektiv. Porovnání odlišností při rozpoznání objektu řidičem ze stojícího a z jedoucího vozidla na základě jízdních zkoušek v reálném silničním provozu. *XIX. výroční konference EVU*. Praha, 2010.
- [48] Vlastní archiv autora