



Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti

Webinar

*“Zdrava mjesta rada smanjuju opterećenja – sprečavanje
mišićno-koštanih poremećaja povezanih s radom”*

**Zdrava, sigurna i humana radna mjesta koja smanjuju radno
opterećenje kod vozača**

Izv. prof. dr. sc. Davor Sumpor (FPZ)

Sandro Tokić, mag. ing. traff. (FPZ)

Mr. sc. Predrag Vidas (Xylon d.o.o.)

Zagreb, 22. listopada 2021.

Uvod

- **Izvedba vozača** - kompleksno radno i prometno okruženje,
- **Povećano radno opterećenje vozača** ne znači automatski i pad razine izvedbe (veza nije linearна)
- **Upravljanje vozilom** – vizualni rutinski zadatak
- **Osnovne skupine čimbenika prometnih nesreća (PN):**
 - “Ljudski faktor”;
 - “Prometni okoliš”;
 - “Prometno sredstvo”.
- **1,35 milijuna ljudi svake godine pogine u PN!**



Uvod

- Relevantne grupe čimbenika izvedbe vozača cestovnih vozila:
 - Sposobnost vozača (nije uvijek 100% od teroretski raspoložive);
 - Trenutna psihofizička spremnost vozača (čimbenici prije početka izvedbe);
 - Doba dana (smanjena vidljivost u noćnim uvjetima, utjecaj cirkadijurnih ritmova);
 - Umor vozača;
 - Distrakcija vozača;
 - Radno opterećenje vozača;
 - Čimbenik statičkog sjedećeg radnog položaja vozača i čimbenici antropometrijske prilagođenosti upravljačnice;
 - Ambijentalni čimbenici u upravljačnici:
 - itd;



Uvod

- **Radno opterećenje** se može grubo podijeliti na:
 - fizičko, mentalno i senzorno.
- **Glavne skupine čimbenika radnoga opterećenja:**
 - vremenski pritisak, tj. kratki vremenski period za izvedbu pojedinoga zadatka,
 - više istovremenih zadataka
 - složenost pojedinoga zadatka.
- **Najveće radno opterećenje** prouzrokuje vremenski pritisak,
tj. kratki vremenski period za izvedbu pojedinoga zadatka.



Podjela i čimbenici umora i distrakcije vozača

- Umor – gubitak radne efikasnosti
- 5 glavnih čimbenika koji uzrokuju umor:
 - Nedostatak sna ili nekvalitetan san;
 - Cirkadijurni ritam;
 - Vrijeme provedeno radeći;
 - Monotone radnje/poslovi;
 - Individualne karakteristike (dob, psihičko stanje, zdravstveno stanje itd.)
- Vrste umora:
 - Mišićni umor;
 - Opći tjelesni umor;
 - Mentalni umor;
 - Živčani umor;
 - Kronični umor;
 - Cirkadijurni umor itd.



Podjela i čimbenici umora i distrakcije vozača

- Distrakcija - trenutačno „skretanje“ pažnje;
- Sporije vrijeme reakcije na kognitivno-motoričke zadatke;
- Moguća pojava krivih reakcija vozača;
- S obzirom na lokaciju pojave distrakcije se dijele na:
 - Unutarnje, kabinske distrakcije;
 - Vanjske, iz prometnog okoliša.
- Općenita podjela distrakcija je na:
 - Vizualne distrakcije;
 - Biomehaničke distrakcije;
 - Kognitivne distrakcije;
 - Auditivne distrakcije.



Distrakcije vozača

- **Vizualna distrakcija:** manifestira se promjenom smjera pogleda (gledanje u reklamne panoe)
- **Biomehanička distrakcija:** provođenje radnje tijekom vožnje (npr. pisanje poruke na mobitelu dominantnom rukom)
- **Kognitivna distrakcija:** okupiranost vozačeva uma (npr. sanjarenje)
- **Auditivna distrakcija:** uzrokovana različitim zvučnim podražajima (npr. glasno slušanje muzike)



Prošireni otvoreni i dinamički TCI model sučelja „zahtjev zadaće – sposobnost vozača”; Fuller R., 2005.

- Fuller je 2005. [1] komparacijom i kompilacijom parcijalnih znanstvenih spoznaja raščlanio pojmove:
 - **objektivni** (statistički) **rizik** (*engl. objective risk*),
 - **subjektivna procjena rizika** (*engl. subjective risk*),
 - **osjećaja rizika** (*engl. feeling of risk*),
 - **težine zadaće vožnje**
 - **zahtjeva zadaće** (*engl. task demands*),
 - **sposobnosti vozača** (*engl. driver's capability*): vozač zbog djelovanja više čimbenika prije početka izvedbe ne raspolaže uvijek sa maksimalnom sposobnošću
 - **izvedba vozača** (*engl. performance*).



Objektivni statistički rizik

- Stvarni rizik koji se određuje nakon PN na temelju dubinskih (engl. *in-depth*) studija nesreća,
- nastoji se približno procijeniti sveukupno postotno učešće čimbenika (sa svim preklapanjima) iz standarnih grupa čimbenika
 - „ljudskog faktora“,
 - „prometnog sredstva“ i
 - „prometnog okoliša“.



Subjektivna procjena rizika

- vlastita je procjena vozača kao rezultat kognitivnih procesa vozača (engl. *output*),
- to je vozačeva vlastita procjena (objektivne) mogućnosti sudara,
- tek u trenutku gubitka kontole nad vozilom (i/ili nastanka PN) subjektivna procjena rizika od strane vozača izjednačava se sa stvarnim objektivnim rizikom za nastanak PN.

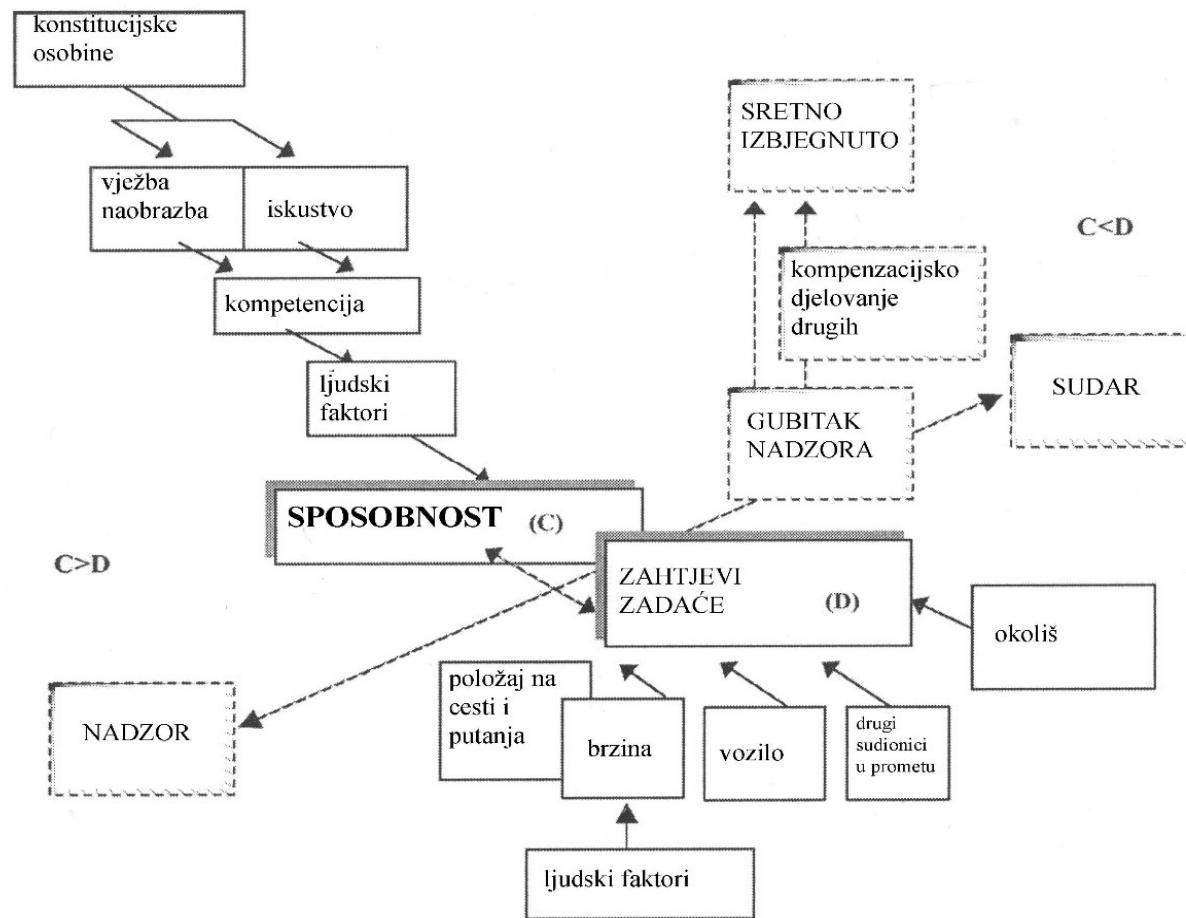


Osjećaja rizika

- predstavlja, prema Tayloru [2], emocionalni odgovor vozača na prijetnju zbog opasnosti od sudara,
- prema Fullerovim spoznajama [1] odnosi se na težinu zadaće,
- težina zadaće vožnje poistovjećuje se s mentalnim radnim opterećenjem (engl. *mental workload*).



Prošireni otvoreni i dinamički TCI model sučelja „zahtjev zadaće – sposobnost vozača”; Fuller R., 2005.



C>D: zadaća je laka

(izvedba je uspješna)

C=D : zadaća je teška

(izvedba je na granici gubitka kontrole)

C<D: zadaća je preteška

(izvedba je neuspješna, moguća PN)



Slika 1: Prošireni otvoreni i dinamički TCI model

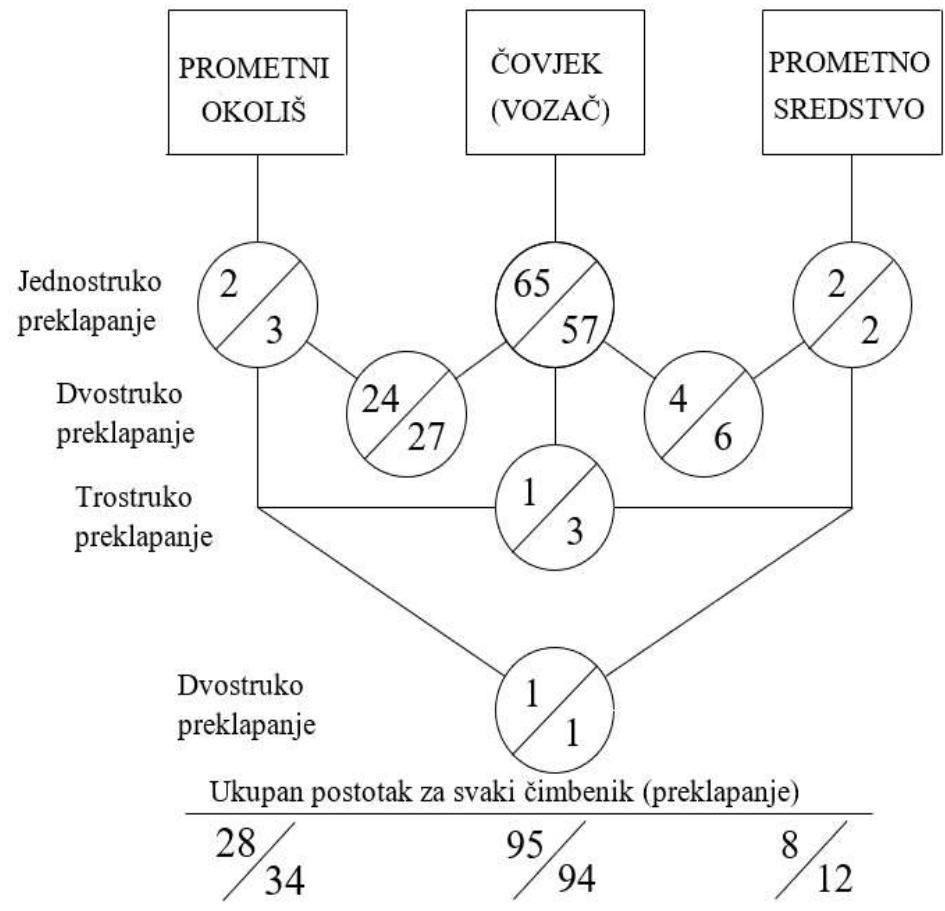
Prošireni otvoreni i dinamički TCI model sučelja „zahtjev zadaće – sposobnost vozača”; Fuller R., 2005.

- Teoretski otvoreni dinamički TCI model aplikativen je za inženjersku struku u prometu;
- „sretno izbjegnuti sudar“ ili „kompenzacijsko djelovanje drugih sudionika u prometu“ može se nadopuniti primjenom različitih naprednih sustava za pomoć vozaču ADAS (engl. *Advanced Driver Assistance Systems*).



Čimbenici statističkog rizika nastanka prometnih nesreća

- Rumar je 1982. godine utvrdio postotni udio tri osnovne skupine čimbenika [3].
 - Istraživanja od 1979. do 2015. - "Ijudski faktor" zastavljen > 90 % PN
 - Umor i distrakcija – 40 % prometnih nesreća
 - Rizik od nastanka PN:
 - Umor: 3 puta;
 - Distrakcija (pisanje poruke): od 2 do 6 puta.
 - Seleksijski kriteriji + iRAP metodologija
 - Brza i objektivna



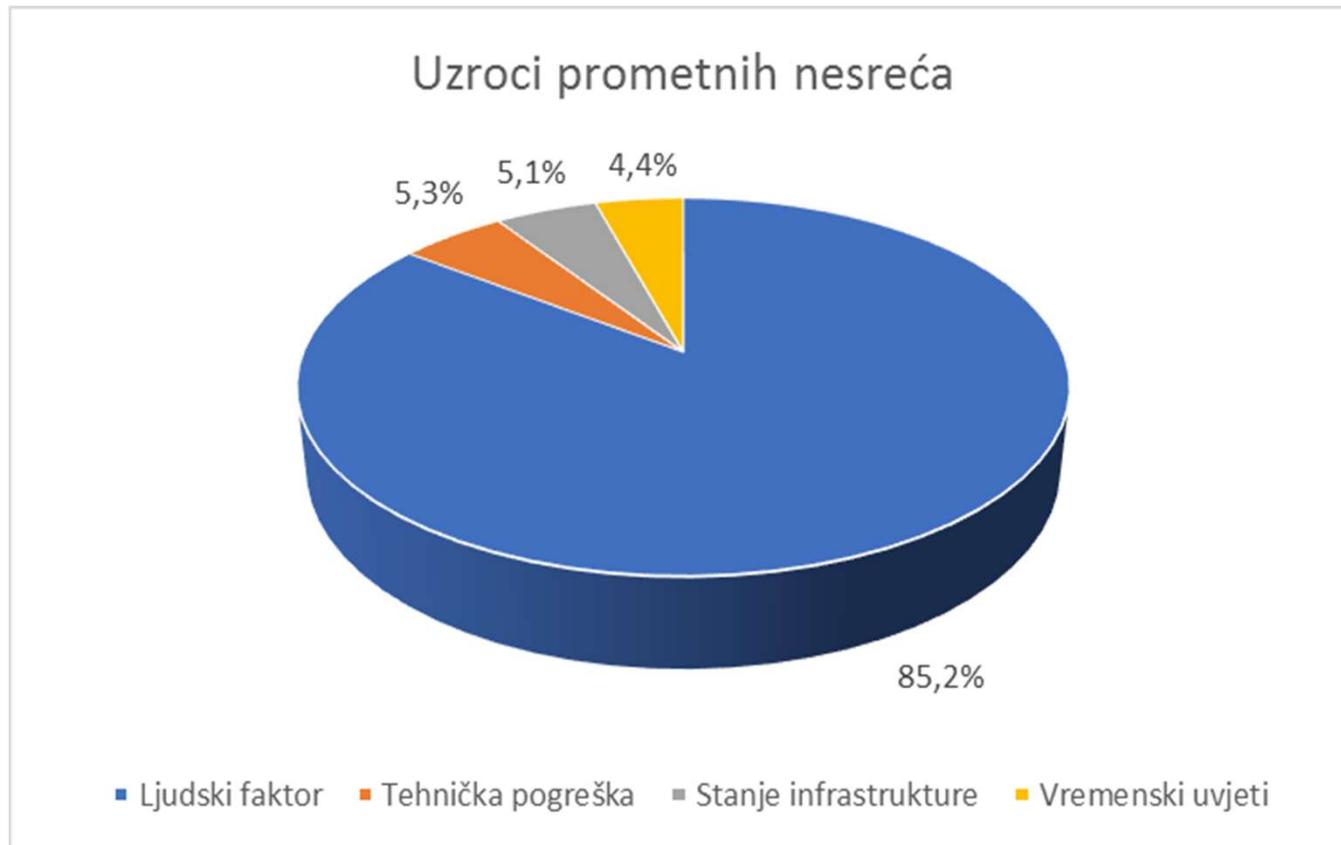
Slika 2: Postotni udjeli grupa čimbenika u PN

Čimbenici statističkog rizika nastanka prometnih nesreća

- Castro (2008.): zaključuje da je u preko 90 % PN posljedica *kriva reakcija vozača*, te da je u preko 90 % tih PN uzrok problem s obradom vizualnih podražaja iz prometnog okoliša [5].
- Singh (2015.): procjenjuje se da je 94 % PN rezultat *krive reakcije vozača*, dok se 2 % pripisuje prometnom okolišu, 2 % prometnom sredstvu, te 2 % neobjasnivim kritičnim situacijama [6].
- Pojedini istraživači očekuju značajniji pad udjela čimbenika PN iz grupe „ljudskog faktora“, zbog:
 - porasta postotnog udjela vozila s većom razinom automatizacije,
 - daljeg poboljšanja prometne infrastrukture.
 - poboljša tehničkih performansi suvremenih cestovnih vozila.



Čimbenici statističkog rizika nastanka prometnih nesreća



Slika 3: Uzroci PN u Europi u kojima su sudjelovala teretna vozila [7]



Čimbenici statističkog rizika nastanka prometnih nesreća

- Kada u PN sudjeluje samo teretno vozilo, u 50% svih slučajeva uzročnik PN je [7]:
 - neprilagođena brzina,
 - umor vozača (vozač je zaspao),
 - gubitak trenja između pneumatika i podloge.



Izdvajanje prometnih nesreća prouzročenih umorom vozača

- Otežano utvrđivanje umora kao uzroka PN
- Ne postoji specijalni uređaj za mjerjenje umora
- PN povezive s umorom mogu se identificirati i/ili analizirati pomoću sljedećih najvažnijih kriterija:
 - Dužina izvedbe zadatka vozača (pasivni umor, simulator vožnje);
 - Monotoni okoliš prometnice (pasivni umor, simulator vožnje);
 - Dobri vremenski uvjeti i dobra vidljivost (UK);
 - Razina alkohola u krvi ispod zakonski dozvoljene granice (UK);
 - Vozilo nije imalo nikakav mehanički kvar (UK);
 - Eliminiranje „nepropisne brzine“ i „vožnje na nedovoljnoj udaljenosti“ kao uzroka PN (UK);



Izdvajanje prometnih nesreća prouzročenih umorom vozača

- Posljedice prometne nesreće su najčešće teške ozljede ili smrtno stradali (SAD);
- Jedno vozilo je izletjelo s ceste (SAD);
- Sudar se desio na cesti s visokim ograničenjem brzine (SAD);
- Vozač nije pokušao izbjegći sudar (SAD);
- Vozač je bio sam u vozilu (SAD).
- Prometna nesreća se dešavaju kasno u noć, rano ujutro ili u poslijepodnevnim satima (SAD) itd.;



Korištenje iRAP metodologije pri selektiranju prometnih nesreća uzrokovanih umorom



Slika 4: Lokacija prometne nesreće s GPS koordinatama 45°49.034, 16°02.358

- AC 1, 26. 8. 2016., 2:42 AM
- Monoton okoliš
- Jedno vozilo sudjelovalo
- Slijetanje vozila s ceste
- Dobri vremenski uvjeti
- Visoko ograničenje brzine
- Vozač mogao vidjeti mjesto izljetanja
- Posljedice – **teške tjelesne ozljede**

Tablica 1: Ocjenjivanje zvjezdicama lokacije PN

Ocenjivanje zvjezdicama postojećih prometnica (engl. Star Ratings for the existing road):				
Korisnik ceste	Vozilo	Motocikl	Pješak	Biciklist
SRS ocjena	6,91	23,79	/	/
Ocjene zvjezdicama (engl. Star Rating)	3	1	/	/



Napredni sustavi za pomoć vozačima

Tablica 2: Šest razina automatizacije vožnje prema SAE [8]

Razina automatizacije vožnje	Naziv Razine	Opis razine	Razina automatizacije vožnje	Naziv Razine	Opis razine
0	Nema automatizacije	Vozač u potpunosti upravlja vozilom, čak i onda kada sustav za pomoć vozaču oglasi upozorenje.	3	Uvjetna automatizacija	Automatizirani sustav vožnje koji upravlja svim aspektima dinamičkog zadatka vožnje uz očekivanje da će vozač intervenirati na zahtjev sustava. Automobil: Audi A8 iz 2017.
1	Sustavi pomoći vozaču	Vozač upravlja vozilom uz pomoć sustava za kontrolu brzine (ubrzavanje/usporavanje) ili sustava za održavanje lateralnog položaja vozila koji koristi informacije o prometnom okruženju	4	Visoka automatizacija	Automatizirani sustav vožnje koji upravlja svim aspektima dinamičkog zadatka vožnje čak i onda kada vozač pravovremeno ne reagira na zahtjev sustava za intervenciju. Automobil: Rimac C-Two
2	Parcijalna automatizacija	Vozač upravlja vozilom uz pomoć sustava za kontrolu brzine (ubrzavanje/usporavanje) i sustava za održavanje lateralnog položaja vozila koji koristi informacije o prometnom okruženju. Automobil: Tesla model 3	5	Potpuna automatizacija – AUTONOMNO VOZILO	Automatizirani sustav vožnje koji upravlja svim aspektima dinamičkog zadatka vožnje na svim vrstama prometnica i u svim vremenskim uvjetima koji se može vremenski kontrolirati od strane vozača



Napredni sustavi za pomoć vozačima

- Napredni sustavi za pomoć vozaču obavezni (ADAS) – Uredba Europskog parlamenta (2019.) s obvezom primjene u novim automobilima od 2026. godine
- Mogućnosti ADAS:
 - Pratiti različita stanja vozača DMS (umor, distrakcija, nepažnja, stres...);
 - Prepoznavati objekte (pješake, druga vozila, prepreke na cesti...);
 - Longitudinalna i lateralna kontrola vozila;
- Cilj: smanjiti utjecaj “ljudskog faktora” u PN i povećati sigurnost prometnih procesa



IRI projekt: Istraživanje i razvoj sustava za prepoznavanje umora i distrakcije vozača - DFDM

Projekt je sufinancirala Europska unija iz *Europskog fonda za regionalni razvoj; Operativni program konkurentnost i kohezija, 2014-2020*

Ukupna vrijednost projekta: 14.074.734,49 kuna, od toga 9.974.363,96 kuna bespovratnih sredstava sufinanciranih od Europske unije

Partneri:

Xylon d.o.o., Hrvatska, **koordinator**

Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti (FPZ), Hrvatska

Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER), Hrvatska



Europska unija
Zajedno do fondova EU



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
University of Zagreb
Faculty of Transport and Traffic Sciences

www.fpz.unizg.hr

IRI projekt: Istraživanje i razvoj sustava za prepoznavanje umora i distrakcije vozača - DFDM

Glavni cilj projekta:

Razviti inovativni DFDM
(engl. *Drowsiness, Fatigue and Distraction Monitor*),
sustav za prepoznavanje umora i distrakcije vozača koji je
spreman za komercijalizaciju na globalnom tržištu,
temeljen na praćenju glave i lica vozača kamerama uz analize
snimki u stvarnom vremenu.



EUROPSKI STRUKTURNI
I INVESTICIJSKI FONDOVI

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
University of Zagreb
Faculty of Transport and Traffic Sciences



Europska unija
Zajedno do fondova EU

IRI projekt: Istraživanje i razvoj sustava za prepoznavanje umora i distrakcije vozača - DFDM

U okviru projekta ciljevi su:

- Prepoznavati umor i pospanost vozača;
- Prepoznavati vizualne i biomehaničke distrakcije;
- Razviti kameru prilagođenu za rad u otežanim uvjetima – odsjaj danju i manjak svjetlosti noću, sunčane naočale i sl.

Napomena: sustav radi u infracrvenom području na 940nm. Ima vlastite izvore LED svjetla od 940nm jer navedene valne dužine imaju samo malo ili nikako u sunčevoj svjetlosti, kao i u umjetnim izvorima osvjetljenja.



Europska unija
Zajedno do fondova EU



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
University of Zagreb
Faculty of Transport and Traffic Sciences

www.fpz.unizg.hr

IRI projekt: Istraživanje i razvoj sustava za prepoznavanje umora i distrakcije vozača - DFDM

Uloga sustava:

- prevencija, upozoravanje vozača kad postoji procjena da njegovo ponašanje može dovesti do nesreće;
- mogućnost integracije sa nadzorno kontrolnim centrom – upozoravanje kontrolnog centra da postoji pojačani rizik za nesreću kod vozača (npr. profesionalni vozač koji piše poruke na mobitelu).

Ostali napredni sustavi koji prate okoliš reagiraju tek kad se dogodi nepoželjno ponašanje (npr. prelazak preko pune crte)



Europska unija
Zajedno do fondova EU



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
University of Zagreb
Faculty of Transport and Traffic Sciences

www.fpz.unizg.hr

IRI projekt: Istraživanje i razvoj sustava za prepoznavanje umora i distrakcije vozača - DFDM

Rad na projektu podrazumijeva:

- Da bi se shvatilo ponašanje vozača i napravio sustav – potreban je multidisciplinarni tim;
- Razvijeno rješenje koristi više podsustava baziranih na umjetnoj inteligenciji;
- Kako bi se moglo razumjeti ponašanje različitih vozača razvijeno je niz scenarija za snimanje i praćenje vozača u laboratorijskim uvjetima kao i u realnim uvjetima na cesti



Europska unija
Zajedno do fondova EU



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
University of Zagreb
Faculty of Transport and Traffic Sciences

www.fpz.unizg.hr

IRI projekt: Istraživanje i razvoj sustava za prepoznavanje umora i distrakcije vozača - DFDM

Razvijeni su interni laboratorijski:

- Profesionalni simulator vožnje s praćenjem elektrofizioloških parametara vozača;
- Laboratorij za računalni vid – praćenje i analiza položaja tijela i glave vozača, kao i biomehaničkih distrakcija.



Slika 5: Mjerenja izvedbe vozača na naprednom simulatoru vožnje u kontroliranim uvjetima



Europska unija
Zajedno do fondova EU



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
University of Zagreb
Faculty of Transport and Traffic Sciences

IRI projekt: Istraživanje i razvoj sustava za prepoznavanje umora i distrakcije vozača - DFDM

Terenska mjerena:

- Prethodno razvijeni scenariji u različitim prometnim okolišima – vozači izvršavaju planirane zadatke (promatrani uzorak – zastupljenost M/Ž, amateri/profesionalci)
- Praćenje i snimanje ponašanja vozača koji obavljaju svoje svakodnevne radne zadatke
- Nije kontinuirano snimanje nego se snimaju samo situacije interesantne za analizu
- Ukoliko imate mogućnost i želju za pomoći, javite nam se, i dalje tražimo pogodne kandidate (profesionalne vozače)
- Razvijen vlastiti sustav za terenska mjerena koji uključuje NIR (engl. *near infrared*) kamere, sustav za snimanje, telemetriju, GPS i sl.



Slika 6: Mjerena izvedbe vozača u realnim uvjetima s prikazom izlaznih vrijednosti iz sustava



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
University of Zagreb
Faculty of Transport and Traffic Sciences



Europska unija
Zajedno do fondova EU

Rasprava i zaključak

- Izvedba vozača cestovnih vozila – čovjek je naslabija karika
- “Ijudski faktor” > 90 % PN (sa trendom blagog pada), zbog krive reakcije (*engl. errors*) i/ili prespore reakcije vozača
- Umor i distrakcija vozača najzastupljeniji čimbenici u zadnje vrijeme
- Izdvajanjem karakterističnih PN:
 - Istraživanje karakterističnih čimbenika PN;
 - Predlaganje mjera za smjanjanje utjecaja istih;
 - Definiranje elemenata simuliranog scenarija
- Primjena prometnih metodologija – iRAP
- Vozila 4. i 5. razine automatizacije – “Ijudski faktor” = 0 %



Rasprava i zaključak

- U svrhu sprječavanja nastanka PN, ali i smanjenja udjela čimbenika PN iz grupe „ljudskog faktora“ potrebno je:
 - Kontinuirano ulagati u napredne sustave za pomoć vozačima koji će u realnom vremenu povezivati prometni okoliš, vozača i prijevozno sredstvo i ispraviti eventualne krive reakcije vozača (engl. *driving errors*);
 - Kontinuirano ulagati u prometnu infrastrukturu;
 - Potrebno je na sve moguće raspoložive načine (prometnim i neprometnim metodama) aktivno regulirati, nadzirati i po potrebi ograničavati brzinu prometovanja (dominantni čimbenik nastanka PN).



Rasprava i zaključak

- Očekivani pad udjela čimbenika PN iz grupe čimbenika „ljudskog faktora“ moguć je u budućnosti između ostalog i zbog:
 - porasta postotnog udjela vozila s većim razinama automatizacije (više međusobno integriranih ADAS sustava),
 - poboljšanja prometne infrastrukture,
 - poboljšanja tehničkih performansi suvremenih cestovnih vozila.



Rasprava i zaključak

- Primjenom ADAS:
 - Smanjenje radnog opterećenja vozača;
 - Povećanje razine izvedbe vozača;
 - Povećanje komfora vozača;
 - Povećanje dinamičkog kapaciteta prometnica kod većih brzina zadržavanjem istog razmaka između dva slijediva vozila;
 - Povećanje sigurnosti svih sudionika u prometu



Rasprava i zaključak

iRI projekt: Istraživanje i razvoj sustava za prepoznavanje umora i distrakcije vozača - DFDM

- Multidisciplinarni pristup i planirana istraživanja unutar IRI projekta DFDM pružiti će dodatni relevantan znanstveni doprinos u vrlo recentnoj sferi istraživanja i razvoja sustava za prepoznavanje umora i distrakcije vozača.
- Razvijeni prototip DFDM sustava ZA DETEKCIJU UMORA I KABINSKIH DISTRAKCIJA s inteligentnom kamerom predstavlja cjelovito rješenje spremno za globalnu komercijalizaciju.
- DFDM sustav će omogućiti sveobuhvatno praćenje ponašanja vozača i pravovremeno ga upozoravati na neprihvatljivo i potencijalno opasno ponašanje.



Europska unija
Zajedno do fondova EU



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
University of Zagreb
Faculty of Transport and Traffic Sciences

www.fpz.unizg.hr

LITERATURA

- [1] Fuller, R.: Towards a general theory of driver behaviour, Accident Analysis and prevention 37, Issue 3, Elsevier, The Netherlands, 2005, pp. 461-472, ISSN: 0001-4575
- [2] Taylor, D. H.: Drivers' galvanic skin response and the risk of accident, Ergonomics, Taylor & Francis, Vol.7, Issue 4, 1964, pp. 439-451, ISSN: 0014-0139
- [3] Rumar, K.: The human factors in road safety, XI ARRB Conference, Australian Road Research Board Proceedings, Vol.11, Part 1, Melbourne, Australia, 1982, pp. 65-78
- [4] Sumpor, D.: Ergonomija u prometu i transportu, fakultetski priručnik, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018., ISBN: 978-953-243-108-7, dostupno na:
<https://www.fpz.unizg.hr/web/ustrojstvo/djelatnik/dsumpor>
- [5] Castro and Cándida, "Visual demands and driving," in Human factors of visual and cognitive performance in driving, Boca Raton, CRC Press, 2008, pp. 2-26.
- [6] S. Singh, "Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey," National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, 2015.
- [7] International Road Transport Union, European Commission Directorate General for Energy and Transport: A Scientific Study "ETAC" European Truck Accident Causation, 2007.
- [8] Automatizirana vožnja: Razine automatizacije vožnje prema SAE International standardu J3016, dostupno na:
https://web.archive.org/web/20170903105244/https://www.sae.org/mis/pdfs/automated_driving.pdf (pristupljeno 21.4.2021.)





Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti

Hvala na pažnji!

Izv. prof. dr. sc. Davor Sumpor (FPZ)

Sandro Tokić, mag. ing. traff. (FPZ)

Mr. sc. Predrag Vidas (Xylon d.o.o.)

Zagreb, 22. listopada 2021.