

Implementacija i učinci naprednih elektroničkih pomoćnih sustava (ADAS) u biciklističkoj sigurnosti

Korpar, Brankica

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:493199>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

206 /OMIL/2024

Implementacija i učinci naprednih elektroničkih pomoćnih sustava (ADAS) u biciklističkoj sigurnosti

Brankica Korpar, 4406/336

Koprivnica, rujan 2024. godine



Sveučilište Sjever

Održiva mobilnost i logistički menadžment

206 /OMIL/2024

Implementacija i učinci naprednih elektroničkih pomoćnih sustava (ADAS) u biciklističkoj sigurnosti

Student:

Brankica Korpar 4406/336

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Predrag Brlek

Koprivnica, rujan 2024. godine

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za logistiku i održivu mobilnost		
STUDIJSKI PROGRAM	diplomski sveučilišni studij Održiva mobilnost i logistika		
PROFESOR	Brankica Korpar	JMBAG	4406/336
DATA	09.09.2024.	KOLEGIJ	Sustav sigurnosti u prometu
NASLOV RADA	Implementacija i učinci naprednih elektroničkih pomoćnih sustava (ADAS) u biciklističkoj sigurnosti		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Implementation and effects of advanced electronic assistive systems (ADAS) in cycling safety		
MENTOR	Dr.sc. Predrag Briek, dipl.ing.	STANJE	izvanredni profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc. Vesna Sesar, predsjednica		
	2. doc.dr.sc. Miljenko Mustapić, član		
	3. izv.prof.dr.sc. Predrag Briek, mentor		
	4. doc.dr.sc. Ivana Martinić, zamjenski član		
	5.		

Zadatak diplomskog rada

BROJ: 206/OMIL/2024

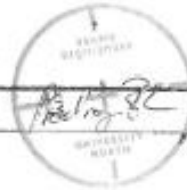
OPIS:

Uvođenjem naprednih sustava pomoći pri vožnji (ADAS) u biciklističkom prometu jedan je od ključnih koraka k unaprjeđenju sigurnosti i udobnosti biciklista na prometnici. Slično kao i u automobilske industriji, gdje su upravo ADAS sustavi već postali standard, tehnološki napredak omogućuje razvoj inovativnih rješenja za smanjenje broja prometnih nesreća i poboljšanje cjelokupno iskustvo vožnje. Ovaj diplomski rad istražuje napredne sustave pomoći vozaču (ADAS) na biciklima s fokusom na poboljšanje sigurnosti i funkcionalnosti cjelokupnog biciklističkog prometa. Analiziraju se različite tehnologije uključene u ADAS sustave za bicikle, uključujući sustave za detekciju mogućih opasnosti, upozorenja vozača te navigaciju i upravljanje rutama. Istražuje se metoda testiranja i integracija ovakvih sustava u modernu biciklističku infrastrukturu. Kroz različite primjere, ističe se kako ADAS sustavi na biciklima pridonose povećanoj sigurnosti sudionika u prometu te potiču daljnji razvoj tehnologije za unaprjeđenje iskustva biciklističke vožnje.

ZADATAK USLOŽN

10. 9. 2024

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE
SIEVER

Predgovor

Prije svega, želim se zahvaliti svom mentoru, prof. dr. sc. Predragu Brleku, čija stručnost, strpljenje i poticaji nisu samo usmjerili moj rad već su me i motivirali da kontinuirano težim izvrsnosti.

Tijekom svog obrazovanja, imala sam privilegiju učiti od izvanrednih profesora koji su svojim znanjem oblikovali moj akademski put.

Veliku zahvalnost dugujem i svojim kolegama, čije su prijateljstvo, podrška i zajednički rad učinili ovo putovanje ugodnijim i produktivnijim.

Najveću zahvalnost dugujem svojim roditeljima, bratu i dečku. Vaša ljubav, podrška i razumijevanje bili su ključni za moj uspjeh te mi omogućili postizanje ovog cilja.

Ovaj diplomski rad je rezultat zajedničkog truda i podrške svih vas. Hvala Vam od srca.

Sažetak

Uvođenjem naprednih sustava pomoći pri vožnji (ADAS) u biciklističkom prometu jedan je od ključnih koraka k unaprijeđenu sigurnosti i udobnosti biciklista na prometnici. Slično kao i u automobilskoj industriji, gdje su pravo ADAS sustavi već postali standard, tehnološki napredak omogućuje razvoj inovativnih rješenja za smanjenje broja prometnih nesreća i poboljšanje cjelokupno iskustvo vožnje. Ovaj diplomski rad istražuje napredne sustave pomoći pri vozaču (ADAS) na biciklima s fokusom na poboljšanje sigurnosti i funkcionalnosti cjelokupnog biciklističkog prometa. Analiziraju se različite tehnologije uključenih u ADAS sustave za bicikle, uključujući sustave za detekciju mogućih opasnosti, upozorenja vozača te navigaciju i upravljanje rutama. Istražuje se metoda testiranja i integracija ovakvih sustava u modernu biciklističku infrastrukturu. Kroz različite primjere, ističe se kako ADAS sustavi na biciklima pridonose povećanoj sigurnosti sudionika u prometu te potiču daljnji razvoj tehnologije za unaprjeđenje iskustva biciklističke vožnje.

Ključne riječi: ADAS sustav, bicikl, sigurnost, biciklistički promet, tehnologija

Summary

The introduction of advanced driving assistance systems (ADAS) in cycling is one of the key steps towards improved safety and comfort of cyclists on the road. Similarly to the automotive industry, where ADAS systems have already become a standard, technological progress enables the development of innovative solutions to reduce traffic accidents and improve the overall driving experience. This thesis explores advanced driver assistance systems (ADAS) on bicycles with a focus on improving the safety and functionality of all cycling traffic. Various technologies included in ADAS bicycle systems, including hazard detection systems, driver alerts, navigation and route management, shall be analysed. The method of testing and integration of such systems into modern cycling infrastructure is explored. Through various examples, it is pointed out that ADAS systems on bicycles contribute to increased safety of road users and encourage further development of technology for improving cycling experience.

Keywords: ADAS system, bicycle, safety, cycling traffic, technology

Popis korištenih kratica

ADAS - Advanced Driver Assistance Systems / Napredni sustavi za pomoć vozaču

ABS - Anti-lock braking system / Sustav protiv blokiranja kočnica

GPS - Global Positioning System / Sustav za globalno pozicioniranje

MIL - Model-in-the-Loop / Model u krug

SIL - Software-in-the-Loop / Softver u krug

HIL - Hardware-in-the-Loop / Hardver u krug

VEHIL - Vehicle Hardware-in-the-Loop / Hardver za vozila u petlji

CQB - Cycling Behaviour Questionnaire / Upitnik o biciklističkom ponašanju

RCP - Rapid Control Prototyping / Brza kontrola izrade prototipa

FMECA - Failure Modes, Effects and Criticality Analysis / Načini otkazivanja, analiza učinaka, i kritičnosti

BSL - Bicycle Smartness Level / Razina pametnosti bicikla

TRL - Technology Readiness Levels / Razine tehnološke spremnosti

C-ITS - Cooperative Intelligent Transport Systems / Kooperativni inteligentni transportni sustav

LIDAR - Light Detection and Ranging / Otkrivanje i klasifikacija svjetla

Sadržaj

1. Uvod	11
1.1. Predmet i problem istraživanja	11
1.2. Svrha i cilj istraživanja.....	12
1.3. Istraživačka hipoteza	12
1.4. Metode istraživanja.....	12
1.5. Struktura rada.....	12
2. Povijest bicikla	14
2.1. Razvoj biciklističke kulture	19
2.2. Razvoj biciklističkog prometa	19
2.3. Trendovi u biciklizmu.....	20
3. Općenito o ADAS sustavima	21
3.1. Implementacija ADAS sustava	21
3.2. Utjecaj ADAS tehnologije na sigurnost u prometu.....	22
3.3. Pravna regulativa ADAS sustava.....	23
3.4. Izazovi u razvoju ADAS sustava	25
4. Detaljan pregled različitih ADAS sustava za bicikliste	29
4.1. Pametne kacige	29
4.2. Radar za bicikl.....	31
4.3. GPS biciklističko računalo	33
4.4. Mjerači snage na pedali.....	35
4.5. Pametno prednje svjetlo	36
5. Primjeri pametnih tehnologija u biciklizmu s Ebike inovacijama	38
5.1. Ebii pametni bicikl	38
5.1.1. Tehničke karakteristike Ebii pametnog bicikla	39
5.1.2. Način rada Ebii pametnog bicikla	40
5.2. Grunner X pametni bicikl.....	41
5.3. E-bike tehnologije: Bosch	42
5.3.1. e-Bike ABS-a iz Boscha.....	42
5.3.2. Način rada.....	43
5.3.3. ABS Cargo	44
5.4. Razlike u percepciji rizika i biciklističkom ponašanju između električnih i konvencionalnih bicikla	44
5.5. Prednosti i nedostaci ADAS sustava	45
6. Razvoj novih biciklističkih tehnologija.....	47

6.1.	Razine tehnologija pametnih bicikla	48
6.1.1	Razina 0	51
6.1.2.	Razina 1	51
6.1.2.1	Sustavi za detekciju i upozoravanja na nesreću	51
6.1.2.2.	Usluga planiranje rute (navigacija)	51
6.1.3.	Razina 2	52
6.1.3.1.	Izbjegavanje sudara	52
6.1.3.2.	Nadzorni sustav	53
6.1.4.	Razina 3	53
6.1.4.1	Pametni sustav za pomoć.....	53
6.1.5.	Razina 4	53
6.1.5.1.	Povezani i kooperativni bicikli	53
6.1.5.2.	Sustavi bicikla bez vozača	54
6.1.6.	Razina 5	54
6.2.	Tehnološka razina spremnosti za bicikle	54
7.	Analiza percepcije i stavova građana o primjeni ADAS sustava na biciklima	55
7.1	Materijali i metode istraživanja.....	55
7.2.	Rezultati istraživanja.....	57
8.	Zaključak.....	71
9.	Literatura	74

1. Uvod

Bicikl je jednostavno prijevozno sredstvo koje se pokreće ljudskom snagom, te predstavlja simbol tehničkog napretka. Tijekom 20. stoljeća uloga bicikla znatno se primijenila, posebice u urbanim sredinama širom svijeta. Budući da svijest o održivosti sve više i više raste kao i potreba za unaprjeđenjem prometne sigurnosti s početkom 1980-tih godina započinje i postavljanje prvih biciklističkih staza u urbanim sredinama, kako bi se povećalo korištenje bicikla kao ekološko prihvatljivog i zdravog načina prometovanja.

U današnjici brzih tehnoloških inovacija, koncept naprednih sustava pomoći pri vožnji (ADAS), šire se i razvijaju i na području biciklizma iako su se ono prvotno razvijali za automobile kako bi se povećala sigurnost i udobnost same vožnje. ADAS sustavi integriraju različite tehnologije kako bi biciklistima pružili slične prednosti koje vozači automobila već koriste, uključujući prepoznavanje moguće opasnosti kontrole brzine, te smanjenje rizika od nesreća.

Ovaj diplomski rad istražuje implementaciju ADAS sustava u biciklističkom prometu, promatrajući njihove ključne karakteristike, potencijalne prednosti i nedostatke za bicikliste u urbanim sredinama kao i tehničke izazove. Kroz povijesni pregled bicikla kao prijevoznog sredstva te razvoj tehnologija u automobilskoj industriji, vidljivo je kako se ADAS sustavi prilagođavaju specifičnim potrebama biciklističke zajednice. Također, istražit će se i postojeće primjene ADAS sustava u biciklističkom prometu i njihov utjecaj na sigurnost, udobnost i efikasnost biciklističkog prometa.

1.1. Predmet i problem istraživanja

Predmet istraživanja ovog diplomskog rada je primjena naprednih sustava pomoći pri vožnji (ADAS) u kontekstu biciklističkog prometa. Problem istraživanja obuhvaća identifikaciju mogućih izazova u implementaciji ADAS sustava u biciklistički promet, kao i zahtjevi i koristi koje upravo ADAS sustavi mogu pružiti biciklistima.

1.2. Svrha i cilj istraživanja

Svrha ovog istraživanja je istražiti primjenu ADAS sustava u konteksti biciklizma s ciljem unaprijeđena sigurnosti, udobnosti i efikasnosti biciklističkog prometa. Ciljevi istraživanja jesu analizirati različite ADAS tehnologije koje se koriste u biciklističkom prometu te istražiti njihove ključne prednosti ali i nedostatke. Također, cilj je procjena percepcije korisnika i stavova javnosti prema integraciji ADAS sustava u biciklistički sektor kako bi se identificirali ključni faktori uspješne implementacije i prihvaćanje te tehnologije.

1.3. Istraživačka hipoteza

Na temelju istraživanja naprednih elektroničkih prometnih sustava (ADAS) u biciklističkoj sigurnosti, definirane su dvije hipoteze. Prva hipoteza ovog rada pretpostavlja se će cijena biti važan faktor u odlučivanju prihvaćenosti ADAS sustave za bicikle. Druga hipoteza odnosi se na inovativnost i doprinos sigurnosti odnosno smatra se da će svi ADAS sustavi biti prepoznati kao sigurni i inovativni.

1.4. Metode istraživanja

Prilikom izrade ovog diplomskog rada primjenjuje se kvalitativne i kvantitativne metode istraživanja. Kvalitativno istraživanje fokusiralo se na analizu pisanih izvora i stručne literature kako bi se dobila dublja analiza povijesti, tehnološkog razvoja i primjene ADAS sustava u biciklističkom sektoru. S druge strane, kvantitativno istraživanje uključilo je prikupljanje i analizu statističkih podataka putem anketa koje su se provodile kako bi se dobili uvidi u stavove, mišljenja i percepciju korisnika i šire javnosti o primjeni ADAS tehnologija u biciklizmu.

1.5. Struktura rada

Ovaj diplomski rad sastoji se od osam poglavlja. Prvo poglavlje ovog rada predstavlja uvodno poglavlje u kojem se analizira predmet i problem istraživanja, s naglaskom na važnost primjene ADAS sustava u kontekstu biciklističke sigurnosti. Postavljeni su svrha te cilj istraživanja, kao i istraživačka hipoteza te metode istraživanja.

Drugo poglavlje „Povijest bicikla“ pruža pogled razvoja biciklističke kulture, razvoja biciklističkog prometa te aktualnih trendova u biciklizmu, što je ključno za razumijevanje konteksta u kojem se razvijaju ADAS sustavi za bicikliste.

Treće poglavlje „Općenito o ADAS sustavima“ istražuje, utjecaj na sigurnost u prometu, pravnu regulativu, izazove u razvoju te strukturu ADAS sustava. Četvrto poglavlje ovog rada „Detaljan pregled različitih ADAS sustava za bicikliste“ obuhvaća analizu karakteristika pametne kacige, radare za bicikl, GPS biciklistička računala, mjerne snage na pedali te pametna prednja svjetla.

Poglavlje pet usmjereno je na primjere pametnih tehnologija u biciklizmu s naglaskom na Ebike inovacije, uključujući tehničke karakteristike i način rada Ebii pametnog bicikla, Grunner X pametnog bicikla te e-bike tehnologije od Boscha, uključujući e-Bike ABS i ABS Cargo sustave, kao i prednosti i nedostatke koje ovi sustavi nude.

Šesto poglavlje „Razvoj novih biciklističkih tehnologija“ predlaže se topologiju za razinu pametnosti bicikla. Ukupno je 5 razina te je svaka od razina objašnjena.

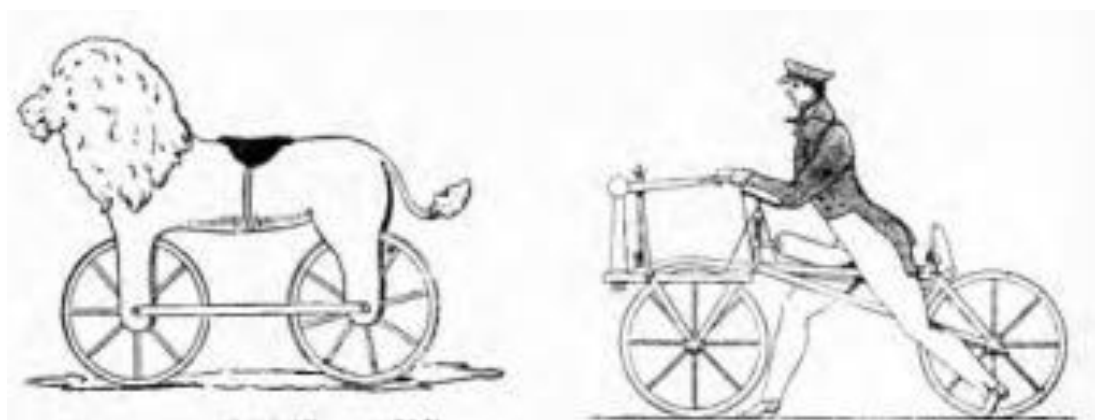
Sedmo poglavlje „Analiza percepcije i stavova građana o primjeni ADAS sustava na biciklima“ detaljno istražuje materijale i metode istraživanja te prezentira rezultate istraživanja koji su ključni za razumijevanje prihvaćanja ovih tehnologija među korisnicima i širom javnosti.

Poglavlje osam „Zaključak“ obuhvaća glavna saznanja i implicira buduće smjernice istraživanja i razvoja ADAS sustava za bicikliste, naglašavajući njihov potencijal za unaprjeđenje sigurnosti i udobnosti biciklističkog prometa, te omogućuje potvrđivanje zadane hipoteze

2. Povijest bicikla

Bicikl je prenosivo prijevozno sredstvo koje omogućuje čovjeku da se prevozi vlastitom snagom, te predstavlja tehničko postignuće relativno nedavne prošlosti. Koncept bicikla započeo je razvoj tek nakon što je čovjek shvatio kako održavati ravnotežu na vozilu s dva kotača. Francuz de Sivrac bio je među prvima koji su to prepoznali, konstruirajući 1790. godine vozilo nazvano „celerifere“, drvenu dvokolicu sličnu konju ili lavu (Slika 1.), koja se pokretala otiskivanjem nogu vozača o tlo.

Slika 1. Slikovni prikaz „celerifere“



Izvor: Tehnička enciklopedija., raspoloživo na: <
<https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/bicikl.pdf>> (02.04.2024.)

Kasnije 1817. godine, Nijemac Karl von Drais izumio je svoju verziju dvokolice nazvanu "draisina", koja je imala zakretljiv prednji kotač, omogućujući vozaču veću kontrolu nad smjerom vožnje. Za daljnji razvoj bicikla zaslužan je Francuz Ernest Michaux koji je 1861. godine osnovao tvornicu dvokolica kojima se prednji kotač direktno okretao pedalima. U periodu kad se direktno zagonio prednji kotač (a dvokolica se upotrebljavala samo za sport) dovelo je nastojanje da se postigne veća brzina do dvokolica sa sve većim prednjim kotačem (Slika 2.); nakon izuma zagona lancem, uz odgovarajući pogonski omjer, dvokolica se vraća konstrukciji s kotačima jednake veličine, koja je mnogo sigurnija i prikladnija za opću upotrebu.[1]

Slika 2. Slikovni prikaz visoke dvokolice



Izvor: Tehnička enciklopedija., raspoloživo na:

< <https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/bicikl.pdf> > (02.04.2024.)

G. 1888 irski veterinar J. B. Dunlop pronalazi pneumatike za kotače, koje je usavršio Welch time što je unutarnju zračnicu smjestio u otvorenu vanjsku gumu s rubovima pričvršćenim za žičane prstene koji se smještaju u žlijeb obruča. Nakon pronalaska pneumatika za kotače 1888. godine od strane škotskog veterinara J. B. Dunlopa, biciklizam je doživio značajan porast popularnosti i počeo se koristiti ne samo u sportske svrhe, već i kao prijevozno sredstvo za svakodnevnu upotrebu. Današnji oblik bicikl je dobio uvođenjem peterokutnog okvira na koncu stoljeća; od daljih usavršavanja treba spomenuti jednosmjernu spojku (spojku slobodnog hoda), nožne kočnice i mjenjače brzine kao dostignuće suvremenog doba.[1]

Slika 3. u nastavku prikazuje turističku dvokolicu u normalnoj izvedbi; u manjoj mjeri grade se dvokolice i u tandem-izvedbi za 2 do 6 osoba (Slika 4.). (Slika 5.) prikazuje nam teretnu trokolicu.

Slika 3. Turistička dvokolica



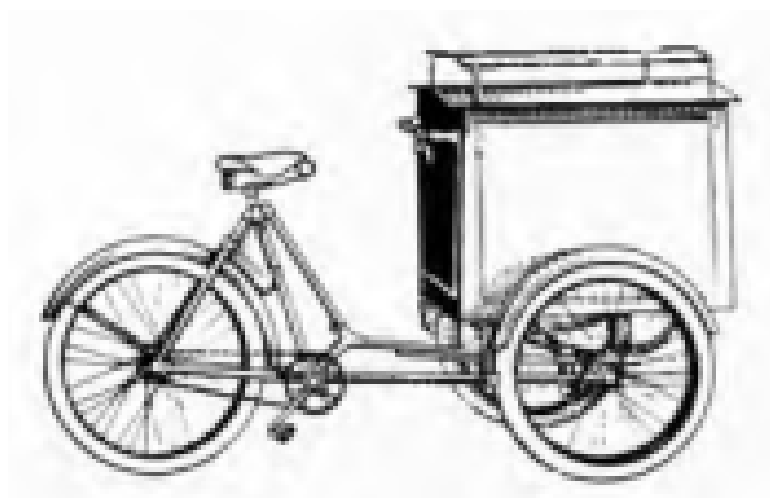
Izvor: Tehnička enciklopedija., raspoloživo na: <
<https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/bicikl.pdf>> (02.04.2024.)

Slika 4. Dvokolice u tandem izvedbi



Izvor: Tehnička enciklopedija., raspoloživo na: <
<https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/bicikl.pdf>> (02.04.2024.)

Slika 5. Teretna trokolica



Izvor: Tehnička enciklopedija., raspoloživo na: <
<https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/bicikl.pdf>> (02.04.2024.)

Prvi bicikli u Hrvatskoj pojavili su se potkraj 1860-ih. Prva biciklistička organizacija, Prvo hrvatsko društvo biciklista, utemeljena je u Zagrebu 1885., a 29. lipnja 1886. na Zrinjevcu je priređena prva biciklistička utrka.[2] Preteču suvremenoga bicikla, velociped (Slika 6.), izložili su na Svjetskoj izložbi u Parizu 1867. otac i sin Pierre i Ernest Michaux, koji su na dotadašnju drezinu, koju je vozač pogonio odguravanjem od tla, postavili ekscentrične pedale kojima se gonio vrlo velik prednji kotač. [3]

Vožnja velocipedom, tada nazvana koturanje, već je početkom 1880-ih postala popularan način prijevoza u gradovima poput Zagreba, Karlovca, Samobora, Varaždina, Jastrebarskog i sela Jurketinec kod Varaždina. Ključan trenutak u razvoju bicikla bio je 1885. godine kada je uveden lančani pogon i kada su se kotači izjednačili po veličini. To je označilo početak evolucije suvremenog bicikla. Uskoro su se takvi bicikli, poznati kao "niski bicikli", pojavili i na zagrebačkim ulicama, osiguravajući brz i učinkovit način prijevoza za građane.

Slika 6. Slikovni prikaz Velocipeda Petra Lukšića



Izvor: Portal hrvatske tehničke baštine.,

raspoloživo na:< <https://tehnika.lzmk.hr/bicikl/> > (02.04.2024.)

Širenje biciklizma tako u Hrvatskoj nije samo potaknulo interes za biciklizmom među građanima, već je također utjecalo i na obrtništvo. Ivan Dirnbacher bio je zagrebački bravar koji je 1890. godine proširio svoje usluge bravarskim radovima na popravke bicikla. Prepoznavši mogući potencijal u proizvodnji bicikla 1895. godine osnovao je Prvu zagrebačku tvornicu dvokolica po nazivom Iliria. Ovaj korak nije samo označio razvoj industrije bicikla u Hrvatskoj već je također pružio lokalnim biciklistima pristup kvalitetnim proizvodima i uslugama vezanim uz bicikle, potičući daljnji rast i popularnost biciklizma u regiji. Tvornica j proizvodila različite vrste bicikla, uključujući: trkače, ženske i tandemske modele. Ovaka široka ponuda bicikla održala je potrebu različitih vrsta i pridonosila raznolikosti opcija dostupnih na tržištu bicikla. Suvremeni bicikl sastoji se od okvira, kotača, pogonskoga i upravljačkog dijela. U sredini okvira nalazi se pogonski lančanik s dvjema pedalama, koji je lancem povezan s lančanikom na stražnjem kotaču. Upravlja se usmjerivanjem prednjega kotača, uležište na u okretnu vilicu s upravljačem (gubernal). [4]

2.1. Razvoj biciklističke kulture

U Zagrebu je 1885. godine osnovano Prvo hrvatsko društvo biciklista, koje je te godine također tiskalo knjižicu pravila-vozni propisi. Ovo je označilo početak organiziranog biciklizma u Hrvatskoj. Nedugo nakon toga počeli su se osnivati i drugi biciklistički klubovi i udruge diljem zemlje koji su se 1894. godine udružili u Savez hrvatskih biciklista sa sjedištem u Zagrebu. Upravo ovaj savez predstavljao je vrlo bitan korak u organizaciji i promociji biciklizma u Hrvatskoj, otvarajući put razvoju biciklističke kulture u zemlji. [1]

2.2. Razvoj biciklističkog prometa

Tijekom 20. stoljeća, bicikl je postao sve više popularno prijevozno sredstvo, posebice u ravničarskim područjima Hrvatske, gdje se često koristio u gradovima i ruralnim područjima. Međutim razmišljanja o važnosti jačanja biciklističkog prometa kao sastavnog dijela gradskog prometa počela se razvijati tek tijekom 1980-tih godina. U tom razdoblju izgrađene su prve biciklističke staze kako bi se potaknula upotreba bicikla kao prijevoznog sredstva u gradovima. Godine 2014., u gradovima poput Koprivnice, Varaždina, Zagreba, Karlovca, Velike Gorice, Osijeka, Ivanić-Grada, Bjelovara, Poreča, Rovinja, Vinkovaca i drugih, izgrađeno je oko 400 kilometara biciklističkih staza. Međutim, ova mreža staza nije zadovoljavala sve potrebe, zbog nekih gradskih mreža koje su bile rascjepkane i nepovezane. Unatoč tome, nastavljaju se graditi nove staze, uređivati parkirališta za bicikle, a za to se zalažu brojne udruge, poput zagrebačkog Sindikata biciklista, Moj bicikl i Hrvatskog biciklističkog saveza. U nekim gradovima poput Zagreba, Šibenika i drugih, postoji sustav javnih bicikla. Danas diljem Hrvatske postoje stotine kilometara turističko-rekreacijskih biciklističkih staza. Iako ove staze nisu namijenjene isključivo prometu u gradovima, doprinose razvoju biciklizma kao rekreacijske aktivnosti te turističke atrakcije. Međutim, rizično ponašanje biciklista i drugih sudionika u cestovnom prometu i dalje je ključno pitanje koje ugrožava sigurnost i zaštitu u vožnji. [5]

2.3. Trendovi u biciklizmu

Biciklizam je podložan kontinuiranim promjenama i inovacijama koje oblikuju različite trendove. Razumijevanje tih trendova ključno je kako bi se industrija prilagodila, promicanje održive urbane mobilnosti te poboljšanja iskustva biciklista širom svijeta. U nastavku ću navesti nekoliko ključnih područja koja su obilježili trendove u biciklizmu.

Kao trenutno najveći trendovi zasigurno jesu električni bicikli koji doživljavaju značajan porast popularnosti u posljednjih nekoliko godina. Zbog sve većih gužvi u prometu ljudi se odlučuju za korištenje upravo električnog bicikla. Njihova sposobnost pružanja podrške vozaču, posebno u urbanim sredinama s brdovitim terenima ili velikim udaljenostima, privlači sve veći broj korisnik na kupnju i korištenje. Osim toga kontinuirano se istražuju nove tehnološke inovacije kako bi se poboljšala učinkovitost, sigurnost i udobnost električnih bicikala. Također, pametna tehnologija postaje sve prisutnija kod primjene bicikla. Integracija senzora, GPS navigacije, pametna svjetla i kamera omogućuju biciklistima sigurniju vožnju, mogućnost boljeg praćenja ruta te povezanost s mobilnim telefonom.

Inovacije u dizajnu bicikla donose razne nove mogućnosti i poboljšanja performansi, udobnosti i estetici bicikla. Korištenje novih materijala, oblika i tehnologija potiče kontinuirani razvoj biciklističke industrije i omogućuje proizvodnju bicikala prilagođenih različitim potrebama i preferencijama korisnika. Razvoj biciklističke infrastrukture ključan je za poticanje biciklizma u urbanim sredinama. Izgradnja biciklističkih staza i traka, biciklističkih prometnih sustava i parkirališta za bicikle stvara sigurnije i udobnije okruženje te potiče da veći broj ljudi koristi upravo bicikl kao način prijevoza.

3. Općenito o ADAS sustavima

Napredni sustavi pomoći pri vožnji, poznati kao ADAS (engl. Advanced Driver Assistance Systems) obuhvaćaju širok spektar sigurnosnih funkcija koje su smišljene kako bi poboljšale sigurnost vozača, putnika i pješaka. Ovi sustavi integriraju se unutar vozila kako bi pružili niz funkcija koje poboljšavaju sigurnost i udobnost vožnje. Njihov cilj je smanjiti učestalost i težinu prometnih nesreća. ADAS sustavi imaju sposobnost upozoravanja vozača na moguće opasnosti, interveniranja kako bi se pomoglo vozaču da zadrži kontrolu vozila kako bi se izbjegla nesreća te ukoliko je nužno smanjenje ozbiljnosti nesreće ako se ne može izbjeći u potpunosti. Ove ADAS tehnologije pružaju dodatnu sigurnost i podršku vozačima z različitim voznim situacijama, omogućujući im da brže reagiraju na nepredviđene događaje i smanje rizik od nesreća. U današnjici pojam ADAS obuhvaća sve veći broj pasivnih i aktivnih sustava koji su dostupni kao opcije ili su postali standard za sve više novih automobila i gospodarskih vozila

3.1. Implementacija ADAS sustava

Automobilski proizvođači razvijaju različite sustave i ugrađuju ih u svoja vozila, prilagođavajući ih specifičnim namjenama. Implementacija svakog ADAS sustava vrlo je složena, jer zahtijeva opsežna testiranja kako bi se osigurala maksimalna provjera i pouzdanost sustava. Godine 1950-te pojavila se prva implementacija ADAS sustava s uvođenjem sustava protiv blokiranja kočnica. Rani ADAS sustavi također uključuju elektroničku kontrolu stabilnosti, nadzor mrtvog kuta, upozorenje o napuštanju trake, prilagodljivi tempomat i kontrolu proklizavanja. Danas veliki broj proizvođača automobila integrira barem osnovne ADAS sustave u svoje novije modele vozila, a s razvojem tehnologije ti se sustavi kontinuirano nadopunjuju i proširuju. Najčešće implementirani sustavi uključuju prilagodljivi tempomat, upozorenja o napuštanju trake, sustave upozorenja o prednjem sudaru, prepoznavanje prometnih znakova, nadzor tlaka u gumama, sustave noćnog vida i otkrivanja objekata te sustave pomoći pri parkiranju. Svaki proizvođač prilagođava i oblikuje ADAS sustave prema specifičnim potrebama i namjeni svojih vozila.[6]

Američka organizacija za ispitivanje proizvoda, poznata kao Consumer Reports, provela je 2020. godine testiranje koje je usporedilo performanse ADAS sustava kod različitih proizvođača automobila. Inženjeri su vozila s uključenim adaptivnim tempomatom i pomoći pri održavanju prometne trake kako bi osigurali da vozilo ostane unutar trake i kontrolira brzinu

putem ubrzanja i kočenja. Vozila koja su zadovoljila oba kriterija bila su uključena u ocjene testiranja. Testiranje je provedeno u pet kategorija: sposobnosti i performanse, održavanje vozača uključenim u vožnju dok sustav radi, jednostavnost korištenja, sigurno korištenje i testiranje bez vozačeve reakcije. Najbolje ocijenjen sustav bio je Cadillac Super Cruise, jer koristi izravno praćenje vozača kako bi upozorio na vozače koji prestaju obraćati pozornost. Razlog zašto je Cadillac Super Cruise rangiran kao najbolji jest taj što sustav koristi malu kameru usmjerenu prema vozačevim očima kako bi procijenio promatra li vozač cestu ispred sebe. Ako sustav utvrdi da vozač ne obraća pozornost, aktiviraju se niz upozorenja poput jarko crvenih svjetala na gornjem rubu upravljača, usporavanje automobila te, na kraju, potpuno zaustavljanje vozila. [6]

Tijekom testiranja uključenosti vozača pri radu ADAS sustava, nijedan sustav nije adekvatno reagirao na neočekivane situacije, poput gradnje, rupa ili drugih objekata na cesti. Sustav koji je postigao najbolje rezultate u nadzoru vozača bio je Cadillac Super Cruise, temeljen na kameri koja prati vozačeve oči. Ostali sustavi zahtijevaju od vozača da povremeno drži ruke na volanu, što ne znači nužno da vozač gleda ispred sebe. Vrlo je važno omogućiti vozačima jednostavno korištenje sustava s jasnim prikazima i jednostavnim kontrolama kako bi vožnja bila što sigurnija. Ispitivači su ocijenili koliko je vozačima bilo lako uključiti i prilagoditi postavke sustava. Također su pregledali količinu informacija prikazanih vozačima te koliko je jednostavno razumjeti što sustav radi. [6]

3.2. Utjecaj ADAS tehnologije na sigurnost u prometu

Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije, godišnje u prometnim nesrećama strada oko 1,3 milijuna ljudi, što prometne nesreće svrstava na osmo mjesto vodećih uzroka smrti globalno. Pored gubitka ljudskih života, prometne nesreće značajno utječu i na ekonomiju. Istraživanja su pokazala da su troškovi smrtnih slučajeva te teško i lako ozlijeđenih osoba u Hrvatskoj, u razdoblju od 2010. do 2019. godine, iznosili minimalno 76,8 milijardi kuna. Također, procjenjuje se da godišnji troškovi prometnih nesreća u Europskoj uniji dosežu 280 milijardi eura, što predstavlja 2% BDP-a Europske unije. [7]

Tablica 1. U nastavku pruža uvid u podatke vezane za prometne nesreće i njihove posljedice u razdoblju od 2018. do 2023. godine za bicikle. Svaka godina prikazuje tri kategorije ozljeda te ukupan broj ljudi koji su bili uključeni u nesreće.

Tablica 1. Broj prometnih nesreća u kojima su sudjelovali biciklisti na području Republike Hrvatske od 2018. do 2023. godine

Godina	Lako ozlijeđene osobe	Teško ozlijeđene osobe	Poginule osobe	Ukupno
2018	739	283	23	1045
2019	592	272	15	879
2020	573	313	12	898
2021	639	306	27	972
2022	714	338	13	1065
2023	678	357	20	1055

Izvor: Izradio autor prema dostupnim podacima

Analizom tablice 1. može se vidjeti fluktuacija o broju prometnih nesreća i njihovim posljedicama kroz promatranih šest godina. Iako je vidljivo da su brojke varirale postoji opći trend koji pokazuje da se broj teško ozlijeđenih osoba često povećava, dok broj poginulih osoba značajno varira iz godinu u godinu pretpostavka je da je mogući razlog pada broja prometnih nesreća u kojem su sudjelovali biciklisti u 2020.-toj godini COVID 19.

Zbog visokog broja i stalnog porasta broja smrtnih slučajeva u nesrećama širom svijeta potrebna je upotreba ADAS sustava. Korištenje ADAS sustava u vozilima može značajno doprinijeti planiranom smanjenju broja žrtava u prometu, jer smanjuje vjerojatnost prometnih nesreća uzrokovanih ljudskom pogreškom. Važnost smanjenja ljudskih pogrešaka u prometu ilustrira istraživanje provedeno za Nacionalni plan sigurnosti cestovnog prometa za razdoblje od 2021. do 2030. godine, koje pokazuje da je čovjek odgovoran za 57% prometnih nesreća.

ADAS sustavi svakodnevno napreduju kroz analizu prometnih nesreća uzrokovanih ljudskim greškama, te se istražuju načini kako bi se takve nesreće mogle spriječiti.

3.3. Pravna regulativa ADAS sustava

Dosadašnjim napretkom u razvoju ADAS sustava pomoći vozaču, stvoreno je mnogo različitih sustava s različitim funkcijama i svrhama unutar samog vozila. Svaki se od tih sustava može svrstati u određenu razinu automatizacije. Međunarodna klasifikacija za automatizirana vozila, koju je izdao SAE Intentional, organizacija koja okuplja inženjere i stručnjake u zrakoplovnoj i automobilske industriji diljem svijeta, pruža sustavnu klasifikaciju ovih tehnologija. Klasifikacija pomaže u razumijevanju različitih razina automatizacije i omogućuje usporedbu različitih naprednih sustava pomoći vozaču.

Prema SAE standardu, razine automatizacije vozila klasificirane su u šest razina (Slika 7.) na temelju dvije kategorije:

- I. Funkcija koje obavlja ljudski vozač
- II. Funkcije u vožnji koje obavljaju automatizirani sustavi

Ova strukturna klasifikacija omogućuje bolje razumijevanje stupnja autonomije i interakcije između vozača i tehnoloških sustava u vozilu. Navedenih šest razina su [8]

Prema klasifikaciji Udruženju inženjera automobilske industrije SAE [8], postoji šest razina autonomije vožnje:

Razina 0: Bez automatizacije – označava sustav koji pruža samo upozorenja vozaču, dok vozač zadržava potpunu kontrolu nad svim sustavima vozila (uključujući brzinu, razmak i smjer)

Razina 1: Pomoć vozaču – podrazumijeva da vozač kontrolira brzinu i razmak ili smjer vozila uz pomoć sustava za pomoć vozaču u vožnji,

Razina 2: Djelomična automatizacija – zahtjeva stalni nadzor vozača nad sustavom, iako sustav u određenim situacijama preuzima potpuno kontrolu nad vozilom

Razina 3: Uvjetna automatizacija – omogućuje vozaču da ne prati vožnju u određenim uvjetima (npr. na autocesti s jasno označenim trakama), ali još uvijek mora biti spreman preuzeti kontrolu vozila u zadanom vremenskom intervalu, ako je to potrebno

Razina 4: Visoka automatizacija – znači da vozač ne mora nadgledati sustav, jer sustav preuzima cjelokupnu kontrolu nad vožnjom, iako u nekim situacijama može biti ne funkcionalan

Razina 5: Potpuna automatizacija – označava potpunu autonomiju sustava, gdje se vožnja odvija bez potrebe za vozačem, čak do te mjere da vozilo ne zahtijeva volan i pedale.

Slika 7. Slikovni prikaz razina autonomije vožnja

	SAE RAZINA 0	SAE RAZINA 1	SAE RAZINA 2	SAE RAZINA 3	SAE RAZINA 4	SAE RAZINA 5
Što čovjek u vozačkom sjedalu mora raditi?	Upravljaate vozilom iako su uključene funkcije pomoći vozaču - čak i ako vaša stopala nisu na pedalama i ne držite volan			Ne upravljate vozilom kada su uključene automatske funkcije pomoći vozaču - čak i ako sjedite u 'vozačkom sjedalu'		
	Morate stalno nadzirati ove funkcije pomoći; morate upravljati, kočiti ili ubrzavati prema potrebi kako biste održali sigurnost			Kada funkcije zahtijevaju, morate voziti	Ove automatske funkcije ne zahtijevaju da preuzmete volan	
	OVE FUNKCIJE PODRŽAVA VOZAČ			OVO SU AUTOMATSKE FUNKCIJE		
Što rade te funkcije	Ove funkcije su ograničene na pružanje upozorenja i trenutnu pomoć	Ove funkcije omogućuju upravljanje ILI pomažu vozaču da koči/ubrzava	Ove funkcije omogućuju upravljanje I pružaju pomoć vozaču pri kočenju/ubrzavanju	Ove funkcije mogu upravljati vozilom u ograničenim uvjetima i neće raditi ako oni nisu zadovoljeni		Ova funkcija može upravljati vozilom u svim uvjetima
Primjer funkcija	<ul style="list-style-type: none"> • automatska kočnica u slučaju nužde • upozorenje na mrtvi kut • upozorenje na napuštanje vozne trake 	<ul style="list-style-type: none"> • funkcija držanja vozne trake ILI • prilagodljivi tempomat 	<ul style="list-style-type: none"> • funkcija držanja vozne trake I • prilagodljivi tempomat u isto vrijeme 	• vozač u prometnim gužvama	<ul style="list-style-type: none"> • lokalni taxi bez vozača • pedale/volan mogu ili ne moraju biti ugrađeni 	• isto kao razina 4, ali funkcije mogu upravljati svugdje u svim uvjetima

Izvor: <https://www.tportal.hr/autozona/clanak/ trebaju-li-nam-uopce-vise-vozaci-autonomna-voznja-je-tema-koja-dobija-sve-vise-na-znacaju-vozacke-dozvole-nam-mozda-vise-nece-niti-trebati-foto-20190603/print>

Razine se primjenjuju na obilježja automatizacije vožnje koja su uključena u bilo koji slučaj cestovnog upravljanja opremljenim vozilom. Kao takvo, iako određeno vozilo može biti opremljeno sustavom za automatizaciju vožnje koji može isporučivati više značajki automatizacije vožnje koje se izvode na različitim razinama, razina automatizacije vožnje prikazana u bilo kojem pojedinom slučaju određena je značajkama koje su uključene. [9]

3.4. Izazovi u razvoju ADAS sustava

Kroz početak 20. stoljeća, automobili su bili rijetki na cestama diljem europskog kontinenta. S obzirom na tu rijetkost, automobilske nesreće su bile neobične, a posljedično tome, nesreće s ozljedama ili gubicima života među putnicima bile su iznimno rijetke. Međutim, nakon dva desetljeća od pojave masovne proizvodnje automobila u SAD-u, broj ozlijeđenih sudionika u prometu počeo je rasti. Čak je 1920. godine u SAD-u broj smrtnih slučajeva u prometu premašio 13 000, što je alarmantan porast u odnosu na prethodne godine [10]

Tek nakon Drugog svjetskog rata, posebno početkom 60-tih godina 20.stoljeća, započinje razvoj zasebnih sigurnosnih sustava i njihovo kasnije povezivanje. U tom razdoblju javlja se ideja o potpuno autonomnoj vožnji automobila pri visokim brzinama, no ne na svima već samo na specijalno pripremljenim prometnicama.

Slika 8. Koncept sigurnog cestovnog prometa uz autonomno vozilo iz ranog razdoblja 60-ih godina



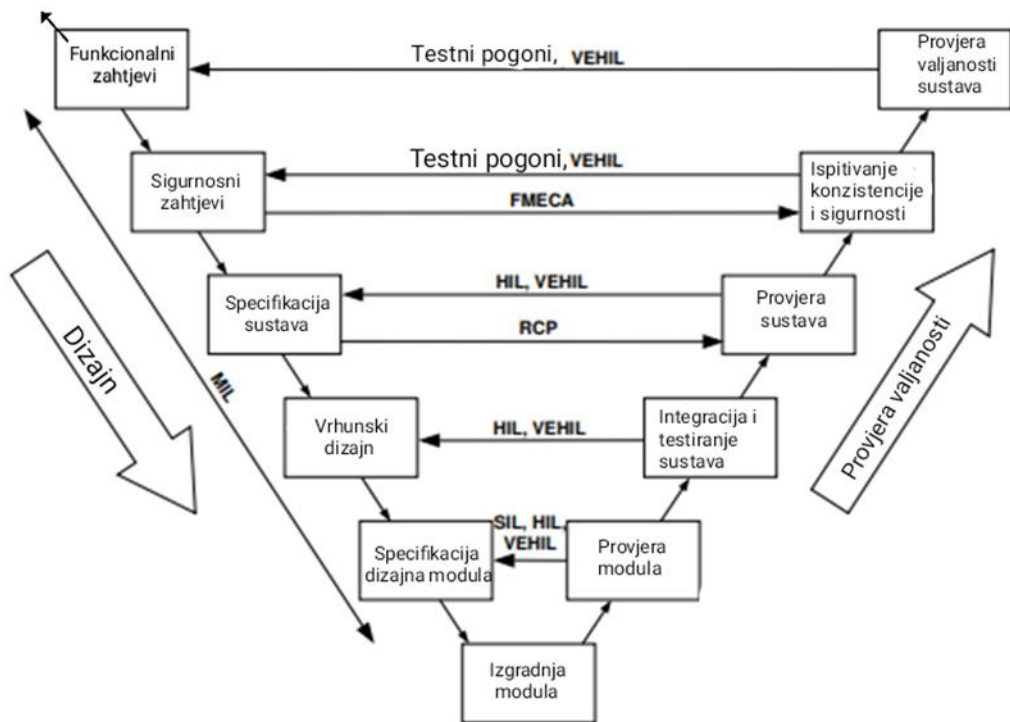
Izvor:

https://www.renesas.com/enus/media/solutions/automotive/adas/autonomous_driving.jpg

U početku razvoja sustava za pomoć vozaču tijekom vožnje, nedostatak računala i ograničena znanost o električnim sensorima usmjerila je pažnju na unaprjeđenje mehaničkih komponenti vozila rad poboljšanja sigurnosti. Iz tog razloga prvi sigurnosni pojas za putnike u osobnom automobilu kao jedna od opcije za ugradnju predstavljen na novijim vozilima proizvođača automobila Nash 1949. godine. Dok su 1955. godine sigurnosni moderni pojasi ugrađeni u automobile. Sam razvoj sustava za naprednu pomoć vozaču počinje definiranjem funkcionalnih zahtjeva koji obuhvaćaju željene funkcije, udobnost vozača te operativna ograničenja. Također, protutijela na pogreške su kritični sigurnosni sustavi koji zahtijevaju visoku pouzdanost, što uključuje pouzdanost, sigurnost te tolerancije na kvarove. Stoga se provode analize opasnosti i rizika kako bi se utvrdili sigurnosni zahtjevi, često u smislu smanjenja stope lažnih alarma (kada ADAS poduzme nepotrebne radnje) i propuštenih prijetnji (u slučaju kada ne uspije pravilno detektirati opasne situacije). Iako se najsuvremeniji sustav mogu pohvaliti alarmima u rasponu od 10^{-5} po kilometru, smatra se da je to još uvijek previsoka stopa [11]

Slika 9. u nastavku rada prikazuje dijagram „V” koji predstavlja sekvencijalne faze projektiranja i validacije u razvoju sigurnosnih automobilskih kritičnih sustava, uključujući korištenje različitih ispitnih alata u tim fazama.

Slika 9. Dijagram „V“



Izvor: https://www.dsc.tudelft.nl/~bdeschutter/pub/rep/05_009.pdf

Iz funkcionalnih i sigurnosnih zahtjeva izrađuje se specifikacija sustava kako bi se precizno definirao način rada sustava. Međutim, zahtjevi u praksi često su teško definirani i podložni su različitim interpretacijama što može rezultirati nevaljanom specifikacijom. Nakon što se specifikacija sustava definira, ona postaje osnova za visoko razredno oblikovanje arhitekture sustava. Slijedi detaljni dizajn modula kao što su senzori okoline, upravljački sustav, aktivatori te sučelja upravljačkog programa. Nakon implementacije pojedinih hardverskih i softverskih modula, integracija sustava se odvija sastavljanjem svih komponenti u potpunom sustavu. Tijekom svake faze integracije, provode se provjere kako bi se osiguralo da rezultat odgovara specifikaciji, kao što nam je i prikazano vodoravnim strelicama na slici 9. Na razini komponente, ovo uključuje testiranje raspona, točnosti te sposobnosti praćenja senzora okoline [12]

Na višoj razini provjera mora se osigurati da integracija s drugim podsustavima ne uzrokuje negativne nuspojave. Budući da provjera samo potvrđuje usklađenost s specifikacijom, greške u tom dijelu mogu rezultirati neispravnim proizvodom. Iz tog je razloga važno provesti validaciju integriranog sustava u odnosu na njegove zahtjeve, posebno u svrhu homologacije i certifikacije. Uobičajeni razvojni proces uključuje nekoliko iteracija, gdje su rezultati verifikacije i validacije koriste za modificiranje specifikacije i dizajn sustava, nakon čega slijedi još jedan ciklus testiranja. Radi potrebe za brzim, fleksibilnim i ponovljivim rezultatima testiranja, različiti simulacijski alati sve se više koriste za dizajn i validaciju kontrolera ADAS-a kako je i navedeno na Slici 9.

4. Detaljan pregled različitih ADAS sustava za bicikliste

Uvođenje naprednih sustava pomoći pri vožnji (ADAS) u biciklizam predstavlja važan korak ka unaprjeđenju sigurnosti i udobnosti biciklista na cesti. Dok se tehnologija ubrano razvija i području automobila, istraživanja i inovacije također se usmjeravaju prema biciklističkom sektoru. U ovom dijelu navedeno je 5. različitih ADAS sustava koji se koriste u biciklizmu te istaknuti njihove ključne karakteristike i potencijalne prednosti za bicikliste u današnjem urbanom okruženju.

4.1. Pametne kacige

U današnjem okruženju gdje se biciklizam sve više afirmira kao popularna rekreacijska aktivnosti i održiviji način prometovanja, prioritiziranje sigurnosti postaje jedan od ključnih faktora. U skladu s time, tvrtka Livall predstavlja inovativno rješenje u obliku pametne kacige za bicikliste, po imenu Smart – Livall BH62 (Slika 10.). Osim klasične uloge u zaštiti glave od ozljeda u slučaju pada, ova kaciga pruža niz dodatnih mogućnosti i funkcija koje unaprjeđuju iskustvo vožnje bicikla.

Slika 10. Kaciga za bicikle Smart- Livall BH62

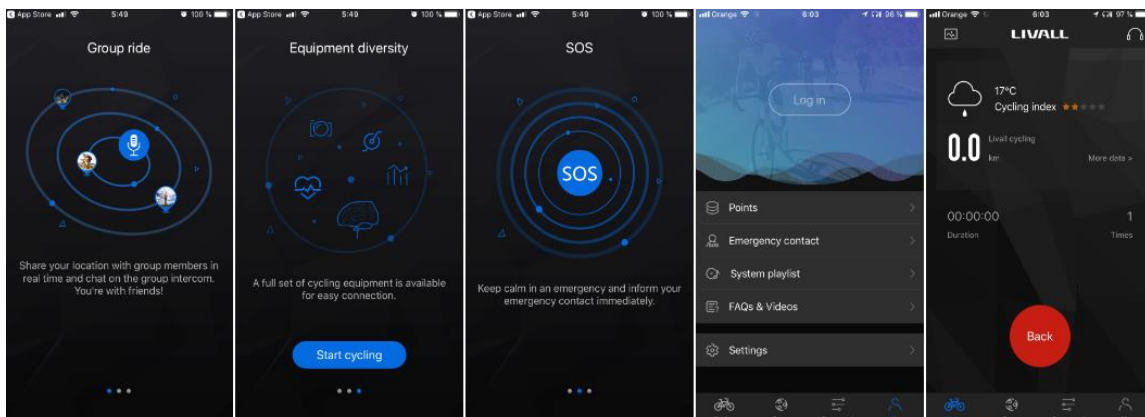


Izvor: <https://www.cool-mania.hr/vanjski/sportska-oprema/kaciga-za-bicikl-smart-livall-bh62>

Jedna od značajki koja izdvaja Smart – Livall BH62 kacigu je integrirani Bluetooth sustav koji omogućuje korisnicima primanje telefonskih poziva i slušanje glazbe tijekom vožnje. Također,

biciklisti imaju mogućnost komunicirati svoje namjere s drugim sudionicima u prometu čime se povećava razina sigurnosti na cesti. Najveća prednost je mogućnost slanja SOS signala i lokaciju korisnika, pružajući dolazak hitne pomoći najkraćem mogućem roku. Ova kaciga osim svih ovih tehničkih karakteristika ima elegantan dizajn s 25 otvora za provjetravanje. Za svakog biciklista osiguravanje vidljivosti na prometnici je ključno za njihovo dnevno i noćno sigurnost. U tom kontekstu korištenje ove pametne kacige postaje idealno rješenje koje istovremeno nudi visoku razinu sigurnosti i funkcionalnosti. Također moguće je i povezivanje s mobilnim telefonom putem aplikacije „Livall Riding“ koje su dostupne za iOS i Android, biciklistima su dostupne i razne značajke koje mogu poboljšati iskustvo vožnje (Slika 11.).

Slika 11. Aplikacija „Livall Riding“



Izvor: <https://www.cool-mania.hr/vanjski/sportska-oprema/kaciga-za-bicikl-smart-livall-bh62>

Kacige tvrtke Livall omogućuju besplatnu komunikaciju putem Walkie-talkie sistema između korisnika, koristeći samo radio odašiljem. Važno je istaknuti i sigurnosnu značajku koju nudi ova pametna kaciga a to je integrirani senzor za detekciju pada. U slučaju nesreće ili pada, ovaj senzor automatski šalje SOS signala zadani kontakt s trenutnom lokacijom korisnika (Slika 12.) koja funkcionira na način da osoba u telefonu označuje osobe kojoj će se poslati obavijest u slučaju nesreće kao i same lokacije gdje se korisnik nalazi. SOS signal ne šalje se odmah nego korisnik ima 90 sekundi da ugasi sam signal, ukoliko od detekcije pada prođe više od 90 sekundi sustav šalje obavijest zadanim kontaktima u telefonu.

Slika 12. Slikovni prikaz rada senzora



Izvor: <https://www.cool-mania.hr/vanjski/sportska-oprema/kaciga-za-bicikl-smart-livall-bh62>

Punjenje kacige vrši se putem 450 mAh punjive baterije koja može osigurati od 10 sati rada na LED signalizaciji te između 3 do 6 sati slušanja glazbe, ovisno o postavkama i intenzitetu korištenja.

Ukupno gledajući Smart – Livall BH62 pametna kaciga predstavlja spoj vrhunske sigurnosti, napredne tehnologije i estetskog dizajna, pružajući korisnicima ne samo osjećaj zaštite već i užitek u svakoj vožnji biciklom.

4.2. Radar za bicikl

U svrhu povećanja svjesnosti o okolini i smanjenja rizika od udara s vozilima otraga razvijen je razvijen je stražnji radar Varia RTL515 (Slika 13.) Ovaj stražnji radar s kamerom i stražnjim svjetlom neprekidno snima vožnju te kombinira s inovativnom tehnologijom s viskom praktičnošću, pružajući biciklistima neophodne alate za sigurniju vožnju. [13]

Jedna od ključnih karakteristika Varia RTL515 je njegova sposobnost pružanja vizualnih i zvučnih upozorenja o vozilima koja se približavaju straga na udaljenosti do 140 metara. Osim toga ovaj radar besprijekorno radi s Garmin biciklističkim računalima, mobilnim uređajima te određenim Garmin nosivim uređajima omogućavajući korisnicima integraciju s aplikacijom Varia za pametne telefone. Putem ove aplikacije biciklisti mogu pratiti svoju okolinu putem grafičkih prikaza u upozorenja tonovima i vibracijama.

Slika 13. Radar za bicikle



Izvor: <https://www.garmin.com/hr-HR/p/698001>

Dodatno, ovaj radar pruža vrhunsku vidljivost tijekom dana na udaljenosti od čak 1 milje, što omogućuje pravovremeno uočavanje biciklista od strane vozača automobila i motocikla. S obzirom na svoj kompaktan dizajn ovaj se radar jednostavno montira na cijev sjedala gotovo bilo kojeg bicikla, čime se povećava i osigurava udobnost tijekom vožnje. Također, nudi nekoliko načina rada uključujući način rada za peloton gdje se omogućuje svjetljenje niskim intenzitetom kako ne bi smetali drugim vozačima u grupi. Trajanje baterije ovog radara je impresivno, pruža do 16 sati u načinu dnevnog bljeskanja i do 6 sati u načinu kontinuirano svjetla, što osigurava minimalna prekidanja vožnje radi punjenja (Slika 14.).

Slika 14. Garmin biciklističko računalo



Izvor: <https://www.garmin.com/hr-HR/p/698001>

Uz sve to navedeno, Varia RTL515 postaje jedan od nezaobilaznih dodataka za svaog biciklista koji želi unaprijediti svoju sigurnost i udobnost tijekom vožnje. Integracija napredne tehnologije u svakodnevnu praksu u biciklizmu predstavlja korak naprijed u ostvarenju sigurnijeg i ugodnijeg okruženja za sve sudionike u prometu.

4.3. GPS biciklističko računalo

GPS biciklističko računalo postaje ključan alat za bicikliste svih razina kako bi mogli unaprijediti svoje performanse i učinili svoje treninge učinkovitijim. Jedan od vodećih modela u ovom području je GPS biciklističko računalo s solarnim punjenjem, poput modela Edge 1040 (Slika 15.).

Slika 15. GPS biciklističko računalo



Izvor: <https://www.garmin.com/hr-HR/p/731136>

Ova tehnološka računala opremljena su Power Glass staklom koje omogućuje solarno punjenje baterije, pridružujući trajanje baterije do 100 sati u načinu rada za uštedu energije ili do 45 sati uz intenzivnu upotrebu. Jedna od ključnih funkcija ovih računala je analiza izdržljivosti i kondicije biciklista. Korisnici mogu pratiti svoju izdržljivost tijekom vožnje i saznati koliko im je snage preostalo. Također, računala pružaju preporučane ciljeve snage kako bi korisnici mogli bolje planirati svoje treninge.

Kontinuirano praćenje performansi biciklista je još jedna važna značajka GPS biciklističkih računala. Korisnici dobivaju uvid u odgovor svog tijela na treninge, praćenje maksimalnog VO₂, vremena oporavka, opterećenja treninga i drugih parametara. Također, računala pružaju korisnicima da ocijene svoj ukupni napor i učinkovitost treninga. Personalizirani planovi treninga su također dostupni putem GPS biciklističkih računala. Korisnici mogu pristupiti preporučenim vježbama dana temeljenim na njihovoj razini i kondiciji i trenutnom opterećenju treninga. Računala omogućuju praćenje aklimatizacije na temperaturu i nadmorsku visinu, pripremajući bicikliste na različite uvijete vožnje. Uz napredno mjerenje parametra bicikliranja i brdskog biciklizma, biciklisti dobivaju detaljne informacije o svojim vožnjama, uključujući broj skokova, udaljenost skoka i vrijeme u zraku. Osi toga, računala ocjenjuju težinu vožnje i lakoću spuštanja niz stazu ,pružajući korisnicima uvid u njihove performanse i napredak.

Sveukupno gledano, GPS biciklistička računala s solarnim punjenjem postaju neizostavni alat za bicikliste koji žele unaprijediti svoje performanse, pratiti napredak i pripremiti se za izazove na stazi. Kroz napredne značajke i personalizirane planove treninga, biciklisti mogu postići svoje ciljeve i postati još bolji vozači.

4.4. Mjerači snage na pedali

Mjerači snage sa senzorom na obje pedale postaju neizostavni alat za bicikliste svih razina kako bi poboljšali svoje performanse i optimizirali treninge (Slika 16.). Rally mjerači snage prošli su temeljite testove pouzdanosti, osiguravajući vrhunsku izvedbu. Njihov elegantan dizajn omogućuje laku integraciju s bilo kojim biciklom, a brza zamjena s bicikla na bicikl pruža praktičnost. [14]

Slika 16. Mjerači snage za pedale



Izvor: <https://www.garmin.com/hr-HR/p/658593>

Osim mjerenja ukupne snage Rally RS200 mjerači snage pružaju dulju analizu parametara bicikliranja. Ova napredna mjerenja omogućuju biciklistima da identificiraju svoje snage i slabosti te prilagode treninge u skladu s tim kako bi maksimizirali svoj napredak

Kompatibilnost s SHIMANO blokejem omogućuje udobnost i pouzdanost tijekom vožnje, bez obzira na teren. Prenosiva osovina omogućuje prilagodljivost u različitim uvjetima vožnje, bilo na cesti ili šljunku.

Baterija s izuzetno dugim trajanjem od 120 sati omogućuje biciklistima da se pripreme za duge vožnje i treninge bez brige o napajanju. Analiza balansa snage između lijeve i desne noge pruža dodatne uvide u simetriju i ravnotežu tijekom vožnje. Praćenje trajanja vožnje u različitim položajima te analiza faze snage i pritiska na pedalu omogućuje biciklistima detaljan uvid u njihovu tehniku i učinkovitost. Pomak od središta platforme omogućuje precizno postavljanje blokeja kako bi se osigurala optimalna pozicija i distribucija snage. Rally mjerači snage na pedali predstavljaju neizostavni alat za bicikliste koji žele maksimalno iskoristiti svoje treninge i postići bolje rezultate na biciklu.

4.5. Pametno prednje svjetlo

Pametno prednje svjetlo postaje neizostavan dodatak za bicikliste svih razina kako bi osigurali svoju sigurnost i vidljivost tijekom vožnje. Varia UT800 prednje svjetlo pruža napredne značajke koje omogućuju automatsko upravljanje svjetlinom, prilagodnu uvjetima osvjetljenja i maksimalnu vidljivost tijekom vožnje (Slika 17.)

Slika 17. Pametno prednje svjetlo



Izvor: <https://www.garmin.com/hr-HR/p/550821>

Kada se upari s kompatibilnim Edge biciklističkim računalom, prednje svjetlo automatski se prilagođava brzini i profilu vožnje, pružajući optimalnu svjetlinu. Također, odabrana Edge računala mogu automatski otkriti uvjete osvjetljenja i prilagoditi svjetlinu svjetla u skladu s njima, što pomaže u uštedi trajanja baterije. Osigurava vrhunsku vidljivost tijekom vožnje

snažnim snopom svjetlosti od 800 lumena. U najsvjetlijem načinu krsnici su vidljivi s udaljenosti veće od 1,6km što doprinosi većoj sigurnosti na cesti. Svjetlo nudi i različite načine svijetljenja, uključujući jaku svjetlost, srednju svjetlost, slabo osvjetljenje, noćno i dnevno bljeskanje, omogućujući prilagodbu postojećim uvjetima vožnje.

Trajanje baterija Varia UZ800 svjetla omogućuje dugotrajnu upotrebu tijekom vožnje. S više načina rada, korisnici mogu maksimalno produžiti trajanje baterije pružajući do 1,5 sati jakog svijetljenja, 3 sata srednjeg svijetla, 6sati slabog svijetljenja, 25 sati dnevnog bljeskanja i 6 sati noćnog bljeskanja. Nenametljiv dizajn i težinu od 160 grama omogućuje različite opcije montaže prednjeg svijetla Varia UT800. Može se montirati na upravljač pomoću prednjeg nosača ili na kacigu pomoću nosača za kasicu ili frikcijskog nosača. pružajući korisnicima fleksibilnost u postavljanju svjetla prema njihovim potrebama i preferencijama

5. Primjeri pametnih tehnologija u biciklizmu s Ebike inovacijama

Pametne tehnologije u biciklizmu, a posebice u segmentu električnih bicikala donose niz inovacija koje značajno doprinose iskustvu vožnje i sigurnosti samog korisnika. Ovakva vrsta tehnologije uključuje napredne sustave pomoći u vožnji, povezanost s različitim mobilnim aplikacijama, umjetnu inteligenciju, ali i različite senzore i softvere zbog optimizacije vožnje.

5.1. Ebii pametni bicikl

Ebii predstavlja pametni bicikl s umjetnom inteligencijom koji je idealan izbor za stanovnike gradova koji traže praktičan način prijevoza (Slika 18.). ovaj proizvod predstavlja vrhunac kreativnosti i inovativne mašte, dizajniran na temelju vodeće svjetske modularne arhitekture e-bicikla, što otvara neograničene mogućnosti.

Slika 18. Prikaz Ebii pametnog bicikla



Izvor: <https://www.acer.com/ebii/hr-hr/index.html#App>

Vožnja e Ebii biciklom je bez napora zahvaljujući pametnim značajkama umjetne inteligencije koje olakšavaju svakodnevno putovanje. Ebii se prilagođava korisnikovom stilu i preferencijama pružajući optimalno i personalizirano iskustvo vožnje. Elegantan dizajn ovog bicikla odlikuje se minimalističkim stilom, karakteriziran čistim linijama i jednostavnošću, što korisniku omogućuje da elegantno prolazi gradskim ulicama.

5.1.1. Tehničke karakteristike Ebii pametnog bicikla

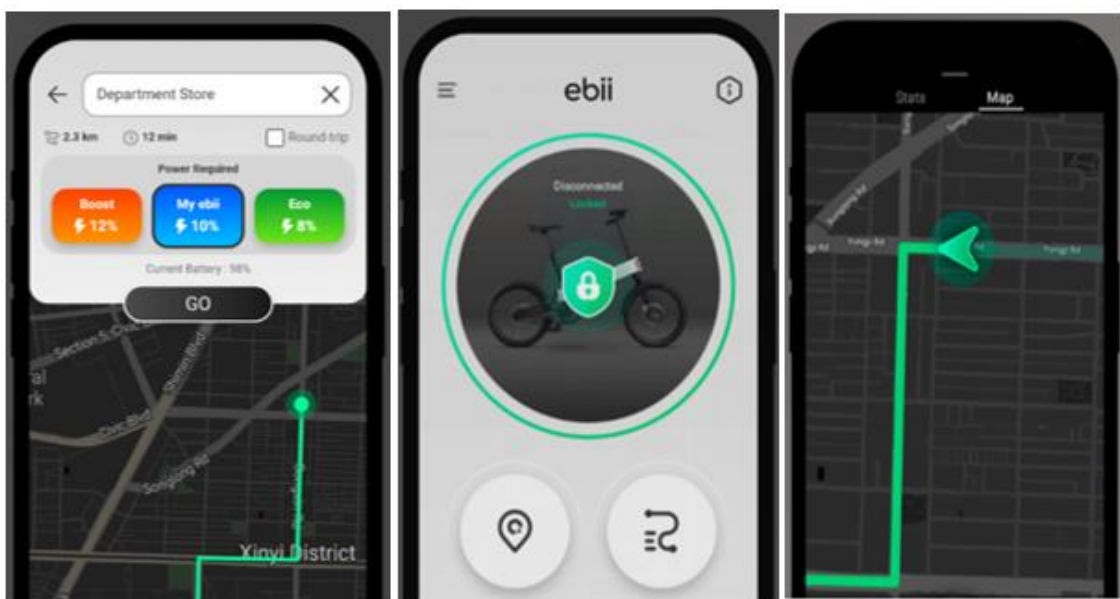
- **Inteligentna kontrola kutija vozila:** Ova kutija sadrži potrebne komponente za vožnju, uključujući bateriju i kontrolnu jedinicu. Njena svrha je olakšati vozačima fokusiranje isključivo na vožnju, oslobađajući ih brige oko tehničkih detalja.
- **Jednostrana vilica:** Vilica je jednostrana radi osiguranja ravnoteže i kontrolirane vožnje, ova karakteristika doprinosi stabilnost bicikla tijekom vožnje i pruža vozačima dodatnu sigurnost.
- **Okvir od legure aluminija:** Okvir bicikla izrađen je od legure aluminija, kombinirajući čvrstoću s lakoćom, ovo osigurava da je bicikl izdržljiv, ali i lak za upravljanje i prijenos.
- **Jednostrani motor:** Ebii pokreće jednostrani motor s glavčinom, što omogućuje visoku učinkovitost u kompaktnim dimenzijama, ovaj motor pruža potrebnu snagu za vožnju, osiguravajući glatku i ugodnu vožnju.
- **EbiiAssist:** Ovaj pametni sustav prilagođava se snazi pedaliranja, uvjetima vožnje i željenoj razini pomoći. Bez obzira na snagu koju biciklist ulaže u pedale ili uvjete na cesti, EbiiAssist će pružiti optimalnu podršku kako bi vožnja bila što ugodnija i efikasnija.
- **Gume ispunjenje pjenom:** Gume su ispunjenje pjenom radi smanjenja problema s ispuhavanjem. Ova karakteristika osigurava bezbrižnu vožnju bez potrebe za redovitim održavanjem guma.
- **Automatsko otključavanje:** ebii ima bežičnu Bluetooth vezu koja omogućuje automatsko zaključavanje bicikla kad se korisnik udalji od njega, te ponovo otključavanje kad mu se korisnik približi, ova značajka dodatno olakšava korištenje bicikla i osigurava sigurnost.
- **Brzo punjenje:** Bateriju ebii bicikla moguće je napuniti za samo 2,5 sata , čime se osigurava brzo punjenje i povratak baterije na 100% kapaciteta u kratkom vremenu.

- Snaga dijeljenja: Osim punjenja, baterija se može koristiti kao i prijenosni punjač za druge uređaje poput telefona ili prijenosnih računala ovo je praktična značajka koja omogućuje višestruku upotrebu baterije.
- Sigurnosne značajke: Ebii je opremljen nizom sigurnosnih značajku, uključujući okolišno svjetlo, senzori koji prepoznaju i upozoravaju vozača o nadolazećim automobilima ili drugim objektima radi sprječavanja sudara, sustav automatskog zaključavanja i GPS pozicioniranje.

5.1.2. Način rada Ebii pametnog bicikla

Korisnik izabere svoj stil vožnje prema svojim preferencijama i planiranju rute uz pomoć aplikacije ebiiGO. Bez obzira želite li korisnik voziti u unaprijeđenom, pametnom ili ekološkom načinu rada, može kombinirati odabrani način s pametnom tehnologijom pomoću, ebiiAssist, za prilagođeno iskustvo vožnje. Postavljanjem telefona na upravljač i prilagođavanjem postavka u pokretu. Mogućnost prevjere stanja baterije, brzine i primanje obavijesti o nadolazećim vozilima u stvarnom vremenu. Aplikacija ebiiGO prikazuje sve podatke u stvarnom vremenu i pamti ih za buduću optimizaciju (Slika 19.). Zahvaljujući algoritmu ebiiAssist, navike korisnika u vožnji se neprestano analiziraju i poboljšavaju, pružajući još bolje iskustvo vožnje.

Slika 19. Prikaz aplikacije EbiiGO



Izvor: <https://www.acer.com/ebii/hr-hr/index.html>

5.2. Grunner X pametni bicikl

Mobile Vehicle Technology je hrvastka tvrtka koja je zaslužna za izradu prototipa poznatijeg kao Grunner MA1. Novi model, Grunner X (Slika 20.) privlači pažnju brojnim inovativnim značajkama koje ga svrstavaju među pametne uređaje. Ovaj bicikl postiže maksimalnu brzinu od oko 45 km/h, a posebnost mu je mogućnost vožnje do impresivnih 350 kilometara s jednim punjenjem baterije. To je značajno više od drugih modela. Grunner X također dolazi s naprednim dodacima uključujući senzore i softvere za detekciju potencijalnih opasnosti od nadolazećih vozila. Vozač je upozoren na opasnosti putem vibracija koje vozač bicikla osjeća na volanu bicikla. Kako bi bicikl bio izgrađen koristila se platforma umjetne inteligencije „Ecolved Modular Mainframe“ i koristi sustav sa mogućnošću samostalnog učenja, što je rijetko u transportnim sredstvima.

Slika 20. Grunner X pametni bicikl



Izvor: <https://bikemagazin.info/pametni-bicikl-iz-hrvatske-osvaja-arape/>

Grunner X također omogućuje nadzor i upravljanje putem pametnog telefona i neprekidno je povezan na Internet putem 3G/4G mreže, omogućujući live video prijenos s kamere ugrađene na biciklu. Opremljen je sustavom za slanje obavijesti korisniku uključujući fotografije potencijalnog lopova. Sustav umjetne inteligencije prikuplja podatke o prometu od svakog korisnika, stvarajući bazu podataka koja omogućuje donošenje prilagođenih odluka ovisno o specifičnom okruženju svakog bicikla. Korisnici ovog e-bicikla mogu dijeliti svoje rute i iskustva s drugima putem posebne platforme, a biciklom se može upravljati putem interneta širom svijeta. Cijena ovog e-bicikla kreće se od 1000 eura za osnovne modele, dok napredniji

modeli koštaju znatno više. Unatoč visokim cijenama, ovi složeni napredni uređaji imaju svoje kupce koji cijene kvalitetu iznad svega. Hrvatska se tako može pohvaliti s dva izuzetno ozbiljna modela na svjetskom tržištu.

5.3. E-bike tehnologije: Bosch

Bosch je vodeća njemačka tvrtka u tehnološkom sektoru i već godinama predstavlja sinonim za inovacije. Njihov angažman bio je ključan u razvoju i proizvodnji sustava za e-bicikle od prvog dana. Za 2023. godinu, Bosch eBike Systems donosi niz novih rješenja koja omogućuju još veću personalizaciju iskustva vožnje. Jedno od najznačajnijih i najnovijih noviteta je Bosch eBike ABS, koji pruža sigurnije kočenje na različitim površinama i u različitim uvjetima. Osim toga, uvodi se i digitalna zaštita od krađe putem nove funkcije EBike Alarm, koja osigurava sigurno odlaganje e-bicikla.

Novosti obuhvaćaju i pametni sustav nazvan The Smart System, koji uključuje kategoriju eCargo. Aplikacija eBike Flow za pametne telefone integrira sve funkcije sustava električnog bicikla, omogućujući korisnicima upravljanje baterijom, zaslonom, upravljačkom jedinicom i motorom. Redovita ažuriranja putem zračnog prijenosa osiguravaju da sustavi uvijek budu ažurni i da se dodaju nove značajke.

5.3.1. e-Bike ABS-a iz Boscha

U prošlosti su mnogi biciklisti izbjegavali korištenje stražnje kočnice iz opreza ili straha. Međutim s dolaskom novog Bosch eBike ABS-a, korisnici mogu uživati u sigurnijem i pouzdanijem kočenju koristeći obje kočnice istovremeno. Ovaj sustav može spriječiti zaključavanje prednjeg kotača i time pomoći u izbjegavanju klizanja. Bez obzira je li korisnik na čvrstim asfaltnim cestama ili skliskim šljunčanim stazama, ovaj sustav osigurava da korisnik ostane siguran na biciklu čak i pri iznenadnim i teškim kočenjima.

Svaki eBike je jedinstven, stoga ne postoji univerzalni ABS. Umjesto toga Bosch eBike ABS pruža odgovarajuću podršku za tip bicikla korisnika, prilagođavajući se korisnikovom načinu kočenja kako bi iskustvo bilo najbolje moguće. Funkcija kočenja protiv blokiranja osigurava da kočnice rade učinkovito i sigurno. Senzori mjere brzinu kotača i automatski prilagođavaju tlak kočnica, osiguravajući optimalno kočenje u svakoj situaciji.

Različiti načini ABS-a prilagođeni su različitim tipovima eBike-a: ABS cargo, ABS Touring, ABS Allroad, ABS Trail. Studije su pokazale da bi se godišnje moglo spriječiti do 29 posto nesreća ako bi svi eBike bili opremljeni ABS-om.

5.3.2. Način rada

Bosch eBike ABS nudi preciznu kontrolu kočenja prednje kotača (Slika 21.). Senzori brzine kotača prate brzinu i sprječavaju zaključavanje prednjeg kotača tijekom intenzivnog kočenja. Ovaj sustav prilagođava pritisak kočenja, poboljšavajući stabilnost i upravljivost eBika, posebno na klizavim površinama. Uz dobro koordinirano kočno ponašanje, vozač dobiva veću kontrolu i stabilnost tijekom vožnje. Inteligentna kontrola stražnjeg kotača smanjuje rizik od nepoželjnog podizanja stražnjeg kotača u slučaju prekomjernog kočenja prednjeg kotača. Ovo smanjuje vjerojatnost izbacivanja preko upravljača i omogućava aktivniju i učinkovitiju uporabu prednje kočnice.

Zaslon Kiox 300 omogućuje pristup informacijama o kočenju te korisnik može pratiti udaljenost kočenja i vrijeme kočenja, što omogućuje moguću analizu i poboljšanje kočionog ponašanja na raznim površinama.

Slika 21. Način rada eBike ABS-a



Izvor: <https://www.bosch-ebike.com/en/products/abs>

5.3.3. ABS Cargo

Nastup eCargo bicikala kao novog lica gradskog prijevoza postavlja visoke zahtjeve na kočioni sustav. U takvim uvjetima, Bosch eBike ABS jamči brže, sigurnije i preciznije kočenje, čak i kada je bicikl potpuno opterećen. Ova tehnologija štiti vozača, teret koji nosi i druge sudionike u prometu, pružajući pouzdanu sigurnost u urbanim okruženjima.

5.4. Razlike u percepciji rizika i biciklističkom ponašanju između električnih i konvencionalnih bicikla

Električni bicikli mogu doprinijeti smanjenju emisija i predstavljaju ugljično pozitivnu alternativu plinskim pogonski oblici motoriziranog prijevoza [15.] Dakle, činjenica da i konvencionalni i e-bicikli imaju značajno porasla tijekom pandemije Covid-19 može se smatrati pozitivnim razvojem [16]

Istodobno, studije otkrivaju da vozači e-bicikla putuju većim brzinama [17] i izvješćuju o novim vrstama sigurnosti incidente koje nisu doživjeli tijekom konvencionalne vožnje biciklom [18]

Provedeno je istraživanje u Danskoj o percepciji rizika i razlikama u samoprijavljenom biciklističkom ponašanju između vozača električnih i konvencionalnih bicikala. Rezultati ove studije otkrili su da su žene, umirovljenici i biciklisti koji žive izvan velikih gradova skloniji koristiti e-bicikl kao glavni način prijevoza u usporedbi s konvencionalnim biciklom. Također je otkriveno da korištenje e-bicikla kao glavnog načina prijevoza pozitivno korelira s većom sviješću o riziku sudara, što bi moglo učiniti vozače e-bicikala opreznijima u prometu. Ovo može biti posljedica povećanog fokusa na društvenim medijima i vijestima o riziku sudara pri vožnji e-bicikla, što je podržano istraživanjima o sigurnosti e-bicikala.

Što se tiče ponašanja biciklista ocijenjenog putem CBQ-a (Cycling Behaviour Questionnaire), otkriveno je da je kršenje prometnih pravila negativno povezano s korištenjem e-bicikala, što ukazuje na to da su korisnici e-bicikala oprezniji u prometu od korisnika konvencionalnih bicikala. Istovremeno, podaci sugeriraju da je veća učestalost samoprijavljenih pogrešaka pozitivno povezana s prometnim prekršajima vozača e-bicikala. Ovo može ukazivati na to da biciklisti nesvjesno doprinose kršenju prometnih pravila zbog svojih pogrešaka.

Pozitivno ponašanje pri vožnji bicikla i veća prijava pogrešaka bili su pozitivno povezani s korištenjem e-bicikala. Ovo može značiti da vozači e-bicikala prave više pogrešaka u prometu,

ali također može značiti da su svjesniji svojih pogrešaka u usporedbi s korisnicima konvencionalnih bicikala. Dobiveni podaci sugeriraju da vozači e-bicikala imaju sigurnosno pozitivno ponašanje pri vožnji bicikla i bolje poznavanje prometnih pravila u usporedbi s korisnicima konvencionalnih bicikala.

5.5. Prednosti i nedostaci ADAS sustava

Napredni sustavi pomoći vozaču donose niz prednosti za bicikliste, ali i nekoliko potencijalnih nedostataka. Jedna od najvećih prednosti je povećana sigurnost. ADAS sustavi, poput prepoznavanja pješaka i vozila te automatskog kočenja, značajno smanjuju rizik od nesreća jer biciklistima omogućuju pravovremeno upozorenje na opasnost koje inače možda ne bi učili na vrijeme. Također, sustavi poput GPS navigacije i pametnih kaciga s ugrađenim kamerama olakšavaju snalaženje u prostoru, što je vrlo korisno u novim urbanim područjima. Osim sigurnosti ADAS tehnologije pružaju i poboljšano praćenje okoline, radari i kamere omogućuju biciklistima bolje razumijevanje situacije oko sebe, čime se smanjuje rizik od prometne nesreće s drugim vozilima ili pješacima. Ovi sustavi također doprinose povećanju svijesti o brzini i udaljenosti vozila koja se približavaju, što je bitno u složenim prometnim uvjetima.

Uz to, ADAS tehnologija poboljšavaju udobnost cjelokupnog biciklističkog iskustava. Sustavi za optimizaciju vožnje, poput automatskog podešavanja električne asistencije ovisno o terenu, omogućuju biciklistima ugodniju i prilagođeniju vožnju. Prikupljanje podataka o vožnji te predikcija mogućih problema dodatno povećavaju sigurnost i personalizaciju iskustva. Povezanost bicikla s mobilnim uređajima i internetom omogućuje biciklistima praćenje rute, dijeljenje podataka s drugima te optimizaciju vožnje, što je još jedna od prednosti za korisnike.

Međutim, ADAS sustavi imaju i određene nedostatke. Prvi i najvažniji je visoka cijena ovakvih tehnologija, što bicikle s ADAS sustavima čini manje pristupačnim za širu populaciju: ovi sustavi najčešće su integrirani u premium modele električnih bicikla, što znači da ih većina biciklista ne može lako priuštiti. Osim toga tehnološki sustavi poput senzora i softvera mogu biti osjetljivi na kvarove ili netočna očitavanja, što može dovesti do lažnih alarma ili nepravovremenih reakcija. To može ugroziti sigurnost bicikla i smanjiti učinkovitost sustava. Još jedan problem je preveliko oslanjanje na tehnologiju, Biciklisti se mogu previše osloniti na ADAS sustave i time smanjit vlastitu pažnju i oprez, što može stvoriti lažan osjećaj sigurnosti. Također, složenost tehnologije može otežati održavanje bicikala, jer ovakvi bicikli zahtijevaju

specijalizirane popravke i servise, što je skuplje i zahtjevnije u usporedbi s tradicionalnim biciklima.

Pitanje privatnosti također postavlja važan faktor jer mnogi ADAS sustavi prikupljaju podatke o vožnji i šalju ih na mrežu, otvarajući potencijalne rizike vezane uz zaštitu privatnosti biciklista. Iako su ADAS tehnologije sve raširenije još uvijek nisu široko dostupne u svim biciklima, osobito u jeftinijim modelima, što ograničava njihovu primjenu na širem tržištu

6. Razvoj novih biciklističkih tehnologija

Nove tehnologije posljednjih su godina postale sastavni dio biciklizma, što je utjecalo na biciklističku sigurnost kao dodatno sredstvo i/ili kao dio samog bicikla. Najzastupljenije tehnologije u ovom pregledu su mrežne tehnologije, GPS i akcelerometri/žiroskopi što je detaljnije prikazano u Tablici 2. Proizvođači bicikala poput Sparte (2016) i Stromera (2017) već su na tržište uveli različite verzije „pametnog e-bicikla”, uključujući protuprovalne sustave. Iako na tržištu postoje bicikli označeni kao „pametni”, ne postoji konsenzus o tome što se može označiti kao „pametni” ili o razinama pametnosti, za razliku od J3016 standarda automatiziranih vozila kojim je definirana automatizirana vožnja.

Povezana vozila opremljena su naprednim ICT-om, što im omogućuje primanje i dijeljenje informacija u povezanom okruženju (tj. komunikacija između vozila i svih) kako bi djelovali [19] Ukratko, sposobnost sustava da izvrši mjere i upotreba informacijskih i komunikacijskih tehnologija smatraju se ključnim parametrima pri definiranju pametnosti bicikla.

Tablica 2. Prikaz tehnologija koje se koriste

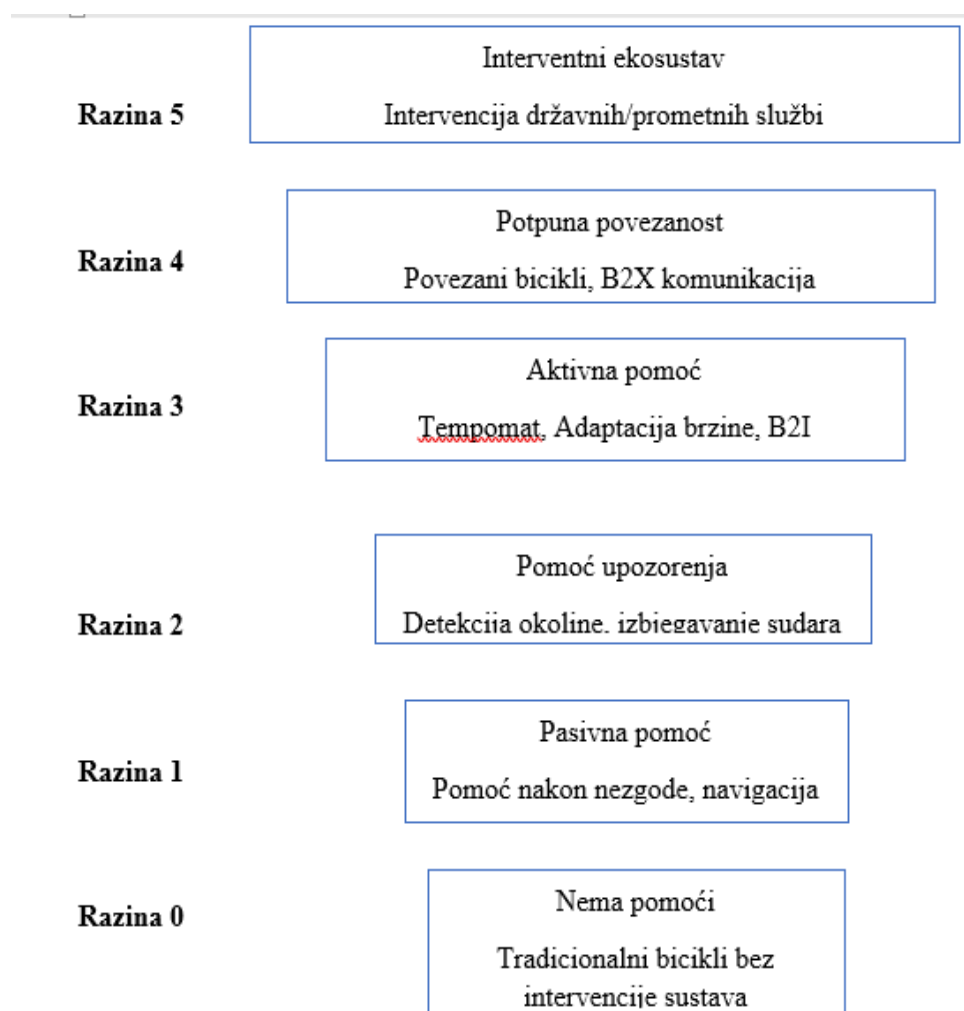
Tehnologija	Područje primjene
Mrežne tehnologije	Nadzorni sustavi, povezani bicikli, navigacija, otkrivanje nezgoda
GPS	Otkrivanje nezgoda, Nadzorni sustavi, povezani bicikli, Sustavi za pomoć
Akcelerometar/žiroskop	Otkrivanje nezgoda, Sustavi za pomoć, autonomni bicikli, Kvaliteta ceste, ponašanje vozača
LIDAR	Izbjegavanje sudara, stražnje otkrivanje, otkrivanje prepreka
Senzori brzine i senzori pedala	Otkrivanje nezgoda, Sustavi za pomoć, povezani bicikli
Radari i ultrazvučni senzori	Otkrivanje nezgoda, Sustavi pomoći, izbjegavanje sudara, otkrivanje prepreka
Kamera	Pomoćni sustavi, otkrivanje prepreka

Izvor: Izradio autor

6.1. Razine tehnologija pametnih bicikla

U nastavku rada predlaže se topologiju za razinu pametnosti bicikla (BSL), uzimajući u obzir dimenzije pametnosti i razine automatizacije vožnje prema SAE standardu (2019). Cilj ove topologije (slika 22.) je premostiti razliku između jasno definirane slike automatiziranih vozila i manje definirane slike u domeni pametnih bicikala. Ova topologija može poslužiti kao temelj za razvoj i uporabu zajedničkog jezika u budućim istraživanjima, čime se izbjegava zabuna između različitih sposobnosti i razina pametnih bicikala. Na ovaj način možemo jasnije definirati funkcionalnosti pametnih bicikala u kontekstu biciklističke sigurnosti.

Slika 22. Prikaz predložene topologije za razinu pametnosti bicikla



Izvor: <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S0144164723000399#f0020>

Tablica 3. Prikaz proširene topologije

Razina pametnosti bicikla	Funkcije	Operacije	Značajke	Tehnologija
0	/	Tradicionalni bicikli i e-bicikli gdje biciklist izvodi sve aktivnosti vožnje	Nema pomoći	/
1	Obavijesti o nesrećama, Navigacijski sustav	Biciklisti obavljaju sve aktivnosti vožnje – sustav automatski šalje SMS jedinicama za hitne slučajeve u slučaju nezgode (zbrinjavanje nakon sudara). Također, sustav može osigurati sigurne rute	Pasivna pomoć	Sustavi za detekciju nezgoda i upozoravanje, Planiranje rute/Navigacija
2	Upozorenje od sudara, otkrivanje okoline, nadzor biciklista, kočni sustav	Biciklisti izvode sve aktivnosti vožnje – ali je bicikl svjestan okruženja, može osjetiti prepreke te upozoravati i pratiti bicikliste	Pomoć pri upozoravanju	Izbjegavanje sudara, nadzorni sustav, sučelje čovjek-stroj i korisničko sučelje
3	Kontrola krstarenja, B2I komunikacija, sustav za prilagodbu brzine	Biciklisti provode većinu aktivnosti vožnje, bicikl može pomoći biciklistima u otkrivanju potrebe za ubrzanjem/usporavanjem i njegovom provedbom,	Aktivna pomoć	Pametni sustav za pomoć

		kao i u prikupljanju i dijeljenju informacija		
4	Povezani bicikli, B2X komunikacija, pomoć pri kočenju, Operativna kontrola brzine	Biciklisti izvode neke od aktivnosti vožnje, bicikl je povezan s drugim biciklima, vozilima i ljudima kako bi predvidjeli putanje/kretanje drugih korisnika. Bicikl si može omogućiti kočnice u kritičnim situacijama	Potpuna povezivost	Bicikli za povezivanje i kooperacijski bicikli, Bicikli bez posade
5	Potpuno povezani bicikli koji omogućuju vladi intervenciju	Biciklisti provode neke od aktivnosti vožnje dok prometna tijela mogu intervenirati, odnosno ograničiti brzinu bicikla, putem povezanog ekosustava.	Intervencijski ekosustav	Sveprisutni napredni računalni sustavi, C-ITS

Izvor: izradio autor

Razvojem novih tehnologija i uvođenjem viših razina pametnosti u stvarnost, bicikli i njihovi sustavi sposobni su osjetiti, obraditi i djelovati pružajući naprednu pomoć biciklistima. Svaka razina uključuje i nadograđuje značajke prethodnih razina. Korištenje elektromotora smatra se obveznim za intervencije brzine.

Na temelju gore navedene klasifikacije važno je pojasniti da trenutačno stanje primijenjenih tehnologija spada u razinu 2, gdje bicikl može obraditi neke informacije i upozoriti bicikliste. Kako bi bicikli dosegli veći BSL, moraju se uzeti u obzir različiti čimbenici poput infrastrukture, društva, politike i upravljanje čimbenici su koji su također uključeni u razvoj automatiziranih vozila, a mogli bi se primijeniti i na bicikle.[20]

6.1.1 Razina 0

Razina 0 uključuje sve bicikle, konvencionalne i e-bicikle, koji ne koriste nikakvu tehnologiju čiji je cilj utjecati na sigurnost biciklista opisanu u gornjim razinama.

6.1.2. Razina 1

Pametni bicikl razine 1. je opremljen navigacijskim sustavima i tehnologijama za detekciju nesreća koje automatski šalju upozorenja u slučaju opasnosti.

6.1.2.1 Sustavi za detekciju i upozoravanja na nesreću

U mnogim slučajevima potrebno više od 15 minuta da bi promatrači oko sudara obavijestili hitnu službu. Tako da je doprinos telekomunikacijskih tehnologija u rješavanju ovog problema od presudne važnosti. U tu su svrhu brojne studije bile usmjerene na otkrivanje nesreće i hitno obavješćivanje u slučaju nesreće. Dutta i Dontiboyina (2016) su razvili aplikaciju koja koristi akcelerometre i senzore za prikupljanje podataka o osima X, Y i Z bicikla. Ova aplikacija detektira moguće nesreće analizirajući promjene u osima ili nagli pad brzine veći od 3 g (gravitacijsko ubrzanje).[21]

Slično tome, istraživanje Islama i suradnika (2020) opisuje aplikaciju koja koristi akcelerometre i žiroskope te mikrokontrolere za otkrivanje pada i slanje upozorenja.[22] Rajarapollu i suradnici (2016) koristili su akcelerometre, senzore i mikrokontrolere za mjerenje kuta i vibracija bicikla radi detekcije nesreća. [23] Alam i suradnici (2018) razvili su aplikaciju koja prepoznaje vibracije karakteristične za pad pomoću mikrokontrolera.[24] Ove aplikacije imaju dvostruku svrhu: otkrivanje nesreće i slanje hitnih obavijesti putem GPS-a za lociranje bicikla te telekomunikacijskih tehnologija za dijeljenje lokacije nesreće s hitnim službama ili predefiniranim kontaktima. Unatoč funkcionalnosti, ove tehnologije još nisu detaljno testirane u stvarnom okruženju, što znači da se njihova učinkovitost može razlikovati ovisno o prihvaćanju od strane hitnih službi.

6.1.2.2. Usluga planiranje rute (navigacija)

Postoje različite aplikacije dostupne putem pametnih telefona koje korisnicima pomažu u planiranju ruta do njihovih odredišta, poput Google Maps-a. Međutim, većina tih aplikacija ne

pruža specifične informacije o sigurnosti prometa, što je ključna komponenta za sigurno bicikliranje.

J. L. He et al. (2019) razvili su inteligentni sigurnosni sustav za bicikliste koji koristi zeleno-crvenu indikaciju ugrađenu u upravljač bicikla i povezanu s pametnim telefonom.[25] S druge strane, Oliveira i kolege (2021) istražili su primjenu novih tehnologija u biciklima, uključujući navigacijske aplikacije koje su usmjerene na pružanje sigurnijih ruta za bicikliste.[26]

Ove studije imaju za cilj poboljšati sigurnost biciklista putem sustava planiranja ruta. Integracija različitih sustava može bolje zadovoljiti potrebe biciklista omogućujući im vožnju bez stalnog provjeravanja smjera na njihovim pametnim telefonima. Važno je napomenuti da ovi sustavi ovise o mobilnoj vezi i bateriji pametnih telefona, što može utjecati na njihovu pouzdanost i dostupnost.

6.1.3. Razina 2

Pametni bicikl razine 2 opremljen je senzorima, kamerama, LIDAR-om (svjetlosno otkrivanje i klasifikacija) i drugim tehnologijama koje omogućuju detekciju okoline, uključujući prepreke. Sustav upozorava bicikliste na potencijalne sudare i prati njihovu vožnju radi poboljšanja sigurnosti.

6.1.3.1. Izbjegavanje sudara

Razvijen je sustav s ciljem detekcije vozila u blizini bicikla radi sprječavanja sudara. Kada sustav registrira vozilo u blizini, biciklist i vozač vozila dobivaju zvučno upozorenje kako bi se izbjegao potencijalni sudar. Senzor LIDAR smješten ispod upravljača bicikla koristi se za skeniranje šireg područja ispred bicikla radi otkrivanja prepreka. Dodatno, korišteni su akcelerometar, žiroskop i mikroelektromehanički sustav za praćenje kretanja bicikla radi automatskog aktiviranja senzora. Kroz simulacije i eksperimente provjerena je valjanost sustava u otkrivanju prepreka u rasponu od 20 metara.

Andres et al. (2019) razvili su sustav za pružanje ključnih informacija biciklistima putem zvuka, crvenog svjetla ili vibracija na upravljaču. Predložili su dva načina detekcije objekata na temelju potrošnje energije, pri čemu visoka performansa otkriva kritične situacije poput približavanja raskrižju, dok niska performansa pokriva nekritične situacije.[27]

6.1.3.2. Nadzorni sustav

Nadzorni sustavi koriste više senzora i GPS za prikupljanje podataka u stvarnom vremenu za nadzor i analizu ponašanja biciklista u vožnji. Takav sustav stvara mrežu gdje biciklisti dijele i spremaju podatke u oblak koristeći bežičnu komunikaciju. Aguiari, Delnevo i sur. (2018) osmislio je prototip pametnog ekosustava e-bicikala u kojem bicikli prikupljaju podatke o prometu i razine onečišćenja na ulicama koristeći GPS i senzore mreže vozila. Aplikacija prikuplja i razmjenjuje podatke s drugim korisnicima i cestovnim operaterima radi poboljšanja sigurnosti biciklista. [28]

6.1.4. Razina 3

Pametni bicikl na razini 3 uključuje sustave koji pomažu biciklistima u pružanju određene snage i u skladu je s ograničenjima brzine na kritičnim lokacijama.

6.1.4.1 Pametni sustav za pomoć

E-bicikli mogu učiniti doživljaj biciklizma poželjnijim zahtijevajući manje pedalina. Sustavi pametne pomoći mogu uzeti u obzir posebne čimbenike kao što su brdska područja i različite potrebe korisnika kako bi se probudili biciklisti pružanjem personalizirane pomoći: potrebnu snagu, opremu i lomljenje za svaku prigodu.

6.1.5. Razina 4

Pametni bicikl 4. razine koristi komunikacijske tehnologije koje biciklistima omogućuju primanje obavijesti o opasnim uvjetima kroz povezanu okolinu.

6.1.5.1. Povezani i kooperativni bicikli

Komunikacijske tehnologije pozitivno utječu na sigurnost prometa na cestama, Danas te tehnologije dobivaju prednost u biciklizmu, s ciljem postizanja komunikacije između bicikala i vozila, stvaranja povezanog okruženja i izbjegavanja sudara. Jenkins et.al. (2017.) predložila je i razvila platformu temeljenu na pametnom telefonu na kojem je bicikl povezan s vozilima i infrastrukturom. Ova platforma zove se multimodalno sučelje za uzbuđivanje s umreženim prijenosima kratkog dometa, a svrha joj je slanje i primanje informacija putem mreže pomoću

namjenskog komunikacijskog radija kratkog dometa. Cilj je platforme korisnicima pružiti obavijesti usmjerene na sigurno biciklističko iskustvo ponudom rješenja za kritične situacije. Većina studija opisuje aplikacije temeljene na pametnim telefonima za razvoj povezanog okruženja i spominje točnost GPS-a kao ograničenje u njihovim rezultatima. [29] To bi se pitanje moglo prevladati poboljšanjem tehnologija i mobilnih mreža. Povezano okruženje za bicikle može imati pozitivne aspekte u pogledu sigurnosti biciklista, barem u ruralnom okruženju u kojem je provedena većina terenskih ispitivanja. Međutim, budući da gradska sredina ugošćuje većinu bicikala, bilo bi također važno testirati te sustave tamo.

6.1.5.2. Sustavi bicikla bez vozača

Potpuno automatizirana vozila uvelike se istražuju i ispituju na terenu te se očekuje da će biti puštena na tržište do 2030 [20]. Međutim, pred tržištem je još dug put do dostupnosti potpuno automatiziranih bicikala. Međutim, sustavi bicikala bez posade mogli bi utjecati na sigurnost biciklista jer se oni mogu uravnotežiti i kretati.

6.1.6. Razina 5

Bicikl razine 5 djelovat će kao dio intervencijskog ekosustava uz primjenu tehnologija C-ITS i naprednih tehnologija.

Pametni bicikli komunicirat će s državnim/prometnim vlastima omogućujući im da interveniraju u svojem djelovanju kako bi utjecali na ponašanje biciklista. Korištenjem podataka u stvarnom vremenu prikupljenih od bicikala, vozila i infrastrukture, prometna tijela moći će intervenirati tako da utječu na razinu pomoći na pedale električnih bicikala ili nametnu ograničenja brzine na cestovnoj mreži. Funkcionalnostima takvih sustava mogao bi se ublažiti rizik od ozljeda za bicikliste i učiniti vožnju biciklom sigurnijom

6.2. Tehnološka razina spremnosti za bicikle

Nacionalna aeronautika i svemirska uprava definirala je i koristi TRL-ove za sustavno mjerenje zrelosti tehnologije i usporedbu različitih vrsta tehnologija. Iako su tri razine emisija razvijene za tehnologije i sustave u vezi sa svemirom, danas se uglavnom upotrebljavaju u više područja, od komercijalne uporabe do istraživanja, tj. u programu Obzor 2020. Europske komisije. [30]

Razine emisija podijeljene su na devet različitih razina kojima se opisuje zrelost tehnologije ili sustava. Prva razina uključuje načelnu ideju tehnologije i središnji koncept, dok se posljednja (9) razina sastoji od punog razvoja i plasiranja tehnologije na tržište (vidjeti Mankins (1995) za sveobuhvatan pregled tih razina). Središnja upotreba TRL okvira sastoji se od dva dijela: prvo staviti posebnu tehnologiju u središte pozornosti i ispitati njezine primjene, i drugo, ocijeniti razinu zrelosti te tehnologije u okviru TRL-a. Kako bi se procijenila razina spremnosti, fokus se stavlja na uvođenje takvih tehnologija u BSL – 5, budući da je to razina interesa za budućnost. Kako bi se mogao interpretirati TRL za ovu razinu, napravio se pregled postojeće tehnologije koje se primjenjuju na bicikle. Kao rezultat toga zaključuje se da tehnologije za bicikle trenutačno spadaju u TRL 1 „temeljna načela koja se promatraju i prijavljuju” s obzirom na zrelost tehnologija i nedostatak ispitivanja predloženih sustava. Međutim, budući da je većina tih tehnologija već uvedena u motorna vozila, bicikli ih mogu bez poteškoća usvojiti i brže doći na početnu fazu. [31]

7. Analiza percepcije i stavova građana o primjeni ADAS sustava na biciklima

U uvodnom dijelu ovog poglavlja predstavljena je metodologija istraživanja, koja sadrži opis metoda prikupljanja podataka i karakteristika uzorka koji je korišten u istraživanju. Nakon toga detaljni su prikazani rezultati empirijskog istraživanja, obuhvaćajući analizu percepcije i stavova građana o primjeni ADAS sustava u biciklima. Taj dio pruža uvid u postignute rezultate, istaknuvši ključne trendove koji su se pojavili među ispitanicima. Na kraju ovog poglavlja nalazi se rasprava koja temeljito interpretira dobivene rezultate, istraživajući njihovu važnost i moguće buduće smjernice istraživanja.

7.1 Materijali i metode istraživanja

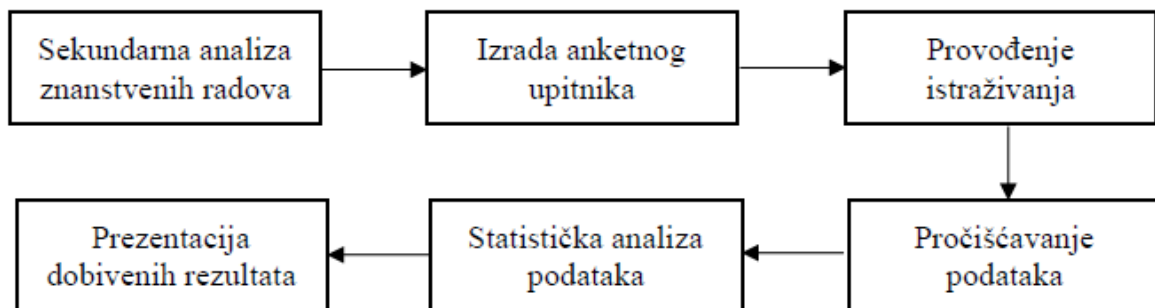
Ovo istraživanje provodilo se s ciljem procjene upoznatosti i iskustva ispitanika s primjenom ADAS sustava a biciklima. Metodološki pristup obuhvatio je opisno istraživanje putem anketiranja. Anketiranje se provodilo u razdoblju od siječnja do veljače 2024. godine te je ukupno 152 ispitanika odgovorilo na istu. Ispitanici su bili iz Republike Hrvatske, Crne Gore, Republike Srbije te Bosne i Hercegovine u dobi od 18 do 66. godina. Online anketa kreirana je pomoću Google forme te je dostavljena putem kontakta e-mail adresa i društvenih mreža osiguravajući pritom potpuno anonimnost ispitanika. Anketiranje se provodilo metodom

snježne grude. Instrumenti koji su se koristili uključivali su nominalnu i ordinalnu skalu te Likertovu skalu od 1 do 5, gdje je 1 označavalo vrlo lošu ocjenu, dok je vrijednost 5 označavalo odličnu ocjenu. Za statističku obradu podataka korišten je MS Excel.

Sam anketni upitnik bio je podijeljen u dvije kategorije. Prva kategorija obuhvaćala je demografske podatke, dok su u drugoj kategoriji postavljane pitanja vezano uz „Biciklistička iskustva u vezi s tehnologijom ADAS“. Ova pitanja bila su usmjerena na procjenu percepcije ispitanika o različitim aspektima ADAS“. Pitanja iz tog dijela bila su usmjerena na procjenu percepcije ispitanika o različitim aspektima ADAS tehnologije za bicikle, uključujući sigurnost, pouzdanost, inovativnost, jednostavnost korištenja, cijenu i učestalost korištenja takvog sustava.

Analizom dobivenih podataka omogućila je dublje razumijevanje stavova i mišljenja ispitanika o primjeni ADAS sustava na biciklima te identifikaciju ključnih faktora koji utječu na njihovu percepciju i preferenciju. Također, ovi rezultati pružaju uvid u potencijalnu prihvatljivost i tržišnu potražnju za ADAS tehnologijom među biciklističkom populacijom, što može imati doprinos za razvoj i implementaciju ovakvih naprednih sustava.

Slika 23: Metodologija istraživanja



Izvor: Izradio autor

Tablica 4. u nastavku prikazuje demografske karakteristike ispitanika.

Tablica 4. Demografske karakteristike ispitanika

		Ispitanici	
		Frekvencija (N=152)	Struktura %
Spol	Žensko	75	49,3
	Muško	77	50,7
Stručna sprema	Srednja škola	37	24,3
	Tehničko – prijelazno osposobljavanje	2	1,3
	Preddiplomski studij	59	38,8
	Diplomski studij	42	27,6
	Poslijediplomski studij	12	7,9
Status	Student	78	51,3
	Zaposlen (kod poslodavca)	62	40,8
	Samozaposlen	10	6,5
	Nezaposlen	1	0,7
	Ostalo	1	0,7
Dob	18-28	87	57
	29-39	26	17,1
	40-50	25	16,3
	51-61	11	7,2
	62 i više	3	2,4

Izvor: Izradio autor

7.2. Rezultati istraživanja

U ovom dijelu rada istražena su očekivanja i preferencije korisnika u vezi s primjenom ADAS sustava u kontekstu biciklizma. Budući da su ADAS sustavi u automobilskoj industriji već neko vrijeme vrlo popularni, postavlja se pitanje kako bi se ovo tehnologije mogle primijeniti i u biciklističkom prometu i time povećati sigurnost i udobnost vožnje.

Ispitanici su ocjenjivali devet različitih ADAS sustava od kojih su neki dostupni na tržištu dok će neki tek biti. Kriteriji ocjenjivanja bili su sigurnost, pouzdanost, inovativnost, jednostavnost korištenja cijena te učestalost korištenja ovakvih sustava. Ovih šest kriterija ocjenjivanja bili su odabrani jer su to ključni faktori za prihvaćanje i uspjeh tehnoloških inovacija. Tako je vidljivo

da je jedan od najvažnijih faktora za većinu ispitanika bila upravo sigurnost, što ukazuje na potrebu ADAS tehnologije koji će povećati sigurnost biciklista na prometnici. U nastavku će se objasniti rezultati svake tehnologije.

Tablica 5. Upoznatost, stavovi i mišljenja o radaru od 360 ° koji upozorava na blizinu drugih korisnika biciklu

	1		2		3		4		5	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Doprinos sigurnosti	4	2.6	19	12.5	30	19.8	44	28.9	55	36.1
Pouzdanost sustava	2	1.3	28	16.4	61	40.1	44	28.9	17	11.2
Inovativnost sustava	2	1.3	15	9.9	42	27.6	50	32.9	43	28.3
Jednostavnost korištenja	2	1.3	18	11.9	50	32.9	41	27.0	41	27.0
Cijena koju bi platili za korištenje ovog sustava	12	7.9	40	26.3	72	47.3	7	4.6	7	4.6
Učestalost korištenja sustava	14	9.2	25	16.4	58	38.2	19	12.5	19	12.5

Izvor: Izradio autor

Iz analize dobivenih rezultata istraživanja o Upoznatost, stavovi i mišljenja o radaru od 360 ° koji upozorava na blizinu drugih korisnika biciklu može se uočiti raznolikost percepcije među ispitanicima. Vidljivo je kako većina ispitanika njih 55 (36.1%) od ukupnog broja od 152 ispitanika ocjenjuje doprinos sigurnosti ovog sustava sa izvrsnim 5. To ukazuje na potencijal ovakvih tehnoloških rješenja u poboljšanju sigurnosti biciklista na cesti. Međutim, kad je u pitanju pouzdanost dolazi do podijeljenosti mišljenja i rezultata. Ukupno 61 (40.1%) ispitanika ocjenjuje ovaj sustav s neutralnom ocjenom 3. To može ukazivati na potrebu za dodatni razvojem i poboljšanjem sustava kako bi se osigurala pouzdana funkcionalnost sustava. Slični rezultati dobiveni su i kad je riječ o inovativnosti i jednostavnosti korištenja sustava. Oba kriterija su baš poput pouzdanosti ocjenjeni s neutralnom ocjenom 3 od strane trećina ispitanika, što ukazuje na to da postoji pristo za unaprijeđenje u tim područjima kako bi se zadovoljile potrebe i očekivanja korisnika sustava.

Cijena je također jedan bitan faktor koji utječe na percepciju ovakvih naprednih sustava. Iako je 72 ispitanika dalo neutralnu ocjenu 3 za ovaj sustav u pogledu cijene jasno je da postoji

interes za ovim sustavom unatoč mogućim troškovima, pristupačni cjenovni modeli osigurali bi šire prihvaćanje ovakvih tehnologija. Učestalost korištenja sustava također je od većeg broja ispitanika ocijenjena s neutralnom ocjenom 3, što ukazuje na potrebu za dodatnim poticanjem i edukacijama o koristima i praktičnoj primjeni ovakvog sustava.

Zaključno za ovaj sustav može se reći da ispitanici prepoznaju potencijal ovog radara za povećanje sigurnosti, međutim rezultati ukazuju i na određene izazove glede ostalih četiri kriterija. Neutralne ocijene 3 u ovima kategorijama sugeriraju da bezobzira na to što postoji interes za ovom tehnologijom potrebna su daljnja poboljšanja i istraživanja.

Tablica 6. Upoznatost, stavovi i mišljenja o zaslonu koji prikazuje stražnji pogled na bicikl

	1		2		3		4		5	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Doprinos sigurnosti	11	7.2	14	9.2	28	18.4	41	27.0	58	38.2
Pouzdanost sustava	4	2.6	18	11.8	43	28.3	46	30.3	41	27.0
Inovativnost sustava	9	5.9	13	8.6	46	30.1	31	20.4	53	34.9
Jednostavnost korištenja	9	5.9	12	7.9	45	29.6	35	23.0	51	34.6
Cijena koju bi platili za korištenje ovog sustava	19	12.5	31	20.4	62	40.8	21	13.8	19	12.5
Učestalost korištenja sustava	16	10.5	24	15.8	44	28.9	30	19.7	38	25.0

Izvor: Izradio autor

Iz analize dobivenih rezultata istraživanja o upoznatosti, stavovima i mišljenjima o zaslonu koji prikazuje stražnji pogled na bicikl jasno je vidljivo da ispitanici izražavaju pozitivne ocjene i stavove prema ovom sustavu. Doprinos sigurnosti ovog sustava ocijenilo je čak 58 ispitanika kao odličan. To ukazuje na visoku razinu vjerovanja u sposobnost ovog tehnološkog rješenja da poboljša sigurnost biciklista pružajući im bolji pogled situacije iza njih. Pouzdanost sustava također je dobila pozitivne ocjene, pri čemu najveći broj ispitanika njih 46 od ukupno 152

označava sustav s ocjenom 4, što sustav označava vrlo dobrim. To sugerira da korisnici imaju povjerenja u funkcioniranje ovog sustava. Inovativnost je također cijenjena s visokom ocjenama što ukazuje na prepoznavanje ovog sustava kao naprednog i inovativnog tehnološkog rješenja. Jednostavnost korištenja sustava također je ocjenjen visokim ocjenama od strane 51 ispitanika s najvećom ocjenom izvrsnim 5. To pokazuje na intuitivno sučelje i jednostavnost korištenja ovog sustava, što dakako može doprinijeti širokoj prihvaćenosti među korisnicima.

Kad pogledamo kriterij cijene 62 ispitanika dodijelila je ovom sustavu ocjenu neutralan 3. Ovaj rezultat sugerira da postoji podijeljeno mišljenje o prihvatljivosti cijene ovog sustava među korisnicima. Učestalost korištenja sustava također je od najvećeg broja ispitanika ocjenjena s neutralnim 3 što može ukazivati na potrebu daljnjeg istraživanja i promocije kako bi se povećala svijest prihvaćenost ovog sustava.

Sveukupni rezultati potvrđuju da zaslon na stražnji pogled predstavlja učinkovito i korisno rješenje koje može značajno doprinijeti sigurnosti biciklista. Kako bi se osigurala šira prihvaćenost i integracija ovog sustava potrebno je povećanje svijesti o njegovim prednostima kojih stvarno ima puno te demonstrirati sustav u stvarnim uvjetima vožnje.

Tablica 7. Upoznatost, stavovi i mišljenja o treptajućem signalu za skretanje koji drugima omogućuju predviđanje manevara

	1		2		3		4		5	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Doprinos sigurnosti	4	2.6	7	4.6	32	21.2	44	28.9	65	42.8
Pouzdanost sustava	2	1.3	11	7.2	38	25.0	39	25.7	62	40.8
Inovativnost sustava	5	3.3	12	7.9	39	25.7	40	26.3	56	36.8
Jednostavnost korištenja	4	2.6	9	5.9	29	19.1	44	28.9	66	43.4
Cijena koju bi platili za korištenje ovog sustava	8	5.3	19	12.5	52	34.1	38	25.0	35	23.0

Učestalost korištenja sustava	4	2.6	12	7.9	37	24.3	38	25.0	61	40.1
-------------------------------	---	-----	----	-----	----	------	----	------	----	------

Izvor: Izradio autor

Iz dobivenih rezultata jasno je vidljivo da su stavovi i mišljenja o treptajućem signalu za skretanje koji drugima omogućuje predviđanje manevara vrlo pozitivni i podržavajući. Doprinos sigurnosti je 65 ispitanika ocijenilo s izvrsnim 5, što ukazuje na visoku razinu povjerenja u sposobnosti treptajućeg signala za skretanje u poboljšanju sigurnosti vožnje, pružajući ostali sudionicima u prometu jasnu indikaciju o namjerama koju vozač ima. Pouzdanost sustava također je dobila visoku ocjenu izvrstan 5 što ukazuje na visoku pouzdanost i funkcionalnost sustava. Inovativnost je također ocijenjena s izvrsnim 5, što sugerira da se ovaj sustav smatra kao napredan i ako inovativno rješenje za poboljšanje sigurnosti u prometu. Jednostavnost korištenja također je ocijenjena s izvrsnim 5 što doprinosi njegovoj praktičnosti i prihvatljivosti među korisnicima. Cijena je ocjena s neutralnim 3 za razliku od prethodnih kriterija. Učestalost korištenja sustava bila je ponovo ocijenjena s izvrsnim 5 što ukazuje na to da bi se ovaj sustav koristi vrlo često na nekoj svakodnevnoj razini. Sveukupni rezultati istraživanja ukazuju na visoku razinu prihvaćanja i pozitivan stav prema treptajućem signalu za skretanje među korisnicima bicikla uz prepoznavanje njegovih prednosti u poboljšanju praktičnosti same vožnje.

Tablica 8. Ugrađeni GPS navigator koji pokazuje smjerove putovanja

	1		2		3		4		5	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Doprinos sigurnosti	3	2.0	14	9.2	40	26.3	37	24.3	58	38.2
Pouzdanost sustava	2	1.3	10	6.6	53	34.9	38	25.0	49	32.2
Inovativnost sustava	5	3.3	25	16.4	52	34.2	20	13.2	50	32.9
Jednostavnost korištenja	4	2.6	13	8.6	48	31.6	30	19.7	57	37.5
Cijena koju bi platili za	9	5.9	34	22.4	56	36.8	27	17.8	26	17.1

korištenje ovog sustava										
Učestalost korištenja sustava	10	6.6	27	17.8	51	33.6	26	17.1	38	25.0

Izvor: Izradio autor

Iz dobivenih rezultata vezano uz Ugrađeni GPS navigator koji pokazuje smjerove putovanja vidljivo je kako je doprinos sigurnosti od strane 58 ispitanika ocjenjen s izvrsnim 5, što ukazuje na visoku percepciju korisnosti ugrađenog GŠS sustava u povećanju sigurnosti. Pouzdanost i inovativnost su ocijenjeni s neutralnom ocjenom 3 što označava neutralan stav prema sustavu potrebno je daljnje istraživanje i poboljšanje pouzdanosti kako bi korisnici imali veće povjerenje u sustav. Jednostavnost korištenja ocjenjen je s izvrsnim 5 što ukazuje da je ovaj sustav jednostavan za korištenje što označava udobnost i poboljšava percepciju vožnje pogotovo na nekim dužim relacijama. Cijena je ponovo kao i na prethodnim sustavima ocijenjena s neutralnim 3.

Sveukupno gledajući rezultati za ovaj sustav sugeriraju da postoji interes za ugrađeni GPS sustav među korisnicima, ali također naglašavaju potrebu za daljnjim poboljšanjima u pogledu pouzdanosti kako bi se zadovoljile potrebe korisnika i sustav učinili atraktivnijim.

Tablica 9. Ugrađeni zaslon koji informira o svim karakteristikama putovanja, kao što su vrijeme, brzina, nagib itd.

	1		2		3		4		5	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Doprinos sigurnosti	6	3.9	24	15.8	43	28.3	36	23.7	43	28.3
Pouzdanost sustava	4	2.6	18	11.8	49	32.2	39	25.7	42	27.6
Inovativnost sustava	6	3.9	28	18.4	49	32.2	32	21.1	37	24.3
Jednostavnost korištenja	5	3.3	18	11.8	50	32.9	37	24.3	42	27.6
Cijena koju bi platili za korištenje ovog sustava	21	13.8	35	23.0	53	34.9	25	16.4	18	11.8

Učestalost korištenja sustava	24	15.8	29	19.1	41	27.0	18	11.8	27	17.8
-------------------------------	----	------	----	------	----	------	----	------	----	------

Izvor: Izradio autor

Iz dobivenih rezultata vezano uz ugrađeni zaslon koji informira o svim karakteristikama putovanja, kao što su vrijeme, brzina, nagib itd. raznoliki između ispitanika. Zanimljivo kod ovih rezultata je da je doprinos sigurnosti ocijenilo 43 ispitanika kao izvrsnim sustavom dok je isti broj od 43 ispitanika sustav ocijenilo s neutralnom ocjenom 3. mogući razlozi za ovaj rezultat jesu da su korisnici koji su koristili ovaj sustav imali moguće nekih problema te dali nižu ocjenu ili da im je toliko informacija ometalo vožnju, dok je ostala polovica ispitanika imalo pozitivno iskustvo te su iz toga razloga sustav ocijenili s izvrsnim 5. Neki pak su korisnici možda ocijenili sustav pod utjecajem recenzija i mišljenja drugih korisnika te je to moglo utjecati na cijenu. Pouzdanost, inovativnost jednostavnost korištenja cijena i učestalost korištenja ocijeni su s neutralnom ocjenom 3. ti rezultati ukazuju na to da postoji nedostatak jednoglasnog mišljenja o pouzdanosti, inovativnosti i praktičnosti ovog zaslona što se pak tiče cijene postoji oprez ili nesigurnost među ispitanicima u vezi s prihvatljivošću cijene i očekivanom učestalošću korištenja ovog sustava.

Sveukupni rezultati istraživanja ukazuju da postoji heterogenost u stavovima i mišljenjima o ugrađenom zaslonu koji informira o svim karakteristikama putovanja, kao što su vrijeme, brzina, nagib itd. Dok neki ispitanici prepoznaju doprinos sigurnosti ovog sustava, drugi su oprezniji u svojim mišljenjima i stavovima posebno kad su u pitanju svi ostali kriteriji.

Tablica 10. Pametni uređaj koji pomaže održavati ispravnu ravnotežu i kut pri skretanju

	1		2		3		4		5	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Doprinos sigurnosti	19	12.5	27	17.8	40	26.3	26	17.1	40	26.3
Pouzdanost sustava	18	11.8	31	20.4	47	30.9	26	17.1	30	19.7
Inovativnost sustava	14	9.2	25	16.4	32	21.1	39	25.7	42	27.6

Jednostavnost korištenja	16	10.5	34	22.4	51	33.6	23	15.1	28	18.4
Cijena koju bi platili za korištenje ovog sustava	32	21.1	36	23.7	48	31.6	23	15.1	13	8.6
Učestalost korištenja sustava	43	28.3	30	19.7	44	28.9	14	9.2	21	13.8

Izvor: Izradio autor

Prema dobivenim rezultatima vidljivi su stavovi i mišljenja prema pametnom uređaju koji pomaže održavati ispravnu ravnotežu i kut pri skretanju. Doprinos sigurnosti ovog sustav ocijenjen je isto kao i prethodni sustav u smislu jedna broj ispitanika ocijenilo je sigurnost s neutralnim 3 ali i izvrsnim 5. Ovaj rezultat ukazuje podijeljenost mišljenja i stavova među ispitanicima, mogući razlozi jesu da korisnici nisu imali možda dovoljno vremena ili pak strpljenja da se prilagode uređaju dok su drugi uspješno savladali prepreku pretpostavka je da oni koji su očekivali napredne performanse i dobili ih dali su visoku ocjenu. Dok drugi koji si možda očekivali jednostavniju funkcionalnost ocijenili uređaj nižom ocjenom.

Pouzdanost sustava od strane 47 ispitanika ocijenjena je s neutralnom ocjenom 3 što označava neutralan stav prema pouzdanosti ovog uređaja. Inovativnost je ocijenjena s izvrsnim 5 od strane 42 ispitanika što sugerira da postoji prepoznavanje ovog uređaja kao naprednog i inovativnog tehnološkog rješenja. Jednostavnost korištenja dobila je neutralne ocijene od strane 51 ispitanika koji su ocijenili sustav ocjenom 3. To implicira da postoji nesigurnost ili podijeljenost mišljenja među korisnicima u vezi s jednostavnošću upotrebe ovog uređaja. Što se tiče cijene i učestalosti korištenje ovog sustava većina ispitanika dodijelila je neutralne ocjene to ukazuje da postoji oprez ili nedostatak jasne odluke među ispitanicima u vezi s prihvatljivošću cijene i očekivanom učestalošću korištenja ovog pametnog sustava.

Sveukupno gledajući rezultati pokazuju da postoji heterogenost u stavovima i mišljenjima o pametnom uređaju koji pomaže održavati ispravnu ravnotežu i kut pri skretanju.

Tablica 11. Inteligentni kočioni sustav koji vam pomaže da ispravno kočite

	1		2		3		4		5	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Doprinos sigurnosti	6	3.9	17	11.2	38	25.0	43	28.3	48	31.6
Pouzdanost sustava	7	4.6	21	13.8	48	31.6	33	21.7	43	28.3
Inovativnost sustava	6	3.9	20	13.2	46	30.2	33	21.7	47	30.9
Jednostavnost korištenja	8	5.3	14	9.2	47	30.9	36	23.7	47	30.9
Cijena koju bi platili za korištenje ovog sustava	20	13.2	22	14.5	63	41.4	23	15.1	24	15.8
Učestalost korištenja sustava	16	10.5	17	11.2	50	32.9	31	20.4	38	25.0

Izvor: Izradio autor

Iz dobivenih rezultata vidljivi su stavovi i mišljenja inteligentnom kočionom sustavu koji pomaže vozačima da ispravno kočite koji su raznoliki među ispitanicima. Doprinos sigurnosti ocjenjena je s izvrsnim 5 što ukazuje da je percepcija korisnosti ovog sustava poboljšanje sigurnosti tijekom vožnje. Pouzdanost sustava dobila je neutralne ocjene od većine ispitanika. Najviše ispitanika njih 48 dodijelilo je neutralnu ocjenu 3 što označava neutralni stav prema pouzdanosti sustava. Inovativnost sustava ocjenjena je visoko s 47 ispitanika koji su sustav ocijenili izvrsnom ocjenom 5. ovo sugerira da se inteligentni kočioni sustav percipira kao napredno inovativno tehničko rješenje. Jednostavnost korištenja dobila je podijeljene ocjene među ispitanicima. 47 ispitanika ocijenilo je sustav s neutralnom ocjenom 3, ali isto toliko ispitanika točnije njih 47 ocijenilo je isti kriterij s ocijenim izvrstan . Mogući razlozi ove podijeljenosti mišljenja među ispitanicima jedu da jednostavnost korištenja može biti subjektivan. Tako će primjerice nekim korisnicima sustav biti intuitivan i jednostavan dok će drugi imati različite percepcije zbog svojih osobnih očekivanja. Isto tako oni koji su sustav koristili u povoljnijim uvjetima možda ga smatraju jednostavnijim za korištenje. Kad je riječ o cijeni i učestalosti korištenja većina ispitanika dodijelila je neutralne ocjene 3 to sugerira da

postoji otpor ili nesigurnost među ispitanicima u vezi s prihvatljivošću cijene i očekivanom učestalošću korištenja ovog sustava.

Promatrajući sveukupne rezultata vezano uz ovaj sustav pokazuje da postoji heterogenost u stavovima i mišljenjima o inteligentnom kočionom sustavu. Dok većina ispitanika prepoznaje njegov doprinos sigurnosti i inovativnost, postoje podijeljena mišljenja u vezi s požudnošću, jednostavnošću korištenja cijenom u učestalosti korištenja.

Tablica 12. Sustav uzbunjivanja koji zove liniju za hitne slučajeve kada se otkrije nesreća ili preusmjeravanje iste

	1		2		3		4		5	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Doprinos sigurnosti	5	3.3	16	10.5	41	27.0	31	20.4	59	38.8
Pouzdanost sustava	6	3.9	21	13.8	47	30.9	36	23.7	42	27.6
Inovativnost sustava	4	2.6	13	8.6	47	30.9	40	26.3	48	31.2
Jednostavnost korištenja	4	2.6	17	11.2	47	30.9	28	18.4	56	36.8
Cijena koju bi platili za korištenje ovog sustava	19	12.5	23	15.1	56	36.8	26	17.1	28	18.4
Učestalost korištenja sustava	20	13.2	19	12.5	48	31.6	29	19.1	36	23.7

Izvor: Izradio autor

Iz dobivenih rezultata vidljivo da su stavovi i mišljenja o sustavu uzbunjivanja koji automatski poziva liniju za hitne slučajeve kada se otkrije nesreća ili se njezin tijek preusmjerava raznoliki među ispitanicima.

Doprinos sigurnosti sustava ocjenjen je kao izvrsni sustav, što pokazuje na visoku percepciju njegove korisnosti u poboljšanju sigurnosti u slučaju nesreće. Pouzdanost ovog sustava ocijenjena je s neutralnom ocjenom, što označava neutralan stav prema ovom sustavu. Inovativnost je kao i sigurnost ocijenjena sa izvrsnom ocjenom što pokazuje da je ovaj sustav

prepoznat kao inovativan i napredan u kontekstu sigurnosti na cestama. Jednostavnost korištenja također je dobila izvrsnu ocjenu što ukazuje na to da korisnici smatraju da im korištenje ovog sustava neće niti malo utjecati negativno na cjelokupnu vožnju. Promatrajući rezultate cijene i učestalosti korištenja većina ispitanika dodijelila je neutralne ocjene što sugerira da postoji oprez ili nesigurnost među ispitanicima u vezi s prihvatljivošću cijene i očekivanom učestalošću korištenja ovog sustava.

Sveukupno gledajući rezultati pokazuju da postoji široka podrška i pozitivan stav prema sustavu uzbuđivanja među ispitanicima, s visokim ocjenom za doprinos sigurnosti, inovativnosti i jednostavnosti korištenja, i neutralnim stavom prema pouzdanosti, cijeni i učestalosti korištenja

Tablica 13. Tip „crne kutije” na računalu koje pohranjuje sve putne informacije u oblaku (uključujući videozapise, brzinu, podatke o vremenu itd.)

	1		2		3		4		5	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Doprinos sigurnosti	15	9.8	14	9.2	46	30.3	33	21.7	44	28.9
Pouzdanost sustava	11	7.2	19	12.5	51	33.6	32	21.1	39	25.7
Inovativnost sustava	10	6.6	19	12.5	44	28.9	22	14.5	54	35.5
Jednostavnost korištenja	11	7.2	18	11.8	48	31.6	33	21.7	42	27.6
Cijena koju bi platili za korištenje ovog sustava	24	15.8	28	18.4	54	35.5	25	16.4	21	13.8
Učestalost korištenja sustava	29	10.1	24	15.8	42	27.6	29	19.1	28	18.4

Izvor: Izradio autor prema podacima dobivenim

Iz dobivenih rezultata jasno su vidljivi stavovi i mišljenja o tipu "crne kutije" na računalu koje pohranjuje sve putne informacije u oblaku (uključujući videozapise, brzinu, podatke o vremenu itd.) raznoliki među ispitanicima. Koji su ujedno i zadnji sustavi koji ispitanici ocjenjuju.

Doprinos sigurnosti ovog puta ocjenjeno je s neutralnom ocjenom što pokazuje da postoji neutralan stav u pogledu doprinosu njegove sigurnosti tijekom vožnje. Pouzdanost sustava također je dobila neutralne ocjene od većine ispitanika. Najviše ispitanika, njih 51 dodijelilo je ocjenu 3, što također označava neutralan stav prema pouzdanosti sustava. S druge strane inovativnost ovog sustava ocjenjena je s izvrsnom ocjenom što sugerira da je ovaj sustav prepoznat kao napredno tehnološko rješenje. Jednostavnost korištenja dobila je neutralne ocjene od 48 ispitanika koji su ocijenili sustav ocjenom 3, implicirajući nesigurnost ili podijeljenost mišljenja među korisnicima u vezi s jednostavnošću upotrebe. Što se tiče cijene i učestalosti korištenja većina ispitanika dodijelila je neutralne ocjene. To sugerira da postoji oprez ili nesigurnost među ispitanicima u vezi s prihvatljivošću cijene i očekivanom učestalošću korištenje ovog sustava.

Sveukupnom analizom vezano uz stavove i mišljenja o "crnoj kutiji" na računalu koja pohranjuje sve putne informacije u oblaku. Vidljivo je da većina ispitanika percipira sustav kao inovativan, postoji podijeljenost mišljenja u vezi s doprinosom sigurnosti, pouzdanošću, jednostavnošću korištenja, cijenom i učestalošću korištenja.

Analizom svih dobivenih rezultata za svih devet različitih naprednih pomoćnih sustava pri vožnji vidljivo je da ispitanici različito percipiraju i vrednuju ove tehnologije. Iako su mnogi sustavi prepoznati kao inovativni, ocjena za aspekte poput doprinosa sigurnosti, pouzdanosti, jednostavnosti korištenja, cijene i učestalosti korištenja bile su većinom neutralne.

Cijena se istaknula kao jedna od ključnih faktora u ocjenjivanju svih devet sustava, jer je većinom od svih ispitanika ocijenjena s neutralnom ocjenom. To sugerira da korisnici smatraju da je sustav koristan ali ne znaju je li isplativ u odnosu na trošak koji nosi a sobom. To nam također sugerira i da bi to moglo biti ključno u poboljšanju prihvaćanja ovih tehnologija. Što se pak tiče doprinosa sigurnosti i pouzdanosti moguće je da su ispitanici bili oprezniji u dodjeli viših ocjena upravo zbog nedostatka jasnoće ili uvjerenja u ove aspekte tehnologije. Kako bi se poboljšali rezultati i smanjio broj neutralnih ocjena, potrebno je provesti daljnje istraživanje kako bi se identificirali konkretni nedostaci ili zabrinutost ispitanika, Komunikacija s korisnicima putem primjerice dodatnih anketa mogla bi pružiti dodatne uvide u njihove

preferencije i potrebe za pomoći u daljnjem unaprijeđenu sustava za poboljšanje sigurnosti u prometu.

Ključni faktori za uspješnu implementaciju i prihvaćanje ADAS tehnologije u biciklističkom prometu uključuje nekoliko bitnih elemenata koji moraju biti pažljivo razmotreni kako bi se postiglo uspješno uvođenje ovih sustava u široku upotrebu.

Sigurnost je ključan aspekt, ADAS tehnologije moraju osigurati poboljšanje stvarne sigurnosti biciklista u svakodnevnom prometu, ali i unaprijediti percipiranu sigurnost korisnika. To znači da biciklisti moraju imati povjerenje u ove sustave, osjećajući se sigurnije dok ih koriste, što direktno utječe na njihovo prihvaćanje. Troškovna pristupačnost također ima značajnu ulogu. Cijena ovih sustava mora biti prihvatljiva većem broju korisnika što podrazumijeva razvoj financijskih pristupačnih rješenja. Ukoliko su cijene previsoke, postoji rizik da će se tehnologija koristiti isključivo među određenim korisnicima čime se smanjuje njezin širi utjecaj na sigurnost biciklista.

Jedan od ključnih faktora je i jednostavnost korištenja. ADAS tehnologije trebaju biti intuitivne i jednostavne za upotrebu, s lako razumljivim sučeljem koje se lako integrira u postojeće biciklističke sustave. Ako sustav bude prekompliciran ili zahtjeva opsežnu obuku, vjerojatnost da će ga korisnici prihvatiti značajno se smanjuje. Održavanje privatnosti korisnika također je prioritet, osobito s obzirom na sve veću zabrinutost oko prikupljanja podataka i lokacija. ADAS sustavi moraju biti dizajnirani s ugrađenim zaštitama privatnosti, kako bi se osobni podaci korisnika osigurali.

Javna svijest i edukacija su još jedan značajan faktor. Bez jasne edukacije o prednostima i funkcionalnostima ADAS sustava, biciklisti i šira javnost mogli bi ostati skeptični prema ovakvoj vrsti tehnologije. Uspješna implementacija zahtijeva obrazovne kampanje kako bi se biciklistima jasno objasnile koristi koje mogu očekivati od ovih sustava. S druge pak strane, uspješna implementacija ovisi i o regulatornoj podršci. Potrebno je osigurati postojanje odgovarajućih zakonskih i regulatornih okvira koji podržavaju upotrebu ovih sustava u biciklističkom prometu. Ako takvi propisi ne budu postavljeni, provedba ADAS tehnologija može biti usporena ili otežana.

Dugoročna održivost također je bitan aspekt koji zahtijeva pažljivo planiranje. ADAS sustavi moraju pokazati svoju učinkovitost u smanjenju broja prometnih nesreća i povećanju udobnosti biciklista tijekom dužeg vremenskog razdoblja kako bi opravdali svoje postojanje i troškove. Inovativnost je neizostavni dio jer se tehnologije moraju kontinuirano razvijati u nove

funkcionalnosti i prilagođavati se promjenama u prometnom i biciklističkom okruženju. Inovacija je ključ za dugoročnu održivost i osiguravanje stalne relevantnosti u industriji koja se stalno razvija.

8. Zaključak

Analiza trendova razvoja biciklističkog prometa pokazuje da biciklizam postaje sve popularniji i traženiji oblik prijevoza, kako u urbanim tako i u ruralnim područjima. Rast investicija u biciklističku infrastrukturu, integracija bicikla u urbano planiranje te tehnološki napredci značajno doprinose povećanju sigurnosti i učinkovitosti biciklističkog prometa.

Jedna od ključnih inovacija u biciklizmu je primjena naprednih sustava pomoći vozaču (ADAS) i drugih tehnoloških rješenja koja poboljšavaju sigurnost i udobnost biciklista. Integracija GPS navigacije, pametnih kaciga, te sustava za praćenje i analizu vožnje omogućuju biciklistima bolje planiranje ruta, praćenje performansi i povećanu sigurnost na cestama. Ove tehnologije ne samo da povećavaju sigurnost biciklista već također doprinose i modernizaciji i cjelokupnog biciklističkog iskustva, čineći ga privlačnijim za širu populaciju

Na temelju analize odgovora ispitanika, može se zaključiti da je prva hipoteza koja se odnosila na cijenu potvrđena. Prema odgovorima ispitanika cijena je bila čest faktor s neutralnim ocjenama što ukazuje na to da cijena ima važnu ulogu u percepciji i prihvaćanju ADAS sustava. Veći broj ispitanika izražava potrebu za pristupačnim opcijama, što sugerira da bi prilagodba cijene mogla poboljšati prihvaćanje ADAS sustava. Druga hipoteza koja se odnosi na to da će ADAS sustavi biti prepoznati kao sigurni i inovativni opovrgnuta je. Ova hipoteza opovrgnuta je jer iako je većina sustava ocjenjena kao inovativni sustav nisu svi jednako prepoznati kao revolucionarni, naprimjer GPS navigator i „crna kutija“ imali su neutralne ocijene za inovativnost, što utvrđuje na to da neki sustavi nisu prepoznati kao inovativni. Također, isto vrijedi i za sigurnost, iako su mnogi ispitanici ocijenili doprinos sigurnosti nekih sustava kao „odličan“, dok su „crna kutija“ i pametni uređaj ta ravnotežu imali podijeljene stavove među ispitanicima. ovi rezultati sugeriraju da percepcija doprinosa sigurnosti nije bila jednolika među svim sustavima, što opovrgava hipotezu.

Sigurnost, troškovna pristupačnost, jednostavnost korištenja, pouzdanost i kvaliteta, kao i kompatibilnost s različitim vrstama bicikla, održavanje privatnosti, javna svijest i edukacija te regulatorna podrška jesu faktori koji doprinose oblikovanju pozitivnog okruženja za prihvaćanje i uspješnu implementaciju ADAS tehnologije u biciklistički promet. Uspjeh u ovim aspektima osigurat će ne samo šire prihvaćanje među korisnicima, nego i dugoročno povećanje sigurnosti na biciklističkim stazama. Također, preporučuje se daljnja implementacija i razvoj ADAS tehnologija za bicikle kako bi se dodatno povećala sigurnost i udobnost biciklističkog

prometa. Potrebno je provesti dodatne studije za dugoročno praćenje učinka ADAS sustava i njihovu prilagodbu specifičnim potrebama biciklista. Iako ADAS sustavu donose velike prednosti u pogledu sigurnosti i udobnosti njihova složenost, visoka cijena, i tehnički izazovi nameću ograničenja koja je potrebno uzeti u obzir. Pravilna implementacija i daljnji razvoj ovih tehnologija ključni su za njihovo šire prihvaćanje i učinkovitost u biciklističkom prometu.

Biciklistički promet ima svijetlu budućnost s obzirom na sve veći fokus na održivost, zdravlje i ekonomske prednosti biciklizma. Uz kontinuirana ulaganja, tehnološke inovacije i promicanje i sigurnosti biciklizam će se nastaviti rasti i igrati ključnu ulogu u sustavima urbanog i ruralnog prijevoza.



SVEUČILIŠTE
SJEVER



**IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, BRANKICA KORPAR (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom IMPLEMENTACIJA I UČINCI NAREDNIH ELEKTRONIČKIH (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova. POMOĆNIH SUSTAVA (ADAS) U BIKIKLISTIČKOJ SIGURNOSTI

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Korpar Brankica
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, BRANKICA KORPAR (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom IMPLEMENTACIJA I UČINCI NAREDNIH ELEKTRONIČKIH (upisati naslov) čiji sam autor/ica. POMOĆNIH SUSTAVA (ADAS) U BIKIKLISTIČKOJ SIGURNOSTI

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Korpar Brankica
(vlastoručni potpis)

9. Literatura

Završni i diplomski radovi:

[6.] M.Tomaš: Vizualne informacije i napredni sustavi pomoći vozaču, Završni rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.

Stručni i konferencijski radovi:

[19.] P. Coppola, D. Esztergár-Kiss (Eds.), Autonomous vehicles and future mobility solutions, Elsevier, 2019, pp. 1-15.

[21.] Dutta P., & Dontiboyina U. S. G. V. NaviRide: Smart bicycle computer with GPS waypoint indicators., India, 2016.

[22.] Islam M.M., Ridwan A.E.M., Mary M.M., Siam M.F., Mumu S.A., Rana S. Design and implementation of a smart bike accident detection system, 2020.

[23.] Rajarapollu P.R., Bansode N.V., Mane P.P., IEEE - A novel two wheeler security system based on embedded system, 2016.

[24.] Alam A.I., Rahman M., Afroz S., Alam M., Uddin J., Alam M.A., Ieee. IoT enabled smart bicycle safety system, 2016.

[25.] He J.L., Liu M.Z., Wei Y.M., Xu Z.Q. Design of an intelligent bicycle safety driving system Safety Science, 2019.

[26.] Oliveira F., Nery D., Costa D.G., Silva I., Lima L. A survey of technologies and recent developments for sustainable smart cycling, 2021.

[28.] Aguiari D., Delnevo G., Monti L., Ghini V., Mirri S., Salomoni P., Pau G., Im M., Tse R., Ekpanyapong M., Battistini R. Canarin II: Designing a smart e-bike eco-system, Las Vegas 2018.

[29.] Jenkins M., Duggan D., Negri A. Towards a connected bicycle to communicate with vehicles and infrastructure: Multimodel alerting interface with networked short-range transmissions (MAIN-ST) Savannah, 2017.

Časopisi:

[5.] de Hartog, J. J., Boogaard, H., Nijland, H., & Hoek, G: Do the health benefits of cycling outweigh the risks? *Environmental Health Perspectives*, June 2010, str. 1109–1116.

[11.] Cromer, O., George, C.: *Automobile*. Encyclopaedia Britannica. Jul 2024.

[12.] O. Gietelink, J. Ploeg, B. De Schutter, and M. Verhaegen, "Development of advanced driver assistance systems with vehicle hardware-in-the-loop simulations," *Vehicle System Dynamics*, vol. 44, no. 7, pp. 569–590, July 2006.

[15.] MM McQueen, J MacArthur and C. Cherry. "The E-Bike Potential: Estimating regional e-bike impactson greenhouse gas emissions", *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 87,102482.

[16.] R Buehler and J. Pucher. "CoVID-19 impacts on cycling, 2019-2020", *Transport Reviews*, 41(2021), 4, p. 393-400

contextual factorswhen comparing conventional vs. electric bicycles", *Transportation research part F: traffic psychology and behavior* 46 (2017). pp. 477-490.

[18.] S. Haustein and M. Moller. E-bike safety: individual-level factors and incident characteristics" *Journal of Transport & Health* 3 (2016), 3, pp. 386-394.

[20.] Milakis D., van Arem B., van Wee B. Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21 (4) (2017), pp. 324-348

[27.] Andres J., Kari T., Von Kaenel J., Mueller F.F. Co-riding with my eBike to get green lights, (2019), pp. 1251 – 126

[31.] Bruno I., Lobo G., Covino B.V., Donarelli A., Marchetti V., Panni A.S., Molinari F. Technology readiness revisited, 2020, pp. 369 – 380

Internet izvori:

[1.] B. Mađarević: BICIKL. Tehnička enciklopedija, sv. 2, 1966., str. 22–29. Dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/tehnickaenciklopedija/bicikl.pdf> 02.04.2024.

[2.] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2024. Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/clanak/biciklizam> 02-04.2024.

- [3.] Hrvatska tehnička enciklopedija, mrežno izdanje. Portal hrvatske tehničke baštine, 2015. – 2024. Dostupno na: <https://tehnika.lzmk.hr/bicikl/> (02.02.2024.)
- [4.] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013. – 2024. Dostupno na : <https://www.enciklopedija.hr/clanak/bicikl> (12.02.2024.)
- [7.] Nacionalni plan sigurnosti cestovnog prometa: Nacionalni plan sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske za razdoblje od 2021. do 2050. Dostupno na: https://mup.gov.hr/UserDocsImages/2022/06/NPSCP_hr_web.pdf (14.5.2024.)
- [8.] SAE International, About SAE International. Dostupno na: <https://www.sae.org/about/> (12.4.2024.)
- [9.] SAE International, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. Dostupno na: J3016_202104: (12.4.2024.)
- [10.] Cromer, O., George, C. Automobile. Encyclopaedia Britannica. Dostupno na: <https://www.britannica.com/technology/automobile#ref259055> (13.04.2024.)
- [11.] Automotive Collision Avoidance System Field Operational Test: Final Program Report. Dostupno na: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/3652> (13.04.2024.)
- [13.] Stražnje svjetlo s radarom i kamerom. Dostupno na: <https://www.garmin.com/hr-HR/p/721258/pn/010-02475-00> (15.05.2024.)
- [14.] Mjerač snage sa senzorom u obje pedale. Dostupno na: <https://www.garmin.com/hr-HR/p/658593> (15.05.2024.)
- [30.] Bruno I., Lobo G., Covino B.V., Donarelli A., Marchetti V., Panni A.S., Molinari F. Technology readiness revisited, 2020.
- [31.] Kapousizis, G., Ulak, M.B., Geurs, K., & Havinga, P.J.M. (2023). A review of state-of-the-art bicycle technologies affecting cycling safety: level of smartness and technology readiness. Transport Reviews, 43(3), 430-452. Dostupno na : <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S0144164723000399#f0020> (20.07.2024.)

Popis slika

Slika 1. Slikovni prikaz „celerifere“.....	14
Slika 2. Slikovni prikaz visoke dvokolice.....	15
Slika 3. Turistička dvokolica.....	16
Slika 4. Dvokolice u tandem izvedbi.....	16
Slika 5. Teretna trokolica.....	17
Slika 6. Slikovni prikaz Velocipeda Petra Lukšića.....	18
Slika 7. Slikovni prikaz razina autonomije vožnja.....	25
Slika 8. Koncept sigurnog cestovnog prometa uz autonomno vozilo iz ranog razdoblja 60-ih godina.....	26
Slika 9. Dijagram „V“.....	27
Slika 10. Kaciga za bicikle Smart- Livall BH62.....	29
Slika 11. Aplikacija „Livall Riding“.....	30
Slika 12. Slikovni prikaz rada senzora.....	31
Slika 13. Radar za bicikle.....	32
Slika 14. Garmin biciklističko računalo.....	33
Slika 15. GPS biciklističko računalo.....	34
Slika 16. Mjerači snage za pedale.....	35
Slika 17. Pametno prednje svjetlo.....	36
Slika 18. Prikaz Ebii pamenotg bicikla.....	38
Slika 19. Prikaz aplikacije EbiiGO.....	40
Slika 20. Grunner X pametni bicikl.....	41

Slika 21. Način rada eBike ABS-a.....	43
Slika 22. Prikaz predložene topologije za razinu pametnosti bicikla.....	48
Slika 23. Metodologija istraživanja.....	56

Popis tablica

Tablica 1. Broj prometnih nesreća u kojima su sudjelovali biciklisti na području Republike Hrvatske od 2018. do 2023. godine.....	23
Tablica 2. Prikaz tehnologija koje se koriste.....	47
Tablica 3. Prikaz proširene topologije.....	49
Tablica 4. Demografske karakteristike ispitanika.....	57
Tablica 5. Upoznatost, stavovi i mišljenja o radaru od 360 ° koji upozorava na blizinu drugih korisnika biciklu.....	58
Tablica 6. Upoznatost, stavovi i mišljenja o zaslonu koji prikazuje stražnji pogled na bicikl...	59
Tablica 7. Upoznatost, stavovi i mišljenja o treptajućem signalu za skretanje koji drugima omogućuju predviđanje manevara.....	60
Tablica 8. Ugrađeni GPS navigator koji pokazuje smjerove putovanja.....	61
Tablica 9. Ugrađeni zaslon koji informira o svim karakteristikama putovanja, kao što su vrijeme, brzina, nagib itd.....	62
Tablica 10. Pametni uređaj koji pomaže održavati ispravnu ravnotežu i kut pri skretanju.....	63
Tablica 11. Inteligentni kočioni sustav koji vam pomaže da ispravno kočite.....	65
Tablica 12. Sustav uzbunjivanja koji zove liniju za hitne slučajeve kada se otkrije nesreća ili preusmjeravanje iste.....	66
Tablica 13. Tip „crne kutije” na računalu koje pohranjuje sve putne informacije u oblaku (uključujući videozapise, brzinu, podatke o vremenu itd.).....	67

