

Mnenje voznikov o uporabniških vmesnikih za prevzem vodenja pogojno avtomatiziranega vozila

Timotej Gruden, Grega Jakus

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška cesta 25, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: timotej.gruden@fe.uni-lj.si

Drivers' Perspective on User Interfaces for Take Over of a Conditionally Automated Vehicle

Abstract. *A conditionally automated vehicle is expected to drive autonomously under certain conditions, while requiring the driver to be continuously present and able to take over the vehicle when these conditions are no longer met. One very important aspect is the design of a user interface for take over requests. A short survey with 151 participants was conducted where the drivers were asked about their preferred modality and level of information that the interface should provide. The majority preferred an auditory alert with possible additions of tactile alerts and visual information about the category or direction of expected obstacle on road.*

1 Uvod

Avtomatizirana vozila ponujajo mnogo prednosti v primerjavi s klasičnimi vozili. Poleg možnosti souporabe, zagotavljanja mobilnosti starejšim, povečanja časovne učinkovitosti itd. [1] lahko pripomorejo še k izboljšanju varnosti v cestnem prometu, zmanjšanju porabe goriva ter znižanju izpustov toplogrednih plinov. Preden pa bosta znanost in tehnika zmožni doseči popolno avtonomijo vozila v katerem koli voznem okolju, znanstveniki pričakujejo obdobje tako imenovanih »pogojno avtomatiziranih vozil«. Le-ta naj bi samostojno vozila le v vnaprej določenih posebnih primerih (npr. na avtocesti), medtem ko od voznika pričakujejo, da bo prevzel vodenje, v kolikor ta vozila ne bodo več zmožna obvladati situacije. V takem primeru vozilo sproži zahtevo za prevzem vodenja (*angl.* »take-over request« – TOR), voznik pa mora v omejenem času prevzeti nadzor [2]. Za uveljavitev pogojno avtomatizirane vožnje je torej ključnega pomena učinkovito sodelovanje oziroma interakcija med voznikom in vozilom (*angl.* »human-vehicle interaction« – HVI).

V zvezi z oblikovanjem uporabniških vmesnikov za podajanje zahteve za prevzem vodenja je med literaturo mogoče zaznati več inovativnih pristopov. Na primer, Borojeni idr. so preučevali uporabo ambientalne svetlobe [3] in volanskega obroča, ki spreminja obliko [4], za obveščanje voznikov o predlagani smeri zavoja (levo ali desno) v primeru ovire na cesti. Petermeijer idr. so s taktilnim vibracijskim vmesnikom v sedežu vozila posredovali prostorske informacije o predvideni oviri in nato še primerjali enomodalne z večmodalnimi

vmesniki [5], [6]. Poleg tega so ugotavljani, ali smernost dražljaja pri voznikih sproži kakršne koli spontane odzive. Gold idr. so s pomočjo tehnik strojnega učenja poskušali modelirati voznikove odzive, da bi dobil globlji vpogled v dogajanje med prevzemom vodenja [7]. Zelo malo raziskovalcev pa je sistematično sledilo mnenju voznikov o tem, kakšen bi bil njim najprimernejši način za podajanje zahteve za prevzem vodenja vozila. Ključno motivacijo za nastanek pričujočega članka torej predstavlja potreba po analizi in vključevanju mnenja voznikov pri oblikovanju uporabniških vmesnikov za prevzem vodenja.

Z željo po sistematičnem pristopu k analizi mnenja voznikov smo izvedli kratko anketo. Čeprav uporabnikova (voznikova) izbira ne privede nujno do najučinkovitejšega uporabniškega vmesnika, pa lahko neupoštevanje mnenja voznikov povzroči odpor do in posledično neuporabo produkta s takšnim vmesnikom, kar bi lahko v danem primeru pomenilo veliko težavo pri množični uvedbi avtonomnih vozil, kljub njihovim prednostim. V zvezi z uporabniškimi vmesniki pri pogojno avtomatiziranih vozilih so do sedaj poročali le o manjšem številu množičnih raziskav. V najnovejši so Bazilinskyy idr. poročali, da je voznikova izbira vrste dražljaja odvisna predvsem od kritičnosti situacije in da so večmodalni vmesniki med najbolje zaželenimi [8]. V svojem delu so se osredotočili na različne vrste dražljajev (npr. moški ali ženski glas, zvonec, hupa) ter ne zaznajo nujnosti podane zahteve za prevzem vodenja. Naša raziskava pa je vrste dražljajev dodatno razdelila glede na stopnjo informacije, ki bi jih lahko prenesli vozniku, ter dodatno preverjala mnenja voznikov o želenem vedenju vozila med prevzemanjem vodenja. Kot so poročali tudi Bazilinskyy idr., je pomanjkljivost daljših množičnih raziskav ta, da se običajno nanje odzove le zelo zainteresirana javnost. Naše delo temelji na zelo kratki anketi (3–5 minut), kjer udeleženci za sodelovanje niso prejeli nobenega plačila.

Anketo smo želeli zasnovati na način, da bi pridobili vpogled v tri splošne vidike interakcije med voznikom in vozilom med tem, ko vozilo podaja zahtevo za prevzem vodenja. To so: način (modalnost) podajanja zahteve, količina podane informacije in vozne / osebne okoliščine. Ker na slednje navadno ne moremo vplivati, se v tem prispevku osredotočamo le na način podajanja in količino informacije. Dodatno smo vključili še vprašanja o željah glede vedenja vozila med podajanjem zahteve za prevzem vodenja ter odprto vprašanje ob koncu ankete. Natančneje, zastavili smo si naslednja raziskovalna vprašanja o mnenju voznikov:

1. Kakšen je najboljši način (modalnost) za podajanje zahteve za prevzem vodenja?
2. Koliko informacij se voznikom še zdi koristnih med prevzemanjem vodenja vozila?
3. Kako naj se vede vozilo med podajanjem zahteve za prevzem vodenja?

V nadaljevanju je najprej predstavljena uporabljena metodologija (zgradba in način izvajanja ankete), sledi poglavje z rezultati ankete, nato še kratka razprava in zaključek.

2 Metodologija

2.1 Zgradba ankete

Raziskavo smo zaradi pandemije COVID-19 izvedli na spletni platformi En klik anketa [9]. Sestavljena je bila iz 14 vprašanj, po vsebini razdeljenih v pet skupin:

1. *predhodne izkušnje* (2 vprašanji),
2. *načini (modalnosti) vmesnika* (2 vprašanji),
3. *količina podane informacije* (2 vprašanji),
4. *pričakovano vedenje vozila* (3 vprašanja),
5. *ostalo: demografija, odprta vprašanja* (5 vprašanj).

Obravnavani načini (modalnosti) podajanja informacije preko uporabniškega vmesnika so vključevali:

- vizualne dražljaje (na armaturni plošči),
- slušne dražljaje (pisk),
- taktilne dražljaje (vibracije),
- ambientalne dražljaje (ambientalna osvetlitev).

Voznike smo vprašali tudi, ali se jim zdijo boljši konstantni (statični) ali spreminjajoči se (dinamični) dražljaji. Količino podane informacije (tretja skupina vprašanj) smo razdelili v štiri skupine:

- *obvestilo*: samo zahteva za prevzem vodenja, brez dodatnih informacij;
- *smerno opozorilo*: opozorilo, vključno z informacijami o predvideni lokaciji ovire (npr. zvočni signali iz določene smeri);
- *kategorija*: vnaprej določene možne kategorije vzroka za zahtevo po prevzemu vodenja (vnaprej določeni vzorci dražljajev);
- *opis*: kratek opis situacije, kot jo zazna vozilo (besedilo ali govor).

Poleg naštetega smo voznike vprašali še, ali bi želeli, da vozilo samodejno izvede kakršen koli vnaprej določen manever v primeru zahteve za prevzem, na primer rahlo zavira in / ali omejuje voznikove reakcije.

2.2 Postopek

Naloga udeležencev je bila zagotoviti pristne odgovore na zastavljena vprašanja. Splošno vodilo pri odgovarjanju na vprašanja je bilo: "Kaj od naštetega bi želeli uporabljati v vozilu?" Pri vseh vprašanjih so morali predvidevati, da uporabljajo pogojno avtonomno vozilo na naslednji način:

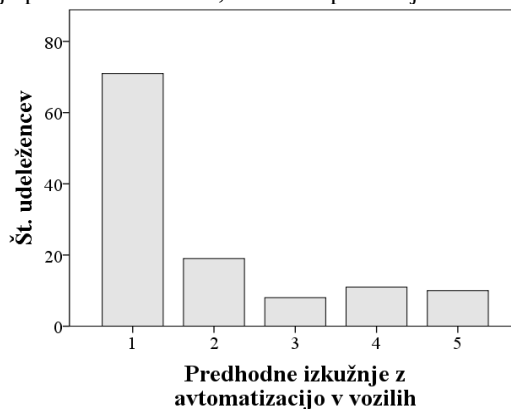
- Vozilo popolnoma samodejno vozi na avtocesti.

- V tem času nemoteno berete novice na mobilnem telefonu.
- Med tem se okoliščine na cesti spremenijo in vozilo ne bo več zmožno voziti samo.
- Vozilo vas bo opozorilo, da morate v nekaj (5) sekundah prevzeti vodenje.

Hiperpovezavo za dostop do ankete smo udeležencem poslali preko laboratorijskega e-poštnega seznama. Ob kliku nanjo je zainteresirane udeležence pozdravila uvodna stran, kjer je bil na kratko opisan namen študije, dolžina (3 strani), izvajalci ter podano soglasje za sodelovanje. Na prvi strani so udeleženci podali stopnjo predhodnih izkušenj z avtomatizacijo v vozilih in odgovorili na vprašanja o načinih – modalnostih podajanja informacije. O smiselni količini podane informacije ter o želenem vedenju vozila med podajanjem zahteve za prevzem vodenja smo jih vprašali na drugi strani, na zadnji pa so sledila še demografska in odprta vprašanja. Po rešeni anketi smo udeležencem ponudili tudi možnost prijave za sodelovanje v uporabniški študiji v simulatorju vožnje, ki bo logično nadaljevanje tega dela. Celoten čas sodelovanja posameznega udeleženca je bil od tri do pet minut (okvirno ena do dve minuti za vsako stran).

2.3 Demografske značilnosti vzorca populacije

Za sodelovanje v raziskavi se je prostovoljno odločilo 151 ljudi (od tega 26% žensk, 74% moških). Posedovanje veljavnega vozniškega dovoljenja je bil edini pogoj za veljavno sodelovanje. V povprečju so imeli sodelujoči vozniki veljavno vozniško dovoljenje $11,25 \pm 10,97$ let. Večina udeležencev je bila starih 21–40 let (80% vzorca). Predhodne izkušnje z avtomatizacijo v vozilih smo zabeležili na petstopenjski lestvici, kjer številka stopnje odraža, koliko izmed naslednjih sistemov avtomatizacije ima udeleženec v svojem avtomobilu: tempomat, radarski tempomat, sistem za ohranjanje voznega pasu (lane-keeping), sistem za samodejno parkiranje in samodejno zaznavanje prometnih znakov; rezultate prikazuje Slika 1.

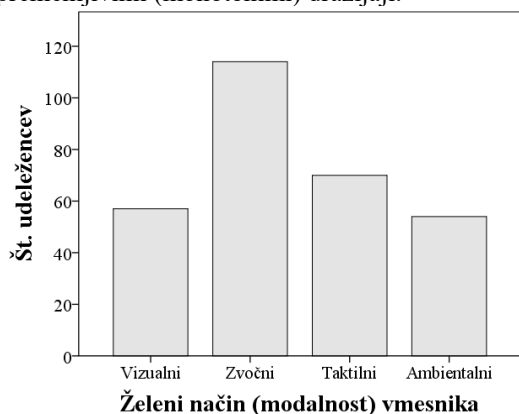


Slika 1. Predhodne izkušnje predstavljajo število podpornih sistemov, ki jih imajo posamezni udeleženci v svojih vozilih.

3 Rezultati

Z anketo smo pridobili 126 veljavnih odgovorov na zastavljena vprašanja. Med neveljavne smo šteli odgovore sodelujočih, ki niso imeli veljavnega vozniskega dovoljenja, ter tistih, ki ankete niso izpolnili do konca.

Kot najprimernejši način za podajanje zahteve za prevzem vodenja vozila je kar 114 od 126 vprašanih določilo *zvočni dražljaj* – pisk. Le okoli 50 vprašanih bi si želelo tudi vizualnega oz. ambientalnega načina podajanja zahteve; nekaj več kot pol sodelujočim (70 od 126) pa se zdi primeren tudi *taktilni dražljaj* – vibracije (Slika 2). Dve tretjini vprašanih sta se odločili v prid spremenljivim (dinamičnim) dražljajem v primerjavi z nespremenljivimi (monotonimi) dražljaji.



Slika 2. Želeni načini (modalnosti) za podajanje zahteve za prevzem vodenja vozila.

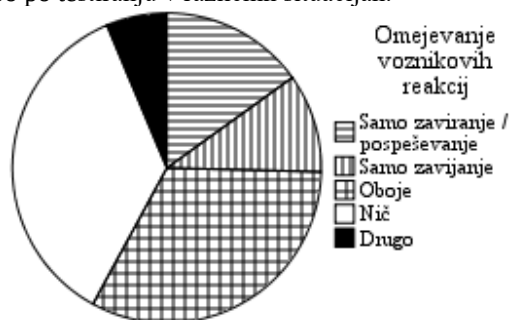
Pri določanju zelene količine prenesene informacije za uspešen prevzem vodenja pa si vozniki niso bili tako enotni. Največ, 37% jih je izbralo le obvestila s čim manj dodatnimi informacijami. 32% vprašanih bi izbralo tudi informacije o možni kategoriji vzroka za zahtevo, 27% pa le dodatno informacijo o predvideni smeri ovire. Voznike smo povprašali tudi po primernih informacijah za prenos preko posameznega načina podajanja zahteve, rezultate prikazuje Tabela 1.

Tabela 1. Skupno število izbir pri vprašanju: "Izberite, katere informacije o zahtevi za prevzem vodenja bi želeli, da vam vozilo poda preko navedenih tipov signalov."

način podajanja zahteve	želena količina informacije				
	nič (ne želim)	obvestilo	obvestilo in smer	kategorija okoliščin	podroben opis
ZVOČNI	1%	46%	32%	15%	7%
VIZUALNI	6%	20%	43%	20%	11%
TAKTILNI	24%	55%	16%	4%	1%
AMBIENT.	31%	46%	17%	7%	0%

Na vprašanje: "Menite, da bi moralo vozilo ob zahtevi za prevzem vodenja tudi samodejno zavirati?" je 75% vprašanih odgovorilo pritrdilno. Glede potrebe / smiselnosti omejevanja voznikovih reakcij, npr. preprečiti blago zaviranje oz. zavijanje, si vozniki niso

enotni (Slika 3). Med prostimi odgovori na to vprašanje se pojavlja predvsem dvom zaradi odvisnosti od posamezne situacije, nekaj odgovorov celo nakazuje na potrebo po testiranju v različnih situacijah.



Slika 3. Odziv voznikov na vprašanje: "Bi moralo vozilo v danem primer (med podajanjem zahteve za prevzem vodenja) omejevati uporabnikove reakcije?"

Poleg navedenega smo voznike povprašali še po njihovem predvidenem prvem odzivu na zahtevo za prevzem vodenja vozila. Večina voznikov (54%) je odgovorila, da bi najprej pogledali na cestišče in reagirali šele po premisleku. 25% voznikov bi nemudoma rahlo zaviralo, 18% pa bi jih nemudoma sunkovito zaviralo.

Pri odprtem vprašanju ("Bi še kaj dodali?") so nekateri udeleženci želeli poudariti pomen zvočnega opozorila, drugi so poudarjali, da ne glede na tip podajanja zahteve le-ta ne sme biti preveč nadležna, tretji so kot obvezno predlagali kombinacijo več opozorilnih sistemov. Skoraj vsem odgovorom pa je bilo skupno, da človek v tako omejenem času za prevzem vodenja (pet sekund) skoraj gotovo ni zmožen izbrati pravilne / primerne odločitve.

4 Razprava

Večini (90%) anketiranih voznikov bi za uspešen sprejem zahteve za prevzem vodenja najbolj ustrezal zvočni vmesnik. Večja naklonjenost k zvočnim dražljajem sicer ni presenetljiva, saj so zvočna opozorila že sedaj zelo pogost način obveščanja o napakah na vozilu. Glede na razmeroma majhno priljubljenost vizualnih dražljajev lahko predvidevamo, da je voznikov vizualni vhodni kanal že preobremenjen z informacijami in zato ne more služiti kot edini vir kritičnih informacij. Posledično bi želeli, podobno kot so to storili nekateri vozniki pri odprtih vprašanjih, poudariti pomen zvočnega opozarjanja voznikov. Kljub temu, da bi se lahko načrtovalcem uporabniških vmesnikov zvočno opozorilo zdelo preveč enostavno, je verjetno ravno to ključna lastnost, ki jo vozniki cenijo v omejenem času. Še več, iz tabele 1 lahko sklepamo, da zvočni vmesnik skoraj nikomur (le 1%) ni odveč oz. skoraj nikogar ne moti, četudi mu ne bi koristil. Smiseln dodatek zvočnemu dražljaju bi bil, glede na mnenja voznikov, taktilni dražljaj, zato bi bilo vredno preučiti vpliv njegove prisotnosti / odsotnosti na kakovost prevzema vodenja. Po drugi strani je potrebna previdnost, saj je kar 24% vprašanih označilo, da

taktilnega vmesnika ne želi (tabela 1), pri tem pa ni pojasnjeno, ali jim je samo odveč, ali celo moteč.

Vozniki so kot njim najprimernejšo želeno količino prenesene informacije izbrali le preprosto opozorilo (37%). Predvidevamo, da njihova izbira zaradi omejenega časa, ki je na voljo, sledi sloganu "manj je več". Zanimivo je še, da je več voznikov dalo prednost informaciji o kategoriji možnega vzroka za prevzem pred opozorilom o predvideni smeri ovire. Če upoštevamo še različne želje voznikov glede na način podajanja informacije (tip vmesnika), lahko zasledimo, da je večina voznikov pripravljena sprejeti dodatne informacije le preko vizualnega vmesnika. Vsi ostali (zvočni, taktilni in ambientalni) naj bi po mnenju voznikov služili le za podajanje opozorila. Verjetno poteka razmišljanje voznikov v smislu: "V tako kratkem času želim le opozorilo, v kolikor pa bom utegnil sprejeti dodatne informacije, se bom najlažje osredotočil na vizualni vmesnik (armaturno ploščo)." Glede na to lahko predlagamo večmodalni pristop z različnimi količinami informacije glede na način njihovega posredovanja. Dober način za privzete nastavitve vozila se zdi opozorilo preko vseh čutnih kanalov z dodatno informacijo o smeri ali kategoriji preko vizualnega vmesnika, v kolikor je taka informacija na voljo.

Po mnenju voznikov bi morala zahteva za prevzem vodenja vozila sprožiti tudi samodejno zaviranje. Kot že večkrat omenjeno, si vozniki namreč priznajo, da se v tako kratkem času verjetno ne bi zmogli odločiti za pravilno reakcijo. S postopnim samodejnim zaviranjem tako ne samo ukrepamo zelo preventivno, ampak zaradi zmanjševanja hitrosti tudi povečamo čas, ki ga ima voznik na voljo za prevzem. Iz odgovorov udeležencev ni jasno razvidno, ali in katere nenadne neželene reakcije bi naj vozilo preprečevalo. Enoznačne rešitve za vsak primer morda ni, verjetno pa bi bilo koristno, da vozniki prejmejo pomoč pri prečni (zavoj) ali vzdolžni (zaviranje) koordinaciji vozila v nekaterih posebnih primerih. To nakazuje možnost uspešnega pristopa z le delnimi prevzemi vodenja kjer bi vozniki lahko prevzeli le prečni ali vzdolžni nadzor nad vozilom, kar dejansko samo zniža stopnjo avtomatizacije, namesto popolnega izklopa.

Z odgovori o predvideni prvi reakciji voznikov na zahtevo za prevzem vodenja lahko ponovno potrdimo potrebo po takojšnjem samodejnim zaviranju, saj bi večina voznikov reagirala šele po tehtnem premisleku in tako izgubila kar nekaj dragocenega časa. Rezultati kažejo tudi, da od voznikov ni moč pričakovati kakršnih koli refleksnih odzivov, čeprav se zdi, da bi pripomogli h kvalitetnejšemu prevzemu. Za to bi lahko poskrbeli s primernim treningom pred prvo uporabo vozila.

5 Zaključek

Rezultati pričujoče raziskave so pomembni in uporabni pri načrtovanju in oblikovanju uporabniških vmesnikov za podajanje zahteve za prevzem vodenja. Za podajanje

zahteve predlagamo uporabo zvočnih in po možnosti tudi taktilnih opozoril ter posredovanje dodatnih informacij preko vizualnega vmesnika.

Ponovno bi želeli opomniti, da izbira voznikov morda ne prinaša najučinkovitejšega vmesnika. Predstavljena raziskava je zato le začetek obsežnejšega načrtovanja in testiranja različnih vmesnikov.

Zahvala

Raziskavo je delno financirala ARRS v okviru raziskovalnega programa ICT4QoL – Informacijsko komunikacijske tehnologije za kakovostno življenje (P2-0246) in projekta Nevrofiziološko in kognitivno profiliranje voznikovskih sposobnosti (L2-8178).

Literatura

- [1] C.-Y. Chan, „Advancements, prospects, and impacts of automated driving systems“, *International Journal of Transportation Science and Technology*, let. 6, št. 3, str. 208–216, sep. 2017, doi: 10.1016/j.ijtst.2017.07.008.
- [2] A. Eriksson in N. A. Stanton, „Takeover Time in Highly Automated Vehicles: Noncritical Transitions to and From Manual Control“, *Hum Factors*, let. 59, št. 4, str. 689–705, jun. 2017, doi: 10.1177/0018720816685832.
- [3] S. S. Borojeni, L. Chuang, W. Heuten, in S. Boll, „Assisting Drivers with Ambient Take-Over Requests in Highly Automated Driving“, v *Proceedings of the 8th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, New York, NY, USA, 2016, str. 237–244, doi: 10.1145/3003715.3005409.
- [4] S. S. Borojeni, T. Wallbaum, W. Heuten, in S. Boll, „Comparing Shape-Changing and Vibro-Tactile Steering Wheels for Take-Over Requests in Highly Automated Driving“, v *Proceedings of the 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications*, New York, NY, USA, 2017, str. 221–225, doi: 10.1145/3122986.3123003.
- [5] S. M. Petermeijer, S. Cieler, in J. C. F. de Winter, „Comparing spatially static and dynamic vibrotactile take-over requests in the driver seat“, *Accident Analysis & Prevention*, let. 99, str. 218–227, feb. 2017, doi: 10.1016/j.aap.2016.12.001.
- [6] S. Petermeijer, P. Bazilinskyy, K. Bengler, in J. de Winter, „Take-over again: Investigating multimodal and directional TORs to get the driver back into the loop“, *Applied Ergonomics*, let. 62, str. 204–215, jul. 2017, doi: 10.1016/j.apergo.2017.02.023.
- [7] C. Gold, R. Happee, in K. Bengler, „Modeling take-over performance in level 3 conditionally automated vehicles“, *Accident Analysis & Prevention*, let. 116, str. 3–13, jul. 2018, doi: 10.1016/j.aap.2017.11.009.
- [8] P. Bazilinskyy, S. M. Petermeijer, V. Petrovych, D. Dodou, in J. C. F. de Winter, „Take-over requests in highly automated driving: A crowdsourcing survey on auditory, vibrotactile, and visual displays“, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, let. 56, str. 82–98, jul. 2018, doi: 10.1016/j.trf.2018.04.001.
- [9] 1KA, „Orodje za anketiranje“, 1KA | Spletne ankete. <https://www.1ka.si/> (pridobljeno jul. 21, 2021).