

S. Dacić, S. Salihović*

ČOVJEK KAO ČIMBENIK POUZDANOSTI DINAMIČKOG SUSTAVA VOZAČ-VOZILO-OKOLINA

UDK 656.1.05:331.45/.48
PRIMLJENO: 1.4.2010.
PRIHVAĆENO: 8.8.2011.

SAŽETAK: Polazeći od općih načela za povećanje prometne sigurnosti koji su zasnovani na etičkim načelima, načelima odgovornosti i sigurnosti, te mehanizmima za primjenu svega onoga što može smanjiti ili spriječiti nastanak prometnih nezgoda, u radu su dani limitirajući čimbenici u dinamičkom sustavu vozač – vozilo – okolina koji posredno i neposredno utječu na sigurnost cestovnog prometa. Formulacijom grešaka čovjeka i pouzdanosti bezotkaznog rada čovjeka – vozača u radu sustava, te primjenom statističkih i eksperimentalnih metoda na osnovi najčešćih tipičnih grešaka u tehnici vožnje određena je pouzdanost bezotkaznog rada vozača prema vrsti grešaka za različite intervale neprekidne vožnje. Dobiveni kvantificirani rezultati daju rang značajnosti odabranih tipičnih grešaka u tehnici vožnje, te smjernice za smanjenje ili sprečavanje uzroka nastanka prometnih nezgoda.

Ključne riječi: vozač, greške, pouzdanost, sigurnost

UVOD

U svim područjima ljudske djelatnosti prisutan je rizik, pa tako i u cestovnom prometu u kojem sudjeluje praktično svaki čovjek, bilo kao pješak, biciklist, motorist, putnik ili vozač u automobilima, autobusima i tramvajima. Svaki od sudionika želi zaštićeno i sigurno završiti željeno kretanje. Iz tog razloga, cestovni promet zaslužuje pozornost ne samo na tehničko-tehnološkoj, ekološkoj, organizacijskoj i ekonomskoj razini, nego i na razini društvene etike i individualnih vrijednosti. Najbitnija karakteristika stanja cestovnog prometa je sigurnost cestovnog prometa. Ova karakteristika podrazumijeva pouzdanost da svaki sudionik u prometu završi za-

početo kretanje (putovanje-prijevoz) bez štetnih ili neželjenih posljedica proizvedenih djelovanjem čimbenika unutrašnjeg prometnog sustava. Limitirajući čimbenici koji neposredno utječu na sigurnost cestovnog prometa su čovjek, vozilo, okolina (cesta, promet na cesti i incidentni čimbenik).

Svaki od navedenih čimbenika može biti uzrok prometne nezgode, jer se pod uzrokom podrazumijevaju sve greške sudionika u prometu, ali i objektivni uvjeti (neispravno vozilo, stanje i oprema puta i dr.) kao i subjektivni uvjeti (psihofizičko stanje, utjecaj zamora, alkohola i dr.). Pored neposrednih čimbenika na sigurnost cestovnog prometa značajno utječu posredni čimbenici koji se odnose na pravnu regulativu, konkretna strateška i operativna rješenja koja se moraju zasnivati na znanstvenim i stručnim spoznajama prometne struke, kao i svih ostalih komplementarnih znanstvenih područja.

*Doc. dr. sc. Suada Dacić, dipl. ing., (suada.dacic@fmt.ba), doc. dr. sc. Sabira Salihović, dipl. ing., (sabira.salihovic@gmail.com), Univerzitet u Sarajevu, Fakultet za promet i komunikacije, Zmaja od Bosne 8, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina.

Da bi se podigla razina prometne sigurnosti, EU je u sklopu Europske prometne politike u svojem Europskom akcijskom programu obvezala članice da u skladu sa svojim potrebama i mogućnostima traže rješenja za poboljšanje sigurnosti cestovnog prometa, a posebno smanjenje broja mrtvih i teže ozlijeđenih. Ta rješenja svakako moraju biti usmjerena na sve navedene čimbenike sigurnosti prometa, pa se ona moraju tražiti:

- na području ponašanja čovjeka
- na području karakteristika vozila
- na području infrastrukture cestovnog prometa sa širom okolicom
- na institucionalnom području.

Čimbenik prometne sigurnosti na području ponašanja čovjeka u cestovnom prometu mora se analizirati s aspekata više uloga koje čovjek zauzima kao sudionik u prometu, i to: čovjek kao vozač, suvozač, putnik i pješak itd.

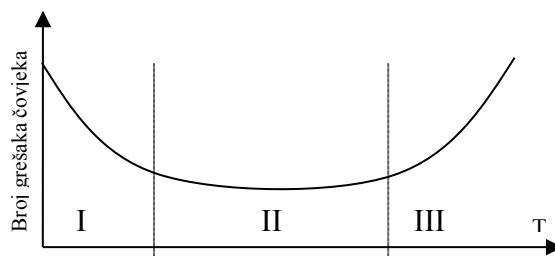
Posebna rješenja za povećanje pouzdanosti složenog dinamičkog sustava čovjek-vozilo-okolina moraju se tražiti u svim ulogama, a naročito u području neadekvatnog ponašanja čovjeka-vozača. Međutim, kada se analiziraju i druga dva elementa navedenog dinamičkog sustava, odnosno kada se promatra vozilo i okolina koja uključuje cestu, promet na cesti i incidenti čimbenik, može se zaključiti da pouzdanost i ovih elemenata dinamičkog sustava ovisi o čovjeku. On je konstruktor vozila, on upravlja kvalitetom dijelova koja su ugrađena u vozila, projektira i održava cestu i postavlja cestovnu infrastrukturu, definira i donosi zakonsku regulativu vezanu za sigurnost i reguliranje prometa i brine se o njihovoj primjeni, provjerava tehničku ispravnost vozila, obavlja liječničke preglede, odgaja i obrazuje sudionike u prometu, pa se s pravom može reći da je čovjek u prometu:

- **prisutan** izravno ili posredno
- najvažniji čimbenik u iznalaženju rješenja problema sigurnosti u prometu
- glavni uzročnik nastanka prometnih nezgoda i
- najviše ugrožen posljedicama prometnih nezgoda.

FORMULACIJA GREŠAKA ČOVJeka U DINAMIČKOM SUSTAVU VOZAČ-VOZILU-OKOLINA

Sposobnost čovjeka-vozača da izvršava radne zadatke uz pretpostavljenu učinkovitost definira se stupnjom njegove radne sposobnosti koja se manifestira relativnim smanjenjem ili povećanjem broja grešaka u obavljanju radnog zadatka. Istraživanja radnih sposobnosti čovjeka pokazuju da na njegovu radnu sposobnost utječe niz čimbenika koji ovise o čovjeku i uvjetima u kojima čovjek obavlja svoju psihofizičku aktivnost.

Dijagram koji ilustrativno karakterizira faze aktivnog djelovanja ljudskog organizma dan je na slici 1 (*Prometna- zona.com, 2010.*).



Slika 1. Broj grešaka čovjeka u funkciji vremena rada

Figure 1. Number of errors as a function of time

Razdoblje aktivnog djelovanja ljudskog organizma karakteriziraju tri faze: razdoblje zagrijavanja, razdoblje maksimalne adaptacije i razdoblje opadanja koncentracije. Prva faza predstavlja razdoblje zagrijavanja koje karakterizira veliki broj grešaka u radu čiji su uzroci u kompleksnosti prilagođavanja ljudskog organizma. U drugoj fazi rada ljudski organizam se maksimalno adaptira radnom procesu, pa je broj grešaka relativno mali i vremenski konstantan. Vrijeme ove faze traje od pola sata do 45 minuta. Treća faza predstavlja razdoblje kada se javlja zamor u radu, pa koncentracija opada što je razlog pojavi velikog broja grešaka pri upravljanju vozilom. Zamor čovjeka može nastupiti i ranije u slučaju poremećenih okolnih uvjeta koji nastaju kao posljedica neergonomski oblikovanih radnih mjesta i položaja upravljačkih elemenata.

Rezultati ispitivanja aktivnog djelovanja ljudskog rada, koji su prikazani na dijagramu (slika 1), potvrđuju da postoje slične zakonitosti raspodjele pojave grešaka čovjeka i uređaja kojima upravlja, pa se za analizu pouzdanosti čovjeka, koji predstavlja sastavni dio promatranog sustava vozač-vozilo-okolina (v-v-o), mogu primijeniti klasični modeli teorije pouzdanosti.

Formulacija grešaka čovjeka u radu sustava v-v-o može se izvršiti, kako je prikazana na slici 2., i u odnosu na:

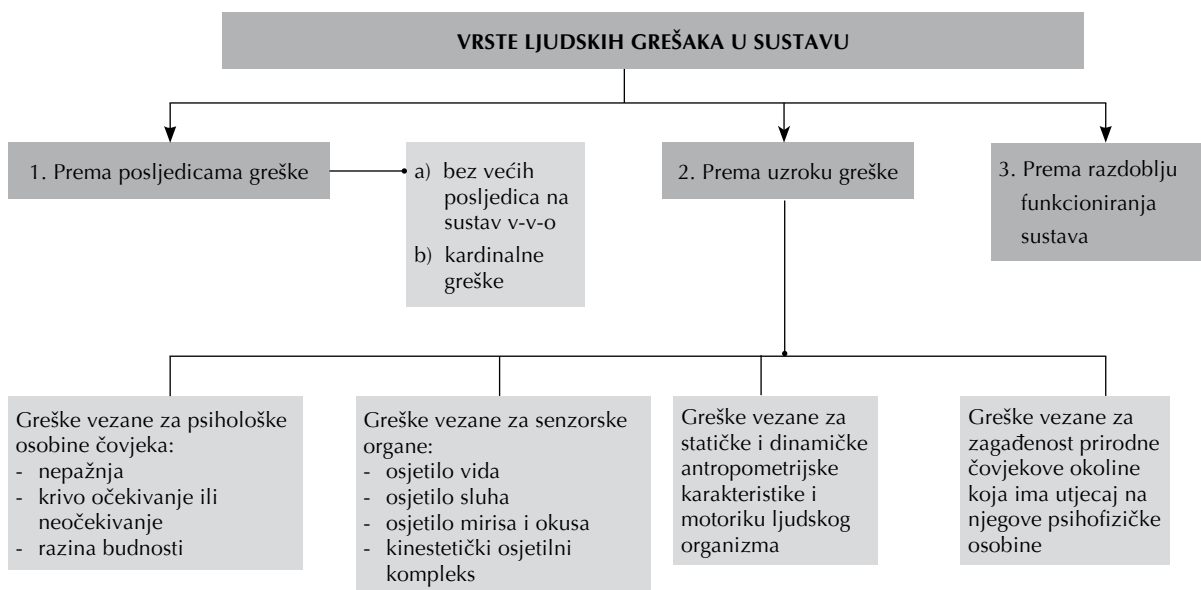
1. posljedicu greške čovjeka,
2. uzrok greške čovjeka i
3. razdoblje funkcioniranja sustava.

Posljedice greške čovjeka u sustavu vozač-vozilo-okolina mogu biti bez većih posljedica ili kardinalne, što ovisi o karakteru greške i vrsti kvara ili smetnje koja nastaje kao posljedica greške.

Kod istraživanja uzroka grešaka čovjeka, koje nastaju pri funkcioniranju sustava v-v-o, cjelo-

kupnu analizu treba postaviti drugačije u odnosu na problematiku koja je vezana za uređaje i strojeve. To iz razloga što čovjek u ukupno promatranom sustavu predstavlja biološki podsustav za koji uzrok nastanka greške može biti vezan uz psihofizičke sposobnosti čovjeka i senzorske organe koji su predmet istraživanja medicinskih znanosti. Medicinske znanosti daju smjernice državnim tijelima u donošenju propisa i ograničenja u tom području (godine starosti za vozače, trajanje vožnje tijekom 24 sata i slično), za antropometrijske karakteristike i motoriku ljudskog organizma koji mogu biti presudni za ponašanje čovjeka tijekom upravljanja vozilom, što obuhvaća područje ergonomije, te greške vezane za okolinske uvjete koji utječu na njegove psihofizičke osobine.

U različitim razdobljima funkcioniranja navedenog sustava čovjek može napraviti određene greške koje se neće odmah pojaviti. Ovakve greške predstavljaju treću skupinu ljudskih grešaka iz područja odnosa čovjek-vozilo.



Slika 2. Vrste ljudskih grešaka u sustavu vozač-vozilo-okolina
Figure 2. Types of man-caused errors in the system driver-vehicle-environment

FORMULACIJA POUZDANOSTI ČOVJEKA-VOZAČA

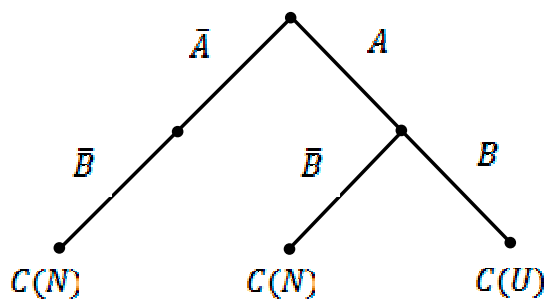
Pouzdanost čovjeka-vozača u sustavu vozač-vozilo-okolina je statistička pojava vezana za rad vozača tijekom upravljanja vozilom. Pouzdanost vozača ima svoju kvalitativnu i kvantitativnu dimenziju. Kvalitativna dimenzija pouzdanosti izražava se u sposobnosti postojanja potrebne funkcije sustava u proizvoljno odabranom razdoblju. Kvantitativna dimenzija pouzdanosti je vjerojatnost da čovjek - vozač, u određenim vremenskim uvjetima, na zadovoljavajući način ispunjava željene vrijednosti funkcije. Pouzdanost čovjeka - vozača može se odrediti:

- neovisno o vremenu
- ovisno o vremenu.

Metode određivanja pouzdanosti čovjeka-vozača neovisno o vremenu

Od svih metoda koje se mogu primijeniti za određivanje pouzdanosti pojedinih elemenata sklopova ili općenito podsustava, u koje se može uključiti i čovjek, kao podsustav složenog sustava, neovisno o vremenu, najprikladniji pristup omogućava metoda stabla vjerojatnoće.

Tehnika primjene stabla vjerojatnoće sve probleme svodi na pokazatelje binarnih kontrastnih parova koji u logičnom lancu daju točna rješenja. Praktična procedura realizacije stabla vjerojatnoće vrlo je jednostavna. Naprimjer, ako je izvršavanje jednog zadatka C tijekom upravljanja vozilom zahtijevalo izvođenje dvije različite radne operacije A i B, vozač mora prema programiranoj proceduri izvršiti prvo operaciju A, pa zatim operaciju B. Operacije A i B, odnosno zadatak C može biti izvršen korektno ili nekorektno. Nekorektno izvršen zadatak predstavlja grešku koja se pojavljuje u promatranoj situaciji. Pri realizaciji zadatka C, operacija A može se izvršiti ispravno - A ili neispravno \bar{A} i operacija B se može izvršiti: ispravno B, ili neispravno \bar{B} . Stablo vjerojatnoće za korektno ili nekorektno rješavanje zadatka C prikazano je na slici 3 (Vu-
janović, 1992.).



Slika 3. Stablo vjerojatnoće
Figure 3. The probability tree

Prema slici 3, ukupno izvršenje zadatka C može biti uspješno - C (U) ili neuspješno - C(N). Ako su operacije A i B međusobno ovisne, vjerojatnoća uspješno izvršenog zadatka C je:

$$P_U = P(A \cap B) \text{ ili} \quad [1]$$

$$P_U = P(A) P\left(\frac{A}{B}\right) \quad [2]$$

gdje je:

P_U - vjerojatnoća uspješno izvršenog zadatka C

$P(A)$ - vjerojatnoća uspješnog izvršenja operacije A

$P\left(\frac{A}{B}\right)$ - kondicionalna vjerojatnoća koja označava vjerojatnoću uspješnog obavljanja operacije B, pod uvjetom da je uspješno obavljena operacija A.

Vjerojatnoća neuspješno izvršenog zadatka C je :

$$P_N = P_{\bar{A}} P_{\bar{B}} = 1 - P_U \quad [3]$$

gdje je:

$P_{\bar{A}}$ - vjerojatnoća neuspješnog izvršenja operacije A

$P_{\bar{B}}$ - vjerojatnoća neuspješnog izvršenja operacije B.

Opisani postupak za određivanje pouzdanosti, odnosno nepouzdanosti čovjeka na radnom mjestu vozača, neovisno o vremenu, zadovoljava manji broj jednostavnijih slučajeva. Svako unošenje novih faza komplicira proračun pouzdanosti, ali u svojoj načelnoj postavci pruža mogućnost utvrđivanja pouzdanosti čovjeka aktivno uključenog u složeni sustav vozač-vozilo-okolina.

Pouzdanost čovjeka-vozača pri izvršavanju njegovih zadataka tijekom upravljanja vozilom može se dobiti na osnovi dovoljnog broja eksperimentalnih ispitivanja, a dobiveni statistički podaci mogu se obraditi primjenom metoda teorije pouzdanosti.

Egzaktnost podataka o razini pouzdanosti vozača u izvršavanju upravljačkih zadataka ovisi o pedantnosti i rigoroznosti, te o broju eksperimentalnih ispitivanja i primijenjenih znanstvenih metoda.

Metode određivanja pouzdanosti čovjeka-vozača ovisno o vremenu

Kvantitativna dimenzija pouzdanosti čovjek-vozač ovisno o vremenu određena je funkcijom raspodjele otkaza, funkcijom pouzdanosti i funkcijom gustoće otkaza, kao i očekivanim vremenom bezotkaznog rada.

Funkcija raspodjele otkaza, funkcija gustoće otkaza, funkcija pouzdanosti

Kao što je poznato, osnova teorije pouzdanosti su metode ocjene slučajnih događaja. Ako je T slučajno promjenjiva veličina koja označava vrijeme pojave otkaza vozača, onda će vjerojatnoća otkaza u funkciji tog vremena biti:

$$P(T \leq t) = F(t), \quad t \geq 0,$$

gdje je $F(t)$ funkcija raspodjele otkaza koja pokazuje vjerojatnoću da će podsustav čovjek otkazati do vremena t .

Ako se pouzdanost definira kao vrijeme bezotkaznog rada, onda se može napisati u obliku:

$$R(t) = 1 - F(t) = P(T > t),$$

gdje $R(t)$ označava funkciju pouzdanosti.

Funkcija gustoće otkaza, odnosno funkcija gustoće vjerojatnoće može se napisati u obliku:

$$f(t) = \frac{d(F(t))}{dt} \quad [4]$$

Ako je poznat matematički oblik funkcije gustoće otkaza, može se dobiti funkcija pouzdanosti iz izraza:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_0^{\infty} f(t) dt \quad [5]$$

Pouzdanost vozača može se izraziti funkcijom intenziteta otkaza $\lambda(t)$ ili vjerojatnoćom rada bez otkazivanja $R(t)$ na slijedeći način.

Ako iz sustava v-v-o izdvojimo podsustav vozilo i ispitujemo istovremeno n sustava vozila, tada će funkcija intenziteta otkazivanja podsustava vozilo biti određena izrazom:

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n_2(t)}{n_1(t) \Delta t} \quad [6]$$

gdje su:

λ - funkcija intenziteta otkazivanja

$n_2(t)$ - broj sustava vozila koji otkazuju u vremenu Δt

$n_1(t)$ - broj sustava vozila koji ne otkazuju u vremenu Δt .

Ako se ovaj izraz primijeni na podsustav čovjek-vozač, tada je $n_2(t)$ broj otkaza čovjeka koji nastaju u N pokusa, u vremenu Δt .

U bilo kojem trenutku ispitivanja pouzdanost se može izraziti preko funkcije pouzdanosti kao:

$$R(t) = \frac{n_1(t)}{n} + \frac{n_1(t)}{n_1(t) + n_2(t)} \quad [7]$$

gdje je:

n_1 - broj sustava koji nisu otkazali do vremena t

n_2 - broj sustava koji su otkazali u vremenu t .

Jednadžba [7] se može napisati u obliku:

$$R(t) = \frac{n - n_2(t)}{n} = 1 - \frac{n_2(t)}{n} \quad [8]$$

Ako se diferencira lijeva i desna strana jednadžbe, dobit će se:

$$\frac{dR(t)}{dt} = \frac{d\left(1 - \left(\frac{n_2(t)}{n}\right)\right)}{dt} = -\frac{1}{n} \frac{dn_2(t)}{dt} \quad [9]$$

gdje je:

n - konstanta koja predstavlja broj sustava koji se ispituju.

Izraz za frekvenciju s kojom sustav otkazuje iz prethodne jednadžbe je:

$$\frac{dn_2(t)}{dt} = -n \frac{dR(t)}{dt} \quad [10]$$

Dijeljenjem ove jednadžbe s $n_1(t)$ dobit će se izraz za funkciju intenziteta $\lambda(t)$ koji se može napisati kao:

$$\lambda(t) = \frac{dn_2(t)}{n_1(t) dt} = -n \frac{dR(t)}{dt} \frac{1}{n_1(t)} \quad [11]$$

Pošto je $R(t) = \frac{n_1(t)}{n}$, izraz za funkciju intenziteta otkaza $\lambda(t)$ će biti:

$$\lambda(t) = -n \frac{dR(t)}{dt} \frac{1}{n_1(t)} = \frac{dR(t)}{R(t) dt} \quad [12]$$

Na osnovi ove jednadžbe može se dobiti opća formula za funkciju pouzdanosti $R(t)$ u obliku:

$$R(t) = e^{-\int \lambda(t) dt} \quad [13]$$

Za mnoge praktične primjere gdje je moguće pretpostaviti da je intenzitet otkazivanja stalan, funkcija pouzdanosti $R(t)$ će biti slijedećeg oblika:

$$R(t) = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t} \quad [14]$$

koji se naziva eksponencijalni zakon pouzdanosti gdje je $\lambda(t) = \lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i$

Očekivano vrijeme bezotkaznog rada - srednje vrijeme između otkaza T_r

Pored navedene funkcije pouzdanosti $R(t)$, pouzdanost se može iskazati i očekivanim vremenom bezotkaznog rada koje je poznato pod nazivom srednje vrijeme između otkaza T_r .

Ako istovremeno vozi m vozača koji se ispituju, pri čemu jedan vozač za vrijeme t_i napravi k_i otkaza rada, statistička frekvencija $f_i(t)$ njegovog otkaza je:

$$f_i(t) = \frac{k_i}{t_i} \quad [15]$$

tada je vrijeme Δt među otkazima vozača određeno pomoću izraza:

$$\Delta t = \frac{1}{f_i(t)} \quad [16]$$

Srednje vrijeme bezotkaznog rada svih vozača je:

$$Tr = \sum_{i=1}^n \frac{1}{f_i(t) m} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{k_i} \quad [17]$$

Na osnovi ovog izraza može se zaključiti da srednje vrijeme bezotkaznog rada ovisi upravo proporcionalno o vremenu t_i i da je obrnuto proporcionalno broju otkaza k_i rada i broju vozača m .

Primjenom izraza [15], [16] i [17] može se odrediti utjecaj vozača na moguću pojavu otkazivanja podsustava i na taj način približno pratiti utjecaj između podsustava vozač-vozilo.

EKSPERIMENTALNI POSTUPAK ZA ODREĐIVANJE STATISTIČKIH POKAZATELJA I POUZDANOSTI BEZOTKAZNOG RADA

Tipične greške vozača u tehnici vožnje ocjenjuju se prema definiranim pravilnim pokretima vozača i njegovog položaja tijekom vožnje koji su opisani u [1]. One same po sebi ne znače opasnost za raspad sustava, ali mogu izazvati opasne situacije za vozača bez obzira na njegovo vozačko iskustvo.

Najčešće tipične greške u tehnici vožnje su:

1. pogrešno otpuštanje papučice spojnice, te nagla otpuštanja spojnice i vožnja «na spojnici»
2. gašenje motora kod kretanja i zaustavljanja obično zbog neadekvatnog stupnja brzine
3. naglo kočenje
4. nedovoljan razmak između vozila
5. naglo dodavanje gasa
6. loše mijenjanje brzine
7. nepravilno sjedenje vozača
8. nepravilno držanje volana
9. skretanje bez pokazivača smjera kretanja
10. neisključivanje pokazivača smjera kretanja
11. smanjena pozornost u vožnji.

Za eksperimentalni postupak određivanja statističkih pokazatelja i pouzdanosti bezotkaznog rada utvrđene su navedene tipične greške u tehnici vožnje tijekom pokusnih vožnji. Vozači-ispitanici nisu bili obaviješteni o tome. Pokusne vožnje izvedene su tijekom dana u ljetnom razdoblju. Kolovoz je bio suh.

Greške su mjerene na 6 muških ispitanika. Sa svakim ispitanikom provedene su tri eksperimentalne vožnje u trajanju 14 – 68 minuta. Prosjek svih 18 vožnji iznosio je 60 minuta, pa je kao osnovna vrijednost uzeta reducirana duljina trajanja svakog eksperimenta od 60 minuta. Za tako reducirane vrijednosti trajanja eksperimenta utvrđeni su statistički pokazatelji potrebni za određivanje srednjeg vremena bezotkaznog rada koji su dani u Tablici 1.

Pored toga, izračunati su i podaci za relativnu grešku u postocima čiji je rang dan pojedinačno za svaku grešku. Na taj način utvrđeno je da najveći broj grešaka nastaje u radu s papučicom spojnice (rang 1). Slijedeći po redu je rang 2 koji je dodijeljen nepravilnom držanju volana, zatim slijedi smanjenje pozornosti (3), nepravilno sjedenje (4), nedovoljan razmak (5) itd.

Prikazani redoslijed grešaka, prema vjerojatnoći nastanka, daje smjernice za poduzimanje odgovarajućih korekcija u fazi konstrukcije kabine vozila i u fazama pouke vozača.

Primjenom izraza [17]; (na osnovi ukupnog stvarnog trajanja eksperimenta od 1.080 minuta koje je reducirano na 60 minuta za svaku od 18 vožnji) izračunato je srednje vrijeme bezotkaznog rada po tipu greške u tehnici vožnje (Tablica 2).

Tablica 1. Statistička evidencija grešaka tijekom pokusnih vožnji

Table 1. Statistical record of errors during trial drive

Greške u tehnici vožnje	Zbroj grešaka za 60 minuta $k_i = t_i \cdot f_i(t)$	Zbroj grešaka po ispitaniku za 60 min	Frekvencija grešaka po ispitaniku za 1minutu	Relativna greška u %	Rang pojave greške
1. Pogrešan rad s papučicom spojnice	630	35,00	0,580	29,65	1
2. Gašenje motora	1	0,06	0,001	0,05	10
3. Naglo kočenje	15	0,83	0,014	0,70	8
4. Nedovoljan razmak između vozila	104	5,77	0,096	4,88	5
5. Naglo dodavanje gasa	49	2,72	0,045	2,30	7
6. Loše mijenjanje brzina	4	0,22	0,004	0,18	9
7. Nepravilno sjedenje	311	17,28	0,288	14,60	4
8. Nepravilno držanje volana	598	33,22	0,554	28,14	2
9. Skretanje bez pokazivača	74	4,11	0,007	3,48	6
10. Smanjenje pozornosti	339	18,83	0,302	15,95	3
Ukupno	2.104	118,04	1,891	100%	

Izračunato ukupno vrijeme bezotkaznog rada sustava iznosi 82,24 minute, što predstavlja 7,61% od ukupnog vremena vožnje (1.080 min).

Primjenom izračunatih frekvencija grešaka po ispitaniku za jednu minutu iz Tablice 1.,

pomoću izraza [14], izračunate su pouzdanosti kao vjerojatnoće bezotkaznog rada vozača prema vrsti grešaka za vrijeme od 60, 30 i 10 minuta neprekidne vožnje, a kako je prikazano u Tablici 3.

Tablica 2. Srednja vremena bezotkaznog rada prema vrsti greške u tehnici vožnje

Table 2. Mean times of no-failure work according to the type of driving error

Bezotkazna vremena prema vrsti greške svih vozača	Vrijeme u minuti
T_{r1}	0,09
T_{r2}	60,00
T_{r3}	4,00
T_{r4}	0,57
T_{r5}	1,22
T_{r6}	15,00
T_{r7}	0,19
T_{r8}	0,10
T_{r9}	0,81
T_{r10}	0,18
T_r	82,24

Tablica 3. Pouzdanost bezotkaznog rada vozača

Table 3. Reliability of no-failure work

Greške u tehnici vožnje	Frekvencija grešaka po ispitan. za 1minutu	Pouzdanost bezotkaznog rada vozača prema vrsti greške za $t = 60$ min.	Pouzdanost bezotkaznog rada vozača prema vrsti greške za $t = 30$ min.	Pouzdanost bezotkaznog rada vozača prema vrsti greške za $t = 10$ min.
		$R(t) = e^{-t\lambda}$	$R(t) = e^{-t\lambda}$	$R(t) = e^{-t\lambda}$
1. Pogrešan rad s papučicom spojnice	0,580	(≈ 0)	(≈ 0)	0,0033
2. Gašenje motora	0,001	0,951	0,970	0,990
3. Naglo kočenje	0,014	0,496	0,657	0,86
4. Nedovoljan razmak između vozila	0,096	0,0082	0,056	0,382
5. Naglo dodavanje gasa	0,045	0,100	0,259	0,637
6. Loše mijenjanje brzina	0,004	0,81	0,886	0,960
7. Nepravilno sjedenje	0,288	$5,5 \cdot 10^{-7} (\approx 0)$	0,00017	0,056
8. Nepravilno držanje volana	0,554	(≈ 0)	(≈ 0)	0,0039
9. Skretanje bez pokazivača	0,007	0,704	0,810	0,932
10. Smanjenje pozornosti	0,302	(≈ 0)	0,00011	0,048
Ukupno	1,891			

ZAKLJUČAK

Pregledom dobivenih podataka može se zaključiti da su najveći doprinos niskoj pouzdanosti bezotkaznog rada greške vozača u tehnici vožnje (točke 1, 8, 7 iz Tablice 3.) koje mogu biti posljedica neergonomski oblikovane kabine vozila. Zbog toga se u faza konstrukcije treba obratiti posebna pozornost na položaj elemenata upravljačkog sustava u skladu s greškama koje su se u ovoj analizi pokazale kao najnepouzdanije. Nadalje, značajan utjecaj na pouzdanost ima i smanjenje pozornosti vozača, nedovoljan razmak i naglo dodavanje gasa (točke 10, 4, 5 iz Tablice 3.), što ukazuje na potrebu edukacije ljudskog čimbenika.

Dakle, sprečavanje prometnih nesreća zahtijeva provođenje niza akcija koje se, pored uređenja infrastrukturnog objekta na način da se minimizira rizik prometnih nesreća i njihova ozbiljnost, postiže ergonomskim projektiranjem kabine vozila i kvalitetnim, stručnim i kontinuiranim poučavanjem i informiranjem vozača. U tom smislu, tijekom pouke vozača potrebno je posebno razviti potrebna znanja o prometnim propisima, intelektualne vještine nužne za koncentraciju, promatranje, navike razumnog ponašanja, humanost i solidarnost, samokritičnost, svijest o opasnostima koje nastaju zbog nepravilnog sudjelovanja u prometu, te osnovna znanja o pojavnim oblicima i uzrocima prometnih nezgoda.

LITERATURA

BAS EN 614-1: 2008., Sigurnost mašina, Ergonomski principi projektovanja - Dio-1: Terminologija i opšti principi.

Bjelica, M.: *Pouzdanost sustava - System reliability*, dostupno na: <http://www.indmanager.edu.rs/site/pdf/h-1.pdf2>, pristupljeno: 26.3.2009.

Dacić, S.: *Doprinos primjeni ergonomskih načela na sigurnost vozača i vozila u saobraćaju*, doktorska disertacija, FSK, Sarajevo, 2002.

Kroemer, K. H. E., Gradjean, E.: *Prilagođavanje rada čovjeka*, Ergonomski priručnik, Slap, Jastrebarsko, 2000.

Muftić, O., Veljović, F., Jurčević-Lulić, T., Miličić, D.: *Osnovi ergonomije*, Mašinski fakultet, Sarajevo, 2001.

Poredoš, D.: *Kultura prometnog ponašanja sudionika u prometu*, Tehnologija prometa, dostupno na: <http://www.psihijatrija.com/bibliografija/radovi/PoredosDKultPromPonasanja.pdf>, pristupljeno: 25.3.2010.

Prometna-zona.com, Medicina u prometu, dostupno na: http://www.prometna-zona.com/cestovni-sigurnost-002medicina_u_prometu.html, pristupljeno: 25.3.2010.

Rotim, F.: *Elementi sigurnosti cestovnog prometa*, Znanstveni savjet za promet JAZU, Zagreb, 1990.

Vujanović, N.: *Teorija pouzdanosti tehničkih sistema*, BIGZ, Beograd, 1992.

Zelenović, D. M.: *Teorija pouzdanosti tehničkih sistema*, Naučna knjiga, Beograd, 2005.

**MAN AS FACTOR OF RELIABILITY
IN THE DYNAMIC SYSTEM DRIVER - VEHICLE - ENVIRONMENT**

SUMMARY: The paper refers to the most general principles for increasing traffic security which include ethical principles, principles of responsibility and security, and mechanisms for the application of anything that can decrease or prevent the occurrence of traffic accidents. In view of these principles, the paper presents the limiting factors in the dynamic system driver-vehicle-environment, which directly and indirectly affect the security of road traffic. The aim was to formulate the type of man-caused errors and the reliability of the no-failure work of man – driver in the operation of the system. Statistical and experimental methods were used to establish the most common and typical technical errors in driving. The reliability of the no-failure work of drivers was determined in regard to the type of errors for different time intervals of interrupted driving. The obtained quantified results show the degrees of importance of selected typical errors in driving and provide guidelines for reducing or preventing the causes of traffic accidents.

Key words: driver, errors, reliability, security

*Subject review
Received: 2010-04-01
Accepted: 2011-08-08*