

# Vloga kognitivnih funkcij pri vožnji v simulatorju

Marina Horvat<sup>1</sup>, Sara Tement<sup>1</sup>, Bojan Musil<sup>1</sup>, Grega Jakus<sup>2</sup>, Jaka Sodnik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Oddelek za psihologijo, Filozofska fakulteta, Univerza v Mariboru, Koroška cesta 160, 2000 Maribor, Slovenija

<sup>2</sup>Laboratorij za informacijske tehnologije, Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani, Tržaška c. 25, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: marina.horvat2@um.si

## The role of cognitive functioning in a driving simulator

**Abstract.** Driving is a complex task that requires quick adaptation to the changes in traffic and demands on the road. This study aimed to assess the changes in driving performance in different contexts of driving (city, highway) and at difficulty (low, high) levels. In addition, the role of cognitive functioning in these situations was examined. Participants were tested on a cognitive functioning test and drove different scenarios in a simulated driving environment. The results showed that driving performance was dependent on the context and difficulty level. This relationship was moderated by cognitive functioning. The obtained results suggest that besides accuracy and reaction time, the efficacy of attentional orienting is the most consistent cognitive predictor of driving performance. Overall, the study provides new insights of cognitive functioning in relation to driving performance.

## 1 Uvod

Na tvegano vedenje v prometu vpliva več dejavnikov. Ob (ne)izkušeni in starosti [1], na vožnjo vplivajo tudi psihološki dejavniki, kot so stališča do prometne varnosti [2], osebnost [3] in kognitivne funkcije [4]–[6]. Mednje uvrščamo tudi funkcije pozornosti, ki so med najpogostejše proučevanimi kognitivnimi funkcijami v povezavi z vožnjo tako v realnem okolju kot v simulatorju vožnje. Ugotovitve različnih raziskav kažejo, da je prav voznikova nepozornost pogost razlog tveganja za nesreče ali skorajšnje nesreče, kar je še posebej očitno v zahtevnejših okoljih (npr. pri gostejšem prometu) [7].

V preteklih letih se je zaradi dobro definiranih in preverljivih hipotez [8] pri proučevanju funkcij pozornosti na indikatorje vožnje uveljavil t.i. ANT model [9] (ang. *attentional network test*). Model predvideva obstoj treh ločenih, a koreliranih funkcij pozornosti [9]–[11]: izvršilni nadzor (ang. *executive control*) predstavlja mehanizem razreševanja kognitivnega konflikta. Orientacija pozornosti (ang. *attentional orienting*) je sposobnost prednostne selekcije informacij iz senzoričnega vhoda z izbiro modalnosti ali lokacije. Pripravljenost (ang. *alertness*) pa je doseganje in vzdrževanje stanja visoke občutljivosti na prihajajoč dražljaj in se deli na (a) stanje pripravljenosti, ki se nanaša na pripravljenost odziva v kratkem časovnem obdobju po opozorilnem znaku ter (b) tonično

pripravljenost, ki se nanaša na vzdrževanje pozornosti v daljšem časovnem obdobju. Dosedanje študije ugotavljajo, da je pri napovedovanju parametrov vožnje pomemben celoten reakcijski čas na kognitivni nalogi [8], medtem ko rezultati novejših študij kažejo na pomembno vlogo orientacijske učinkovitosti v situacijah ob približujoči se nevarnosti [5]. V preteklih študijah so udeleženci običajno vozili le v enem scenariju vožnje, pri čemer so avtorji proučevali vedenje udeležencev neposredno pred izpostavljenostjo nevarni situaciji [5], primanjkuje pa študij, ki bi proučevale diferencialno vlogo kognitivnih funkcij v različno kompleksnih scenarijih.

Namen pričujoče študije je bil ugotoviti, ali lahko na podlagi rezultatov testa pozornosti napovedujemo posameznikovo vožnjo v simulatorju. Zanimalo nas je še, kako se različni indikatorji vožnje spreminjajo v odvisnosti od konteksta in zahtevnosti vožnje ter kakšna je vloga različnih funkcij pozornosti v tem odnosu.

## 2 Metoda

### 2.1 Udeleženci

V eksperimentu je sodelovalo 50 udeležencev, od tega 3 udeleženci zaradi občutka slabosti med vožnjo v simulatorju [12] niso dokončali eksperimenta. Delež udeležencev s slabostjo je primerljiv z deležem v drugih študijah [13]. Končni vzorec je tako sestavljalo 47 zdravih odraslih udeležencev (55,3 % žensk). Razpon starosti udeležencev je bil med 20 in 51 let ( $M$  (aritmetična sredina) = 30,34;  $SD$  (standardna deviacija) = 10,15). Vsi udeleženci so imeli veljavni vozniški izpit od 2 do 33 let ( $M$  = 11,87;  $SD$  = 9,78). Večina udeležencev (92%) je poročala, da avtomobil vozi vsaj nekajkrat na teden, približno polovica vozi avtomobil tedensko na avtocesti.

### 2.2 Pripomočki

*Test pozornosti.* Za merjenje pozornosti udeležencev smo uporabili test omrežja pozornosti za interakcije in pazljivost reševanja (ANTI-V) [3, 4]. Dražljaji so bili predstavljeni v programu E-prime v2.0 [15] na 24" zaslonu računalnika. Na začetku je bilo udeležencem predstavljeno sivo ozadje v obliki ceste s točko fiksacije (za ohranjanje pogleda udeleženca na eno točko), ki je ostalo vidno do konca naloge. Vsak dražljaj je bil sestavljen iz petih avtomobilov v vrsti (en za drugim) nad ali pod točko fiksacije. Naloga udeleženca je bila, da določi smer avtomobila na sredini vrste s pomočjo

tipkovnice računalnika. Vsak dražljaj je bil prikazan 200 ms, udeleženci pa so imeli do 2000 ms časa za odziv. V nekaterih primerih je bil avtomobil v sredini obrnjen v enako smer kot ostali avtomobili (kongruenten dražljaj), v drugih pa v obratno smer (inkongruenten). S tem smo ocenili izvršilni nadzor pozornosti. Za oceno omrežja orientacije je bil 100 ms pred prikazom vrste avtomobilov prikazan vizualni namig pod ali nad točko fiksacije (zvezdica \* za 50 ms). Namig je lahko bil veljaven (zvezdica na enaki lokaciji kot prihajajoč dražljaj), neveljaven (na nasprotni lokaciji) ali pa namiga pred dražljajem ni bilo. Delovanje omrežja pripravljenosti smo ocenili preko zvočnih signalov v obliki zvočnega opozorila, ki je nastopil 50 ms pred dražljajem (pogoj z opozorilom) ali pa zvočnega opozorila ni bilo.

Testna naloga je bila sestavljena iz 4 nizov (v vsakem nizu je bilo predstavljenih 64 dražljajev). Pred testnimi dražljaji je bilo z namenom privajanja na nalogo udeležencu predstavljenih 32 poskusnih dražljajev s povratno informacijo o uspešnosti reševanja. Pri testnih serijah povratne informacije o uspešnosti ni bilo.

*Simulator vožnje.* V eksperimentu smo uporabili simulator vožnje podjetja NERVteh [16]. Pri tem je udeleženec sedel v simulatorju, opremljenim z vozniskim sedežem in je imel nadzor nad vozilom kot v običajnem avtomobilu (volan, smerniki, stopalke ipd.). Pred seboj je imel tri ukrivljene 48" zaslone, ki omogočajo večji zorni kot in boljši pregled nad okolico vozila. Na začetku je vsak udeleženec imel na voljo nekaj minut za privajanje na simulator. Nato so udeleženci sodelovali v štirih različnih scenarijih vožnje. Scenariji so se razlikovali v kontekstu vožnje (mesto, avtocesta) ter stopnji zahtevnosti (lažji, zahtevnejši scenarij). Lažji pogoj je v obeh kontekstih pomenil manj avtomobilov na cesti, manj nepredvidljivih situacij, prehitevanj ipd., težji pa več avtomobilov, večjo izpostavljenost nevarnim situacijam, več sprememb v prometni signalizaciji ipd. Vsak scenarij je trajal 5 minut, med različnimi scenariji so udeleženci imeli možnost kratkega počitka.

### 2.3 Postopek

Poskus je potekal v dveh prostorih Filozofske fakultete Univerze v Mariboru. V prvem prostoru so udeleženci individualno reševali kognitivno nalogo, ki je trajala pribl. 30 minut, zatem so šli v prostor, kjer je bil nameščen simulator vožnje. Vsi udeleženci so vozili v enakih zgoraj omenjenih scenarijih, pri tem so začeli z lažjim pogojem in nadaljevali s težkim, vrstni red konteksta (avtocesta, mesto) je bil naključen. Udeleženci so dobili navodila, da vozijo kot bi vozili v naravnem okolju. Vožnja v simulatorju je v povprečju trajala med 30 in 40 minut.

### 2.4 Analiza podatkov

Analizo podatkov smo izvedeli s statističnim programom SPSS 24. Za vsak pogoj kognitivne naloge smo izračunali povprečni reakcijski čas (v ms) ter točnost (delež napak). Za vsakega udeleženca smo izračunali tri

zgoraj funkcije pozornosti: izvršilni nadzor, orientacijo pozornosti in stanje pripravljenosti v obliki reakcijskih časov in pravilnosti reševanja. Izvršilni nadzor smo izračunali kot razliko med inkongruentnimi in kongruentnimi dražljaji (višja vrednost kaže na večji vpliv inkongruentnih dražljajev). Orientacijo pozornosti smo izračunali kot razliko med neveljavnimi in veljavnimi namigi; stanje pripravljenosti smo izračunali samo za dražljaje brez vizualnega namiga in sicer kot razliko med zvočnim signalom in dražljajem brez njega. Poleg tega smo izračunali še reakcijski čas in pravilnost reševanja (delež pravih odgovorov) za vse dražljaje skupaj.

Indikatorje vožnje v simulatorju smo izračunali za vsak scenarij posebej in so vključevali:

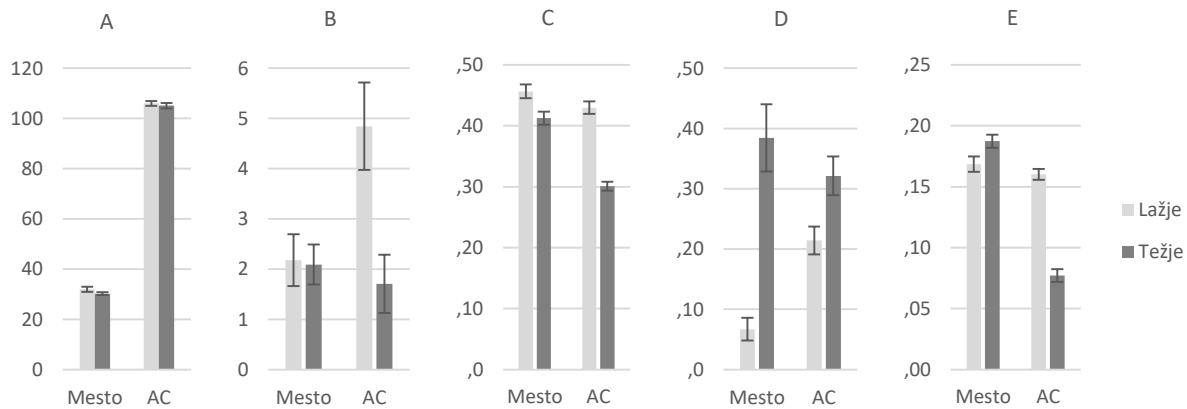
- povprečno hitrost vožnje ter povprečno prekoračitev omejitve hitrosti,
- standardno deviacijo odmika od sredine voznega pasu (mera vijuganja),
- kršitev varnostne razdalje, izračunano kot razmerje med časom kršenja varnostne razdalje in skupnim časom vožnje ter
- delež prekomernih trzljajev (trzlaj je odvod pospeška), ki je mera za sunkovitost vožnje.

Za testiranje razlik v posameznih indikatorjih vožnje glede na scenarij smo uporabili večsmerno analizo variance (ANOVA) za ponovljene meritve (RM ANOVA) s kontekstom (mesto, avtocesta) in zahtevnostjo (lažji, zahtevnejši) kot ponovljenima faktorjema. Učinek funkcij pozornosti glede na kontekst in zahtevnost smo definirali kot faktor med skupinami. Pri parnih primerjavah smo upoštevali Bonferronijev popravek. Rezultate statističnih testov smo dopolnili z velikostmi učinka (delna  $\eta^2$ ). Korelacije med funkcijami pozornosti in indikatorji vožnje smo izračunali s Pearsonovim koeficientom korelacije.

## 3 Rezultati

### 3.1 Rezultati na testu pozornosti

Glavni učinki 2 (opozorilo) x 3 (veljavnost) x 2 (kongruentnost) RM ANOVE za reakcijske čase so bili signifikantni. Posamezniki so bili hitrejši, kadar so (1) pred dražljajem slišali zvočni signal,  $F(1,46) = 16,64$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,27$ ; (2) se je prikazal veljavni namig v primerjavi z neveljavnim namigom in brez namiga,  $F(2,92) = 14,51$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,24$ . Parne primerjave so potrdile razlike med vsemi pogoji ( $p < 0,001$ ). Ter (3) ko je bil prikazan kongruentni v primerjavi z inkongruentnim dražljajem,  $F(1,46) = 107,9$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,70$ . Od interakcij se je potrdila samo interakcija med veljavnostjo in kongruentnostjo,  $F(2,92) = 3,25$ ;  $p = 0,04$ ;  $\eta^2 = 0,07$ . Nadaljnje analize so pokazale, da je bil učinek kongruentnosti višji pri neveljavnem namigu v primerjavi z veljavnim,  $F(1,46) = 5,5$ ;  $p = 0,02$ ;  $\eta^2 = 0,11$ , medtem ko je bila razlika pri veljavnem namigu in pri pogoju brez namiga manjša in ni bila statistično pomembna,  $F(1,46) = 1,51$ ;  $p = 0,23$ ;  $\eta^2 = 0,03$ . Rezultati natančnosti reševanja so pokazali signifikanten



Slika 1. Posamezni indikatorji vožnje glede na kontekst vožnje (mesto, avtocesta - AC) ter težavnost (lažji, težji pogoj) s standardnimi napakami (SE); A = povprečna hitrost, B = prekoračitev hitrosti, C = vijuganje, D = kršenje varnostne razdalje, E = prekomerni trzljaji med vožnjo.

glavni učinek samo za kongruentnost,  $F(1,46) = 54,13$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,54$ ; ostala glavna učinka nista bila statistično pomembna, prav tako ni bila statistično pomembna nobena interakcija.

### 3.2 Rezultati simulatorja vožnje

Različni indikatorji vožnje v simulatorju glede na kontekst in težavnost scenarija so prikazani na sliki 1. Rezultati RM ANOVE so pokazali, da so udeleženci v kontekstu avtoceste vozili hitreje kot v mestnem kontekstu,  $F(1,46) = 5378,42$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,99$ ; udeleženci se niso razlikovali glede na težavnost pogoja (Slika 1A). Udeleženci so v povprečju večkrat prekoračili hitrost na avtocesti,  $F(1,46) = 6,03$ ;  $p = 0,02$ ;  $\eta^2 = 0,12$  in v lažjem pogoj,  $F(1,46) = 11,55$ ;  $p = 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,20$ . Statistično pomembna interakcija kontekst x težavnost kaže, da je težavnost imela večji učinek v kontekstu avtoceste, v primerjavi z mestom,  $F(1,46) = 11,56$ ;  $p = 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,20$  (Slika 1B). Indikator vijuganja (Slika 1C) se je statistično pomembno razlikoval glede na kontekst,  $F(1,46) = 73,52$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,62$ ; težavnost,  $F(1,46) = 125,48$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,73$ ; statistično značilna je bila tudi interakcija kontekst x težavnost ( $F(1,46) = 32,42$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,41$ ), ki kaže, da je bil učinek težavnosti bolj očiten v kontekstu avtoceste. Kršitev varnostne razdalje se v povprečju ni razlikovala glede na kontekst (Slika 1D),  $F(1,42) = 1,32$ ;  $p = 0,26$ ;  $\eta^2 = 0,03$ ; statistično pomemben je bil učinek težavnosti ( $F(1,42) = 53,65$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,56$ ), ki je bil bolj izrazit pri vožnji v težjem pogoj, v primerjavi z lažjim,  $F(1,42) = 6,35$ ;  $p = 0,02$ ;  $\eta^2 = 0,13$ . V številu trzljajev je prišlo do pomembnih razlik glede na kontekst vožnje ( $F(1,46) = 187,59$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,80$ ), kjer jih je bilo primerjalno več v mestni vožnji (Slika 1E), ter glede na težavnost,  $F(1,46) = 117,93$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,88$ ), kjer je bilo v povprečju več trzljajev v lažjem pogoj. Učinek težavnosti je bil bolj izrazit pri vožnji na avtocesti,  $F(1,46) = 332,91$ ;  $p < 0,001$ ;  $\eta^2 = 0,88$ .

### 3.3 Povezava med funkcijami pozornosti in indikatorji vožnje

Korelacijska analiza je pokazala, da je delež pravih odgovorov povezan z manj vijuganja v vseh pogojih ( $r = -0,23$  do  $-0,39$ ;  $p < 0,1$ ), ter z višjo povprečno hitrostjo v

vseh pogojih ( $r = 0,18$  do  $0,41$ ;  $p \approx 0,1$ ). Daljši reakcijski čas je bil povezan z več vijuganja v skoraj vseh pogojih ( $r = 0,19$  do  $0,38$ ;  $p \approx 0,1$ ). Najbolj konsistentno je bila z indikatorji vožnje povezana funkcija orientacije. Boljša orientacijska učinkovitost je bila povezana z nižjo hitrostjo ( $r = -0,29$  do  $-0,49$ ;  $p < 0,05$ ), razen v pogoj zahtevnejše avtoceste. Podobno se je pokazalo tudi za prekoračitev hitrosti. Boljša orientacijska učinkovitost je bila povezana z manj trzljaji ( $r = -0,17$  do  $-0,29$ ;  $p \approx 0,2$ ); oboje je bilo bolj značilno za vožnjo v mestu, medtem ko na avtocesti, učinka praktično ni bilo več. Ostale funkcije pozornosti so bile nekonsistentno povezane z indikatorji vožnje.

Na koncu smo preverili še, ali imajo funkcije pozornosti diferencialni učinek glede na kontekst in težavnost scenarija. Orientacija pozornosti je statistično pomembno moderirala odnos med težavnostjo in povprečno hitrostjo ( $F(1,45) = 4,57$ ;  $p = 0,04$ ;  $\eta^2 = 0,09$ ). Udeleženci s slabšo orientacijsko učinkovitostjo so v težjih pogojih bolj upočasnili hitrost v primerjavi z udeleženci z boljšo orientacijsko učinkovitostjo. Udeleženci z boljšo izvršilno kontrolo so v lažjem pogoj sicer pogosteje prekoračili hitrost, vendar so v težjem pomembno zmanjšali prekoračitev hitrosti,  $F(1,45) = 4,23$ ;  $p = 0,04$ ;  $\eta^2 = 0,09$ . Do interakcije med težavnostjo in izvršilno kontrolo je prišlo tudi pri kršitvi varnostne razdalje,  $F(1,41) = 5,28$ ;  $p = 0,03$ ;  $\eta^2 = 0,11$ , pri čemer so udeleženci z boljšo izvršilno kontrolo pri večji težavnosti manjkrat kršili varnostno razdaljo. Do interakcije med kontekstom vožnje in orientacijo pozornosti je prišlo pri vijuganju,  $F(1,45) = 6,75$ ;  $p = 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,13$  in pri sunkovitosti vožnje,  $F(1,45) = 7,73$ ;  $p = 0,01$ ;  $\eta^2 = 0,15$ . Pri vožnji na avtocesti so udeleženci s slabšo orientacijsko učinkovitostjo manj vijugali v primerjavi z udeleženci z boljšo orientacijsko učinkovitostjo, medtem ko pri vožnji v mestu ni bilo razlik. Po drugi strani so udeleženci s slabšo orientacijsko učinkovitostjo vozili manj sunkovito v mestnem okolju, na avtocesti razlik med skupinama ni bilo.

## 4 Diskusija

Namen raziskave je bil proučiti povezanost funkcij pozornosti z indikatorji vožnje v simulatorju ter raziskati vlogo le-teh v različnih kontekstih (mesto, avtocesta) ter težavnostih (lažji, težji) scenarija.

Rezultati na nalogi pozornosti so skladni z rezultati drugih študij [5], [14] z izjemo pravilnosti odgovorov, kjer ni prišlo do značilnih glavnih učinkov veljavnosti in opozorila, zato je rezultate potrebno interpretirati s previdnostjo. Na našem vzorcu smo v povprečju dobili nekoliko več napak, kar je verjetno posledica večje starostne raznolikosti našega vzorca v primerjavi s podobnimi študijami.

Rezultati iz simulatorja vožnje kažejo, da so udeleženci spremenili način vožnje glede na kontekst in zahtevnost scenarija vožnje, kar kaže na veljavnost manipulacije različnih pogojev. V povezavi z rezultati pozornosti sta bila večja pravilnost reševanja in krajši reakcijski čas povezana z manj vijuganja na cesti, kar kaže na večjo previdnost in bolj enakomerno vožnjo teh voznikov. Sklepamo lahko, da posamezniki, ki naredijo več napak na testu pozornosti, vozijo nekoliko počasneje, zanimivo pa je, da pravilnost reševanja ni bila povezana z večjo prekoračitvijo omejitve hitrosti.

Konsistentno z drugimi ugotovitvami o učinkovitosti orientacije pozornosti [5], se je tudi v naši raziskavi učinkovitost orientacije pokazal kot najbolj konsistenten napovednik indikatorjev vožnje, tudi v povezavi s kompleksnostjo scenarijev. Glede na to, da je orientacijska učinkovitost povezana s selekcijo informacij iz okolja z usmerjanjem pozornosti na potencialno relevantne situacije [14], lahko sklepamo, da je ključnega pomena pri usmerjanju pozornosti na potencialne nevarnosti pri vožnji v realnem okolju s prilagajanjem vedenja. Po drugi strani lahko imajo ti posamezniki nekaj težav v situacijah, kjer je več potencialno nevarnih situacij in je manj verjetno, da bo katera dejansko nevarna (npr. več vozil se bliža križišču, pa samo eno pozabi prižgati smernik) [5].

Raziskava je bila izvedena v simulatorju vožnje, zato ugotovitev ne moremo direktno prenesti v realno okolje, še posebej, ker je 50% udeležencev odgovorilo, da so vozili drugače kot običajno. Prav tako vrstni red scenarijev ni bil popolnoma naključen in bi lahko prišlo do učinkov učenja. Naslednja omejitev je vezana na odvisne spremenljivke simulatorja. Čeprav smo dobili napovednike indikatorjev vožnje, pa nam to bolj malo pove o dejanski varni vožnji voznikov. V drugih študijah so običajno opazovali število prekrškov ali vedenje neposredno pred izpostavljenostjo konkretnim vedenjskim in okoljskim nevarnostim ali nevarnostim, ki zahtevajo deljeno pozornost, npr. približujoč se avtomobil z nasprotne smeri ob prehitevanju [5]. V prihodnjih študijah je potrebno vključiti večjo raznolikost kognitivnih testov ter po vzoru drugih študij proučevati vožnjo povezano s specifičnimi nevarnimi situacijami v prometu [5] ali z odbitki točk za nevarno vožnjo [4], da bi dobili boljši vpogled v kognitivne funkcije varnih oz. nevarnih voznikov.

## Zahvala

Raziskava je bila podprta s strani ARRS v okviru projekta L2-8178. Avtorji se zahvaljujejo podjetju NERVteh za zagotovitev simulatorja vožnje, ter Kristini

Stojmenovi in Klemnu Novaku za tehnično podporo pri zbiranju podatkov.

## Literatura

- [1] J. M. Wood, "Age and Visual Impairment Decrease Driving Performance as Measured on a Closed-Road Circuit," *Hum. Factors J. Hum. Factors Ergon. Soc.*, vol. 44, no. 3, pp. 482–494, 2002.
- [2] H. Iversen and T. Rundmo, "Attitudes towards traffic safety, driving behaviour and accident involvement among the Norwegian public," *Ergonomics*, vol. 47, no. 5, pp. 555–572, 2004.
- [3] M. Šucha and D. Černochová, "Driver Personality as a Valid Predictor of Risky Driving," in *Transportation Research Procedia*, 2016, vol. 14, pp. 4286–4295.
- [4] U. León-Domínguez, I. Solís-Marcos, E. Barrio-Álvarez, J. M. Barroso y Martín, and J. León-Carrión, "Safe driving and executive functions in healthy middle-aged drivers," *Appl. Neuropsychol.*, vol. 24, no. 5, pp. 395–403, 2017.
- [5] J. Roca, D. Crundall, S. Moreno-Ríos, C. Castro, and J. Lupiáñez, "The influence of differences in the functioning of the neurocognitive attentional networks on drivers' performance," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 50, pp. 1193–1206, 2013.
- [6] T. Mäntylä, M. J. Karlsson, and M. Marklund, "Executive control functions in simulated driving," *Appl. Neuropsychol.*, vol. 16, no. 1, pp. 11–18, 2009.
- [7] S. G. Klauer *et al.*, "The Impact of Driver Inattention On Near Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data," *Analysis*, no. April, p. 226, 2006.
- [8] B. Weaver, M. Bédard, J. McAuliffe, and M. Parkkari, "Using the Attention Network Test to predict driving test scores," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 41, no. 1, pp. 76–83, 2009.
- [9] J. Fan, B. D. McCandliss, T. Sommer, A. Raz, and M. I. Posner, "Testing the efficiency and independence of attentional networks," *J. Cogn. Neurosci.*, vol. 14, no. 3, pp. 340–347, 2002.
- [10] M. I. Posner and S. E. Petersen, "The attention system of the human brain," *Annu. Rev. Neurosci.*, vol. 13, pp. 25–42, 1990.
- [11] S. E. Petersen and M. I. Posner, "The Attention System of the Human Brain: 20 Years After," *Annu. Rev. Neurosci.*, vol. 35, no. 1, pp. 73–89, 2012.
- [12] A. Helland, S. Lydersen, L. E. Lervåg, G. D. Jenssen, J. Mørland, and L. Slørdal, "Driving simulator sickness: Impact on driving performance, influence of blood alcohol concentration, and effect of repeated simulator exposures," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 94, pp. 180–187, 2016.
- [13] J. O. Brooks *et al.*, "Simulator sickness during driving simulation studies," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 42, no. 3, pp. 788–796, 2010.
- [14] J. Roca, C. Castro, M. F. López-Ramón, and J. Lupiáñez, "Measuring vigilance while assessing the functioning of the three attentional networks: The ANTI-Vigilance task," *J. Neurosci. Methods*, vol. 198, no. 2, pp. 312–324, 2011.
- [15] "Psychology Software Tools, Inc. [E-Prime 2.0]," 2017. [Online]. Available: <http://www.pstnet.com>.
- [16] "Nervteh Simulation Technologies," 2018. [Online]. Available: <https://www.nerv-teh.com/>.