

Dr Radomir S. Gordic,
dipl. inž.

VREME REAGOVANJA VOJNIKA VOZACA

UDC: 656.13.052-051 : 355.11

Rezime:

Bezbednost vojnog saobraćaja i upravljanje kretanjem zavise od vremena reagovanja vojnika vozaca. Vojnici vozaci su selekcionirana grupa vozaca, pa se smatra da je njihovo vreme reagovanja krace od vremena reagovanja generalne populacije vozaca i od normativnog vremena reagovanja, koje se koristi u analizama. Zbog toga je izvršeno merenje vremena reagovanja vojnika vozaca kocenjem, s ciljem da se sagleda njegov uticaj na bezbednost saobraćaja i na upravljanje saobraćajnim tokovima, kao i da se strucna javnost upozna sa dobijenim rezultatima. U radu su prikazani rezultati merenja vremena reagovanja vojnika vozaca kocenjem, za slucajno odabranu grupu, u realnim uslovima.

Ključne reci: vreme reagovanja, bezbednost saobraćaja, vojnici vozaci, uporedni uzorak.

REACTING TIME OF MILITARY SOLDERS

Summary:

Safety in military traffic and its management depends on the reaction time of military drivers. Military drivers are a selected group of soldiers, so it is considered that their reaction time is shorter than the reaction time of general drivers population and it is also shorter than the normative reaction time, which is used in the analyses. Therefore, the stopping time of military drivers was tested, in order to see the influence on traffic safety and management of traffic courses, and to interest the professionals in the given results. In the essay results of stopping time in the real conditions for a random chosen group of military drivers are shown.

Key words: reaction time, traffic safety, military drivers, comparative sample.

Uvod

Vreme reagovanja je najznacajnja subjektivna karakteristika vozaca od koje znatno zavisi bezbednost i efikasnost saobraćaja. To je individualna karakteristika, koja zavisi od subjektivnih osobina vozaca i velikog broja objektivnih okolnosti. Kod razlicitih vozaca ovo vreme je razlicito, a kod istog vozaca se menja, zavisno od njegovog psihofizickog stanja i objektivnih okolnosti.

Vojnici vozaci su selekcionirana grupa generalne populacije vozaca. Na osnovu

atributa kojim su selekcionirani, smatra se da je njihovo vreme reagovanja manje od normativnog vremena i od vremena reagovanja generalne populacije vozaca, do kojeg se došlo u prethodnim istraživanjima [1]. Zbog toga je izvršeno merenje vremena reagovanja vojnika vozaca kocenjem¹ s ciljem da se odrede njegovi statisticki parametri, sagleda njegov uticaj na bezbednost saobraćaja i upravljanje kretanjem i da se strucna javnost animira dobijenim rezultatima.

¹ Ovo je tipični i najčešći oblik reagovanja, jer prema [2] na iznenadnu opasnost 80% vozaca reaguje samo kocenjem, 18% uz kocenje reaguje i na neki drugi način, a 2% uopšte ne reaguje.

U ovom radu prikazani su rezultati merenja vremena reagovanja vozaca kocenjem, za slucajno odabranu grupu vojnika vozaca u realnim uslovima.

Vreme reagovanja vozaca i sistema „vozac-vozilo“

Ukupno vreme koje obuhvata sve procese od momenta kada vozac uoci opasnost (cuje ili vidi) do momenta kada reaguje (prenese nogu na pedalu kocnice i aktivira je ili dejstvuje na upravljac) predstavlja vreme reagovanja vozaca.

U nemogucnosti da se odredi realno vreme reagovanja vozaca, u praksi se koristi prosečno – normativno vreme reagovanja, koje se najcesce ne poklapa sa stvarnim vremenom reakcije. Od realne procene vremena reagovanja vozaca zavisi mogucnost upravljanja vozilom i izbegavanja SbN. U slucaju pogresne procene vremena reagovanja izvode se pogresni zakljucci i donose pogresne odluke, koje se negativno odrazavaju na upravljanje i bezbednost saobracaja, pa to moze imati ozbiljne posledice.

Vreme reagovanja kocenjem obuhvata vreme reagovanja sistema „vozac-vozilo“ (v-v), jer se vreme kocenja sastoji od vremena reagovanja vozaca i vremena reagovanja vozila. Reagovanje sistema v-v je kompleksan proces slozenih psihomotomih aktivnosti za koje je potrebno odredeno vreme, pa se reagovanje vozaca na bilo koju opasnost ne moze izvesti momentalno.

Vreme reagovanja t_r sistema v-v moze se analiticki izraziti obrascem:

$$t_r = t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3 \text{ [s]}, \quad (1)$$

gde je:

t_1 – vreme reagovanja (vreme sopstvene reakcije) vozaca [s],

t_2 – vreme zakašnjenja rada (vreme odziva) mehanizma za kocenje [s],

t_3 – vreme porasta usporenja (vreme porasta pritiska) do punog kocenja [s].

Da bi se objasnilo reagovanje vozaca vršeni su brojni eksperimenti, koji nemaju prakticni znacaj, jer su izvedeni laboratorijski, u uslovima koji ne odgovaraju onima u saobracaju.

Pojavom auto-trenažera i filmskim simuliranjem saobracajnih situacija utvrđeno je, i u sudskoj praksi prihvaceno, da se za vreme reagovanja vozaca usvoji prosečno vreme $t_1 = 0,8$ s.

U nekim izvorima [2] navodi se da se za prosečno (normativno) vreme reagovanja vozaca uzima $t_1 = 0,6$ s (SR Nemacka i Austrija). Kao vreme aktiviranja sistema za kocenje, u toku kojeg pritisak naraste do maksimuma ($t_2 + 0,5 t_3$), u [2] se preporucuje za:

- putnicka vozila 0,2–0,3 s,
- teretna vozila i autobuse 0,3–0,4 s,
- vozila sa prikolicom i tegljace 0,5–1,0 s,
- motocikle (sa rucnom kocnicom) 0,1–0,2 s, i
- motocikle (sa nožnom kocnicom) 0,2–0,6 s.

Prema tome, vreme reagovanja sistema v-v iznosi za:

- putnicka vozila 0,8 s,
- teretna vozila i autobuse 1,0 s,
- vozila sa prikolicom i tegljace 1,2 s i
- motocikle 0,7–0,8 s.

U praksi se cesto koriste izrazi „psihicka sekunda“, kao sinonim za vreme reagovanja vozaca, i „psihotehnicka sekunda“, što podrazumeva vreme reagovanja sistema v-v ($t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3$) i za to se uzima 1,0 s.

Prema [3] normativno vreme reagovanja vozača za normalne uslove u saobraćaju iznosi 0,8, a za složene i najsloženije uslove 1,0–1,5 s. Normativno vreme reagovanja odnosi se na fiktivnog, prosečno obucenog, psihofizički zdravog i sposobnog vozača, koji osmatra situaciju na putu, prati i predviđa razvoj događaja, da bi u slučaju opasnosti mogao da reaguje. Iz ovih izvora [3, 2] vidi se da je normativno vreme reagovanja vozača–sistema $v-v^2$ različito. Dakle, to je predmet konvencije, a ne preciznog definisanja i razgraničenja ovih pojmova.

Merenje realnog vremena reagovanja vojnika vozača

Da bi odredili vreme reagovanja vozača–sistema $v-v^2$ izveden je eksperiment u realnim uslovima [4] sa 39 slučajno odabranih vojnika vozača.

Za merenje vremena reagovanja vozača, prema definisanim uslovima, razvijen je poseban sistem (merni uređaj³), koji se sastoji od modula za merenje vremenskog intervala sa rezolucijom od 1 ms i sistema za akviziciju i prikazivanje podataka [5] (sl. 1).

Uslovi koje treba da zadovolji merni uređaj

Za merenje vremena reagovanja vozača angažovana su dva vozila TAM-5000. To su vojna vozila, sa specifičnim rešenjem svetlosne signalizacije i hidro-

² Pod pojmom „reagovanje vozača“ u ovom radu podrazumeva se „reagovanje sistema $v-v^2$ “.

³ Uređaj za merenje vremena reagovanja razvio je i konstruisao Siniša Durutović u privatnoj uslužnoj radnji „DigiSoft“ Kraljevo www.DigiSoft.co.yu.

pneumatskim sistemom kocenja. Radi navedenih specifičnosti i opštih tehničkih zahteva, merni uređaj treba da bude [4]:

- prenosan, pogodnih (malih) dimenzija, jednostavan i lak za priključivanje;
- otporan na vibracije, visoke temperature i pogodan za rad na terenu;
- otporan na varnicenje na kontaktima i na radio-smetnje elektro uređaja na vozilu;
- otporan na uticaj radio-signala i drugih izvora zračenja iz okoline;
- zaštićen u slučaju pogrešnog priključivanja na elektro instalaciju vozila.

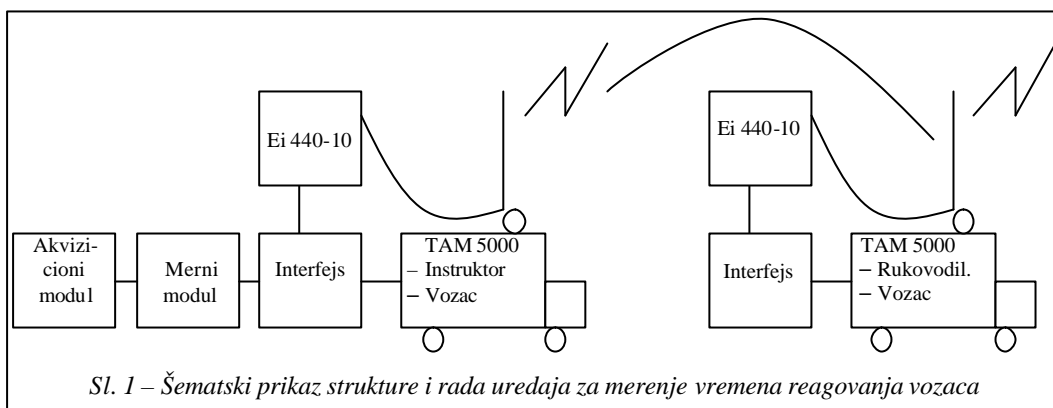
Pored toga, treba da omogući vizuelnu kontrolu merenja po fazama i kontrolu ispravnosti uređaja.

Tehnički uslovi obezbeđeni su konstrukcijom, izborom i ugradnjom hardverskih komponenti. Ove karakteristike su konstantne, jer se naknadno ne mogu menjati [5].

Algoritam i softver za merenje vremena reagovanja morao je da ispunjava neke specifične uslove [5], kao što su:

- rad (merenje) u realnom vremenu;
- prepoznavanje i selekcija vremena reagovanja na osnovu redosleda kocenja vozila;
- pouzdanost pri merenju i veliki broj autonomnih merenja;
- čuvanje i zaštita podataka bez napajanja i pražnjenja na nadređeni sistem;
- mogućnost identifikacije vozača i raspoznavanje podataka svakog vozača, i
- transparentno i jednostavno prikazivanje podataka.

Za razliku od hardverskih, softverske karakteristike uređaja, pored laboratorijskog ispitivanja, proveravane su, i u izvesnom smislu dogradivane i prilagođavane nameni, i u radu.



Sva izmerena vremena manja od 0,4 s smatrana su nevažecim⁴ i nisu slata sistemu za akviziciju podataka. Merni modul morao je da uzme u obzir samo ispravan sled događaja pri kocenju. Pritiskanje kocnice prvog vozila, koje vrši vozac, pa zatim pritiskanje kocnice drugog vozila koje obavlja vozac kome se meri vreme reagovanja jedini su ispravni sled događaja. Višestruko pritiskanje pedale za vreme kocenja jednog vozača i razna druga neregularna stanja merni modul je trebalo da prepozna i da sistemu za akviziciju pošalje samo ispravna vremena reagovanja vozača. Takode, novo merenje nije smelo poceti sve dok oba vozača nisu otpustila pedalu kocnice. Merni modul trebalo je da obezbedi svetlosnu indikaciju za: aktiviranje kocnice u prvom vozilu, aktiviranje kocnice na drugom vozilu, pocetak i završetak procesa merenja. Ovakva signalizacija trebalo je da omogući vizuelnu kontrolu ispravnosti celog procesa u toku merenja vremena reagovanja. To se u praksi pokazalo korisnim, radi provere ispravnosti komunikacionog kanala i pojedinih komponenti mernog uređaja.

⁴ Vremena manja od ovog su zanemarena, jer se smatra da je to minimalna vrednost koja se u praksi ostvaruje.

Vozila na kojima su vršena merenja poseduju hidro-pneumatski sistem kocenja, pa je na pedali kocnice bila potrebna veca sila od uobicajene da bi se aktivirala svetlosna signalizacija. Na to je, pri merenju, instruktor ukazivao vozacu drugog vozila, prateci svetlosnu signalizaciju na prvom vozilu i na mernom modulu. Specificka konstrukcija signalizacije na vojnim vozilima objedinjava stop-svetla i pokazivace pravca (migavce). Pri ukljucivanju pokazivaca pravca blokira se stop-svetlo, pa ga pri merenju merni modul nije mogao prepoznati. Zbog toga se u toku merenja nisu smeli koristiti pokazivaci pravca.

Merna oprema radila je u veoma teškim terenskim uslovima, izložena visokim temperaturama i vibracijama. Kvar na komunikacionom kanalu mogao je lako da se uoci prestankom prenosa signalizacije. Eventualni kvarovi, u toku rada, brzo i lako su dijagnostikovani, bez posebnog alata i merne opreme.

Princip rada uređaja za merenje vremena reagovanja sistema

Kada vozac u prvom vozilu pritisne pedalu kocnice poraste pritisak u sistemu za kocenje i aktivira se stop-svetlo. Inter-

fejs u prvom vozilu (sl. 1) generiše signal od 1700 Hz, koji se govornim kanalom, od stanice u prvom vozilu prenosi do stanice u drugom vozilu. Interfejs u drugom vozilu (sl. 1) ima zadatak da taj analogni signal od 1700 Hz pretvori u pogodan diskretni signal, koji prihvata merni modul. Kada merni modul prihvati diskretni signal tada otpocinje merenje vremena reagovanja.

Kada vozac u drugom vozilu uoci stop-svetlo prvog vozila i aktivira kocnicu, aktiviraju se stop-svetla drugog vozila i preko interfejsa u drugom vozilu (sl. 1) signal se direktno prenosi mernom modulu. Kada merni modul primi taj signal prekida se merenje vremena.

Izmereno vreme se od memog modula, posredstvom RS232 interfejsa, prosledjuje akvizicionom modulu (sl. 1), koji pamti podatke, formira bazu podataka i na displeju prikazuje tekuće (zadnje) vreme reagovanja sa pripadajucim atributima: ID kandidata, datum merenja, vreme merenja i vreme reagovanja, npr. (30.25.07.2002 10:26:08 2.986).

Organizacija i realizacija merenja vremena reagovanja sistema

Merenje vremena reagovanja sistema v-v izvedeno je u realnim uslovima. Za merenje je formiran reprezentativni uzorak od 39 slucajno odabranih vojnika vozaca. Merenje je organizovao i rukovodio eksperimentom „rukovodilac merenja“, koji se u toku rada nalazio u prvom – vodecem vozilu. Pre pocetka merenja on je definisao uslove rada, formirao reprezentativni uzorak, definisao softverske i tehnicke zahteve rada uredaja za merenje vremena reagovanja. U toku merenja ru-

kovodilac je kontrolisao uslove rada, postavljao zahteve vozacu vodeceg vozila i režirao situacije za reagovanje vozaca kome se meri vreme reagovanja.

U realizaciji eksperimenta rukovodiocu merenja pomagao je „instruktor merenja“, koji se nalazio u drugom vozilu sa vozacem kome se meri vreme reagovanja. U probnoj fazi eksperimenta on je imao zadatak da izvrši proveru i verifikaciju softvera, uoci i otkrije njegove nedostatke, da ga koriguje i prilagodi nameni.⁵ U toku merenja vremena reagovanja instruktor je, preko alfanumericke tastature terminala na akvizicionom modulu, unosio ID brojeve vozaca, davao im instrukcije i pratio njihov rad, vizuelno kontrolisao zapis na displeju, a preko indikatorskih lampica rad komunikacionog kanala i ispravnost uredaja.

Pri formiranju reprezentativnog uzorka vozacima su dodeljeni ID brojevi, koje je trebalo da pamte, i da ih pri ulasku u vozilo saopšte instruktoru. U toku merenja vremena reagovanja vozaci su imali zadatak da vozilom upravljaju zadatom brzinom, a vozac drugog vozila trebalo je da sledi prvo, na zadatom rastojanju, koje je on odredivao po slobodnoj proceni. Kada vozac u prvom vozilu pritisne pedal kocnice i aktivira stop-svetla, vozac u drugom vozilu imao je zadatak da prikoci, radi održavanja odstojanja. Sistem za merenje vremena reagovanja imao je zadatak da izmeri vremenski interval od ukljucivanja stop-svetla na prvom vozilu do aktiviranja kocionog sistema na drugom vozilu.

⁵ Instruktor merenja bio je konstruktor uredaja za merenje vremena reagovanja vozaca. Pre pocetka merenja on je kreirao softver i laboratorijski ispitao uredaj.

Prema [3], zbog velikog broja relevantnih faktora, interval reagovanja vozača kocenjem dosta je širok i iznosi 0,4 do 1,5 s. Radi provere, gde se u ovom intervalu nalaze pojedini vozači reprezentativnog uzorka mereno je vreme reagovanja za unapred određene uslove⁶ (tab. 2, kolone 2–6), koji su tokom eksperimenta kontrolisani [5].

Vreme je registrovano digitalnim elektronskim tajmerom, sa tačnošću od ± 1 milisekunda, koji je uključen i isključen automatski, radio-signalom. Za razliku od ranijih merenja, koja su vršena automatizovano, uz posredovanje čoveka između mernog i komandnog uređaja, ovde je jedini zadatak čoveka u ulozi vozača–ispitanika bio da pritiskom pedale kočnice preko stop-svetla isključi časovnik, koji je, pri nailasku na prepreku uključio vozač vodećeg vozila – „lidera“, kako ga naziva Lobanov [1]. Vreme reagovanja vozača registrovano je automatski u mikroprocesoru, kao interval između uključivanja stop-svetala na prvom i drugom vozilu, a kasnije je radi obrade preneto na računar.

Uslovi pod kojima su izvedena merenja [5]:

- dan, vreme promenljivo, bez padavina;
- kolovoz asfaltni za dvosmerni saobraćaj, širine 7 m, dobrog kvaliteta;
- intenzitet saobraćaja mali 300–400 voz./h;
- starost vozača od 20 do 27,5 godina, sa nominalnim vozačkim stažom od 0,75 do 8 godina [9] (str. 119, tab. 4.4, kolone 3 i 4);

⁶ Uslovi se odnose na brzinu i odstojanje između vozila u toku kretanja i vreme vožnje – opterećenje (vreme vožnje [h] / brzina [km/h] / odstojanje [m]).

– vozači su proizvoljno procenili rastojanje do vodećeg vozila;

– broj merenja za pojedine uslove je različit, jer je reagovanje vozača zavisilo od uslova i situacije u saobraćaju.

Analiza realnog vremena reagovanja vojnika vozača

Najpotpunija analiza vremena reagovanja vozača prikazana je u [1]. Parametri raspodele i intervali poverenja vremena reagovanja, u zavisnosti od vremena vožnje (opterećenja), do kojih je došao prof. Lobanov, prikazani su u tab. 1. On je vreme reagovanja istraživao na vozačima, od 18 do 67 godina starosti, sa stažom upravljanja od 1 do 43 godine, pri čemu je izvršeno 2132 merenja vremena reagovanja, od čega je u 965 merenja signal bio očekivan, a u 1167 neočekivan.⁷ U [1] je utvrđeno da vreme reagovanja raste sa povećanjem brzine i odstojanja između vozila, a da opada sa povećanjem vremena vožnje od 0 do 8 h, a nakon toga raste (tab. 1). Pored toga, u [1] se ističe da se vreme reagovanja povećava sa povećanjem intenziteta saobraćaja, a da zavisi od starosti i staža upravljanja vozilom, jer mladi vozači brže reaguju, a stariji brže odlučuju.

Pojedinacna vremena reagovanja vojnika vozača nalaze se u širokom dijapazonu. Broj merenja pojedinih kandidata je različit, jer zavisi od okolnosti, uslova i ograničenja u kojim je realizovan. Radi toga je potrebno da se podaci statistički obrade, logički analiziraju i uporede sa rezultatima prikazanim u [1].

⁷ Izvor [1], str. 167.

Tabela 1
Parametri normalne raspodele i intervali poverenja vremena reagovanja vozaca prema [1] za intenzitet saobracaja 100 do 300 voz./h

Dužina vremena vožnje (opterećenje vozaca) (h)	Matematičko očekivanje vremena reagovanja vozaca (s)	Standardna devijacija	Intervali poverenja za t_r	
			Verovat - noca 95%	Verovat - noca 99%
0	1,39	0,173	1,39 ± 0,35	1,39 ± 0,52
2	1,31	0,161	1,31 ± 0,32	1,31 ± 0,48
4	1,21	0,135	1,21 ± 0,27	1,21 ± 0,41
6	1,20	0,153	1,20 ± 0,31	1,20 ± 0,46
8	1,29	0,210	1,29 ± 0,42	1,29 ± 0,63
10	1,44	0,250	1,44 ± 0,50	1,44 ± 0,75
12	1,53	0,272	1,53 ± 0,54	1,53 ± 0,82

Statistička analiza realnog vremena reagovanja

Analizom vremena reagovanja kočenjem [6] razmatramo vreme reagovanja sistema v-v, jer se vreme kocenja sastoji od vremena reagovanja vozaca i vozila, koja se u ovom radu posmatraju kao jedinstvena celina, ne ulazeci u njihovu strukturu.

U toku eksperimenta, vreme reagovanja sistema v-v izmereno je 2889 puta za 39 vozaca. Eksperimentalni podaci, prema uslovima merenja, svrstani su u 5 grupa (tab. 2, kolone 2-6). Iz reprezentativnog uzorka apstrahovani su vozac koji nisu završili sva merenja, pa je dobijen uporedni uzorak [6]. Statistička obrada i analiza podataka izvršena je po grupama, uporedno⁸ i celovito za reprezentativni uzorak. Statistički parametri vremena reagovanja sistema v-v za uporedni uzorak prikazani su u tabeli 2. Iz ovih podataka vidi se da je srednja vrednost vremena reagovanja veca, što je veca brzina i odstojanje (kolone 2, 3 i 4), a da se sa po-

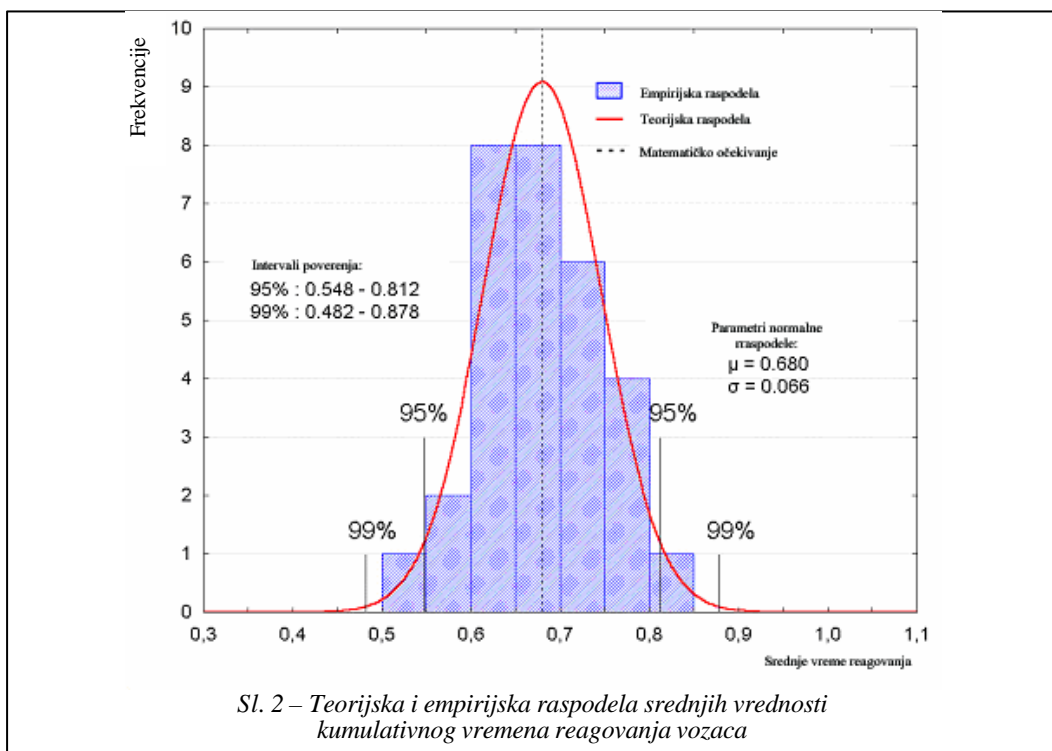
⁸ U radu je prikazana uporedna analiza za 30 vozaca (uporedni uzorak), koji su završili sva merenja.

vecanjem vremena vožnje vreme reagovanja smanjuje (kolone 3, 5 i 6), što je saglasno sa ranijim istraživanjima [1], gde se ukazuje da vreme reagovanja, zavisi od vremena vožnje, opada od 0 do 8 h, a nakon toga raste⁹ (tab. 1).

Analizom statističkih parametara vremena reagovanja sistema v-v, za uporedni uzorak (tab. 2), za sve uslove utvrđeno je [6] da se raspodela srednjih vrednosti vremena reagovanja vozaca slaže sa Gausovom (normalnom) raspodelom (sl. 2), što je potvrđeno χ^2 (hi-kvadrat) testom, sa rizikom prihvatanja hipoteze o saglasnosti empirijske i teorijske raspodele od 0,01. Test χ^2 pokazuje da postoji visoka verovatnoca da su srednje vrednosti realnog vremena reagovanja svih vojnika vozaca s normalnom raspodelom verovatnoca i da su odstupanja od ove raspodele sasvim slucajna. Poligon empirijske raspodele srednjeg kumulativnog vremena reagovanja za uporedni uzorak i teorijska raspodela prikazani su na sl. 2, a parametri raspodele i intervali poverenja na sl. 2. i tab. 3.

Na osnovu dobijenih rezultata i uporedne statističke analize, za vozace koji su završili sva merenja određeni su intervali poverenja vremena reagovanja za sve uslove [6] (tab. 3). Ovi podaci predstavljaju osnovu za određivanje realnog vremena reagovanja sistema v-v. U konkretnoj situaciji, zavisno od psihofizičkog stanja vozaca, karakteristika i stanja vozila i objektivnog stanja puta i okoline, može se odrediti vreme reagovanja sistema v-v iz intervala poverenja (tab. 3) za date uslove. Iz podataka u [6] (tab. 3) vi-

⁹ U ovom istraživanju analiza je vršena od 0 do 5 h vožnje - rada, u tri koraka.



di se da se ova vremena znatno razlikuju od vremena reagovanja vozaca prikazanog u [1] (tab. 1) i normativnog vremena reagovanja vozaca.

Analizom koeficijenta korelacije¹⁰ prema uslovima merenja, uoceno je da je razlika srednjih vrednosti vremena reagovanja vozaca za razlicite brzine i odstojanja statisticki znacajna, odnosno da nije slucajna, što se ne može reci za razlicita opterecenja u toku vožnje.

Logicka analiza realnog vremena reagovanja

Istraživaci su, u brojnim istraživanjima, nastojali da se vreme reagovanja sistema v-v definiše i odredi njegov uticaj na bezbednost saobraćaja, a uticaj na

upravljanje i efikasnost kretanja je zanemarivan, pa to nije rasvetljeno ni teorijski ni prakticno. Dometi ovih istraživanja bili su ograniceni, jer su vršena laboratorijski, a ne u realnim uslovima. U [7] se istice da je ovaj parametar, po uticaju na efikasnost i bezbednost saobraćaja, drugi po znacaju, odmah iza brzine.

U praksi se, umesto realnog vremena reagovanja vozaca, koristi normativno vreme reagovanja i uzima se da je ono 1,0 s,¹¹ ali se ne navode njegovi statisticki parametri, pa je otežan analiticki pristup problemima bezbednosti i upravljanja kretanjem, sa ovog aspekta. Normativno vreme reagovanja gruba je i relativizirana kvantitativna i kvalitativna mera reakcije vozaca automobila, jer se odnosi na fiktivne uslo-

¹⁰ Zbog obima rada, koeficijenti korelacije se ne pri kazuju, već se komentarišu.

¹¹ U literaturi se koriste izrazi „psihicka sekunda“ i „psihotehnicka sekunda“ kao sinonimi za reagovanje vozača i sistema v-v.

Statistički parametri vremena reagovanja sistema v-v za uporedni uzorak

Tabela 2

Statistički parametri	Uslovi merenja vremena reagovanja sistema v-v					Kumulativno vreme reagovanja s
	45 km/h 30 m	60 km/h 50 m	75 km/h 100 m	2 h 60 km/h/50 m	5 h 60 km/h/50 m	
1	2	3	4	5	6	7
Srednja vrednost	0,639	0,697	0,728	0,677	0,659	0,680
Standardna devijacija	0,093	0,196	0,123	0,102	0,101	0,066
Varijansa	0,009	0,039	0,015	0,010	0,010	0,004
Koeficijent varijanse	14,49	28,16	16,95	15,09	15,26	9,67
Maksimalna vrednost	0,946	1,486	1,006	0,889	0,949	0,826
Minimalna vrednost	0,514	0,486	0,497	0,484	0,558	0,531
Raspon	0,432	1,000	0,509	0,405	0,391	0,295
Medijana	0,616	0,662	0,723	0,683	0,635	0,688
Moda	0,594	0,754	0,653	0,574	0,670	0,647
Broj merenja	728	543	345	435	445	2496
Broj kandidata	30	30	30	30	30	30
Merenja po kandidatu	24,27	18,10	11,50	14,50	14,83	83,20

Parametri normalne raspodele i intervali poverenja vremena reagovanja za uporedni uzorak i sve uslove merenja

Tabela 3

Uslovi merenja vremena reagovanja (vreme vožnje, brzina, odstojanje)	Matematičko očekivanje vremena reagovanja vozača s	Standardna devijacija	Intervali poverenja za t_r	
			Verovatnoca 95%	Verovatnoca 99%
45 km/h – 30 m	0,639	0,093	0,639 ± 0,185	0,639 ± 0,278
60 km/h – 50 m	0,697	0,196	0,697 ± 0,393	0,697 ± 0,589
75 km/h – 100 m	0,728	0,123	0,728 ± 0,247	0,728 ± 0,370
2 h – 60 km/h – 50 m	0,677	0,102	0,677 ± 0,204	0,677 ± 0,307
5 h – 60 km/h – 50 m	0,659	0,101	0,659 ± 0,201	0,659 ± 0,302
Kumulativno srednje t_r	0,680	0,066	0,680 ± 0,132	0,680 ± 0,198

ve i prosečno obučenog vozača. Radi toga ga treba koristiti kritički i obzirivo, primereno psihofizičkom stanju vozača, konkretnim uslovima saobraćaja, puta, okoline i drugim objektivnim okolnostima. Nekritičko korišćenje normativnog vremena reagovanja neminovno vodi u zabludu i pogrešno zaključivanje, čije posledice mogu biti ozbiljne.

Prethodna istraživanja vremena reagovanja upućuju na analizu zavisnosti vremena reagovanja vojnika vozača od iskustva, starosti i staža vozača i sagledavanje povezanosti ovih obeležja i vremena reagovanja.

Obeležja iskustva su: staž upravljanja vozilom, starost–uzrast vozača i učestalost upravljanja vozilom (tab. 4). U uporednom uzorku bilo je 13 kandidata¹² koji su svakodnevno upravljali m/v, 17 povremeno, a dva su bili autoprevoznici [9] (str. 119, tab. 4.4, kolona 2).

Vreme reagovanja uporednog uzorka, prema ovim obeležjima, prikazano je u tabeli 4. Analizom srednjih vrednosti vremena reagovanja za pojedine uslove

¹² U ovu grupu uključena su dva autoprevoznika, ali su prikazani i izdvojeno, kao profesionalni vozači, radi poređenja sa ostalim grupama uzorka.

Tabela 4

Vreme reagovanja vozaca prema iskustvu za uporedni uzorak i sve uslove merenja

Obeležja iskustva vozaca			Uslovi merenja vremena reagovanja sistema v-v					Kumulativno srednje vreme
Ucestalost upravljanja vozilom	Staza upravljanja m/v	Starost vozaca	45 km/h 30 m	60 km/h 50 m	75 km/h 100 m	2 h 60 km/h 50 m	5 h 60 km/h 50 m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Svakodnevno	3,91	22,510	0,658	0,714	0,717	0,693	0,655	0,686
Povremeno	3,68	22,050	0,629	0,685	0,736	0,665	0,661	0,675
Autoprevoznici	2,67	21,331	0,585	1,020	0,665	0,716	0,628	0,722
Uporedni uzorak	3,78	23,303	0,639	0,697	0,728	0,677	0,659	0,680

merenja može se uociti da se prema svim obeležjima vreme reagovanja povećava sa usložavanjem uslova (povećanjem brzine i odstojanja) (tab. 4, kolone 4, 5 i 6). Izuzetak su autoprevoznici, kojih je bilo samo dva, od kojih je vozac broj 5 imao samo dva uspešna merenja vremena reagovanja, za uslove u koloni 5 (tab. 4), pri čemu je jedno merenje iznosilo 2,387 s, pa je zato srednja vrednost vremena reagovanja za ovaj uslov relativno velika. Ako se povećava vreme vožnje (opterećenje) od 0 do 5 h vreme reagovanja opada za sve tri grupe (tab. 4, kolone 5, 7 i 8), kao i u [1].

Povezanost realnog vremena reagovanja i iskustva vojnika vozaca može se oceniti analizom koeficijenta korelacije [8, 9] između staža i starosti vozaca i vremena reagovanja.¹³ Uocava se [9] da je sa povećanjem staža i starosti vozaca promena vremena reagovanja neznatna. To znaci da je korelacija između ovih parametara niska, a povezanost mala.¹⁴ Ipak, zapaža se da vreme reagovanja vojnika vozaca više zavisi od starosti nego od staža vozaca.

¹³ Izvor [9], stranica 124.

¹⁴ Možda bi korelativna veza bila jača da su starost i staž vozača veći (da su u širem intervalu, kao u [1]).

Analizom vremena reagovanja uporednog uzorka [6] može se zapaziti da se ono razlikuje za pojedine uslove (tab. 2. i 3). Analizom rezultata reprezentativnog uzorka uocava se da vreme reagovanja zavisi od starosti i staža vozača [9]. Ako se uporedni uzorak podeli na dve grupe, prema dužini vozačkog staža¹⁵ (tab. 5), može se zapaziti da je srednja vrednost staža prve grupe 4,93 godine, a srednje kumulativno vreme reagovanja 0,660 s. Prosecan vozački staž druge grupe je 2,62 godine, a srednje kumulativno vreme reagovanja 0,700 s. Dakle, srednje vreme reagovanja druge grupe, čiji je staž znatno manji (tab. 5), veće je za 0,040 s.

Do sličnog zaključka može se doći analizom realnog vremena reagovanja prema starosti vozača¹⁶ [9] (str. 126, tab. 4.11). Ako se uporedni uzorak podeli na dve grupe, prema starosti vozača, prosečna starost prve grupe je 23,303 godina, a pripadajuće srednje vreme reagovanja 0,668 s. Prosečna starost druge grupe je 21,196 godina, a srednje vreme reagovanja 0,692 s. Prema tome, srednje vreme reagovanja mlade grupe vozača veće je za 0,025 s. Do istih

¹⁵ Odnosi se na nominalni vozački staž, od polaganja vozačkog ispita do završetka eksperimenta.

¹⁶ Starost uporednog uzorka bila je u intervalu 20 do 27,5 godina, a nominalni vozački staž od 1 do 8 godina.

Tabela 5

Srednje vreme reagovanja sistema v-v prema vozackom stažu za uporedni uzorak

Red. broj	Br. vozaca	Staż uprav- ljanja m/v	Uslovi merenja vremena reagovanja sistema v-v					Kumulativno srednje vreme
			45 km/h 30 m	60 km/h 50 m	75 km/h 100 m	2 h 60 km/h 50 m	5 h 60 km/h 50 m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	38	8,17	0,826	0,891	0,653	0,802	0,600	0,754
2	25	7,17	0,652	0,754	0,755	0,711	0,602	0,695
3	35	5,83	0,631	0,666	0,710	0,797	0,649	0,691
4	36	5,67	0,594	0,775	1,006	0,543	0,587	0,701
5	37	5,33	0,603	0,754	0,818	0,698	0,585	0,692
6	30	5,17	0,563	0,569	0,964	0,574	0,563	0,647
7	6	5,08	0,550	0,527	0,549	0,587	0,670	0,577
8	18	4,92	0,591	0,571	0,900	0,716	0,667	0,689
9	17	4,50	0,558	0,584	0,618	0,889	0,785	0,687
10	29	4,25	0,581	0,670	0,632	0,526	0,56	0,594
11	15	4,08	0,635	0,550	0,802	0,678	0,607	0,654
12	16	3,58	0,594	0,714	0,497	0,699	0,560	0,613
13	24	3,42	0,52	0,486	0,572	0,484	0,591	0,531
14	21	3,42	0,627	0,724	0,653	0,714	0,873	0,718
15	32	3,42	0,673	0,720	0,685	0,574	0,648	0,660
prosek		4,93	0,613	0,664	0,721	0,666	0,636	0,660
16	3	3,42	0,614	0,550	0,589	0,688	0,568	0,602
17	27	3,42	0,728	0,771	0,737	0,674	0,620	0,706
18	9	3,25	0,618	0,539	0,784	0,639	0,654	0,647
19	31	3,00	0,736	0,806	0,798	0,770	0,638	0,750
20	4	3,00	0,612	0,994	0,898	0,664	0,627	0,759
21	19	2,83	0,946	0,711	0,707	0,754	0,627	0,749
22	20	2,75	0,716	0,587	0,745	0,551	0,632	0,646
23	5	2,75	0,655	1,486	0,669	0,625	0,697	0,826
24	26	2,75	0,603	0,658	0,735	0,814	0,949	0,752
25	12	2,58	0,514	0,553	0,660	0,806	0,558	0,618
26	34	2,42	0,582	0,538	0,626	0,534	0,915	0,639
27	14	2,42	0,649	0,604	0,809	0,626	0,703	0,678
28	10	2,25	0,758	0,597	0,882	0,638	0,663	0,708
29	8	1,58	0,542	0,617	0,616	0,727	0,670	0,634
30	39	0,92	0,696	0,951	0,769	0,812	0,690	0,784
prosek		2,62	0,665	0,731	0,735	0,688	0,681	0,700

zakljucaka dolazimo analizom vremena reagovanja, prema ovim atributima uporednog uzorka za sve uslove i grupe (tab. 5, kolone 4–8). Ovi rezultati saglasni su sa ranijim istraživanjima [1].

Poređenjem kumulativnog vremena reagovanja, sa parcijalnim i pojedina-

nim vremenima (tab. 5), uocava se da je maksimalno kumulativno vreme reagovanja 0,826 s, a ostvario ga je vozac broj 5, profesionalac–autoprevoznik. Minimalno srednje kumulativno vreme 0,531 s imao je vozac broj 24, koji povremeno upravlja vozilom (tab. 5). Srednje kumulativ-

no vreme uporednog uzorka (tab. 2) iznosilo je 0,680 s. Parcijalna vremena reagovanja su analogna ovim vrednostima, a pojedinačna se znatno razlikuju. Pregled ekstremnih pojedinačnih vremena reagovanja, prema uslovima merenja, prikazan je u tabeli 6. Analizom ekstremnih vrednosti vremena reagovanja (tab. 6), vidi se da su sva ekstremna vremena reagovanja ostvarili razliciti vozac. To znaci da nema vozaca sklonih „velikim“ ili „malim“ vremenima reagovanja, pa se može zakljuciti da vreme reagovanja ne zavisi samo od subjektivnih osobina vozaca. U principu, vozac koji imaju manja pojedinačna vremena reagovanja imaju i srednje vreme reagovanja manje, ali to nije pravilo i ne odnosi se na sve vozace i uslove. Maksimalno pojedinačno vreme reagovanja uporednog uzorka je 2,986 (tab. 6), a ostvario ga je vozac broj 30, pri brzini od 75 km/h i odstojanju 100 m, cije je srednje kumulativno vreme 0,647 s, znatno manje od proseka uporednog uzorka (tab. 5. i 2).

Minimalno vreme reagovanja 0,400 s ostvarili su vozac br. 3 i 24 (tab. 6). To-

kom merenja vremena reagovanja uoceno je da su pojedinačna vremena reagovanja u iznenadnim i neocekivanim uslovima, kada je verovatnoca kocenja vodeceg vozila mala, znatno veca od proseknog vremena reagovanja (tab. 6). Na primer, svi vozac imaju znatno veco vreme reagovanja pri kocenju na usponu, pri ukrštanju sa sporednim putem, po izlasku iz krivine i u slicnim situacijama.

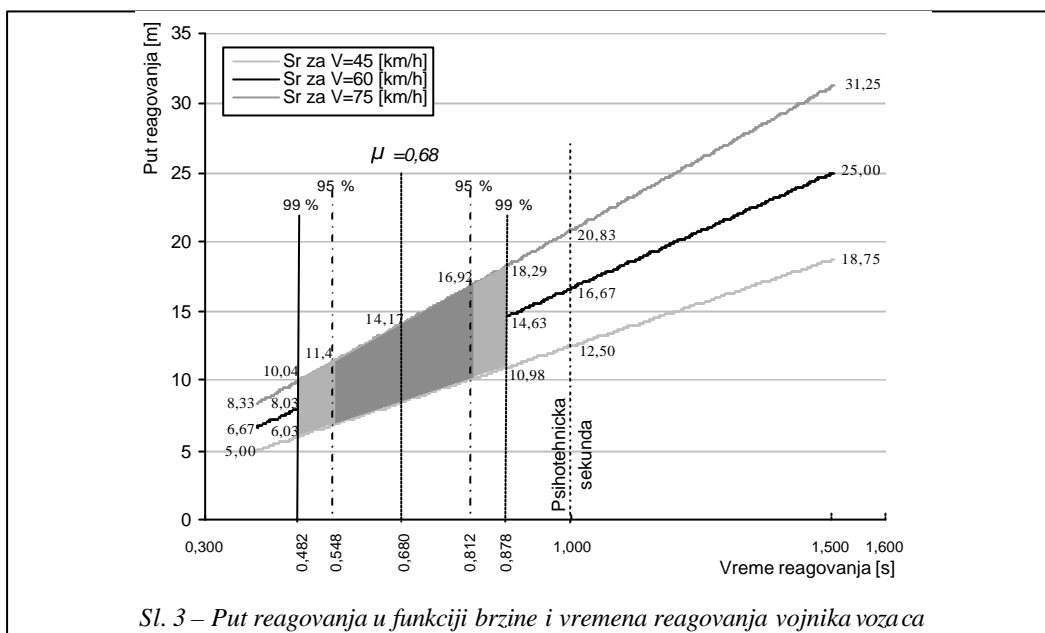
Uticao realnog vremena reagovanja sistema na bezbednost saobracaja

Vreme reagovanja utice na bezbednost saobracaja kao vremensko-prostorna i saobracajnotehnicka komponenta, preko puta reagovanja. Put reagovanja S_r je linearna funkcija brzine i vremena reagovanja sistema $v-v$ (sl. 3). To znaci da se put reagovanja povecava proporcionalno povecanju vremena reagovanja, pa zakljucujemo da produžavanje vremena reagovanja skrakuje put do opasne prepreke i stvara latentnu opasnost za nastajanje nezgode. Sa sl. 3 i na osnovu srednjih vrednosti vremena reagovanja (tab. 3)

Tabela 6

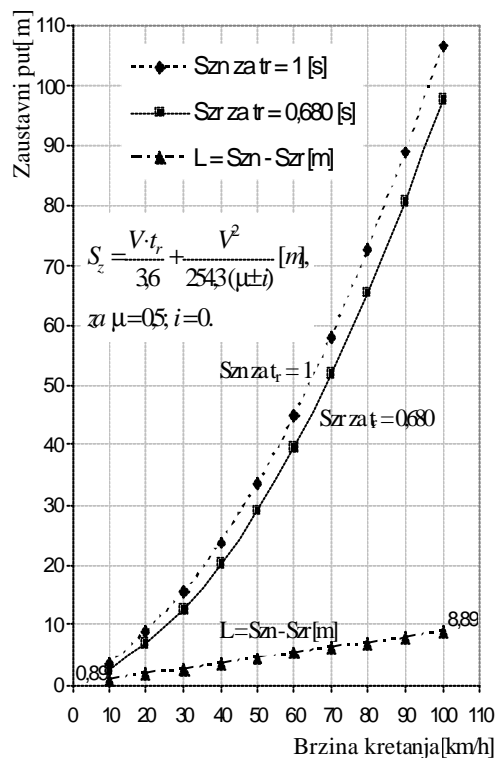
Ekstremne vrednosti pojedinačnih vremena reagovanja uporednog uzorka

Uslovi merenja	Vozač broj	Ekstremna vrednost s	Broj merenja	Srednja vrednost s
45 km/h 30 m	38	max. – 2,787	30	0,826
	15	min. – 0,402	33	0,635
60 km/h 50 m	37	max. – 2,964	28	0,754
	3	min. – 0,400	10	0,550
75 km/h 100 m	30	max. – 2,986	12	0,964
	5	min. – 0,413	12	0,669
60 km/h 50 m – 2 h	35	max. – 2,946	21	0,797
	24	min. – 0,400	14	0,484
60 km/h 50 m – 5 h	17	max. – 2,880	11	0,785
	8	min. – 0,405	16	0,670



može se zaključiti da je vreme reagovanja vojnika vozača znatno kraće od normativnog vremena, odnosno psihotehničke sekunde. Za analizirane brzine, na intervalu poverenja vremena reagovanja (sl. 3) put reagovanja manji je za 1,61 do 10,73 m, u odnosu na normativni put reagovanja. Za analizirane brzine, sa grafikona (sl. 3) može se očitati vrednost puta reagovanja, za vremena reagovanja na intervalu poverenja i uporediti sa normativnim putem reagovanja (psihotehnicka sekunda).

Na sl. 4. prikazan je zaustavni put, S_{zn} za normativno i S_{zr} za kumulativno vreme reagovanja u funkciji brzine. Za bezbednost saobraćaja značajno je da razlika ovih puteva L , na intervalu brzine 10–100 km/h iznosi 0,89 do 8,89 m. U slučaju pogrešne procene vremena reagovanja ta razlika predstavlja grešku, koja se ne može apstrahovati sa stanovišta bezbednosti saobraćaja. Kritičkom anali-



Sl. 4 – Zaustavni put u funkciji brzine za normativno i srednje kumulativno vreme reagovanja

zom i pravilnim izborom realnog vremena reagovanja, primereno okolnostima u kojima vozac reaguje, put reagovanja može se realno odrediti, što je presudno za bezbednost saobracaja i za sve analize saobračajnog toka.

Zaključak

Rezultati do kojih se došlo u ovom istraživanju vremena reagovanja značajni su za praktičnu primenu i saglasni su sa rezultatima ranijih istraživanja, po svim pokazateljima. Ovo istraživanje pokazalo je da su realna vremena reagovanja voznika vozaca znatno manja od normativnog vremena, koje se preporučuje u literaturi i od vremena reagovanja do kog se došlo u ranijim istraživanjima.

Srednje vreme reagovanja zavisi od iskustva, starosti i staža vozaca, a pojedinačno od objektivnih okolnosti u kojima vozac reaguje.

Vozaci koji brzo reaguju, u iznenadnim, nejasnim i neočekivanim situacija-

ma imaju vreme reagovanja koje znatno prelazi njihovu srednju vrednost. To znači da do punog izražaja dolazi individualnost voznika, koja zavisi od okolnosti u kojima se reaguje, što treba imati u vidu pri svim analizama.

Literatura:

- [1] Лобанов, Е. М.: Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя, Транспорт, Москва, 1980.
- [2] Covic, M. i saradnici: Vještacenja u cestovnom prometu, „Informator“, Zagreb, 1987.
- [3] Dragac, R.: Bezbednost saobracaja, II deo, Saobračajni fakultet, Beograd, 1983.
- [4] Gordic, S. R.: Realno vreme reagovanja vozaca, VI simpozijum sa međunarodnim učešćem Prevenija saobračajnih nezgoda na putevima 2002, bezbednost saobracaja u XXI veku, Novi Sad, oktobar 2002.
- [5] Gordic, S. R. i Durutovic, S.: Mrenje realnog vremena reagovanja vozaca, Tehnika, casopis Saveza inženjera i tehnicara Jugoslavije, 3/2003.
- [6] Gordic, S. R.: Analiza realnog vremena reagovanja vozaca, VII simpozijum sa međunarodnim učešćem Prevenija saobračajnih nezgoda na putevima 2004, Novi Sad, oktobar 2004.
- [7] Gordic, S. R.: Analiza kretanja organizovanog kolonskog saobračajnog toka i kri terijuma njegove efi kasnosti, magistrski rad, TVA KoV, Zagreb, 1983.
- [8] Guilford J. P.: Fundamental Statistics in Psychology and Education, Me Graw-Hill, New York, 1956.
- [9] Gordic, S. R.: Efi kasnost organizovanog vojnog kolonskog saobračajnog toka, doktorska disertacija, Vojna akademija – Odsek logistike, Beograd, 2005.