

ANALIZA UTICAJNIH FAKTORA NA RAZUMEVANJE SAOBRAĆAJNIH ZNAKOVA

Anđela Novaković¹, Ana Trpković², Marjana Čubranić-Dobrodolac³, Jelica Komarica⁴

¹ Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, andjelanovakovic@gmail.com

² Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, a.trpkovic@sf.bg.ac.rs

³ Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, marjana@sf.bg.ac.rs

⁴ Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, j.komarica@sf.bg.ac.rs

Rezime: Saobraćajni znakovi predstavljaju primarni način informisanja svih učesnika u saobraćaju i ključni su za efikasno i bezbedno funkcionisanje saobraćaja, kako na putnoj, tako i na uličnoj mreži. Iako su dizajnirani da budu jasni i jednoznačni, znakovi se često pogrešno tumače. Cilj ovog rada je da, na osnovu dosadašnjih istraživanja i inostranih iskustava, identifikuje faktore koji utiču na razumevanje saobraćajnih znakova, sa posebnim osvrtom na njihov dizajn, standardizaciju, karakteristike korisnika i ulogu vizuelnog okruženja. Posebna pažnja posvećena je i posledicama neujednačenih nacionalnih standarda i njihovoj povezanosti sa čestim greškama u interpretaciji znakova. Rad takođe ukazuje na potrebu za sprovođenjem empirijskih istraživanja koja bi pomogla u razvoju smernica za unapređenje razumevanja saobraćajnih znakova u zavisnosti od relevantnih uticajnih faktora.

Ključne reči: saobraćajni znakovi, razumevanje signalizacije, dizajn, standardizacija, vizuelno okruženje.

ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE UNDERSTANDING OF TRAFFIC SIGNS

Anđela Novaković¹, Ana Trpković², Marjana Čubranić-Dobrodolac³, Jelica Komarica⁴

¹ Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, andjelanovakovic@gmail.com

² Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, a.trpkovic@sf.bg.ac.rs

³ Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, marjana@sf.bg.ac.rs

⁴ Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, j.komarica@sf.bg.ac.rs

Abstract: Traffic signs represent the primary means of informing all road users and are essential for the efficient and safe functioning of traffic, both on road and urban street networks. Although they are designed to be clear and unambiguous, traffic signs are often misinterpreted. The aim of this paper is to identify, based on previous research and international experience, the factors influencing the understanding of traffic signs, with particular emphasis on their design, standardization, user characteristics, and the role of the visual environment. Special attention is also given to the consequences of inconsistent national standards and their connection to frequent errors in sign interpretation. The paper further highlights the need for empirical research that would contribute to the development of guidelines for improving the comprehension of traffic signs depending on relevant influencing factors.

Keywords: traffic signs, signal comprehension, design, standardization, visual environment

1. UVOD

Korisnici se na uličnoj i putnoj mreži svakodnevno susreću sa velikim brojem informacija koje moraju brzo i efikasno obraditi, kako bi saobraćaj funkcionisao bezbedno. Saobraćajni znakovi predstavljaju glavni medij prenosa informacija korisnicima i jedno su od najviše eksponiranih sredstava za regulisanje i upravljanje saobraćajem, a samim tim i elementi koji su stalno prisutni na uličnoj i putnoj mreži. Glavna uloga saobraćajne signalizacije jeste jasno i koncizno pružanje neophodnih informacija korisnicima mreže na kojoj je signalizacija postavljena. S tim u vezi, od ključnog je značaja da svi korisnici razumeju i jasno percipiraju saobraćajne znakove. Iako se najveća pažnja pridaje vozačima automobila, treba razumeti da su korisnici jedna heterogena grupa, kojoj, pored vozača putničkih automobila pripadaju i vozači drugih prevoznih sredstava, kao i nemotorizovani korisnici (pešaci, biciklisti i korisnici vozila mikromobilnosti). Sa razvojem savremenih tehnologija javljaju se različiti izazovi prilikom projektovanja saobraćajne signalizacije. Jedan od ključnih izazova jeste prilagođavanje saobraćajne signalizacije tako da ona bude jasno detektovana i pravilno interpretirana od strane autonomnih vozila. Shodno tome, kako bi saobraćajna signalizacija odgovorila svim zahtevima koji se

¹ Anđela Novaković: andjelanovakovic@gmail.com

ispostavljaju, neophodno je da bude izvedena i postavljena prema definisanim standardima i redovno održavana, što direktno utiče na njenu percepciju i čitljivost, a posledično i na njeno razumevanje.

Razumevanje saobraćajne signalizacije predstavlja kognitivni proces kojim korisnik pravilno tumači značenje saobraćajnog znaka i prema tome odlučuje o svojim sledećim akcijama. Nakon što vozač postane svestan situacije, odnosno nakon procesa percepcije saobraćajnog znaka, važno je da vozač razume sadržinu i poruku istog znaka. Pravilno čitanje i razumevanje znakova je ključno za bezbedno i efikasno realizovanje saobraćajnog procesa. Kao ključni faktori prilikom razumevanja saobraćajnih znakova mogu se izdvojiti standardizacija i sam izgled, odnosno simbolička jasnoća znaka. Važno je pomenuti da na razumevanje saobraćajnih znakova, pored karakteristika znaka, utiču i karakteristike vozača. Uticajni parametri mogu biti mnogobrojni, ali se posebno mogu izdvojiti starost, iskustvo, obrazovanje i same kognitivne sposobnosti vozača. Veliki značaj prilikom razumevanja saobraćajnih znakova imaju i karakteristike okruženja u kojem je znak i postavljen. Razumljivost znakova se obično meri putem testa razumevanja u kome se tačnost razumevanja od preko 67% smatra prihvatljivom prema Međunarodnoj organizaciji za standardizaciju [1]. Američki nacionalni institut za standarde (ANSI) [2] postavio je viši prihvatljiv nivo razumevanja od 85%. Razlike u postavljenim kriterijumima ukazuju na neujednačenost u pristupima evaluaciji razumevanja saobraćajnih znakova. S obzirom da postoji značajna razlika u minimalnim zahtevanim vrednostima razumevanja, nameće se pitanje da li saobraćajni znak čija se vrednost razumevanja nalazi između navedenih treba definisati kao dovoljno ili nedovoljno razumljiv.

Uzimajući u obzir da postoje brojni faktori koji utiču na razumevanje saobraćajnih znakova potrebno je uz pomoć različitih mera uticati da razumevanje svakog saobraćajnog znaka ispunjava pomenute minimalne nivoe razumevanja. Istraživanja iz dosadašnje literature ukazuju da se razumevanje saobraćajne signalizacije može poboljšati merama kao što su redizajn saobraćajnih znakova, promena okruženja u kom su znakovi postavljeni i uvođenjem dodatnih obuka i ispitivanja korisnika. S tim u vezi, cilj ovog rada jeste upravo da se, na osnovu dosadašnjih istraživanja i inostranih iskustava, identifikuju faktori koji utiču na razumevanje saobraćajnih znakova i da se predlože mere kojima bi se uticalo na njihovo poboljšanje. Takođe, rad ukazuje na potrebu za sprovođenjem empirijskih istraživanja koja bi pomogla u razvoju smernica za unapređenje razumevanja saobraćajnih znakova u zavisnosti od relevantnih uticajnih faktora.

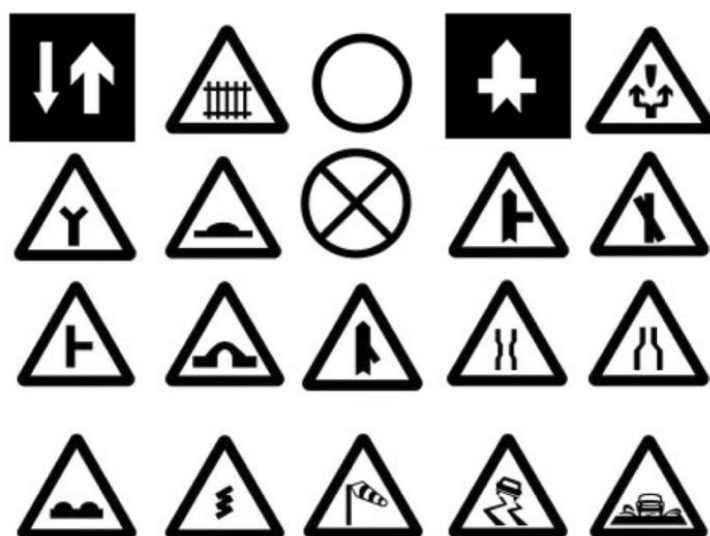
Imajući u vidu navedeno, ovaj rad je struktuiran u pet poglavlja, od kojih se u prvom poglavlju ukazuje na uticaj prepoznatljivosti i simboličke jasnoće saobraćajnih znakova, a drugim poglavljem obuhvaćen je uticaj primenjene standardizacije i obrazovanja. U fokusu trećeg poglavlja jesu uticaji različitih kategorija korisnika, dok je četvrtim poglavljem obuhvaćen kontekstualni uticaj i vizuelna složenost okruženja. Na kraju je dat zaključak, kao i predlozi za unapređenje pravaca budućih istraživanja.

2. PREPOZNATLJIVOST I SIMBOLIČKA JASNOĆA SAOBRAĆAJNIH ZNAKOVA

Prepoznatljivost saobraćajnih znakova ključna je za proces razumevanja signalizacije i posledično za kreiranje efikasnog i bezbednog saobraćajnog okruženja. Poznato je da se saobraćajni znakovi mogu izvesti korišćenjem simbola, teksta ili njihovom kombinacijom. Važno je razumeti prednosti i mane svih pristupa i prilikom projektovanja izabrati onaj pristup koji će obezbediti najbolje efekte. Takva teorijska razmatranja potvrđuju i brojna empirijska istraživanja koja se bave efikasnošću različitih načina prikaza saobraćajnih znakova koja slede u nastavku rada.

Prethodna upoznatost vozača sa samim saobraćajnim znakom znatno utiče na vreme potrebno za njegovu percepciju i razumevanje. Vozači koji poznaju znakove postižu bolje rezultate i osećaju manji stres [3]. Ova tvrdnja u skladu je sa rezultatima ispitivanja autora Babić i dr. [4] koji navode da vozači koji nisu upoznati sa značenjem znaka gledaju češće u znak i provode više vremena fokusirani na njega. S druge strane istraživanjem sprovedenim od strane autora Liu [3] došlo se do zaključka da saobraćajni znakovi koji su predstavljeni putem simbola privlače više pažnje od tekstualnih znakova, čak iako je količina informacija na oba znaka jednaka. Međutim, iako se saobraćajni znakovi predstavljeni putem simbola lakše pamte, oni zahtevaju više vremena za kognitivnu interpretaciju, odnosno prevod simbola u značenje. To potvrđuju i nalazi istraživanja autora Maulina i dr. [5] koji ukazuju da simboli mogu biti apstraktni i teže razumljivi, ali i da tekstualni znakovi zahtevaju više vremena za čitanje. Znakovi koji kombinuju tekst i simbole prepoznati su kao najoptimalniji jer nude brzo i jasno prepoznavanje. Međutim, dizajn samih saobraćajnih znakova mora biti što jednostavniji i direktniji kako bi ih korisnici jasno razumeli. Rezultati istraživanja autora Liu [3] ukazuju na to da sa povećanjem količine informacija na saobraćajnom znaku raste vreme pretrage, opterećenje i broj grešaka. Znakovi koji sadrže više informacija, odnosno veći broj elemenata, imaju veći broj fiksacija pogleda i duže vreme zadržavanja pogleda prema istraživanju autora Babić i dr. [4]. Znakovi koji sadrže manje informacija bolje su shvaćeni od onih koji su složenije dizajnirani.

Detaljnim pregledom relevantne literature autori Berrio i dr. [6] su u svom istraživanju ukazali na to kako dizajn saobraćajnih znakova utiče na njihovu razumljivost i bezbednost saobraćaja. Zaključci analize literature jesu da su znakovi upozorenja ispitanicima manje poznati od znakova zabrane, a preporuka autora jeste primena ergonomskih principa, kao što su jednostavnost, upoznatost korisnika sa izgledom znaka i semantička bliskost u dizajnu znakova. Poznavanje znakova od strane korisnika ključno je za dobro razumevanje, a primenom pomenutih ergonomskih principa može da se poveća i do 85.6%, što bi uticalo na brže i sigurnije razumevanje i interpretaciju saobraćajnih znakova. Sa druge strane istraživanje autora Hou i Yang [7] fokusiralo se na ispitivanje poznavanja saobraćajnih znakova sa naizgled višeznačnim značenjem simbola, izabranih iz Nacionalnih standarda Narodne Republike Kine. Istraživani su neuronski indikatori razumevanja znakova (Slika 1) i njihov odnos sa odgovorom učesnika, kako bi se predvidelo razumevanje znakova vozača. Eksperiment je sproveden nad uzorkom od 60 učesnika, od kojih je samo polovina, odnosno 30 učesnika prošlo obuku razumevanja saobraćajnih znakova. Rezultati ovog istraživanja jasno pokazuju da je ispitanicima koji su prošli obuku razumevanja potrebno manje vremena da odgovore. Ovo istraživanje naglašava da je obrazovanje u sferi poznavanja saobraćajne signalizacije ključno za donošenje pravilnih odluka u toku vožnje, što posledično utiče na bezbednost i efikasnost saobraćaja.



Slika 1. Saobraćajni znakovi korišćeni u istraživanju
Izvor: Hou i Yang [7]

Pregledom relevantne literature [3-7] uočeno je da znakovi sa jednostavnim, jasno definisanim simbolima i ograničenom količinom informacija obezbeđuju brže i tačnije razumevanje, kao i da prethodna upoznatost vozača sa saobraćajnim znakom povećava nivo razumevanja. Povećanje količine informacija, složen dizajn i apstraktni prikazi rezultiraju dužim vremenom fiksacije pogleda, većim kognitivnim opterećenjem i većom verovatnoćom pogrešne interpretacije [3,4]. Znakovi prikazani simbolom zahtevaju kraće vreme percepcije, ali u trenutku reakcije često zahtevaju dodatno vreme za kognitivni prevod simbola u značenje. Najbolje rezultate postižu kombinovani znakovi koji sadrže i tekst i simbol [5].

3. PROBLEM OBRAZOVANJA I STANDARDIZACIJE SAOBRAĆAJNIH ZNAKOVA

Globalni porast stepena motorizacije i broj putovanja uzajamno su zavisni. S tim u vezi treba imati na umu da vozači ispostavljaju zahteve za bezbednim i efikasnim kretanjem i van granica svoje države. Kako su saobraćajni znakovi glavni mediji prenosa informacija vozačima neophodno je da isti budu razumljivi svima. Međutim, problem nastaje zbog primene različitih standarda u različitim državama, kao i nedovoljnom obrazovanju vozača u sveri poznavanja saobraćajne signalizacije. Tome svedoči i istraživanje autora Ward i dr. [8] koje kao početnu hipotezu navodi da će američki vozači imati relativno nisko razumevanje međunarodnih znakova, ali da će se rezultati popraviti nakon kratke obuke. Razlog za ovo može se pronaći u različitim standardizacijama koje se poštuju u Americi i u ostatku sveta. Istraživanje je podeljeno u 3 faze i sprovedeno nad 100 ispitanika. U prvoj fazi ispitanicima je pokazano 100 znakova preuzetih iz AAA, Auto Europe i britanskog „Highway Code“. Ispitanici su za svaki znak imali po 20 sekundi da daju odgovor. U drugom delu istraživanja sprovedena je kratka obuka kroz koju su ispitanici upoznati sa značenjem svakog znaka. Nakon toga,

sprovedena je treća faza, u kojoj su ispitanicima opet prikazani znakovi, samo sada po drugačijem redosledu. Znakovi sa najboljim i najlošijim razumevanjem u prvoj fazi prikazani su na Slici 2. Rezultati ukazuju da se razumevanje znakova nakon kratke obuke povećalo, sa prvobitnih 40% tačnih odgovora, na 82% tačnih odgovora. Nakon prve faze samo 17 od 100 znakova ispunilo je ANSI kriterijum ($\geq 85\%$ tačno), dok je nakon treće faze kriterijum ispunilo 58 od 100 znakova.

Iako ovakvi rezultati ukazuju na to da obuka vozača pozitivno utiče na razumevanje znakova, treba imati u vidu da je eksperiment izveden u laboratoriji, tako da nisu ispitani uticaji spoljašnjih faktora, kao ni to da li su ispitanici zapravo naučili značenje prikazanih znakova. Stoga preporuka autora je da se pored dodatne obuke za izdavanje međunarodne vozačke dozvole, pažnja usmeri i na iterativno projektovanje saobraćajnih znakova, testirajući razumevanje ciljnih korisnika različitih kultura. Takođe, ističe se potreba za ergonomskim dizajnom saobraćajnih znakova. Iz prikazanih rezultata jasno je da benefiti od dodatne obuke, u vidu povećanog nivoa razumevanja saobraćajnih znakova postoje. Takođe, može se zaključiti da početni niži nivo razumevanja proizilazi iz primene različitih standarda. Iako bi, prema rezultatima pomenutog istraživanja, kratka obuka mogla da poveća nivo razumevanja, potrebno je preduzeti mere da do inicijalnog nižeg nivoa razumevanja ne dolazi. Rešenja poput usklađivanja standardizacija i opširnije inicijalne obuke bi mogla biti povoljna. Svakako, uspešnost ovakvih mera za sada nije poznata, budući da su dostupna istraživanja sprovedena u laboratorijskim uslovima.

10 Lowest						10 Highest					
Sign	Referent	Initial		After Training		Sign	Referent	Initial		After Training	
		correct	critical confusion	correct	critical confusion			correct	critical confusion	correct	critical confusion
	ungarded railroad crossing	0%	0%	72%	0%		parking area	90%	2%	94%	0%
	expressway entrance	0%	0%	60%	0%		road works	92%	0%	98%	0%
	holiday route	0%	0%	54%	0%		bicycle path	92%	0%	96%	0%
	priority road	0%	0%	46%	0%		no power-driven vehicles	92%	0%	90%	0%
	end of prohibition of passing	0%	16%	48%	28%		cyclists crossing	94%	2%	94%	4%
	no parking side 1-odd days, side 2-even days	0%	0%	80%	0%		light signals	94%	0%	98%	0%
	vehicles may pass	2%	0%	46%	2%		meter parking	94%	0%	98%	0%
	goods vehicles passing prohibited	2%	0%	38%	8%		stop	96%	0%	100%	0%
	end of all local vehicle prohibitions	2%	0%	62%	0%		hospital	98%	0%	100%	0%
	road closed	2%	2%	46%	0%		airfield	98%	0%	98%	2%

Slika 2. Deset znakova sa najboljim i najlošijim razumevanjem u prvoj fazi istraživanja
Izvor: Ward i dr. [8]

Pored prethodno navedenog, još jedno istraživanje autora Shinar i dr. [9] fokusiralo se na razumevanje saobraćajnih znakova koji se primenjuju u različitim državama. Istraživanje je sprovedeno u Kanadi, Finskoj, Izraelu i Poljskoj i u njemu je učestvovalo blizu 1000 ispitanika. Cilj istraživanja bilo je upoređivanje nivoa

razumevanja znakova među vozačima nabrojanih zemalja. Grupe vozača podeljene su u pet kategorija: početnici, studenti, turisti, stariji vozači i ponavljači prekršaja. Ispitanicima je prikazan 31 saobraćajni znak (Slika 3), od kojih je 15 znakova koji su isti u svim državama i 16 znakova koji su specifični za pojedine države.

SIGN No.	PICTURE	COLOURS	COUNTRY	SIGN No.	PICTURE	COLOURS	COUNTRY	SIGN No.	PICTURE	COLOURS	COUNTRY
1		orange black	Australia	11		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland	21		orange black	Canada
2		orange black	Australia	12		black orange	Australia Canada	22		white black	Israel
3		blue white	Poland	13		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland	23		black yellow red	Finland
4		red, yellow black, orange	Poland	14		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland	24		dark blue white	Finland
5		red, white black	Israel	15		red, black white	Finland	25		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland
6		yellow black	Australia	16		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland	26		yellow, white black	Finland Poland
7		red, yellow black	Finland Israel Poland	17		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland	27		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland
8		dark blue white	Australia Canada Finlandia Israel Poland	18		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland	28		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland
9		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland	19		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland	29		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland
10		red, yellow black	Australia Canada Finlandia Israel Poland	20		yellow black	Canada	30		dark blue red	Australia Canada Finlandia Israel Poland
								31		yellow black	Canada

Slika 3. Saobraćajni znakovi korišćeni u istraživanju
Izvor: Shinar i dr. [9]

Rezultati istraživanja ukazuju da je prosečno 58,5% svih odgovora bilo potpuno tačno za sve saobraćajne znakove i u svim državama. Ispitanici u Poljskoj i Finskoj imali su veći broj tačnih odgovora, dok su ispitanici u Kanadi imali najmanji broj tačnih odgovora. Za znakove koji se koriste u njihovoj državi, ispitanici su u proseku tačno odgovorili za 77,9%, dok su za znakove koji se ne koriste u njihovoj državi tačno odgovorili za svega 32,4% predstavljenih znakova. Stariji vozači pravili su veći broj grešaka od mlađih vozača. Autori zaključuju da razumevanje znakova značajno zavisi od toga da li je znak poznat vozaču i da li su ispunjeni ergonomijski kriterijumi. Kao preporuke autori izdvajaju povećanje međunarodne standardizacije znakova, korišćenje teksta uz određene simbole i uključivanje ergonomskih principa poput konceptualne jasnoće u dizajn saobraćajnih znakova. Takođe, napominju da je razlika među zemljama i grupama velika, što znači da "dobar" znak u jednoj kulturi može biti loše shvaćen u drugoj. Napominju i da posebnu pažnju treba usmeriti ka starijim vozačima i turistima. Takve nalaze potvrđuje i istraživanje autora Babić i dr. [4] koje ističe značaj standardizacije i međunarodne usaglašenosti saobraćajnih znakova. Tokom trajanja eksperimenta nijedan od ispitanika nije znao značenje saobraćajnog znaka koji se primenjuje u Kanadi.

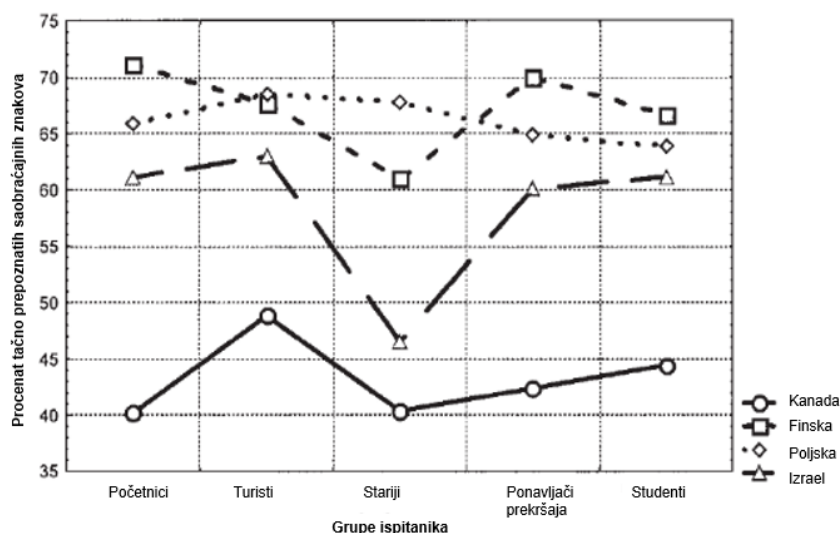
Kroz prikazana istraživanja [8,9] može uvideti značaj obrazovanja i primene standardizacije u procesu projektovanja saobraćajnih znakova. Kada je reč o standardizaciji, jasno je potvrđeno da različiti nacionalni sistemi predstavljaju jedan od ključnih izazova za međunarodnu bezbednost saobraćaja. Vozači najlakše razumeju znakove iz sopstvenog kulturnog i normativnog konteksta, dok je procenat tačnih odgovora na strane znakove značajno manji. Čak i kratka obuka može znatno poboljšati razumevanje, što potvrđuje značaj obrazovanja u sferi saobraćajne signalizacije, ali napore bi trebalo uložiti i u inicijalnu obuku, čime bi se nivo razumevanja poboljšao.

4. UTICAJ KARAKTERISTIKA KORISNIKA NA RAZUMEVANJE SAOBRAĆAJNIH ZNAKOVA

Kako je proces percepcije i razumevanja saobraćajnih znakova jedinstven za svakog vozača, važno je razumeti razlike među vozačima. Najočiglednija i najznačajnija razlika jeste starosna dob vozača. Starijim vozačima potrebno je više vremena da se snađu u kompleksnim okruženjima i mogu podneti manje kognitivnog opterećenja [10]. Istraživanje autora Al-Gadhi i dr. [11], takođe navodi da je starijim vozačima potrebno više vremena za detekciju i razumevanje saobraćajnih znakova, a kao glavne prednosti koje utiču na bržu detekciju i bolje razumevanje izdvajaju se obrazovanje vozača i njegova upoznatost sa saobraćajnim znakovima. Istraživanjem autora Milošević i Gajić [12] je takođe zabeleženo duže vreme potrebno starijim vozačima za detekciju znakova. Istraživanje autora Schulz i dr. [13] upoređivalo je brzinu i tačnost odgovora mlađe i starije grupe ispitanika. Grupe su činile po 20 osoba, starosnih dobi od 18-35 i od 65-80 godina za mlađu i stariju grupu respektivno. Razumevanje saobraćajnih znakova bilo je lošije kod starije grupe ispitanika, što je u skladu sa istraživanjem autora Shinar i dr. [9] i autora Al-Gadhi i dr. [11]. Vreme reagovanja kod starijih ispitanika bilo je sporije za 600 ms u proseku. Stariji ispitanici su znatno teže shvatali značenje nepoznatih znakova i apstraktnih simbola, a složeni znakovi (sa više simbola, detalja ili apstraktnih elemenata) izazvali su im veći pad performansi. Odnosno, kod starijih korisnika dolazi do smanjenja širine vidnog polja i kontrastne osetljivosti, što produžava vreme potrebno za percepciju saobraćajnih znakova, a posledično i za njihovo razumevanje. Takođe, kod starijih korisnika dolazi do smanjenja kognitivne fleksibilnosti, te im je za detekciju i razumevanje znakova potrebno više vremena, pogotovo ukoliko neki simbol vide prvi put. Zavisnost od iskustva je kod ove grupe jako istaknuta. Kada su sa saobraćajnim znakovima upoznati, stariji vozači mogu biti gotovo jednako uspešni kao mlađi.

Pored navedenog, mnogi autori su se bavili i uticajem obrazovanja korisnika na proces razumevanja. Istraživanje autora Ng i Chan [14] je u fokusu imalo određivanje kako i koliko karakteristike vozača utiču na razumevanje saobraćajnih znakova. Istraživanje je sprovedeno na uzorku od 109 vozača. Rezultati pokazuju da su bolje prepoznavanje znakova imali ispitanici sa univerzitetskim i višim obrazovanjem, što je u skladu sa istraživanjem autora Al-Gadhi i dr. [11]. Pokazalo se da je razumevanje znakova bilo bolje tokom prve godine posedovanja dozvole, a da se vremenom smanjuje sa godinama vozačkog staža, što implicira da bi redovno testiranje vozača moglo doprineti boljem razumevanju i pamćenju znakova. Ovi rezultati se mogu objasniti činjenicom da iskusniji vozači tokom vožnje obraćaju manje pažnje na saobraćajne znakove i retko svesno prepoznaju njihovo značenje.

Različite kategorije korisnika predstavljene su i u istraživanju autora Shinar i dr. [9]. Identifikovane su značajne razlike u razumevanju saobraćajnih znakova među različitim vozačkim populacijama. Na primer, početnici i turisti su imali niži nivo razumevanja u poređenju sa iskusnijim vozačima. Stariji vozači su takođe pokazali slabije rezultate, zbog smanjenih kognitivnih sposobnosti. Vozači sa većim brojem ponovljenih prekršaja su imali tendenciju da pogrešno interpretiraju znakove, što može biti povezano sa nepažnjom ili nepoštovanjem saobraćajnih pravila. Grafik 1 prikazuje procenat tačnih odgovora prilikom ispitivanja razumevanja saobraćajnih znakova, razloženo po kategorijama ispitanika i državama.



Grafik 1. Procentualna tačnost odgovora različitih kategorija ispitanika
Izvor: Shinar i dr. [9]

Prilikom projektovanja saobraćajne signalizacije važno je prilagoditi je svim tipovima korisnika, a ne samo vozačima motornih vozila. Veoma mali broj istraživanja u fokusu ima kategoriju korisnika koji nisu vozači putničkog automobila. Prema istraživanju autora Berrio i dr. [6], posmatravši 34 studije, u 91,4% se uočava da je fokus usmeren na vozače automobila, koji čine 64% ukupnih učesnika u saobraćaju.

Istraživanje autora Umar i Bashir [15] bavilo se razumevanjem saobraćajnih znakova od strane različitih tipova korisnika. Rezultati ukazuju da najbolje razumevanje saobraćajnih znakova imaju vozači automobila, sa 81% tačnih odgovora, dok biciklisti imaju 78% tačnih odgovora, a vozači kamiona svega 65% tačnih odgovora. Kao jedna od značajnih kategorija korisnika izdvajaju se i pešaci. Poput prethodno navedenog, cilj istraživanja autora Ahmed i dr. [16] bio je da se proceni nivo razumevanja saobraćajnih znakova među vozačima i pešacima u Daki, kako bi se identifikovale oblasti koje zahtevaju dodatnu edukaciju i poboljšanja u saobraćajnoj signalizaciji. U istraživanju je učestvovalo 1142 ispitanika, od kojih 634 vozača i 508 pešaka. Prosečan nivo razumevanja saobraćajnih znakova kod vozača bio je 68,68%, dok je kod pešaka taj procenat iznosio 64,5%. Starost i obrazovanje učesnika imali su značajan uticaj na nivo razumevanja, što je u skladu sa istraživanjima autora Schulz i dr. [13], Shinar i dr. [9] i Ng i Chan [14]. Imajući u vidu prethodno navedeno, može se zaključiti da je potrebno sprovesti dodatne obrazovne inicijative kako bi se poboljšalo razumevanje saobraćajnih znakova među vozačima i pešacima. Potrebno je i prilagoditi izgled znakova, tako da budu jednostavni, sa jasnim simbolima i oznakama.

Prema prikazanim rezultatima različitih istraživanja može se zaključiti da se razlike među korisnicima najizraženije po starosnim kategorijama. Stariji vozači zahtevaju više vremena za interpretaciju znakova, dok mlađi reaguju brže, ali ponekad impulsivnije [9-13]. Kao razlog sporije reakcije kod starijih vozača mogu se izdvojiti sporiji proces percepcije, smanjena fleksibilnost kognitivne obrade i veća zavisnost od iskustva. Pored starosne strukture, primećeno je i da značajne razlike postoje među kategorijama korisnika, gde je zabeleženo da turisti i pešaci u proseku imaju niži nivo razumevanja u odnosu na lokalne, obučene vozače [9]. Kako bi se smanjile razlike u razumavanju saobraćajnih znakova kod različitih kategorija korisnika, prilikom projektovanja saobraćajnih znakova trebalo bi imati u vidu mogućnosti i zahteve svake grupe korisnika pojedinačno. Pored prilagođavanja izgleda saobraćajnih znakova, poseban fokus bi trebalo usmeriti i ka obrazovanju svih korisnika u sferi saobraćajne signalizacije.

4.1. Uticaj razumevanja saobraćajnih znakova na autonomna vozila

Sa porastom razvoja tehnologija, dolazi i do promena u saobraćaju, pa tako ljudi više ne predstavljaju jedine „korisnike“ kojima je potrebno obezbediti razumevanje saobraćajnih znakova, već za time potrebu imaju i autonomna vozila. Pouzdano prepoznavanje saobraćajnih znakova predstavlja ključnu komponentu bezbedne autonomne vožnje. Prepoznavanje saobraćajnih znakova omogućava vozilu da razume znakove ograničenja brzine, upozorenja i obaveznih smerova. Iako su mašinsko i duboko učenje značajno unapredili tačnost, izazovi prilikom detekcije saobraćajnih znakova i dalje postoje. Prema istraživanju autora Trpković i dr. [17], zaklonjenost signalizacije, oštećenost, vandalizovanost i sl., predstavljaju glavne prepreke u procesu efikasnog detektovanja i prepoznavanja. Ukazujući na značaj u prepoznavanju saobraćajnih znakova od strane autonomnih vozila, autori Lim i dr. [18] kroz pregledni naučni rad detaljno sumiraju napredak u prepoznavanju saobraćajnih znakova u kontekstu autonomnih vozila. Proces prepoznavanja saobraćajnih znakova obuhvata tri faze: predobradu podataka, ekstrakciju karakteristika i klasifikaciju. Autori razlikuju dve osnovne grupe pristupa, klasično mašinsko učenje (SVM, k-NN, decision tree) i duboko učenje (posebno CNN i RNN), gde su se konvolucione neuronske mreže (CNN) pokazale kao vrlo efikasne u klasifikaciji saobraćajnih znakova i prema istraživanju autora Jevremović i dr. [19]. Prvi tip koristi ručno definisane karakteristike (npr. boja, oblik), dok drugi automatski uči relevantne osobine iz slike.

Kao glavni problemi u sistemima baza podataka saobraćajnih znakova izdvajaju se:

- Varijacije osvetljenja – znaci mogu biti previše tamni ili osvetljeni.
- Zaklanjanje – delimično prekriveni znaci (drveće, vozila).
- Oštećenja znakova – izbledele ili deformisane table.
- Ograničeni skupovi podataka – nedostatak dovoljno anotiranih slika.

Autori istraživanja [19] predlažu rešenja poput generisanja sintetičkih podataka, transfer učenja i multimodalne fuzije senzora. Imajući u vidu prethodno navedeno, predložena rešenja mogu uticati na dalji razvoj i usaglašavanje potreba autonomnih vozila sa uslovima saobraćajnih znakova. Saobraćajni znakovi moraju biti tako projektovani da budu jasniji i intuitivno poznati svim kategorijama korisnika. Održavanje jednostavnog, prepoznatljivog i standardizovanog dizajna saobraćajnih znakova ostaje ključni preduslov za njihovu pravilnu

interpretaciju. Time se istovremeno olakšava razumevanje znakova kod različitih grupa korisnika i unapređava pouzdanost sistema autonomne vožnje.

5. VIZUELNA SLOŽENOST I KONTEKSTUALNI UTICAJ

Na procese percepcije i razumevanja mogu uticati različiti elementi okruženja saobraćajnog znaka koji se posmatra, kao i sam položaj znaka u okruženju. Postavljanje saobraćajnog znaka na neodgovarajuću poziciju može dovesti do toga da ga vozači ne percipiraju, a imajući u vidu da je okruženje u kojem se postavlja uglavnom vizuelno složeno, celokupan proces se dodatno usložnjava. Vizuelna složenost prostora može „odvući“ pažnju vozača ili drugog korisnika i time produžiti vreme potrebno za percepciju znaka i njegovo razumevanje. Upotreba vizuelno sličnih saobraćajnih znakova u neposrednoj blizini (Slika 4) može uticati na prepoznavanje i razumevanje tih saobraćajnih znakova [20]. Takođe, bilbordi i ostali reklamni materijali mogu smanjiti vreme koje vozači posvećuju saobraćajnim znakovima [21]. Vremenske neprilike kao što su kiša, sneg, magla i vetar mogu uticati na smanjenje vidljivosti saobraćajnih znakova, ali i na smanjeno psiho-fizičko funkcionisanje vozača, što je prikazano u studiji autora Rocabado i dr. [22]. Kroz simulaciju vožnje kod vozača je ispitivano da li će postojati razlike u čitanju saobraćajnih znakova u sunčanom i kišovitom vremenu. Rezultati potvrđuju očekivanja da nepovoljni vremenski uslovi (kiša) znače sporije čitanje reči dok su u pokretu, čak i kada tačnost ostaje visoka. To sugerise da vozači mogu da pravilno prepoznaju tekst, ali im je za to potrebno više vremena.

I pored činjenice da je vozač upoznat sa svim saobraćajnim znakovima, problem se može pojaviti prilikom percepcije, odnosno saobraćajni znakovi mogu biti manje vidljivi zbog oštećenja lica znaka. Izbledelost saobraćajnih znakova može značajno uticati na njihovu čitljivost i razumevanje od strane vozača, što direktno povećava rizik od saobraćajnih nezgoda. Smanjenje retroreflektivnosti znakova, koje se često javlja usled izbledelosti, može smanjiti njihovu vidljivost, posebno u uslovima smanjene svetlosti kao što su noć, sumrak ili loši vremenski uslovi prema Babić et al. [4]. Važno je i da saobraćajni znakovi budu postavljeni prema odgovarajućim kriterijumima, čime se osigurava efikasan proces percepcije i razumevanja saobraćajne signalizacije.

Kroz rezultate različitih istraživanja [20-22] pokazalo se da uticaj konteksta, odnosno vizuelne složenosti i vremenskih uslova ima važnu ulogu u procesu razumevanja saobraćajne signalizacije. Ukazano je da prisustvo bilborda, gustina informacija u prostoru, nepovoljni vremenski uslovi i degradacija samog znaka (izbledelost, oštećenja, smanjena refleksivnost) produžavaju vreme čitanja i smanjuju čitljivost, a samim tim i razumevanje samog znaka. Vizuelna složenost okruženja prepoznata je kao značajan faktor umanjenja brzine i tačnosti tumačenja informacija. Prilikom postavljanja saobraćajnih znakova trebalo bi voditi računa o okruženju znaka i uticati da ono bude što jednostavnije, kako bi korisnici mogli lako i jasno da vide znak. Takođe, redovnom kontrolom postavljenih znakova preventirala bi se degradacija znakova i oni bi samim tim bili čitljiviji i vidljiviji.



Slika 1. Vizuelno slični znakovi postavljeni u neposrednoj blizini
Izvor: Porathe i Strand [13]

6. ZAKLJUČAK

Saobraćajni znakovi predstavljaju glavni medij prenosa informacija korisnicima i jedno su od najviše eksponiranih sredstava za regulisanje i upravljanje saobraćajem, a samim tim i elementi koji su stalno prisutni na uličnoj i putnoj mreži. Glavna uloga saobraćajne signalizacije jeste jasno i koncizno pružanje neophodnih informacija korisnicima mreže na kojoj je signalizacija postavljena. S tim u vezi, od ključnog je značaja da svi korisnici razumeju i jasno percipiraju saobraćajne znakove. Pregledom relevantne literature uočeno je da znakovi sa jednostavnim, jasno definisanim simbolima i ograničenom količinom informacija obezbeđuju brže i tačnije razumevanje, kao i da najbolje razumevanje imaju kombinovani znakovi koji sadrže i tekst i simbol. Kada su u pitanju razlike među korisnicima, najveća razlika u tačnosti razumevanja primećena je kod starijih vozača. Pored starosne strukture, značajne razlike postoje i među kategorijama korisnika, gde turisti i pešaci u proseku imaju niži nivo razumevanja u odnosu na lokalne, obučene vozače. Takođe, pored zahteva koje ispostavljaju pomenuti korisnici, važno je saobraćajnu signalizaciju prilagoditi i zahtevima autonomnih vozila. Kroz različita istraživanja ukazano je da prisustvo bilborda, gustina informacija u prostoru, nepovoljni vremenski uslovi i degradacija samog znaka (izbledeost, oštećenja, smanjena refleksivnost) produžavaju vreme čitanja i smanjuju čitljivost, a samim tim i razumevanje samog znaka.

Iako se analiziranim istraživanjima došlo do velikog broja pomenutih saznanja, ona su još uvek fragmentarna, kako na globalnom, tako i na lokalnom nivou. Većina studija fokusirana je na ograničene aspekte poput tačnosti razumevanja ili brzine reakcije, dok se celokupni proces obrade informacija od percepcije do donošenja odluke retko sagledava u celini. Potrebna su integrisana istraživanja koja bi istovremeno uključila psihološke, perceptivne, kontekstualne i tehnološke parametre. Poseban akcenat treba staviti na testiranja u realnim saobraćajnim uslovima, uz primenu simulacija vožnje, sistema praćenja pokreta očiju vozača i merenja fizioloških reakcija vozača. Takvi eksperimenti omogućili bi precizniju procenu kognitivnog opterećenja i identifikaciju znakova koji izazivaju nejasnoće ili pogrešnu interpretaciju. Takođe, neophodno je usaglasiti standarde kojima se definiše prihvatljiv minimalni nivo razumevanja saobraćajnih znakova, kako bi vrednosti bile uniformne i kako bi saobraćajni znakovi, bez obzira na područje njihove primene, dosledno ispunjavali propisan minimalni nivo razumljivosti.

Pravci budućih istraživanja treba da budu usmereni na ispitivanja:

- uticaja degradacije znakova (izbledeost, oštećenje) na brzinu i tačnost razumevanja,
- razlika u interpretaciji znakova između lokalnih i stranih vozača,
- efikasnosti kombinovanih znakova (tekst + simbol) u poređenju sa isključivim korišćenjem simbola,
- uticaja gustine informacija u urbanom okruženju na pažnju i brzinu reakcije,
- razumevanja znakova od strane autonomnih vozila.

Empirijska istraživanja ovog tipa omogućila bi donošenje smernica za redizajn znakova u skladu sa principima ergonometrije i kognitivne psihologije. Osim toga, pružila bi osnovu za izradu edukativnih kampanja usmerenih na ranjive grupe korisnika i za unapređenje standarda koji se odnose na postavljanje, održavanje i vidljivost saobraćajnih znakova. Sve dok se ne obezbede obimniji i metodološki raznovrsniji podaci, teško je govoriti o potpunom razumevanju fenomena interpretacije saobraćajnih znakova. Stoga se potreba za dodatnim empirijskim ispitivanjima nameće kao ključni korak ka izgradnji bezbednijeg, predvidljivijeg i standardizovanog saobraćajnog sistema.

U lokalnom kontekstu, neophodno je sprovesti sistematska istraživanja razumevanja saobraćajnih znakova u Srbiji. Trenutno dostupni podaci potiču u najvećem delu iz studentskih radova koji su se bazirali na istraživanjima sa malim uzorcima i ograničenom metodologijom, pa se ne može formirati pouzdana slika o nivou poznavanja znakova među različitim kategorijama korisnika. Za postizanje reprezentativnih rezultata potrebno je uključiti uzorke koji bi obuhvatili vozače različitih starosnih grupa, nivoa obrazovanja, dužine vozačkog iskustva, ali i pešake, bicikliste i motocikliste. Rezultati dobijeni ovakvim istraživanjima mogli bi doprineti unapređenju dizajna određenih saobraćajnih znakova i pružiti smernice za kreiranje novih, bolje prilagođenih znakova. Pored toga, istraživanja bi mogla ukazati na potrebu za prilagođavanjem okruženja u kojem su znakovi postavljeni, kao i na značaj sprovođenja dodatnih obuka i ispitivanja korisnika radi povećanja bezbednosti i efikasnosti saobraćajnog procesa.

Literatura

[1] International Organization for Standardization. 2011. ISO 3864-1:2011. Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 1: Design principles for safety signs and safety markings. Geneva: ISO.

- [2] American National Standards Institute. 2011. ANSI Z535.3-2011: Criteria for Safety Symbols. New York: ANSI.
- [3] Liu, Y. 2005. A simulated study on the effects of information volume on traffic signs, viewing strategies and sign familiarity upon driver's visual search performance, *International Journal of Industrial Ergonomics* 35(12): 1147–1158. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.06.009>
- [4] Babic, D.; Fiolić, M.; Ščukanec, A.; Pervan, N. 2020. Driver eye movements in relation to unfamiliar traffic signs: An eye tracking study, *Promet – Traffic & Transportation* 32(5): 715–725. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103191>
- [5] Maulina, D.; Andini, E.; Tanri, D.; Kamsanih, N.; Mazaya, S.; Zhafirah, T. 2022. Traffic signs comprehension among motorcyclists: The effect of sign type and sign familiarity, *Humaniora* 13: 81–90. <https://doi.org/10.21512/humaniora.v13i1.7379>
- [6] Berrio, S.; Barrero, L. H.; Zambrano, L.; Papadimitriou, E. 2022. Ergonomic factors affecting comprehension levels of traffic signs: A critical review, *International Journal of Transportation Science and Technology* 12(3): 848–861. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2022.08.004>
- [7] Hou, G.; Yang, J. 2021. Measuring and examining traffic sign comprehension with event-related potentials, *Cognition, Technology & Work* 23: 10. <https://doi.org/10.1007/s10111-020-00632-1>
- [8] Ward, N. J.; Wogalter, M. S.; Mercer, R. 2004. Comprehension and training of international road signs, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 48(19): 2293–2297. <https://doi.org/10.1177/154193120404801705>
- [9] Shinar, D.; Dewar, R.; Summala, H.; Zakowska, L. Z. 2004. Traffic sign symbol comprehension: A cross-cultural study, *Ergonomics* 46: 1549–1565. <https://doi.org/10.1080/0014013032000121615>
- [10] Biernacki, M. P.; Lewkowicz, R. 2021. How do older drivers perceive visual information under increasing cognitive load? Significance of personality on-road safety, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 78: 252–266. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106186>
- [11] Al-Gadhi, S. A.; Naqvi, S. A.; Abdul-Jabbar, A. S. 1994. Driver factors affecting traffic sign detection and recall. *Transportation Research Record*. <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1994/1464/1464-005.pdf>, poslednji pristup 30/03/2026
- [12] Milošević, S.; Gajić, R. 1986. Presentation factors and driver characteristics affecting road-sign registration, *Ergonomics* 29(6): 807–815. <https://doi.org/10.1080/00140138608968317>
- [13] Schulz, P.; Labudda, K.; Bertke, V.; Bellgardt, S.; Boedeker, S.; Spannhorst, S.; Kreisel, S.; Driessen, M.; Beblo, T.; Toepper, M. 2019. Age effects on traffic sign comprehension, *IATSS Research* 44. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2019.10.001>
- [14] Ng, A. W. Y.; Chan, A. H. S. 2008. The effects of driver factors and sign design features on the comprehensibility of traffic signs. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2008.02.031>
- [15] Umar, I. K.; Bashir, S. 2019. Comprehension of road traffic signs by various road users in Kano City, *Cumhuriyet Science Journal* 40: 197–203. <https://doi.org/10.17776/csj.403516>
- [16] Ahmed, S. M. M.; Zeyad, M.; Ahmed, S. M. M. 2022. An analysis of understanding of traffic signs among drivers and pedestrians in Dhaka, Bangladesh. <https://doi.org/10.3311/PPtr.18672>
- [17] Trpković, A.; Stanić, B.; Jevremović, S. 2022. Budućnost saobraćajne signalizacije u eri pametnih puteva i autonomnih vozila. U: *Zbornik radova POSTEL*, Beograd. <https://doi.org/10.37528/FTTE/9788673954165/POSTEL.2022.038>
- [18] Jevremović, S.; Šelmić, M.; Trpković, A. 2020. Traffic signs classification using convolutional neural networks. U: *XLVII Symposium on Operational Research*, Kraljevo, Serbia. ISBN: 978-86-7395-429-5
- [19] Lim, X. R.; Lee, C. P.; Lim, K. M.; Ong, T. S.; Alqahtani, A.; Ali, M. 2023. Recent advances in traffic sign recognition: Approaches and datasets, *Sensors* 23(10): 4674. <https://doi.org/10.3390/s23104674>
- [20] Porathe, T.; Strand, N. 2011. Which sign is more visible? Measuring the visibility of traffic signs through the conspicuity index method, *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 20: 239–245. <https://doi.org/10.1007/s12544-011-0050-9>
- [21] Yared, R. 2024. Drivers' ability to detect traffic signs on curves with the presence of clutter in the visual field: A systematic review, *Safety Science* <https://doi.org/10.1177/03611981241236476>
- [22] Rocabado, F.; Alonso-Bernal, N.; Duñabeitia, J. A. 2025. Word recognition during movement under simulated weather conditions, *PLoS One* 20(7): e0326945. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0326945>