



IZVEDENSKO MNENJE

Opr. št.: ŠP 1/2017

Namen izdelave izvedenskega mnenja: zadeva za sodišče

Datum: 16. avgust 2017

Kraj: Maribor

Sestava komisije: asist. dr. Sašo Karakatič (predsednik) in Jože Gobar

1. UVOD

Komisija za izvedenstvo Fakultete za elektrotehniko, računalništvo in informatiko (v nadalj. Komisija) je dne 1. 8. 2017 prejelo poziv _____ sodišča v _____ za izdelavo izvedenskega mnenja v zadevi opr. št. II P 378/2017.

Komisija je prejela sledeča vprašanja:

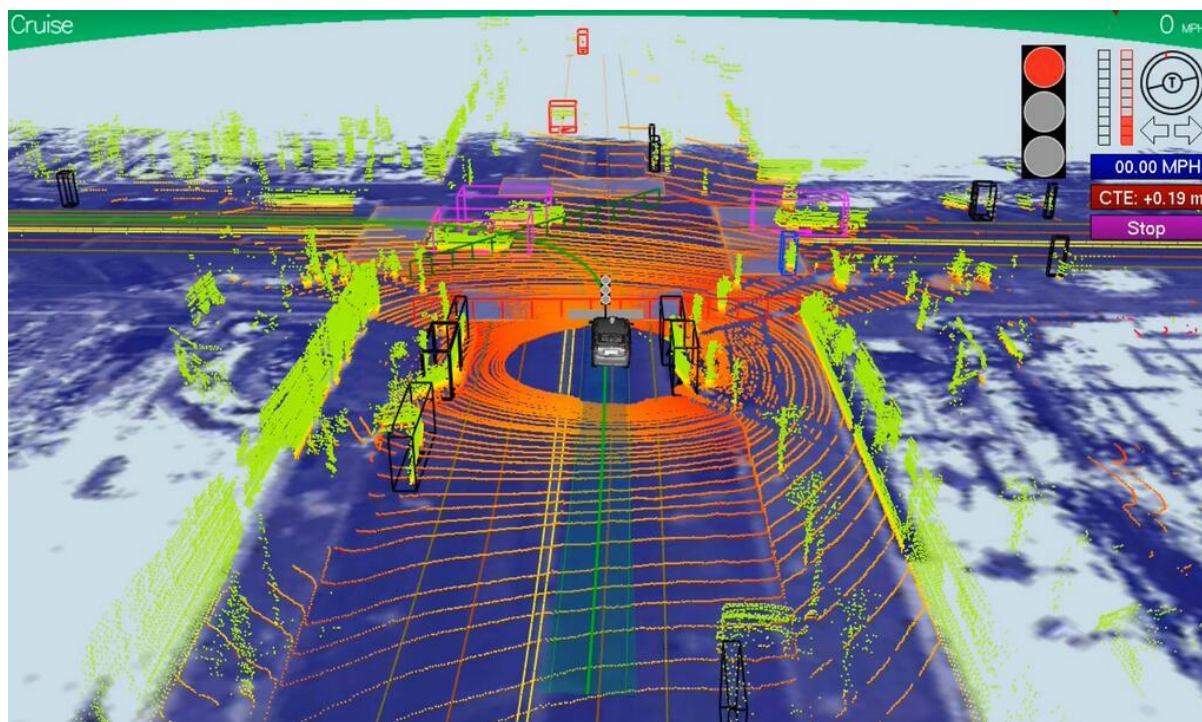
1. Ali je Edison 4 zmožen polno avtomatizirane vožnje do te mere, da za volanom sedi mladoletna oseba in je le-ta zmožna samostojne vožnje v cestnem prometu?
2. Ali bi Edison lahko zaznal svetlična korita kot oviro v obliki zapore ceste?
3. Ali Edison 4 uporabnika opozori na možnost nadgradnje navigacijskega sistema Edison 4?
4. Ali lahko uporabnik ročno vnese posodobitve, kljub temu, da je izključeno avtomatsko posodabljanje sistema?
5. Ali bi z nadgradnjo Update v2.042 vozilo izbralo drugo pot in se izognilo nesreči?
6. S kakšne razdalje Edison zazna ovire ter znake na cesti? Kakšne znake prepozna in kako odreagira ob prometnem znaku, za katerega ne pozna pomena? Bi Edison prepoznal znak prepovedi vožnje, če ne bi bil počekčan z grafiti bele barve?
7. Ali je s tehnološkega vidika mogoče sploh najti kakšen smisel, zakaj je Edison GmbH kot proizvajalec avtomobila sploh omogočil možnost izklopa avtomatske posodobitve, saj so trenutne razmere na cesti ena izmed temeljnih komponent varnosti v cestnem prometu in ali bi lahko proizvajalec zaradi zagotavljanja varnosti cestnega prometa komponento s tehnološkega vidika oblikoval tako, da bi bila uporaba nadgradnje samodejna in obvezna?
8. Kakšna je zanesljivost avtopilota, do kakšne stopnje verjetnosti lahko izračuna potrebne ukrepe za izogniti se nesreči?
9. Kako odloča računalniški algoritem v takih ekstremnih situacijah? Kako majhna bi morala biti verjetnost trka z gospo Koračin, da bi avto zavil na levo?
10. Kako mora ravnati avto, ko zazna oviro?
11. Kako pogosto se programske nadgradnje posodablajo v posameznem avtomobilu?
12. Kako se programske opreme jezikovno uskladijo z državo, kjer avtomobil posameznik vozi? Se lahko jezikovne nastavitve nastavijo s strani vsakega posameznika, ki vozi avtomobil?
13. Na podlagi česa se računa manjša verjetnost škode?
14. Kje je bil Edison testiran?

2. OPIS DELOVANJA SAMOVOZEČIH VOZIL

Samovozeče vozilo je sposobno zaznati stanje svojega okolja in na podlagi informacij iz okolja voziti brez posredovanja človeka. Zaznavanje okolice samovozečega vozila poteka s pomočjo številnih senzorjev, ki so vgrajeni v samo vozilo in so opisani spodaj.

Lidar je sistem za merjenje razdalj z osvetljevanjem okolice z impulzi laserja. Merjenje razdalj poteka tako, da sistem meri pretečen čas med vklopom laserskega impulza in vrnitvijo svetlobe laserskega impulza v senzor. Pretečen čas in valovna dolžina laserske svetlobe (ta se namreč ob odboju spremeni) služita kot vhod v metodo izračuna razdalj. Če to tehniko osvetljevanja okolice z laserjem in merjenjem časov vrnitve svetlobe uporabimo na širšem območju, lahko sestavimo 3D sliko osvetljenega območja. Samovozeča vozila uporabljajo Lidar z 360° kotom merjenja, kar pomeni, da sistem vozila dobi 3D sliko območja v vseh smereh vozila.

Medtem ko Lidar naredi 3D sliko okolice vozila, pa ne uspe zaznati hitrosti posameznih objektov v okolici. Za to imajo samovozeča vozila dodatne senzorje, med katerimi je tudi **radar**. Radar deluje podobno kot sistem Lidar le, da pri tem namesto laserske svetlobe uporabi radijske valove, katere pošlje v okolico in meri čas dokler ne zazna odboj radijskih valov. Različna hitrost laserske svetlobe in radijskih valov omogoča izračun gibanja objektov okolice. Podobno nalogo opravlja tudi **sonar**, ki pa po enakem mehanizmu uporabi visoko frekvenčni (ljudem neslišen) zvok in meri odboj tega zvoka.



Slika 1: Okolica samovozečega vozila sestavljena iz podatkov številnih senzorjev.

Zadnji vhodni podatek samovozečega vozila priskrbijo **video kamere** nameščene na prednjem delu vozila, ki priskrbijo dejansko sliko okolice. Kamere so potrebne, ker povečajo razdaljo, ki jo vozilo zazna.

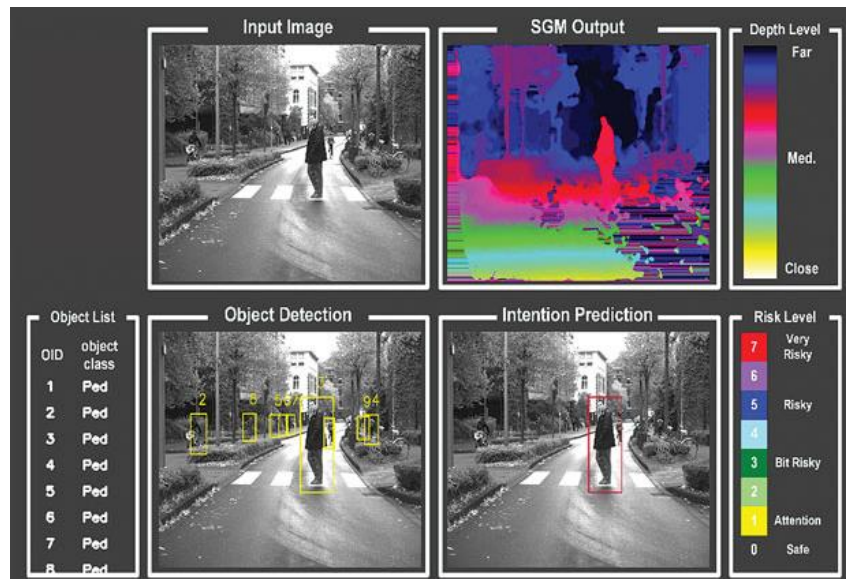
Podatki vseh naštetih senzorjev služijo se dopolnijo s podatkom **giroskopa** (ki meri smer in hitrost gibanja vozila) in služijo kot vhodne vrednosti v sistem, ki zgradi sliko okolice ki je podobna sliki 1.

Ko je slika okolice zgrajena sledi zaznavanje objektov okolice. To poteka s pomočjo algoritma umetne inteligence, ki pri tem uporablja metodo konvolucijskih **nevronskih mrež**. Nevronske mreže so tehnika strojnega učenja, ki se na podlagi že rešenih primerov naučijo klasifikacije. V našem primeru se nevronska mreža uporablja za razpoznavo objektov iz slike okolice. Primer take razpoznave na podlagi le signala iz video kamere je prikazan na sliki 2. Dejansko pa se razpoznavo objektov naredi na podlagi vseh vhodnih signalov (Lidar, radar, sonar, video kamera), ne le na podlagi video kamere, kot prikazuje slika 2.



Slika 2: Razpoznavo objektov iz slike s pomočjo algoritma nevronske mreže.

Objekti, ki jih sistem razpozna so različna vozila na cesti (razlikuje med tipi vozil in stanjem vozila), pešci, kolesarji, motoristi, prometnimi znaki, signalizacija in druga cestna označba, živali, otroci ob cesti, drevesa, ovire na in ob cesti... Za vsak razpoznan objekt, sistem določi stopnjo tveganja, ki jo objekt predstavlja za vozilo (in obratno) v trenutnem stanju. Slika 3 prikazuje ves proces zaznave okolice, določanja razdalj (zgoraj desno), razpoznave objektov (spodaj levo) in zaznavo stopnje tveganja (spodaj desno).



Slika 3: Razpoznava stopnje nevarnosti objektov iz slike s pomočjo nevronske mreže.

Nevronske mreže, ki razpoznavajo objekte v oklici in jim določajo stopnjo tveganja, se kreirajo s pomočjo že rešenih primerov. V času ustvarjanja nevronske mreže, so algoritmu učenja predstavljene slike in video posnetki, kjer so objekti in njihova stopnja tveganja bili označeni iz strani strokovnjakov. Algoritem učenja nevronske mreže deluje tako, da razpozna vzorce iz teh že rešenih primerov in razpoznavo teh vzorcev vgradi v nevronske mreže. Rezultat je model nevronske mreže, ki nato uspešno zna poiskati te vzorce na še ne videnih primerih (na slikah okolice ob sami vožnji). V času učenja nevronske mreže se sistemu prikaže ogromno slik (v našem primeru več kot 150 milijonov ur označenih posnetkov vožnje).

Ko ima sistem zgrajeno sliko okolice in razpoznane vse objekte, se te informacije posredujejo naslednjemu sistemu umetne inteligence, ki na podlagi trenutnega stanja vozila in okolice ter določenega cilja vožnje, upravlja vozilo. Tukaj se uporablja tehnika rekurzijskih nevronske mreže, ki za učenje vožnje prav tako uporabljajo že rešene podatke voženj. V tem primeru so to milijone ur voženj dejanskih voznikov v vseh voznih razmerah: jasna vidljivost, dež, sneg, megla, avtocesta, stranske neasfaltirane ceste, ob šolah in vrtcih, na cestah s polno divjadi in drugimi živalmi, na cestah z mnogo pešci in kolesarji, ki ne upoštevajo cestno prometnih predpisov, situacije nesreč... Ker so podani primeri voženj bili narejeni s pomočjo mnogo voznikov (več kot tisoč), se sistem ne nauči stila vožnje in pomanjkljivosti posameznih voznikov, ampak zazna le vzorce pravilne vožnje ob upoštevanju cestno prometnih predpisov. Prav tako v ta sistem ni mogoče vgraditi eksplicitnih pravil (na primer, zavij na levo, če je znak za obvezno smer v levo), ampak se sistem ta pravila nauči sam iz milijon ur voženj profesionalnih voznikov.

Interpretacija delovanja samovozečih vozil

Interpretacija nevronske mreže (bodisi za razpoznavo objektov ali za upravljanje vozila) je omejena. Model nevronske mreže je skupek milijonov nevronov (en nevron je matematična formula) in povezav med temi nevroni (povezave so predstavljene kot števila, ki povedo kako

močna je povezava med dvema nevronoma). Iz modela nevronske mreže je nemogoče razbrati kateri nevron je odgovoren za razpoznavo pešca ali za zavoj na levo stran, saj nevron z le enim specifičnim namenom ne obstaja. Prav tako je nemogoče predvideti, kakšen bi bil rezultat modela nevronske mreže za specifičen primer (ni mogoče odgovoriti na vprašanje, kako bi vozilo ravnalo, če bi pred vozilo skočil jelen, brez, da tega ne preizkusimo) ali izračunati kakšna je možnost, da bi sistem upravljal z vozilom na specifičen način (ni mogoče odgovoriti na vprašanja kakšne okoliščine rabimo, da bi vozilo zapeljalo iz ceste).

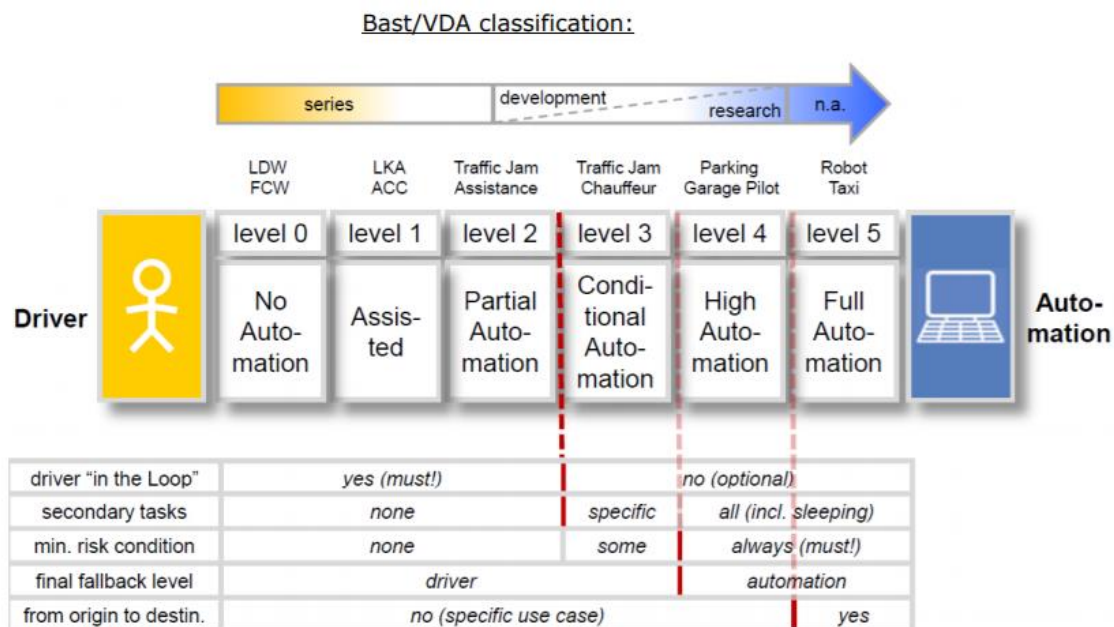
Do določene mere lahko interpretiramo in preiskujemo delovanje sistema samodejne vožnje s **simulacijami**, kamor se naložijo podatki o stanju vozila in okolice v trenutku, ki ga raziskujemo. S spreminjanjem parametrov vozila (na primer hitrost) in okolice (spreminjamo objekte v okolici) lahko preiskujemo kako bi se vozilo obnašalo v različnih situacijah. Take simulacije niso popolna preslikava situacij iz realnega sveta in iz njih ne moramo s popolno zagotovostjo trditi, kako bi se sistem obnašal v realnih situacijah.

3. VPRAŠANJA ZA KOMISIJO

1. Ali je Edison 4 zmožen polno avtomatizirane vožnje do te mere, da za volanom sedi mladoletna oseba in je le-ta zmožna samostojne vožnje v cestnem prometu?

Glede na klasifikacijo evropske komisije (glej sliko 4), je vozilo Edison 4 po strojni opremi (senzorji na vozilu in računska sposobnost računalnika vozila) sposobno popolno samodejne atizirane vožnje pete stopnje (Level 5 na spodnji klasifikaciji), kjer se vozilo lahko samostojno vozi brez nadzora osebe ne glede na situacijo.

Podjetje Edison GmbH oglašuje vozilo Edison 4 kot avtomobil s sistemov samodejne vožnje tretje stopnje iz previdnostnih razlogov in še vedno potekajoče faze razvoja sistema samodejne vožnje. Trenutno stanje sistema samodejne vožnje je, da je vozilo spodobno samodejne vožnje do željnega cilja ob pogoju, da za volanom sedi voznik, ki je sposoben prevzeti nadzor nad vozilo v vsakem trenutku vožnje. To pomeni, da voznik za volanom potrebuje znanje vožnje (narejen vozniški izpit) in popolno koncentracijo na vožnjo. Interakcija z vozilom ni potrebna vse do trenutka, ko vozilo z zvočnim in vidnim signalom (na osrednjem prikazovalniku vozila) sporoči potrebo po posredovanju voznika. Kljub temu, pa je proti pravilom, da je nadzorna oseba za volanom, oseba, ki nima znanja o vožnji (nima opravljenega vozniškega izpita). V preostalem gre za vprašanja pravne narave.



ACC: Automatic Cruise control
 FCW: Forward collision warning
 LDW: Lane departure warning
 LKA: Line keeping assist

Slika 4: Klasifikacije stopnje samostojnosti samovozečih vozil.

2. Ali bi Edison lahko zaznal svetilna korita kot oviro v obliki zapore ceste?

Edison 4 z različnimi senzorji, laserji, radarji in kamerami, ki so nameščeni na vozilu (za podrobnejši opis glej opis delovanja samovozečega vozila), pridobiva podatke iz okolice in tako zajame celotno dogajanje okrog njega, na razdalji vse do 200 m. To mu omogoča, da zazna vse objekte, ki so v njegovi okolici, bodisi mirujoče ali premikajoče (pešci, vozila, živali).

Ne, Edison 4 bi svetilno korito zaznal kot mirujoč objekt, saj vse dojame kot objekte, in ne kot oviro v obliki zapore. Tudi v primeru, da bi se korito nahajalo na istem voznem pasu kot vozilo, bi ga Edison 4 zaznal enako kot mirujoč objekt. To pomeni, da Edison 4 ne bi spremenil načrtovane poti, ampak bi zgolj zmanjšal hitrost ali se zaustavilo. Voznik bi pa moral sam prijeto za volan in obvoziti oviro.

3. Ali Edison 4 uporabnika opozori na možnost nadgradnje navigacijskega sistema Edison 4?

V vozilu Edison 4 je zaslon na dotik med voznikom in sopotnikom na prednji strani vozila, ki služi kot glavni prikazovalnik informacij o stanju vozila. Ta zaslon prikazuje vse programske aplikacije vozila, med drugimi tudi navigacijski sistem. Ko centralni računalniški sistem dobi signal, da obstajajo posodobitve (bodisi aplikacij, celotnega operacijskega sistema ali delov aplikacije, kot na primer zemljevid) o tem obvesti uporabnika z ikono, v velikosti 1cm x 1cm, ki je v vrstici stanja na vrhu zaslona. Če je vklopljeno avtomatsko posodabljanje poteka proces sledeče. Uporabnik lahko sam ročno zažene prenos in namestitev posodobitev v danem trenutku. V primeru neukrepanja uporabnika, se sistem sam posodobi ob najbolj ustreznem trenutku (ko ima vozilo povezavo z mobilnim omrežjem in ko se vozilo ne uporablja in je v mirujočem stanju).

Če se operacijski sistem vozila, aplikacije v sistemu ali zemljevidi, ne uspejo posodobiti, vozilo še vedno deluje normalno. V primeru, da posodobitve vsebuje kritičen popravek (bodisi varnostna posodobitev ali posodobitev ključna za varno delovanje vozila), je uporaba vozila onemogočena vse dokler posodobitve niso nameščene.

Tudi v primeru, da vozilo nima nameščene najnovejše različice zemljevida, je uporaba vozila varna, saj sistem samodejne vožnje ne deluje izključno iz podatkov iz zemljevida. Podatki iz zemljevida služijo zgolj za izračun optimalne poti iz točke A do točke B, sama vožnja samovozečega vozila se pa zanaša na druge senzorje. V primeru, da pride do nepredvidenih sprememb na optimalni poti, vozilo izbere eno izmed alternativnih poti.

4. Ali lahko uporabnik ročno vnese posodobitve, kljub temu, da je izključeno avtomatsko posodabljanje sistema?

Edison 4 nudi tri nastavitve za posodabljanje sistema: avtomatsko (priporočljivo), ročno in izključeno. V tem se tudi razlikuje od konkurentov, saj ti v večini ponujajo zgolj avtomatske posodobitve. Ne glede na nastavljen način nameščanja posodobitev, uporabnik prejme

obvestilo o tem, da je posodobitev na voljo. Glej odgovor na 3. vprašanje za opis delovanja opozoril o posodobitvah.

Nastavitev na "izključeno" pomeni, da bo uporabnik prejel zgolj obvestilo o tem, da je na voljo nova posodobitev. Obvestilo vključuje zgolj osnovne podatke o posodobitvi: ime posodobitve, področje (zemljevid), če gre za posodobitev zemljevida, kritičnost (v danem primeru nekritično, ampak priporočeno s strani proizvajalca). Posodobitev se ob izključenih samodejnih posodobitvah ne bo namestila. V primeru, da bi uporabnik vseeno hotel namestiti posodobitev, bi moral najprej spremeniti nastavitve posodabljanja. Za spremembo nastavitve pa Edison 4 zahteva avtorizacijo s pomočjo posebne PIN kode, ki je v danem primeru uporabnik ni imel, ampak zgolj najemodajalec.

Nastavitev na "ročno" ni primerna za vsakega uporabnika, ampak zgolj za tehnično osebje, strokovnjake, saj omogoča, da uporabnik sam izbere katera posodobitev ali paketi posodobitve se naj namestijo. Zato je ta način primeren za osebe, ki točno vedo, kdaj in katero posodobitev potrebujejo, zakaj potrebujejo posodobitev in kdaj je potrebno namestiti posodobitev. V primeru ročnega načina nameščanja posodobitev, je potrebno pred namestitvijo paketov vnesti avtorizacijsko PIN kodo.

Priporočljiva nastavitev je nastavitev na "avtomatsko nameščanje posodobitev", ki bo namestila vse posodobitve in pakete posodobitev, ki so na voljo v prvem primernem trenutku. Pri tem ne potrebuje posredovanje uporabnika za potrditev namestitve, saj se posodobitve prenesejo, ko je na voljo internetna povezava in namestijo takoj, ko avto ni v uporabi.

Opomba: V določenih situacijah, ko Edison GmbH ugotovi, da je posodobitev programske opreme nujno pomembna in ni bil nameščena znotraj določenega časovnega intervala, zaslon na dotik še enkrat pokaže nekoliko večje obvestilo za namestitev posodobitve (brez možnosti preklica obvestila ali prelaganj namestitve). V tem primeru je uporaba vozila onemogočena vse dokler posodobitev ni nameščena.

5. Ali bi z nadgradnjo Update v2.042 vozilo izbralo drugo pot in se izognilo nesreči?

Da. V nadgradnji sistema različice v2.042 je nadgrajen tudi zemljevid Slovenskega cestnega omrežja. V novejši različici zemljevida je pot, na kateri se je zgodila nesreča, klasificirana kot cona za pešce. Ob posedovanju te informacije bi metoda za izračun optimalne poti izbrala drugo pot. Kljub pomanjkanju te informacije, je vozilo Edison 4 sposobno prilagoditi v primeru zastarelih informacij zemljevida (ugotovitev o stanju vozišča iz znakov, kar pa v našem primeru ni bilo mogoče zaradi prebarvanosti).

6. S kakšne razdalje Edison zazna ovire ter znake na cesti? Kakšne znake prepozna in kako odreagira ob prometnem znaku, za katerega ne pozna pomena? Bi Edison prepoznal znak prepovedi vožnje, če ne bi bil počečkan z grafiti bele barve?

Zaznavanje znakov prometne signalizacije poteka s pomočjo vseh senzorjev za določanje objektov okolice (lidar, radar in sonar) ampak določanje pomena znaka pa poteka s pomočjo slike iz video kamere, ki je na prednjem delu vozila. Sistem zaznavanje prometne signalizacije v razmerah, ki so bile na dan nesreče (20.3.2016), uspešno prepozna vse prometne znake po Dunajski konvenciji o cestnih znakih in signalizaciji na razdalji do 200m.

V primeru, da sistem zazna znak, ampak ga ne prepozna, ga ignorira saj tako oteži manipulacijo s sistemom samovozečega vozila iz strani tretjih oseb s pomočjo obcestnih označb. V primeru, da je cestno prometni znak v človeku nerazumljivi obliki, kot v našem primeru prebarvanosti znaka, ga ne prepozna tudi sistem prepoznave objektov v vozilu. Če znak ne bi bil manipuliran s strani tretje osebe, bi ga sistem zaznave objektov iz okolice, uspešno prepoznal. V našem primeru prebarvanega znaka je prepoznavna znaka za vozilo Edison 4 bila zelo otežena in se je verjetnost napačne prepoznave gibala med 68% in 100%. To pomeni, da prebarvan znak predstavlja veliko težavo za njegovo prepoznavo in s tem predstavlja nevarnost v prometu. Posledice tega so lahko neupoštevanje znakov, vstop v prepovedano območje (kot je bilo v našem primeru) ali zaustavitev vozila in zahteva za posredovanje voznika.

Dokler vozilo Edison 4 pravilno prepozna znake, je tudi sposobno v skladu s cestno prometnimi pravili odreagirati nanje. Ker pa je tehnologija še v fazi razvoja, obstaja verjetnost, da bo Edison v primeru manipulacije narobe zaznal in se narobe odzval na prometni znak, zato mora bit uporabnik o tem obveščen in biti ves čas pripravljen, da prevzame nadzor nad vozilom.

Periferni vid samovozečemu vozilu ne predstavlja takega problema, kot je to pri ljudeh. Senzorji lidar, radar in sonar zaznavajo okolico vozila na razdalji 200m v vseh smereh vozila, ampak je ta slika okolice iz teh radarjev sestavljena zgolj iz oblik, ne pa tudi barv (torej napisov na objektih). Že s pomočjo take slike, sistem uspešno zaznava objekte v okolici (pešce, druga vozila...), ampak ne uspe prebrati vsebine prometnih znakov. Zato se ta slika dopolni s sliko iz kamer, ki so na prednjem delu vozila. Posledica tega je, da je zaznavanje objektov pred vozilom bolj točno, kot zaznavanje objektov, ki niso pred samim vozilom.

7. Ali je s tehnološkega vidika mogoče sploh najti kakšen smisel, zakaj je Edison GmbH kot proizvajalec avtomobila sploh omogočil možnost izklopa avtomatske posodobitve, saj so trenutne razmere na cesti ena izmed temeljnih komponent varnosti v cestnem prometu in ali bi lahko proizvajalec zaradi zagotavljanja varnosti cestnega prometa komponento s tehnološkega vidika oblikoval tako, da bi bila uporaba nadgradnje samodejna in obvezna?

Podjetje Edison GmbH je omogočilo izklop avtomatskih posodobitev z razlogom testiranja novejših in posodobljenih funkcionalnosti tujim razvijalcem strojne in programske opreme.

Ker je sistem samodejne vožnje za enkrat še v fazi javnega testiranja (beta faza testiranja) in razvoja, je izključitev avtomatskih posodobitev še vedno omogočeno.

8. Kakšna je zanesljivost avtopilota, do kakšne stopnje verjetnosti lahko izračuna potrebne ukrepe za izogniti se nesreči?

Statistika kaže, da povprečen voznik (iz držav zahodnega sveta ZDA in EU) povzroči nesrečo vsakih 260.000 km, in 1,09 smrtnih izidov na vsakih 1,6 milijona km. Vozila Edison 4 so s pomočjo sistema samodejne vožnje prevozila več kot 210 milijonov km preden se je zgodila ta nesreča s smrtnim izidom. Čeprav imamo zaenkrat zelo majhen nabor podatkov, že po tem vidimo, da je pogostost nesreč s smrtnim izidom manjša, ko namesto človeškega voznika z vozilom upravlja računalnik. Raziskava neodvisne agencije za varnost cest kaže, da samovozeča vozila (med njimi tudi Edison 4) povzročijo vsaj za 40% manj nesreč.

Ti podatki kažejo na to, da so sistemi samodejne vožnje že trenutno bolj zanesljivi od povprečnega voznika. V prihodnosti, ko se bodo ti sistemi samodejne vožnje še dodatno izpopolnili, lahko pričakujemo še nadaljnjo redukcijo v številu nesreč v primerjavi s človeškimi vozniki, kar pomeni, da bo moralno-etično sporno, da ne bi zahtevali ali vsaj dovolili uporabo samovozečih vozil na naših cestah.

Obnašanje vozila je težko napovedati (glej opis delovanja samovozečih vozil), saj sistem za samodejno vožnjo uporablja nevronske mreže, ki so kot črna škatla, katere delovanje ne moramo razložiti, deluje pa dobro. Sistem samodejne vožnje je bil naučen na več kot 150 milijonih km posnetkov voženj, med katerimi v večjem delu prevladujeta mestna vožnja (več kot 40% posnetkov) in vožnja po avtocestah (več kot 25% posnetkov). Sledita vožnja izven naselij (okoli 20% posnetkov) in vožnja po ostalih vrstah cestišč (makadamska ali drugače neoznačena ali slabo označena cesta). To pomeni, da ima tudi sistem samodejne vožnje največ "izkušenj" na asfaltiranih cestah znotraj naselij in po avtocesta.

9. Kako odloča računalniški algoritem v takih ekstremnih situacijah? Kako majhna bi morala biti verjetnost trka z gospo Koračin, da bi avto zavil na levo?

Interpretacija delovanja sistema samodejne vožnje je zelo otežena. Sistem, ki odloča o vožnji (glej opis delovanja samovozečih vozil), je sestavljen iz številnih modelov nevronske mreže, ki pa so skupek milijonov nevronov in povezav med njimi. Vsak nevron je v sistemu predstavljen z matematično funkcijo. Posledica tega je, da je nevronska mreža v resnici ena zelo ogromna formula, katere delovanje ne moramo pojasniti (temu pravimo metoda črne škatle). Sistem lahko v simulaciji izpostavimo določeni situaciji in tako vidimo, kako bi se odzval, ampak to ne predstavlja popolno preslikavo realnega problema saj težko zajamemo vse dejavnike, ki so vplivali na odločitev sistema v danem trenutku.

Analiza shranjenih podatkov vozila Edison 4, ki je bilo udeleženo v nesreči, je pokazala, da je sistem zaznal veliko možnost trka z gospo Koračin (72%), ampak je glede na okolico in varnost

oseb v vozilo (sistem ne ve, kdo sedi v avtu) vseeno ocenil, da je to najboljša možna odločitev. Sistem je uspešno prepoznal gospo Koračin (z 100% sigurnostjo) in ji dodelil veliko stopnjo tveganja (61%), kar pa je še vedno manjša stopnja tveganja, kot jo je sistem dodelil ulični svetilki (katero je uspešno prepoznal s 100% sigurnostjo) z 82% stopnjo tveganja. Stopnja tveganja je skupna vrednost različnih parametrov, med katerimi sta tudi varnost vozila in varnost samega objekta (glej opis o delovanju samovozečih vozil).

Iz naše simulacije (ponovno poudarjamo, da ni popolna reprezentacija realne situacije), kjer smo rekreirali situacijo trka z gospo Koračin je razvidno, da bi sistem samodejne vožnje reagiral drugače, če bi namesto ulične svetilke bil na tistem mestu drug objekt, ki ne bi predstavljal tako velikega tveganja (gram, ograja ali drugo vozilo). Prav tako, bi se vozilo izognili gospe Koračin, če bi bila gospa bližje vozilu (s tem bi se povečala stopnja tveganja), ali pa če bi poleg gospe Koračin bila v okolici še vsaj ena oseba.

10. Kako mora ravnati avto, ko zazna oviro?

Če Vozilo pravočasno zazna oviro odreagira tako, da nekoliko zmanjša hitrost ali obide oviro. Računalnik ves čas spremlja oviro in izračunava možne scenarije in njihove verjetnosti za trk. Če se verjetnost trka še povečuje, kar pomeni, da je ovira še vedno na cesti, vozilo linearno zmanjšuje hitrost dokler se ne zaustavi. Če ovira v tem času zapusti vozišče vozilo nadaljuje z vožnjo.

V primeru, da se ovira nenadno pojavi v vozilovem vidnem polju lahko avto reagira na dva načina. Prvi način je nenadno zmanjšanje hitrosti do zaustavitve vozila, drugi način pa je nenadna sprememba smeri vožnje v primeru, če računalnik izračuna, da se ne bo zmožal pravočasno in varno zaustavit. V tem primeru se pred posegom sproži zvočno opozorilo, ki voznika nekoliko pripravi na nenadne spremembe.

11. Kako pogosto se programske nadgradnje posodabljaajo v posameznem avtomobilu?

Za model Edison 4 ima podjetje Edison GmbH strategijo izdaje sistemskih posodobitev operacijskega sistema Tomas enkrat tedensko. V primeru, da gre za kritično posodobitev, se lahko posodobitve izdajo tudi prej kot v sedmih dneh od prejšnje posodobitve.

Frekvenca posodobitev posameznih aplikacij je odvisne od proizvajalca teh aplikacij. Posodobitve zemljevida navigacijskega sistema potekajo dnevno, ob tem pa se posodobijo le zemljevidi, ki so že nameščeni v sistemu navigacije (torej zemljevidi okolice, kjer se vozilo nahaja ali jih uporabnik ročno izbere).

12. Kako se programske opreme jezikovno uskladijo z državo, kjer avtomobil posameznik vozi? Se lahko jezikovne nastavitve nastavijo s strani vsakega posameznika, ki vozi avtomobil?

Trenutno podprti jeziki v vozilu Edison 4 so angleščina (US), angleščina (UK), nizozemščina, francoščina, italijanščina, poenostavljena kitajščina (mandarinščina), ruščina, španščina (Španija), španščina (Latinska Amerika), norveščina, japonščina, švedščina in nemščina. Podpore za slovenski jezik še ni. Sistem vozila Edison 4, le ob prvi uporabi vozila, na podlagi GPS položaja preveri ali ima podporo za jezik, ki uraden jezik na tistega področja. Če jezikovni paket uradnega jezika lokacije obstaja, o tem obvesti uporabnika in mu, da možnost spremembe jezika iz privzetega jezika (angleščina US) na predlagan jezik.

Da. Uporabnik vozila ima vedno možnost spremembe jezika. To stori s klikom na ikono za nastavitve, ki se nahaja na glavnem zaslonu, nato pa izbere "Language settings" in izbere enega izmed podprtih jezikov.

13. Na podlagi česa se računa manjša verjetnost škode?

Podjetje Edison GmbH je za učenje vožnje sistem umetne inteligence uporabilo več kot milijon ur posnetkov vožnje več kot tisoč profesionalnih voznikov. V teh posnetkih so zabeleženi tudi sledeči scenariji: nesreče v katerih so bili udeleženi profesionalni vozniki, katerih vožnja se je snemala; nesreče, ki so se zgodile v okolici vozila profesionalnega voznika, ampak snemano vozilo ni bilo udeleženo v nesreči; situacije kjer bi skoraj prišlo do nesreče bodisi vozila profesionalnega voznika ali vozil v okolici. Na podlagi teh posnetkov se je zgradila nevronska mreža (glej opis delovanja samovozečih vozil), ki zna dodeliti stopnjo tveganja za vsak objekt v okolici vozila. V vrednosti stopnje tveganja so zajeti faktorji, kot so nepredvidljivost objekta, možnost trka in stopnja nevarnosti za vozilo in sam objekt. Na podlagi te stopnje tveganja za vsak objekt v okolici vozila, se vozilo samodejno odloči za pot, ki je ocenjena kot najbolj varna za samo vozilo in objekte v okolici.

14. Kje je bil Edison testiran?

Vozilo Edison 4 je prve teste preстал na simulatorju, ki je umetno ustvaril pogoje realnega okolja vožnje. Po uspešno prestanih simulacijah se je testiranje nadaljevalo na poligonu, ki omogoča simuliranje realnih situacij v prometu. Po tem se je testiranje nadaljevalo na do tedaj še Edisonu nepoznanih poligonih. Na teh poligonih je vozilo opravilo test prilagajanja na predvidljivo in nepredvidljivo okolico. V slednjem testu nepredvidljive okolice, je vozilo bilo izpostavljeno številnim oviram (tako stacionarnim, kot tudi premikajočim) različnih oblik, velikosti in hitrosti premikanja.

Končno testiranje pa je potekalo na namensko določenih izvenmestnih in mestnih predelih, na katerih je možno simulirati vse pogoje vožnje. Sledil je prost test, kjer je samovozeč sistem

vozila Edison 4 bil testiran izven namensko določenih predelov na različnih tipih okolice (znotraj naselja, na podeželju, v gozdu, na avtocesti...).

Vsa testiranja so bila izvedena ob prisotnosti profesionalnih voznikov, ki so v primerih neprimerne vožnje prevzeli nadzor nad vozilom in s tem dali signal sistemu učenja samodejne vožnje, kje so napake in kako se popravijo. Tako je samovozeč sistem vozila Edison 4 na vseh vožnjah pridobival podatke, ki se uporabljajo za izboljšanje njegovega delovanja.

asist. dr. Sašo Karakatič
Jože Gobar

