



TESTOVANIE INTERAKCIE ČLOVEK-VOZIDLO V LABORATÓRNYCH PODMIENKACH S VYUŽITÍM TECHNOLOGIE OČNEJ KAMERY

Radovan Madleňák¹, Lucia Madleňáková²

Abstract: The article analyses the driver's interactions with the vehicle's interior while driving the car in laboratory conditions. The eye-tracking glasses were used for obtaining exclusive visual data from the driver's point. This data identifies the driver's gaze on stimuli in the virtual (laboratory) environment. All laboratory testing was performed in the truck simulator SNA – 211 REN. For analysis obtained data, the heat maps and focus maps were used accompanied with detailed analysis of dwell time, time of average fixation and number of fixations tested subjects on chosen areas of interest in the vehicle's interior. The final results from this analysis can primarily lead to a better understanding of the driver's control of the car and secondary to an increase of ergonomics of the vehicle cockpit dashboard. All results from the experimental research can increase the road transport system's sustainability and safety.

Keywords: eye-tracking, road safety, human-vehicle interaction.

1. Úvod do problematiky

Dopravu môžeme chápať ako systém človek – vozidlo – prostredie. Základným prvkom tohto systému je človek ako účastník cestnej premávky, najčastejšie ako vodič [1]. Jedným z determinantov dopravného systému je teda človek s jeho špecifickými individuálnymi charakteristikami. Pre zabezpečenie kvalitatívnych vlastností dopravného systému (spoľahlivosť, výkonnosť, ekologickosť a hospodárnosť) je nevyhnutné chrániť vodiča pomocou racionálneho využívania prostriedkov dopravy a vychovávať z neho kvalitatívne lepšieho vodiča.

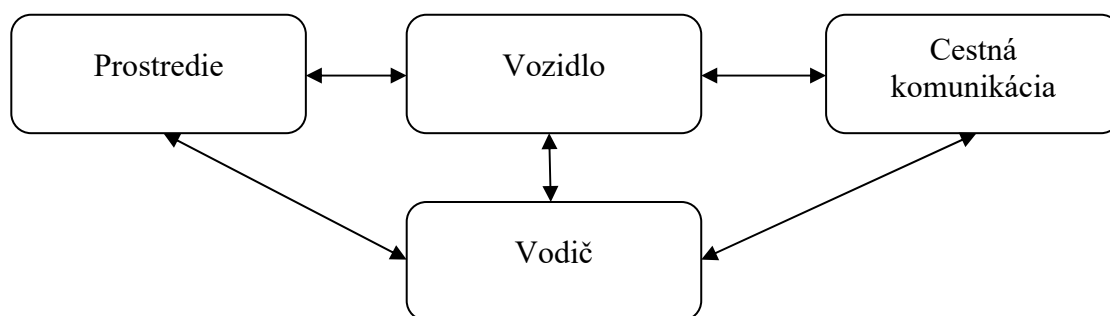
Okrem základných prvkov človek – vozidlo vstupuje do dopravného systému prostredie. Ide o veľmi široký pojem, pod ktorý môžeme zahrnúť vplyvy prírodné, človekom neovplyvniteľné alebo ovplyvniteľné len celkom minimálne (klimatické podmienky) a rovnako aj zariadenia stavebno-technickej povahy a opatrenia dopravnotechnické, ktoré sú výsledkom ľudskej činnosti. V prípade riešenia vzájomných vzťahov medzi vodičom a vozidlom nemôžeme tento faktor opomenúť, nakoľko pri výskume interakcie v laboratórnych podmienkach vstupuje do problematiky ako virtuálne prostredie jazdného simulátora.

Na obr. 1 sú znázornené vzájomné vzťahy medzi zložkami tzv. systému VVCP (Vodič – Vozidlo – Cestná komunikácia – Prostredie). Iná literatúra [2] uvažuje s ešte podrobnejším

¹ prof. Ing. Radovan Madleňák, PhD., Katedra spojov, Žilinská univerzita v Žiline, email: radovan.madlenak@fpedas.uniza.sk

² doc. Ing. Lucia Madleňáková, PhD., Katedra spojov, Žilinská univerzita v Žiline, email: lucia.madlenakova@fpedas.uniza.sk

členením na zložky: človek – prostredie – vozidlo – cestná komunikácia – infraštruktúra, ale v každom prípade v tomto systéme ústrednú úlohu zohráva človek, t.j. vodič motorového vozidla.



Obrázok 1. Model systému VVCP (Vodič – Vozidlo – Cestná komunikácia – Prostredie) [1]

Dopravnú bezpečnosť možno definovať ako ochranu života, zdravia a majetku v premávke na pozemných komunikáciách. Odráža tak schopnosť systému fungovať s prijateľnou úrovňou rizika pre okolie systému i pre systém samotný. Tradičnou metódou vyjadrenia bezpečnosti dopravy sú dopravné nehody. Dopravnú nehodu definujeme ako nepriaznivú udalosť v premávke na pozemných komunikáciách, napríklad havária alebo zrážka, ktorá sa stala alebo začala na pozemnej komunikácii a pri tom dôjde k usmrteniu, zraneniu osôb alebo ku škode na majetku. Je narušením rovnováhy medzi tromi zložkami systému – prostredím, vozidlom a človekom (ľudský faktor). Bezpečnosť je obraz kvality a vyspelosti ciest, dopravného prostredia, skúsenosti vodičov a pokroku v zavádzaní inteligentných aplikácií vedy a výskumu do praxe, tzn. do vozidiel a dopravného prostredia, v ktorom vodič pôsobí [1].

Podstatnou informáciou zdôrazňujúcou význam výskumu vzájomného pôsobenia vodiča a vozidla je, že viac ako 90% dopravných nehôd je zapríčinených zlyhaním vodiča. Presný pomer nie je známy, nakoľko štúdie obsahujú rôzne výsledky z intervalu 90 až 99% nehôd spôsobných ľudským faktorom [3].

Z hľadiska dopravnej psychológie môžeme vyjadriť správanie vodiča pri jazde nasledujúcou rovnicou (1) resp. funkciou [4]:

$$R=f(S-O) \quad (1)$$

kde: R – správanie vodiča (reagovanie na podnety)
 S – vnímané a pôsobiace podnety na vodiča
 O – osobnostné charakteristiky vodiča

Správanie vodiča prebiehať na dvoch úrovniach. Na nevedomej úrovni, tzn. zautomatizované činnosti vodiča, a na úrovni vedomej, kedy vodič zautomatizované činnosti zapája vedome, podľa meniacich sa jazdných podmienok a podnetov a rozhoduje sa o najvhodnejšej správnej voľbe reakcie [5].

Vedenie motorového vozidla je náročnou a komplexnou činnosťou vyžadujúcou neustálu pohotovosť a reagovanie organizmu na prichádzajúce podnety. Častou príčinou dopravných nehôd je nepozornosť vodiča. Preto našej experimentálne meranie zameriame na správanie sa vodiča počas vedenia motorového vozidla v laboratórnych podmienkach, v podmienkach simulátora.

2. Využitie metódy a techniky

2.1 Jazdný simulátor

Najjednoduchšie možno jazdný simulátor definovať ako zariadenie, ktoré slúži na simuláciu jazdy cestného vozidla pričom napodobuje reálne prostredie v cestnej premávke. Ľahké jazdné simulátory sa v súčasnosti používajú ako efektívny nástroj pre výcvik vodičov, ale sú taktiež nástrojom k rozmanitým výskumom interakcie človeka a stroja a na riešenie veľkého množstva problémov tejto interakcie, ale taktiež k zdokonaleniu dizajnu a ergonómie kabíny vozidla a asistenčných systémov [6].

Výskumné vozidlové simulátory s implementovanými pokročilými technológiami, sú spravidla veľmi finančne nákladné, pretože sú vyvíjané a budované individuálne. Z tohto dôvodu je ich vývoj realizovaný väčšinou v spolupráci univerzít či výskumných centier s výrobcami automobilov [6].

Experimentálne meranie interakcie vodič – vozidlo sa uskutočnilo na výukovom jazdnom simulátore SNA – 211 REN (pozri obr. 2), ktorý je detailnou imitáciou kabíny nákladného vozidla Renault Magnum. Z konštrukčného hľadiska ide o stacionárne zariadenie bez pohybovej alebo vibračnej plošiny.



Obrázok 2. Prostredie výukového jazdného simulátora SNA – 211 REN (Zdroj: autor)

Kabína trenažera je vytvorená ako konštrukčný model požadovaného typu vozidla. Vnútorne vybavenie kabíny trenažera z hľadiska rozmiestenia ovládacích prvkov a indikačných prvkov kopíruje skutočnú kabínu. Vlastnosti volantu zabezpečuje motorový servomotor, riadiaca páka, pedále, ručná brzda a nastavenie polohy volantu, ktoré sú vybavené silovými simuláciami tlakového vzduchu, ktoré odpovedajú skutočnému vozidlu. Obraz je premietaný pred vodiča na sústave troch veľkoplošných monitorov a súčasne do spätných zrkadiel, ktoré sú premietané na monitoroch.

2.2 Eyetracking – očná kamera

Eyetracking je senzorová technológia, ktorá zachytáva pohyb očí testovaného subjektu. Často sa využíva na experimentálny výskum správania sa človeka pri jeho interakcii so strojmi a prístrojmi v reálnom alebo virtuálnom svete. Interakciu môže predstavovať riadenie automobilu, lietadla, vyhľadávanie na webe, čítanie, kreslenie a podobne. [7]

Na merania bolo použité nositeľné eyetracking zariadenie, teda ETG okuliare. [8] Eyetracker vo forme okuliarov je mobilné zariadenie, ktoré je umiestnené v tesnej blízkosti zvyčajne na ráme okuliarov, takže umožňuje respondentom pohyb v priestore. Surové údaje sú priebežne ukladané a zapisované do súboru, ktorý sa následne vyhodnocuje v analytickom softvéri. Prostredníctvom ETG okuliarov bolo možné sledovať na čo sa testovaný subjekt pozerá na monitoroch pred sebou resp., aké prístroje používa pri riadení motorového vozidla. Taktiež bolo zisťovali, za aký čas testovaný subjekt reaguje na určité podnety, ako dlho trvá pohľad na podnet. [8]

V experimentálnom meraní sme použili Eyetracking okuliare SMI Eye Tracking 2 Wireless od spoločnosti SMI SensoMotoric Instruments. Tieto okuliare zaznamenávajú prirodzené správanie človeka v reálnom čase na mobilné zariadenie alebo počítač. Vzorkovacia frekvencia snímania pohybu očí je do 120 Hz a rozsah sledovania pohľadu je 80 stupňov horizontálne a 60 stupňov vertikálne. Okrem zaznamenávania obrazu v rozlíšení 1280x960 pixelov pri 24fps alebo 960x780 pixelov pri 30fps, je v okuliároch použitý aj integrovaný mikrofón, ktorý sníma okolitý zvuk. Pre analýzu surových údajov z eyetrackera bol využitý softvér Behavioral and Gaze Analysis. [9]

3. Cieľ a metodika

Primárnym cieľom tohto experimentu bolo zistiť využitie ovládacích prvkov vozidla vodičmi s rôznou skúsenosťou. Experimentálne meranie sme uskutočnili za účasti štyroch subjektov, dvoch vodičov s vodičskými oprávnením skupiny B, teda do 3,5t maximálnej hmotnosti vozidla a dvoch vodičov s vodičským oprávnením skupiny C, teda nad 3,5t. Každý vodič riadil vozidlo približne 15 minút, počas ktorého bol vystavený viacerým prekážkam. Tieto prekážky predstavovali:

- padajúci strom na vozovku,
- prebiehajúca divá zver cez vozovku,
- traktor zasahujúci do vozovky.



Obrázok 3. Záznam z očnej kamery v experimentálnom simulátore počas krízovej situácie (Zdroj: autor)

Na obr. 3 získaného zo záznamu eyetrackingu v experimentálnom simulátore je možné vidieť červený krížik, ktorý indikuje kam presne sa vodič pozerá v reálnom čase. Eyetracking technológia bola následne využitá pre kreovanie teplotných máp, ktorá zobrazujú oblasti záujmu testovaného subjektu v kabíne simulátora.

4. Výsledky a diskusia

Primárna časť experimentu spočívala v identifikácii oblastí v kokpite vozidla, na ktoré vodič upriamuje svoju pozornosť počas krízových situácií. Boli identifikované dve základné oblasti záujmu, čelné sklo s výhľadom pred vozidlo a taktiež ovládacie prvky vozidla umiestnené v na palubnej doske vozidla (pozri obr. 4).



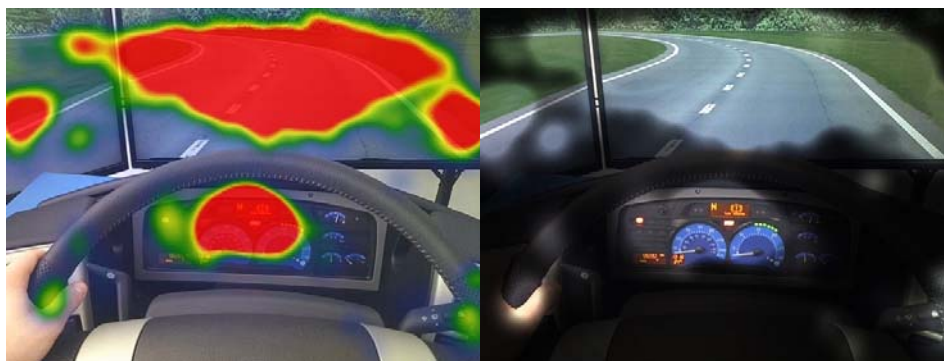
Obrázok 4. Definované oblasti záujmu v kabíne simulátora (Zdroj: autor)

Počas experimentu bolo analyzovaných desať krízových situácií, ktoré sa začali objavením sa prekážky a ukončením brzdenia a zastavením vozidla. Pri vyhodnocovaní experimentu sme sa zamerali na tzv. dwell time, čo predstavuje percentuálny podiel času trvania krízovej situácie, počas ktorého bol pohľad testovaného subjektu zameraný na konkrétnu oblasť záujmu. Tabuľka 1 uvádza priemerné hodnoty dwell time ukazovateľa pre desať krízových situácií.

Tabuľka 1. Výsledky eyetracking analýzy vybraných oblastí záujmu

Krízová situácia	Dĺžka trvania krízovej situácie [sek]	Dwell time pre oblasť záujmu			Priemerná dĺžka fixácie na oblasť záujmu [sek]		Počet fixácií na oblasť záujmu	
		Čelné sklo	Prístrojová doska	Mimo oblastí záujmu	Čelné sklo	Prístrojová doska	Čelné sklo	Prístrojová doska
1	4.18	64%	20.8%	15,2%	0.522	0.163	5	5
2	2.15	61.1%	25.5%	13.4%	0.295	0.549	4	1
3	4.26	60.5%	37.9%	1.6%	0.489	0.521	5	3
4	3.98	81.8%	13.5%	4.7%	0.283	0.225	9	2
5	3.43	73.6%	17.8%	8.6%	0.335	0.255	9	3
6	3.75	41.2%	22.8%	36.0%	0.316	0.316	4	2
7	3.65	73.6%	15.5%	10.9%	0.250	0.176	9	3
8	2.96	71.5%	21.2%	7.3%	0.408	0.349	6	2
9	2.94	48.1%	41.3%	10.6%	0.333	0.220	4	5
10	3.14	59.3%	30.7%	10.0%	0.242	0.460	7	2
Priemerné hodnoty	3.44	63%	24,7%	11.8%	0.347	0.323	6.2	2.8

Na základe eyetracking analýzy bolo zistené, že testované osoby (v priemere) 63 % času trvania krízovej situácie sledovali dianie pred vozidlom a 24,7 % času trvania krízovej situácie sledovali prístroje umiestnené na palubnej doske vozidla. Dĺžka priemernej fixácie pohľadu vodiča na oblasti záujmu bola v oboch prípadoch takmer rovnaká. V priemere testovaný subjekt fixoval svoj zrak na čelné sklo 0,347 sekundy a 0,323 sekundy na prístrojovú dosku. Dôležitosť sledovania situácie pred vozidlom zvyrazňuje priemerný počet fixácií na oblasť záujmu: 6,2 fixácií (čelné sklo) a 2,8 fixácií (palubná doska).



Obrázok 5. Teplotná mapa a Focus mapa pohľadu vodiča v kabíne simulátora (Zdroj: autor)

Teplotná mapa predstavuje komplexný pohľad na stav a úroveň interakcie medzi vodičom a vozidlom počas krízových situácií. Teplotné mapy ako výstup eyetracking analýzy vizualizujú najatraktívnejšie komponenty alebo segmenty z výskumného prostredia, koľkokrát a ako dlho sa určitá oblasť pozerala testovanými subjektami. Tepelná mapa prezentuje vizuálne zobrazenie agregovaného pohľadu testovaných subjektov. Teplejšia (červená) farba znamená častejšie zobrazenie a chladnejšia farba znamená nižšiu mieru angažovanosti testovaného subjektu.

Ďalším spôsobom, ako prezentovať komplexné dáta získané z očnej kamery, je focus mapa. Focus mapy vizuálne „invertujú“ tepelné mapy, aby umožnili zobrazit' aké oblasti v zornom poli testovaného subjektu sú viditeľné a ktoré nie. Oblasti zobrazené na focus mape predstavujú tie časti prostredia kabíny vozidla, ktoré testované osoby videli (pozri obr. 5). Je možné teda potvrdiť, že čelné okno a palubná doska v prostredí kabíny vozidla boli počas experimentálnej štúdie veľmi navštevované pohľadmi testovaných subjektov.

Záver

Cieľom predmetného článku bolo uskutočniť a vyhodnotiť experimentálne testovanie interakcie vodič – vozidlo v podmienkach simulátora prostredníctvom eyetracking technológie. V rámci merania sme sa zamerali na interakciu vodič-vozidlo v krízových situáciách. Výsledky poukazujú na významný fakt: potreba správneho dizajnu prístrojovej dosky vodiča, pretože až štvrtinu času počas trvania krízovej situácie testované subjekty venovali pozornosť ukazovateľom na prístrojovej doske vozidla.

Nutnosť ich ergonomického dizajnu podčiarkuje aj počet a dĺžka fixácií na komponenty kokpitu vozidla. Práve tieto ukazovatele hovoria požiadavkách na kognitívne funkcie testovaných subjektov. Predpokladáme, že užívateľsky orientovaný dizajn prístrojovej dosky by viedol k zníženiu pozornosti na túto časť kokpitu vozidla a tým by sa preniesla vyššia pozornosť na oblasť pred vozidlom. Práve tejto oblasti sa autori chcú hlbšie venovať vo svojej ďalšej vedeckej práci.

Literatúra

- [1] CULIK, K.; KALASOVA, A.; KUBIKOVA, S. 2017. Simulation as an Instrument for Research of Driver-vehicle Interaction. 18th International Scientific Conference on LOGI, MATEC Web of Conferences, Volume: 134, 2017.
- [2] DROZDZIEL, P.; TARKOWSKI, S.; RYBICKA, I.; WRONA, R. 2020. Drivers' reaction time research in the conditions in the real traffic. Open Engineering 10 (1): 35-47.
- [3] RAICU, S.; COSTESCU, D.; BURCIU, S.; RUSCA, F.; ROSCA, M. 2016. Road accident estimation model in urban areas. Transport Problems 11 (3): 33-42.
- [4] TOROK, A. 2017. Comparative analysis between the theories of road transport safety and emission. Transport 32 (2): 192-197.
- [5] LIZBETIN, J.; BARTUSKA, L. 2017. The Influence of Human Factor on Congestion Formation on Urban Roads. Transbaltica 2017: Transportation Science and Technology 187: 206-211.
- [6] NOVOTNÝ, S. Interaktivní simulátory dopravních prostředků pro analýzu spolehlivosti interakce řidiče s vozidlem. ČVUT Praha, 2014. 34 s. ISBN 978-80-01-05622-6
- [7] DEMIRALP, C; CIRIMELE, J.; HEER, J.; Card, S. 2017. The VERP Explorer: A Tool for Exploring Eye Movements of Visual-Cognitive Tasks Using Recurrence Plots. 41-55.
- [8] HUDAK, M.; MADLENÁK, R. 2016. The research of driver's gaze at the traffic signs. In CBU International Conference Proceedings, 896-899.
- [9] MADLENÁK, R.; HUDAK, M. 2016: The Research of Visual Pollution of Road Infrastructure in Slovakia. CHALLENGE OF TRANSPORT TELEMATICS, TST 2016, pp.415-425

Grantová podpora

„Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra 2014 - 2020 pre projekt: Inovatívne riešenia pohonných, energetických a bezpečnostných komponentov dopravných prostriedkov, s ITMS kódom projektu 313011V334, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja“.



EURÓPSKA ÚNIA
Európsky fond regionálneho rozvoja
OP Integrovaná infraštruktúra 2014 – 2020



MINISTERSTVO
DOPRAVY A VÝSTAVBY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY