Softver autonomnih vozila i implementacija novih metoda razvoja

By Pavle Dakić

WORD COUNT 45207
TIME SUBMITTED 28-AUG-2024 09:25AM
PAPER ID 111340126



UNIVERZITET SINGIDUNUM

DEPARTMAN ZA POSLEDIPLOMSKE STUDIJE

- DOKTORSKI STUDIJSKI PROGRAM -
ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Softver autonomnih vozila i implementacija novih metoda razvoja

– Doktorska disertacija –

Mentor:
prof. dr Miodrag Živković

Student:
Pavle Dakić, master
Broj indeksa:
2015 466 016



Beograd, 2024.

SINGIDUNUM UNIVERSITY

DEPARTMENT OF POSTGRADUATE STUDIES

- DOCTORAL STUDY PROGRAM -
ELECTRICAL ENGINEERING AND COMPUTING

Autonomous vehicle software and implementation of new development methods

– Doctoral dissertation –
PhD.

Mentor:
prof. Miodrag Živković, PhD.

Student:
Pavle Dakić, M.Sc.
Index number:
2015 466 016

Belgrade, 2024.

Naslov:	Softver autonomnih vozila i implementacija novih metoda razvoja
Autor:	Pavle Dakić, master
Mentor:	prof. dr Miodrag Živković
Komisija:	prof. dr Nebojša Bačanin-Džakula prof. dr Boško Nikolić
Ključne reči:	siguran softver CAN bus metaheuristika etika i logika testiranje softvera standardi autonomna vozila AI zakoni & AI logika Big Data

Copyright © 2024 Pavle Dakić, master
Univerzitet Singidunum

Title:	Autonomous vehicle software and implementation of new development methods
Author:	Pavle Dakić, M.Sc.
Mentor:	prof. Miodrag Živković, PhD.
Commission:	prof. Nebojša Bačanin-Džakula, PhD. prof. Boško Nikolić, PhD.
Keywords:	secure software CAN bus metaheuristics ethics and logic software testing standards autonomous vehicles AI Laws & AI logic Big Data

Copyright © 2024 Pavle Dakić, M.Sc.
Singidunum University

Zahvalnost

Doktorsku disertaciju posvećujem starijim članovima porodice koji su me usmeravali, podržali i verovali u mene. To su: dr Palko Stupavský, Dalibor Stupavský, Ing. Boris Stupavský, Ing. Igor Stupavský, Stanislav Stupavský, Zuzana Stupavský, Ľudmila Berediová-Stupavská, Anna Kičinjova, Andrija Kičinja i Hermina Hajduška.

Zahvalan sam na neizmernoj podršci i razumevanju porodice, prijatelja, kolega i saradnika iz različitih kompanija/organizacija. Posebnu zahvalnost za podršku i izdvojeno vreme u čitanju moje doktorske disertacije dugujem svom bratu doc. dr Vladimiru Todoroviću.

Doktorska disertacija je nastala kao rezultat dugogodišnjeg istraživanja u saradnji sa: doc. dr Milanom Čabarkapom, prof. dr Milanom Milosavljevićem, prof. dr. Mladen Veinović i mentorom prof. dr Miodragom Živkovićem, koji su mi pružili odgovarajuće smernice i savete u toku istraživanja.

Zahvaljujem se studentskoj službi za postdiplomske studije i Diani Orlić na profesionalizmu, efikasnosti, organizaciji predavanja/seminara, detaljnim i konciznim odgovorima tokom trajanja doktorskih studija.

Neophodno je da napomenem podršku koju su mi pružili: Univerzitet Singidunum i Slovački tehnički Univerzitet u Bratislavi u učestvovanju na Erasmus+, razmeni u okviru doktorskih studija. Posebno mi je zadovoljstvo da napomenem saradnju sa Bojanom Prodanović Đorđević, M.Sc., Erazmus+ koordinatoru Univerzita Singidnum i Mgr. Lesanom Zemanovom iz Erasmus+ kancelarije Slovačkog tehničkog univerziteta u Bratislavi.

S tim u vezi određeni deo istraživanja u ovaj doktorskoj disertaciji je realizovan uz finansijsku podršku: the Erasmus+ program, the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic, the Agency for Scientific Grants of the Slovak Republic (VEGA) within the grant no. VG 1/0759/19 and Operational Program Integrated Infrastructure for the project: Improvement of university capacities and competences in research, development and innovation (ACCORD), ITMS code 313021X329 co-financed by the European Regional Development Fund (ERDF) number: 313011W988, Erasmus+ ICM 2023 No. 2023-1-SK01-KA171-HED-000148295, the Cultural and Educational Grant Agency of Slovak Republic (KEGA) Model-based explication support for personalized education (Podpora personalizovaného vzdelávania explikovaná modelom) - KEGA (014STU-4/2024), Scientific Grant Agency of Slovak Republic (VEGA) under grant No. VG 1/0675/24, National project “Increasing Slovakia’s resilience to hybrid threats by strengthening public administration capacities”, project code ITMS2014+:314011CDW7 and supported by the European Social Fund, finally co-funded by the European Regional Development Fund (ERDF) and the Operational Program Integrated Infrastructure for the project: National infrastructure for supporting technology transfer in Slovakia II – NITT SK II, co-financed by the European Regional Development Fund.

Beograd - Bratislava, 2024 Autor

Acknowledgments

I dedicate my doctoral dissertation to my older family members who guided me, supported me, and believed in me. They are: dr. Palko Stupavský, Dalibor Stupavský, Ing. Boris Stupavský, Ing. Igor Stupavský, Stanislav Stupavský, Zuzana Stupavský, Ľudmila Berediová-Stupavská, Anna Kičinjova, Andrija Kičinja and Hermina Hajduška.

I am grateful for the immense support and understanding of family, friends, colleagues, and associates from various companies/organizations. I owe a special thanks to my brother Assoc. dr. Vladimir Todorović for support and time spent reading my doctoral thesis.

The doctoral dissertation was created as a result of long-term research in cooperation with: assoc. dr. Milan Čabarkapa, prof. dr. Milan Milosavljević, prof. dr. Mladen Veinović and mentor prof. dr. Miodrag Živković, which provided me with appropriate guidelines and advice during the research.

I would like to thank the student service for postgraduate studies and Diana Orlić for their professionalism, efficiency, organization of lectures/seminars, and detailed and concise answers during the duration of my doctoral studies.

It is necessary to mention the support provided to me by: Singidunum University and the Slovak Technical University in Bratislava in participating in Erasmus+, an exchange within doctoral studies. I am especially pleased to mention the collaboration with Bojana Prodanović Đorđević, M.Sc., Erasmus+ coordinator of Singidnum University, and Mgr. Lesana Zemanova from the Erasmus+ office of the Slovak Technical University in Bratislava.

In this regard, a certain part of the research in this doctoral dissertation was realized with the financial support of: the Erasmus+ program, the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic, the Agency for Scientific Grants of the Slovak Republic (VEGA) within the grant no. VG 1/0759/19 and Operational Program Integrated Infrastructure for the project: Improvement of university capacities and competences in research, development and innovation (ACCORD), ITMS code 313021X229, co-financed by the European Regional Development Fund (ERDF) number: 313011W988, Erasmus+ ICM 2023 No. 2023-1-SK01-KA171-HED-000148295, the Cultural and Educational Grant Agency of Slovak Republic (KEGA) Model-based explication support for personalized education (Podpora personalizovaného vzdelávania explikovaná modelom) - KEGA (014STU-4/2024), Scientific Grant Agency of Slovak Republic (VEGA) under grant No. VG 1/0675/24, National project "Increasing Slovakia's resilience to hybrid threats by strengthening public administration capacities", project code ITMS2014+:314011CDW7 and supported by the European Social Fund, finally co-funded by the European Regional Development Fund (ERDF) and the Operational Program Integrated Infrastructure for the project: National infrastructure for supporting technology transfer in Slovakia II – NITT SK II, co-financed by the European Regional Development Fund.

Belgrade - Bratislava, 2024 Author

Poďakovanie

Svoju dizertačnú prácu venujem starším členom rodiny, ktorí ma viedli, podporovali a verili mi. Sú to: dr Palko Stupavský, Dalibor Stupavský, Ing. Boris Stupavský, Ing. Igor Stupavský, Stanislav Stupavský, Zuzana Stupavská, Ľudmila Berediová-Stupavská, Anna Kičinjová, Andrija Kičinja a Hermina Hajduška.

Som vďačný za obrovskú podporu a pochopenie rodine, priateľom, kolegom a spolupracovníkom z rôznych spoločností/organizácií. Osobitnú vďaku dlhujem svojmu bratovi doc. dr. Vladimírovi Todorovičovi.

Doktorandská dizertačná práca vznikla ako výsledok dlhodobého výskumu v spolupráci s: doc. dr. Milanom Čabarkapom, prof. dr. Milanom Milosavljevićom, prof. dr. Mladen Veinovićom a školiteľom prof. dr. Miodragom Živkovićom, ktorí mi počas výskumu poskytovali vhodné usmernenia a rady.

Chcel by som sa poďakovať študentskému servisu pre postgraduálne štúdium a Diane Orlićovej za profesionalitu, efektivitu, organizáciu prednášok/seminárov a podrobné a stručné odpovede počas trvania môjho doktorandského štúdia.

Je potrebné spomenúť aj podporu, ktorú mi poskytli: Singidunum University a Slovenskej technickej univerzity v Bratislave pri účasti na výmennom pobyte v rámci doktorandského štúdia Erasmus+. Osobitne rád spomínam spoluprácu s Bojanou Prodanović Đorđević, M.Sc., koordinátorkou programu Erasmus+ na Univerzite Singidnum, a Mgr. Lesanou Zemanovou z kancelárie programu Erasmus+ na Slovenskej technickej univerzite v Bratislave.

V tejto súvislosti bola určitá časť výskumu v tejto doktorandskej práci realizovaná s finančnou podporou: program Erasmus+, Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu SR, Agentúra pre vedecké granty SR (VEGA) v rámci grantu č. VG 1/0759/19 a Operačný program Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Zlepšenie kapacít a kompetencií vysokých škôl vo výskume, vývoji a inováciách (ACCORD), ITMS kód 313021X329 spolufinancovaný Európskym fondom regionálneho rozvoja (ERDF) číslo: 313011W988 , Erasmus+ ICM 2023 č. 2023-1-SK01-KA171-HED-000148295, Kultúrna a vzdelávacia grantová agentúra Slovenskej republiky (KEGA) Modelová explikačná podpora personalizovaného vzdelávania (Podpora personalizovaného vzdelávania explikovaným modelom) - KEGA (014STU- 4/2024), Vedecká grantová agentúra Slovenskej republiky (VEGA) v rámci grantu č. VG 1/0675/24, Národný projekt „Zvýšenie odolnosti Slovenska voči hybridným hrozbám posilnením kapacít verejnej správy“, kód projektu ITMS2014+:314011CDW7 a podporený vr. Európsky sociálny fond, napokon spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja (ERDF) a Operačného programu Integrovaná infraštruktúra na projekt: Národná infraštruktúra na podporu transferu technológií na Slovensku II – NITT SK II, spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Belhrade - Bratislava, 2024 Autor

Sažetak

Softver autonomnih vozila i implementacija novih metoda razvoja

Sažetak: Mogućnost putovanja unaokolo koristeći različite načine prevoza postala je uobičajena, tako da većina korisnika očekuje sigurnost, brzinu i preciznost dok stignu na svoju lokaciju. Budućnost trenutne svetske mobilnosti će zahtevati samovozeća električna vozila, sa ili bez vozača. To će zahtevati nastavak rada nekih tehnologija, kao što su pametni autoputevi, električni punjači, automobili i drugi uređaji koji omogućavaju svakodnevnu upotrebu ovih vozila. Razvoj samovozećih automobila zahteva razvoj robusnog hardvera i softvera za velike podatke koji mogu brzo da obrađuju podatke iz nekoliko izvora podataka. Bezbedan softver, kao ključ za spasavanje života, zahteva korišćenje softverskog inženjeringa, upravljanja znanjem i veštačke inteligencije u prevenciji sajber pretnji. Istraživanje treba da se fokusira na probleme generisanja bezbednog softvera, potrebu za izgradnjom infrastrukture i sigurnost distribucije softverskog koda. Ispitivanjem nalaza istraživanja pokušava se pokazati da postoji razlog za korišćenje autonomnih vozila u budućnosti, kao i standardizaciju razvoja ugrađenog softvera na čipu.

Ključne reči: siguran softver, CAN bus, metaheuristika, etika i logika, testiranje softvera, standardi, autonomna vozila, AI zakoni & AI logika, Big Data;

Abstract

Autonomous vehicle software and implementation of new development methods

Abstract: Being able to travel around using different modes of transportation has become commonplace, so most users expect safety, speed, and accuracy as they arrive at their location. The future of current global mobility will require self-driving electric vehicles, with or without a driver. This will require the continued operation of some technologies, such as smart highways, electric chargers, cars, and other devices that enable the daily use of these vehicles. The development of self-driving cars requires the development of robust big data hardware and software that can rapidly process data from several data sources. Secure software, as the key to saving lives, requires the use of software engineering, knowledge management, and artificial intelligence in the prevention of cyber threats. Research should focus on the problems of generating secure software, the need to build infrastructure, and the security of software code distribution. Examining the findings of the research attempts to show that there is a rationale for the use of autonomous vehicles in the future, as well as the standardization of the development of embedded software on a chip.

Keywords: secure software, CAN bus, metaheuristics, ethics and logic, software testing, standards, autonomous vehicles, AI Laws & AI logic, Big Data;

Sadržaj

Lista skraćenica **xi**

Spisak slika **xii**

1 Uvod **2**

1.1 Opšta razmatranja 2
1.2 Metodologija istraživačkog rada 3
1.3 Predmet istraživanja 3
1.4 Metode istraživanja 4
1.5 Ciljevi istraživanja 5
1.6 Naučne hipoteze 6
1.7 Očekivani doprinosi 7
1.8 Struktura disertacije 8

2 Automobilska industrija i izazovi razvoja sigurnog softvera **10**

2.1 Automobilska industrija i autonomna vozila 11
2.1.1 Komercijalna proizvodnja regularnih automobila u istoriji 13
2.1.2 Autonomna vozila 14
2.1.3 Nedostatak zakona za autonomna vozila 16
2.1.4 Dizajn automobila 17
2.1.5 Moralna pitanja 18
2.1.6 Etičko razmišljanje i socijalna dilema 19
2.1.7 Etička razmatranja na osnovu podataka 20
2.1.8 Proces etičkog kognitivnog procesa i načina ljudskog razmišljanja . . . 21
2.1.9 Softver u autonomnim vozilima 22
2.2 Organizacije, tehnologije i alati 25
2.2.1 Veštačka inteligencija 26

2.2.2 Mašinsko učenje . . . 27
2.2.3 Internet stvari - IoT . . . 28
2.2.4 Računarstvo u magli . . . 29
2.2.5 Skalabilni IoT/M2M sistemi . . . 30
2.3 Sigurnost i bezbednost hardverskog sistema . . . 31
2.3.1 Ciljevi bezbednosti . . . 31
2.3.2 Bezbednosni izazovi . . . 32
2.4 Arhitektura i razvoj softvera . . . 32
2.4.1 Arhitektura orijentisana na aplikacije-AoA (AoA) . . . 33
2.4.2 Monolitni razvoj aplikacija . . . 33
2.4.3 Nasleđeni monolit sistemi i aplikacije . . . 34
2.4.4 Savremeni mikroservisi . . . 35
2.4.5 Važnost primene kontejnera . . . 37
2.4.6 Upravljenje kontejnerima . . . 39
2.4.7 Kubernetes . . . 40
2.5 Budući razvoj softvera i realizacija procesa testiranja . . . 41
2.5.1 Softverske linije proizvoda (SPL) . . . 42
2.5.2 Izazovi za razvoj softvera u autonomnim vozilima . . . 44
2.5.3 Promene softvera iz bezbednosnih razloga . . . 44
2.5.4 Problemi softvera sa upravljanjem i ulaznim podacima . . . 45
2.5.5 Kontinuirana integracija/Kontinuirana distribucija - CI/CD . . . 45
2.5.5.1 Kontinuirana integracija - CI . . . 46
2.5.5.2 Kontinuirana distribucija - CD . . . 46
2.5.6 Izazovi za testiranje i pronalaženje bezbednosnih problema . . . 46
2.5.7 Pokretanje testova i simulacija u realnom svetu . . . 48
2.5.8 Kontinuirano testiranje softvera . . . 50
2.6 Rezime . . . 51

3 Teorijske osnove istraživanja i zahtevi za kreiranjem sigurne infrastrukture 52
3.1 Potrebna Infrastruktura . . . 53
3.1.1 Pametni putevi . . . 54
3.1.2 Pametni gradovi . . . 54
3.2 Alternativna goriva . . . 55

3.2.1 Dostupnost infrastrukture za punjenje ECV 56
3.2.2 Automobilska industrija u Republici Slovačkoj 57
3.2.3 Nove registracije putničkih automobila u EU prema alternativnoj vrsti goriva 60
3.3 Postupci prikupljanja podataka 62
3.4 Rudarenje podataka i veliki podaci (BigData) 64
3.4.1 Označavanje i skala procene 64
3.4.2 Proces merenja 65
3.4.3 Opisivanje i definicije potrebnih podataka 65
3.5 Rezime 67

4 Sigurnost softvera autonomnih vozila i distribucija koda 68
4.1 Zahtevi proizvodnje malih i srednjih preduzeća auto industrije 69
4.1.1 Monolitni razvoj aplikacija 69
4.1.2 Raspodela i distribucija resursa 70
4.2 CAN bus 70
4.3 Važnost metaheuristike za autonomna vozila 72
4.4 Integrisanje metaheuristika u kritične sisteme 74
4.5 Razvoja sigurnog softvera u industriji i vozilima 75
4.5.1 Distribucija softvera 75
4.5.2 ECU Firmware ažuriranje 76
4.5.3 Sigurnosne mere 76
4.5.4 Evidentiranje i dijagnostika 77
4.6 Detekcija napada pomoću metaheurističke optimizacije u okviru IoT/IIoT sistema i softvera autonomnih vozila 77
4.6.1 Procesi otkrivanja napada i upada u sistem 78
4.6.2 Swarm optimization algoritam 79
4.6.3 Predloženi algoritam - GSAPSO 80
4.6.4 Eksperimentalna postavka 80
4.6.5 Service mesh pristup u razvoja i testiranju softvera 83
4.6.6 Preduslovi 84
4.7 Rezime 85

5 Zaključak 87

6 Budući rad i dalja istraživanja **89**

6.1 Ponovna upotreba koda ili softvera 89

6.2 Prednosti i rizici ponovne upotrebe koda 90

6.3 Industrijska Revolucija 4.0 90

6.4 Industrijska Revolucija 5.0 92

Bibliografija **93**

Dodaci

A Objavljeni radovi **A-2**

A.1 Kategorizacija M10 . . . . . A-3

A.1.1 M13 . . . . . A-3

A.1.2 M14 . . . . . A-4

A.2 Kategorizacija M20 . . . . . A-4

A.2.1 M21 - Q1 . . . . . A-4

A.2.2 M22 - Q2 . . . . . A-5

A.2.3 M24 - Q4 . . . . . A-5

A.3 Kategorizacija M30 . . . . . A-6

A.3.1 M33 . . . . . A-6

A.4 Kategorizacija M50 . . . . . A-10

A.4.1 M53 . . . . . A-10

A.5 Druga didaktička sredstva (bilteni, priručnici, skripte i sl.) A-10

A.6 Reference nacionalnog nivoa u drugim državama (samostalne ili kolektivne izložbe, umetnički nastupi na bilateralnom i međunarodnom nivou) A-11

Lista skraćenica

5G	5th Generation Wireless Telecommunication Network
AI	Artificial Intelligence
CD	Continuous deployment
CI	Continuous integration
CI/CD	Continuous integration and continuous delivery/continuous deployment
DBMS	Database Management System
DRF	Dominant Resource Fairness
ECV	Electric Conveyance Vehicle
EMP	Electromagnetic pulse
ETL	Extract, transform, load
GA	Genetic Algorithms
HPC	High Performance Computing
IoT	Internet of things
KM	Knowledge Management
LoRaWAN	Long-Range Wide Area Network
LVC	Live, virtual, constructive
ML	Machine Learning
NGWNs	next-generation wireless networks
OSWT	Object Security in Web of Things
OTA	Over-The-Air
QC	Quality Control
SA	Simulated Annealing
SaaS	Software as a Service

SLDC	Software Development Life Cycle
TCU	Telematics control unit
VM	Virtual Machine
VW	Volkswagen

Spisak slika

2.1 Tricikl na parni pogon, koji je 1769 napravio Cugnot 12
2.2 Autonomno vozilo marke Volvo, kompanija Uber 15
2.3 Uber ATG vozilo i sadržaj AV sistema 16
2.4 Ilustrativni prikaz problema “kolica” 19
2.5 Definisanje metrike za novu industriju primenom integrisanog sigurnosnog okruženja 23
2.6 Tipični autonomni sistem vozila 24
2.7 SAE J3016 Standard, nivo automatizacije vožnje u EU 25
2.8 AI slučajevi upotrebe u operacijama autonomnog vozila 27
2.9 Evolucija arhitekture softvera 36
2.10 Regularna i kontejner virtualizacija 37
2.11 Razvoj kontejnera 38
2.12 Kubernetes Architecture 41
2.13 Životni ciklus razvoja softvera 42
2.14 Test sudara Chevrolet Cruze 49
2.15 EU lutke za ispitivanje sudara, Mercedes-Benz 50

3.1 Distribucija punjača unutar EU za električne automobile 57
3.2 Ilustracija dobavljača u automobilskoj industriji - Republika Slovačka 59
3.3 Tržišni udeo novih automobili u EU prema vrsti goriva, zadnje ažuriranje 27.08.2021. godine 61
3.4 Gorivo - EU (2021) 62

4.1 Modularizovana CAN magistrala za automobilske aplikacije 71

4.2 Optički spojnik i CAN primopredajnik 71
4.3 Predloženi okvir i dijagram toka za optimizaciju 82
4.4 Service Mesh – pre i posle postavljanja unutar klastera sa bezbednosnim merama primenjenim na proces otkrivanja i zaštite CAN bus magistrale. 83
6.1 McKinsey koncept operacija 4.0 91

Glava 1

Uvod

Svetska populacija stanovništva raste sporijim tempom zbog ekonomskih okolnosti i modernog načina života. Prikazane su projekcije iz Svetske perspektive stanovništva za 2021 godinu, gde na osnovu podataka na našoj planeti živi preko 7,8 milijardi ljudi. Podaci [1, 2] pokazuju da bi srednja projekcija populacije do 2100 godine mogla porasti do 14-15 milijardi ljudi. Na osnovu procena svetskih organizacija kao što su Ujedinjene Nacije (eng. United Nations), formira se sveobuhvatan skup demografskih podataka za procenu kretanja stanovništva na kontinentalnom, globalnom, regionalnom i nacionalnom nivou. Koriste se različiti proračuni mnogih ključnih razvojnih indikatora koji se obično koriste prilikom donošenja približnih ili tačnih procena. Navedene procene su veoma važne za potrebe planiranja [3], marketinga, načina poslovanja [4], ekonomske isplativosti [5] i analize mogućnosti primene različitih oblika autonomnih vozila [6].

Povećanje broja stanovnika će predstavljati pravi izazov za kretanje i transport od tačke A do tačke B. U cilju poboljšanja (unapređenja) i efikasnosti, kretanje društva će postati dominantan i težak zahtev za realizaciju od strane mnogih vlada, kompanija, agencija i svih povezanih činilaca koji učestvuju u transportnom procesu. Prilikom planiranja i sagledavanja potreba transporta, u budućnosti će biti potrebno da se obrati pažnja na četiri globalna demografska megatrenda: povećanje, starenje stanovništva, migracije i urbanizacija gradova. Svi navedeni indikatori imaju ključne osobine po pitanju socijalnog, ekonomskog razvoja i zaštite životne sredine. Tačne procene će omogućiti vladama sveta da kreiraju predviđanja budućih demografskih kretanja i tako dobijene informacije se mogu generisati u razvojnu politiku prostornog planiranja infrastrukture.

Ovo poglavlje je organizovano na sledecć problemi način i sadrži: sekciju 1.1 opšta razmatranja, sekciju 1.2 metodologija istraživačkog rada, sekciju 1.3 predmet istraživanja, sekciju 1.4 metode istraživanja sekciju 1.5 ciljevi istraživanja, sekciju 1.6 naučne hipoteze, sekciju 1.7 očekivani doprinosi, i sekciju 1.8 struktura disertacije.

1.1 Opšta razmatranja

Kompanije od kojih počinju transportni procesi se uglavnom bave proizvodnjom vozila i one većinom utiču na izgradnju potrebne saobraćajne infrastrukture, puteva, signalizacije, komunikacionih uređaja i pratećih elemenata koji učestvuju u regulisanju saobraćaja, pisanja propisa. Dok su specijalizovane IT i kompanije koje rade na sopstvenoj modernizaciji (Tesla,

Inc., Škoda Auto a.s., Robert Bosch GmbH, The Toyota Motor Corporation, Google LLC, TATA Group, BMW Group (Bayerische Motoren Werke AG), The Volvo Group itd.) uključene u razvoj novih transportnih tehnologija koje još uvek ne postoje na tržištu. Većina firmi se transformisala u tehnološke IT kompanije, koje su se usko specijalizovale ili imaju posebna odeljenja koja se bave razvojem potrebnih komponenti za autonomna vozila. Budući procesi integracije i mogućnosti upotrebe zahtevaju primenu različitih procesa, kao što su QA – osiguranje kvaliteta (eng. Quality Assurance) , softversko testiranje (eng. Software Testing) i mnogih drugih.

Nove komponente bi trebale da stvore mogućnosti realizacije procesa transporta. Kina je ekonomski i tehnološki najrazvijenija zemlja sa najvećim brojem ljudi u svetskoj populaciji. Ona posvećuje veliku pažnju vozilima bez vozača, ulažući ogromna finansijska sredstva za unapređenje načina i brzine kretanja ljudi upotrebom različitih vozila u zavisnosti od načina primene u vazduhu, na kopnu ili ispod zemlje. Unutar doktorske disertacije će se razmatrati tehnologije autonomnog transporta bez uključivanja i interakcije čoveka kao vozača, kao sve druge direktno ili indirektno povezane oblasti. Trenutna ideja autonomnih vozila deluje kao nemoguća i teško ostvariva u skorijoj budućnosti, ali sama tehnologija bi trebala da omogući sigurno i bezbedno kretanje svih učesnika u saobraćaju, značajno smanjujući saobraćajne gužve i emisije CO2 i predstavljajući važan faktor za očuvanje životne sredine [7].

1.2 Metodologija istraživačkog rada

Značaj istraživanja se ogleda u više različitih aspekata, analizi softvera i vozila koja ih koriste sa sigurnosnim aspektom. Tržište automobilske industrije je jedan od najačih pokretača softverskog razvoja i inženjerstva, jer kontinuirano podstiče inovacije i implementaciju novih tehnologija. Konkretna primena najviše zavisi od kvaliteta i ispravnosti softvera koji se koristi i odnosi na važnost očuvanja ljudskog života. Softver u današnjem svetu predstavlja oblik dodatne vrednosti na globalnom tržištu, slično plemenitim metalima poput zlata u prošlosti. Istraživački metod će se zasnivati na ne numeričkim i numeričkim podacima koji sadrže odgovarajuću relevantnost i mogućnosti testiranja sigurnosnog aspekta. Određeni deo dobijenih rezultata unutar ove teze će biti objavljen, što će biti verifikovano putem publikacija. Na osnovu navedenog, disertacija sadrži sumirana poglavlja iz kojih su nastali određeni naučni doprinosi. Primenjena metodologija će se zasnivati na sagledavanju organizacionih metoda, upravljanja znanjem u industriji i mogućnostima eventualne zaštite CAN bus magistrale vozila.

1.3 Predmet istraživanja

Predmet istraživanja disertacije je uticaj softvera na autonomna vozila i procese tokom dizajniranja fizičkog-hardverskog testiranja sa osvrtom na kreiranje domenskog znanja. U radu se istražuje kompleksnost ciljeva, zahteva i izazova. Konkretno ovo se odnosi na sve sa čime se susreće jedan složeni sistem tokom proizvodnje autonomnog vozila unutar fabrike. Efikasnost softverskog koda je često povezana sa energetskom efikasnošću i slučajevima povećane potrošnje električne energije ili obrnuto. Zahtevi za stvaranjem specifičnih operativnih sistema i pratećih korisničkih aplikacija mogu biti jedan od kamena spoticanja prilikom upotrebe i buduće prodaje vozila. Glavni razlog se može ogledati u nedostatku lokalizacije jezika i mogućnosti za određenu zemlju ili region. Trenutno ne postoje baterije koje bi mogle u potpunosti da podrže sve potrebne

hardverske-softverske radnje na dugim putovanjima koja prevazilaze 300 km udaljenosti. Zbog toga se današnja tehnologija oslanja na proizvodnju hibridnih vozila i obnovljivih izvora energije sa dostupnim punjačima na autoputevima. Ovim je ključna primena povezanih sistema, usmerenih na proces pronalaska primenljivih softverskih rešenja, podrazumevajući mogućnosti upotrebe sigurnih protokola, IoT, računarske mreže i dostupnih računarskih resursa. Dostupnost računarskih resursa je ključna za potrebe udaljenog dijagnostikovanja i potreba proračunavanja složenih putanja na mapama.

Glavni značaj istraživanja je u stvaranju okruženja sa mogućnošću primene novih metodologija i tehnologija razvoja usaglašenog softvera sa standardima. Istražuju se tehnike kontinuiranog razvoja sa konstantnim testiranjem u okviru okruženja u oblaku (eng. Cloud computing) i sistema visokih performansi - HPC (eng. High Performance Computing). Takođe se razmatraju primene postojećih sigurnosnih standarda i njihove implementacije unutar operativnih sistema. Analiziraju se filozofski i psihološki aspekti, izazovi moralnih pitanja, etičnosti i načina ljudskog razmišljanja prilikom donošenja odluka. Sagledava se složenost potrebe kreiranja modela načina razmišljanja veštačke inteligencije u skladu sa postojećim svetskim pravnim regulativama. Proučavanjem i analiziranjem materijala obrađuju se ideje predlaganja mogućih rešenja prilikom daljeg razvoja softvera.

U radu će biti razmatrano više povezanih naučnih oblasti sa određenim segmentima koji se odnose na sledeće stavke:

1. Naučna namena i primena postojećih sistema
2. Pregled softvera i hardverskih rešenja korišćenog za realizaciju autonomnih vozila
3. Informacione i komunikacione tehnologije
4. Nauke bezbednosti i sigurnosti (ljudi, hardver, softver)
5. Psihologija, filozofija i razmišljanje o životu
6. Saobraćajno inženjerstvo - Tehnologije transportnih sistema
7. Formalne nauke (matematika, statistika, logika)
8. Tehničke nauke (elektrotehnika, elektronika)
9. Prirodne nauke (fizika, hemija)

1.4 Metode istraživanja

Metodologija istraživanja obuhvataće organizovan i složen proces postupka analize, koji polazi od logičkih načela i potrebnih zahteva za primenom rešenja. U istraživanju i obradi podataka biće korišćene statističke metode za potrebe prikupljanja podataka, kao i kreiranja data dimenzija. Prikupljanje podataka će zahtevati upotrebu više različitih izvora koji mogu biti prikupljeni sa više ulaza ili izlaza. Pristup istraživanju je interdisciplinaran, što omogućava primenu jednog ili više postupaka u cilju dobijanja što kvalitetnijih rezultata. Prilikom istraživanja razmatra se način komunikacije sa spoljnim okruženjem, primenom računarskih mrežea procesa klasifikacije objekata, mogućnost izgradnje pametnih autoputeva, postavke IoT uređaja sa

upotrebom AI - veštačke inteligencije, algoritama za dubinsko učenje, zajedno sa procesima koji bi bili neophodni prilikom potpunog korišćenja autonomnih vozila u budućnosti. Složenost teme i samog istraživanja zahtevaće primenu metoda analize, apstrakcije, sinteze, generalizacije i mnogih drugih za potrebe koje će se koristiti za modelovanje i kreiranje statističkih analiza. U toku rada na disertaciji korišćena je komparativna analiza dosadašnjih znanja iz oblasti algoritama za dubinsko učenje, IoT, autonomnih vozila i drugih povezanih oblasti.

Proučavana je literatura koja obrađuje rezultate koji su do sada postignuti u ovoj oblasti. Literatura je u najvećem delu prikupljena putem Interneta sa više različitih lokacija i u više različitih oblika. Konkretno radi se o digitalnom obliku pdf, html ili epub. U najvećoj meri je korišćena digitalna biblioteka IEEE asocijacije (Institute of Electrical and Electronics Engineers) sa drugim raspoloživim elektronskim i pisanim materijalima povezanih istih. Uzete su u obzir i druge digitalne biblioteke različitog karaktera kao što su: ACM, Elsevier, Scopus, Singipedija, Univerzitetska biblioteka Svetozar Marković, E-Teze, IEEE Xplore Digital Library, Google Scholar, ResearchGate, Semantic Scholar, Microsoft Academic, Refseek, WorldWideScience.org, BASE (Bielefeld Academic Search Engine) Science.gov, ERIC (Educational Resources Information Center), EBSCO, figshare, ScienceDirect, Univerzitet u Beogradu Phaidra, arXiv.org (Cornell University Library), CALIS Shaanxi Provincial Document Information Service Center, Lexis Web itd.

Prilikom prikupljanja materijala uzeta su fundamentalna istraživanja iz povezanih naučnih oblasti, postavljajući osnov za daljim unapređivanjem i istraživanjem. Takođe uzeta su u obzir i nešto starija dostignuća i njihove osnovne postavke i primeri. Sagledana su saznanja u oblasti koja povezuju softversko inženjerstvo i koja sagledaju transformacije izgradnje i uređenja postojećih saobraćajnih komunikacionih sistema i elemenata potrebnih za realizaciju upotrebe autonomnih vozila.

1.5 Ciljevi istraživanja

Problemi sa kojima se susreću autonomna vozila zahtevaju detaljno razmatranje mogućnosti i potrebe za korišćenjem istih i svih drugih povezanih celina. Ostvarivanje sigurnog oblika transporta zahteva istraživanje navedene teme sa više različitih aspekata. Ciljevi navedenog istraživanja treba da pokažu osnovnu svrhu i neposrednu mogućnost primene u teoriji, praksi, nauci i društvu. Ključan faktor u razvoju autonomnih vozila imaju ugrađeni softverski sistemi (eng. Embedded systems) zasnovani na znanju veštačke inteligencije i ekspertnim sistemima. Kao tako složeni sistemi zahtevaju upotrebu: QA, QC, robotike, faze logike, IoT uređaja, softvera za ML – mašinsko učenje (eng. Machine Learning), neuronskih mreža, algoritama za dubinsko učenje itd.

Nenavođenjem naučnih disciplina i sistema, ne bi bilo moguće kreirati autonomnu tehnologiju bez direktnog uticaja čoveka na upravljanje i kretanje vozila u realnom vremenu. Rezultati analize treba da ukažu na prednosti i mane postojećih sistema. Zahtevi autonomnih vozila treba da potvrde neophodnost razvijanja tehnologija koje će poboljšati nivo sigurnosti ljudskog života prilikom primene celokupnog sistema.

Opšti cilj je istraživanje i kvantifikacija odnosa između potrošnje energije, efikasnosti vozila, performansi i opravdanosti finansijske realizacije mogućnosti upotrebe u skorijoj budućnosti.

Praktični i tehnički cilj istraživanja se ogleda u želji za razvojem i primenom jednog

ili više modela za automatizaciju vozila. Analizira se mogućnost predlaganja mogućih načina rešavanja postojećih problema vezanih za moralna pitanja koja se odnose na autonomna vozila. Stavlja se akcenat na unapređenju kvaliteta softvera (QA) autonomnih vozila i pogonskih ciklusa unutar računara vozila. Konkretno se sagledavaju mogućnosti primene organizacionih tehnika i upravljanja znanjem (eng. knowledge management).

Softver koji komunicira sa modelom za automatizaciju i obradu podataka mora koristiti siguran i pouzdan izvršni kod bez mogućnosti udaljene manipulacije od strane trećih lica što podrazumeva globalni timski razvoj. Kroz distribuirane softverske timove trebalo bi da se donese veća društvena prihvatljivost, podstičući korisnike da učestvuju u procesu razvoja načina razmišljanja budućeg autonomnog vozila. Dok se sa druge strane takođe otvara niz novih sigurnosnih problema, postavljajući pitanja o zaštiti privatnosti korisnika i mogućnosti eventualne loše namere. Jedna od glavni zloupotreba se može odnositi na ciljano narušavanje ljudskog života sa ili bez posledica.

Društveni cilj je doprinos većoj društvenoj prihvatljivosti modernog načina transporta, koji uključuje upotrebu autonomnih i vozila bez vozača. U skladu sa već iznetim stavovima i činjenicama, očekuje se da će istraživanje dati realno izvodljive načine povećanja efikasnosti rada softverskih sistema. Izloženo istraživanje treba da pruži odgovore na zabrinutost po pitanju uticaja softvera i mogućeg rizika gubitka ljudskih života. Želja je da se uvođenjem autonomnih vozila ostvari povećanje efikasnosti rada službi na autoputevima, implementacija novih sistemima sigurnosti na putevima i mogućnosti direktne komunikacije sa hitnom pomoći. Bezbednost i brzina softvera koji se koriste u autonomnim vozilima predstavljaju ključan faktor razvoja unutar društva.

Primenjene metode istraživanja Primenom analitičkog metoda utvrđivane su stvarne saobraćajne nesreće, koje su uzrokovane od strane trenutnih autonomnih vozila. Nakon utvrđivanja statističkih podataka, definisane su hipoteze koje mogu uticati na budući razvoj vozila sa veštačkom inteligencijom. Primenom istorijskog metoda pribavljeni su rezultati istraživanja drugih autora koji su se u prošlosti bavili tematikom dizajniranja vozila i njihovim zakonskim uređenjem. Prikupljeni su i korišćeni podaci korporativnih istraživanja na svetskom nivou sa osvrtom na svetske uticaje na ekonomski prosperitet jedne ili više zemalja.

Primenjena je metoda kompleksnog posmatranja i analize sadržaja prilikom obrade rezultata preuzetih i sakupljenih tokom istraživanja. Dobijeni rezultati su upotrebljeni sa ciljem razumevanja kompleksnosti i definisanja pravca istraživanja. Prilikom sagledavanja problematike upotrebljen je i projektni metod, tako da se u određenom poglavlju prikazuju konkretni idejni predlozi budućeg razvoja sigurnog softvera. Na ovaj način primenjene su metode analize i sinteze, sa ciljem primene metode dokazivanja ili opovrgavanja postavljenih hipoteza. Verifikacija je ostvarena kroz naučne radove i dobijena mišljenja od strane naučne i stručne javnosti u ovoj oblasti.

1.6 Naučne hipoteze

Razumevanje apstraktnosti problema i načina prikupljanja obrade i prikaza dobijenih rezultata može biti veoma težak ili skoro nemoguć zadatak. Ako se u potpunosti ne razumeju svi potrebni parametri koje koristi autonomno vozilo, teško je ostvariv napredak i poboljšanje u ovoj oblasti. Sistemi i postojeći programi za vizuelnu simulaciju okruženja delimično omogućavaju prikazivanje vizuelizacije procesa i povezivanja apstraktnih i idejnih koncepata. Dok razvoj

i korišćenje softverskih sistema zahteva njihovu simulaciju u realnim uslovima rada sistema posebno razvijenih za tu namenu.

Na osnovu navedenog postavljamo sledeće polazne hipoteze:

1. Hipoteza – Korisnici koji žele da primenjuju trenutno predloženi prototip vozila, mogu da kupe i koriste vozila samo na lokacijama gde postoje tehničke mogućnosti i zakoni koji regulišu i prepoznaju autonomna vozila.
2. Hipoteza – Autonomna vozila još uvek zahtevaju ljudski nadzor ili poseduju delimičnu automatizaciju. Upotrebom trenutnih rešenja korisnik autonomnog vozila može biti proglašen krivim za saobraćajnu nesreću, iako je vozilom upravljao računar.
3. Hipoteza – Razvojem veštačke inteligencije i pratećeg softvera moguće je sigurno i bezbedno spašavanje ljudskih života. Upotrebom ovih sistema smanjena je mogućnost zloupotrebe sistemskog softvera i ugrožavanja ljudskih života kroz primenu metaheuristike i veštačke inteligencije.

Opisano istraživanje u ovom radu ima za cilj, da potvrdi ili opovrgne iznete hipoteze. Svako od poglavlja pokriva i sagledava gore navedene navode.

1.7 Očekivani doprinosi

Glavni doprinos ovog rada, zasnovan je na razmatranim iskustvima iz teorije i prakse. Ogleda se u analizi razvoja softvera, procesa kreiranja znanja u industriji, hardvera, infrastrukturi i primeni sveobuhvatnog sistema autonomnih vozila. U ovoj disertaciji analizirani su brojni rezultati istraživanja sprovedenih na svetskom nivou. Prikupljeni rezultati i ostvareni doprinosi unutar doktorske disertacije bi trebali da budu upotrebljeni za stvaranje polazne osnove budućih istraživanja.

U disertaciji se očekuje ostvarivanje sledećih naučnih doprinosa:

1. Pregled postojećih softverskih i hardverskih sistema koji se bave problemom autonomnih vozila i analizom postojećih softverskih rešenja. Ostvarena saznanja su prezentovana unutar poglavlja 2.
2. Osvrt na psihologiju i način ljudskog razmišljanja prilikom donošenja odluka po pitanju očuvanja ili gubitku ljudskog života. Sagledavajući predlaganje ideja i pristupa u rešavanju moralnih i drugih pitanja prilikom razvoja softvera, ostvarena saznanja su prezentovana unutar poglavlja 3.
3. Analiza potrebne infrastrukture, ekonomske isplativosti i mogućnosti buduće primene autonomnih vozila. Sagledavanje i analiza različitih operativnih sistema i njihovih hardverskih rešenja koji se trenutno koriste u autonomnim vozilima. Prepoznavanje koncepta modularnog razvoja zasnovanog na testiranju i softverskom domenskom znanju iz auto industrije. Primena programerskog koda za autonomna vozila u realnom vremenu sa kreiranim sigurnosnih modelima detekcije koji koriste metaheuristiku. Ostvarena saznanja su prezentovana unutar poglavlja 3 i 4.

4. U skladu sa predmetom i ciljem, postavljenim pretpostavkama i metodama istraživanja, očekuje se da će rezultati ovog naučno-istraživačkog rada dati doprinos svetskoj javnosti u ovoj oblasti. Razmatra se predlog virtuelnog test okruženja, koje bi omogućilo integrisanu primenu određenih standarda, zakona i testova AI logičkih modela. Kroz definiciju ovog metoda trebalo bi da se stvori jasnija slika zakonskog uređivanja autonomnih vozila i njihove buduće primene. Trenutno predloženi sistem u okviru ove disertacije, ne sadrži podatke o tome da su u praksi primenjivani isti ili slični idejni koncepti. Ostvarena saznanja su prezentovana unutar poglavlja 4.

Navedena tema doktorske disertacije je aktuelna, a jedan od glavnih fokusa istraživanja se odnosi na očuvanju ljudskog života, zaštiti životne sredine i ostvarivanju potreba savremenog društva za novim vrstama vozila. Podaci koji mogu biti korisni, a vezani su za ovaj deo istraživanja, odnose se na praktične probleme ovakvih sistema i rešenja koja ih mogu prevazići. Tokom procesa istraživanja i pisanja, postoji mogućnost da određene ideje, rezultati budu već izloženi, prezentovani, objavljeni u vidu više radova na međunarodnim naučnim konferencijama, časopisima, naučnim skupovima u zemlji i/ili inostranstvu. Zbog ovoga će određeni deo teksta biti sadržan samo unutar objavljenih rezultata sa referencom unutar sumiranog poglavlja.

1.8 Struktura disertacije

Struktura disertacije zasnovana je na objavljenim radovima i rezultatima istraživanja, koji se nalaze u prilozima i na sledećim linkovima:

- **Scopus** - https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57224193975&origin=recordpage
- **SciProfiles** https://sciprofiles.com/profile/1339097
- **IEEE** - https://ieeexplore.ieee.org/author/37089478564
- **ORCID** - https://orcid.org/0000-0003-3538-6284
- **Google Scholar** - https://scholar.google.com/citations?user=Tas0kRoAAAAJ&hl=en
- **Loop** - https://loop.frontiersin.org/people/2419662/overview
- **dblp** - https://dblp.uni-trier.de/pid/296/8159.html
- **Web of Science** - https://www.webofscience.com/wos/author/record/ABD-6320-2020

Istraživački doprinosi objavljeni su u nekoliko različitih kategorija publikacija kao što su časopisi, monografije i konferencije. Određeni doprinosi su u okviru automobilske industrije i istraživanja različitih naučnih aspekata međusobne povezanosti ili zavisnosti kreiranja standardizovanog softvera. Proces u okviru ove disertacije realizovan je primenom metoda publikacije ostvarenih rezultata za svako od poglavlja, gde se rezultati dobijeni tokom studije mogu pregledati ili delimično/u potpunosti objaviti.

Struktura disertacije je nastala na osnovu višegodišnjeg istraživanja, koje je oblikovalo sumiranu strukturu i sadržaj na sledeći način:

- **Glava 1** sadrži: uvod, opšta razmatranja i metodologiju istraživačkog rada. Prvo poglavlje daje osnovne ideje istraživačkog okvira koji cć probleme se koristiti za ispitivanje različitih aspekata međusobno povezanih oblasti auto industrije. Uvod ukratko opisuje problem koji će biti obrađen i daje opšte informacije o metodološkim pristupima zasnovanim na uvodnim razmatranjima i postavljenim hipotezama.

- **Glava 2** sadrži: sveobuhvatan pregled relevantnih studija u ovoj oblasti, sa posebnim fokusom na autonomna i vozila bez vozača. Istražuju se poteškocć probleme sa kojima se susrecć problemu novi tipovi vozila, baveći se pitanjima kao što su nedostatak pravila koja regulišu autonomna vozila, moralne brige, etičko rezonovanje, bezbednosne prepreke i tako dalje. Poglavlje pokriva informacije o istorijskom razvoju automobila, pravnim normama, konvencijama i zakonima koji su sada bili na snazi širom sveta i u zemljama Evropske unije.

- **Glava 3** sadrži: teorijske osnove istraživanja koje se odnose na analitičku obradu prikupljenih podataka u toku istraživanja i potrebu kreiranja odredjene sigurne infrastrukture. Poglavlje pokriva postupke prikupljanja podataka i učestvovanja u procesima direktnog opažanja kroz senzore, radare, kamere i druge povezane sisteme. Takodje, sagledavaju se definicije potrebnih podataka i njihovo opisivanje kroz kriterijume selekcije.

- **Glava 4** sadrži: pokriva aspekt sigurnosti i demonstrira primenu novih integrisanih metoda razvoja softvera za potrebe auto industrije. Poglavlje vrši sintezu sa nadovezivanjem na treće poglavlje, pokrivajući studiju slučaja ostvarenih rezultata i aspekata sigurnosnih mera. Takođe, sagledava sigurnosni aspekt softvera i njegovu složenost tokom razvoja. Ovo poglavlje takodje sagledava važnost detekcije raznih cyber napada primenom metaheuristike za autonomna vozila i drugih AI modela.

- **Glava 5** sadrži: zaključak koji predstavlja prikupljena saznanja i osvrte na više različitih mišljenja. Zaključak sadrži informacije i mogućim pravcima razvoja u ovoj oblasti softverskog inženjeringa i auto industrije.

- **Glava 6** sadrži: budući rad i dalja istraživanja koja su međusobno povezana i poseduju mogućnosti unapređivanja različitih aspekata autonomnih vozila.

Disertacija sadrži ukupno šest poglavlja unutar kojih se nalaze uvod, zaključak, budući rad i dalja istraživanja, bibliografija sa dodatkom na kraju (Appendix).

Glava 2

Automobilska industrija i izazovi razvoja sigurnog softvera

Danas se suočavamo sa nesrazmernom potražnjom putničkih vozila, usled relativno pristupačnih cena i dostupnosti na tržištu polovnih automobila. Kao rezultat njihove široke dostupnosti, stvaraju se negativni efekti poput gužve, buke, zagađenja životne sredine i usporavanja protoka saobraćaja. Saobraćajno zagušenje je sve veći problem u mnogim zemljama širom sveta. Može se uvideti da se slabo radi na razvijanju postojeće putne infrastrukture u evropskim zemaljama. Većina zemalja koristi kombinaciju inovacija u različitim oblastima koje zahtevaju upotrebu računarskih mreža i informacionih tehnologija sa ciljem unapređenja postojeće infrastrukture.

Automobilska elektronika i tehnologija su glavni pokretač inovacija i razvoja pametnih automobila i svih povezanih oblasti. Dostupnost elektronskih i digitalnih komponenti unutar novih automobila su nam olakšale život i dostupnost većeg broja informacija. Život u doba informatičkih tehnologija bi trebao da nam olakša život i svakodnevne zadatke u našim domovima, kancelarijama i automobilima. Nedavna dostignuća industrijskih stručnjaka stvorila su ogroman porast broja elektronskih uređaja instaliranih u automobilskim pogonima. Autonomna vozila neprestano prikupljaju informacije iz svog okruženja, koristeći relativno sofisticirane kamere i senzore. Primena novog softvera na tim vozilima trebalo bi da ima za cilj ispravljanje ljudskih grešaka i sticanje novih znanja od svih učesnika u saobraćaju.

Kada je reč o autonomnim vozilima iz različitih perspektiva, potrebno je vodjenje javne debate u vezi sa softverom, uključujući različite etičke norme i standarde. Takođe se moraju razmatrati primene zakona i usaglašavanja sa socijalnim, ekonomskim i dizajnerskim zahtevima postavljenim od strane kranjih kupaca. Autonomna vozila - AV uključuju nove izazove u postepenom rešavanju sa kompleksnijim problemima u nekoliko naučnih oblasti. Socijalne dileme, moralna i etička pitanja ukazuju na različite pristupe. Još uvek postoji nerešiv problem odlučivanja kada je reč o umešanosti problema “kolica”. U slučaju korišćenja i stvaranja nove tehnologije potrebna je ideja primenjenog inženjerskog pristupa, što zahteva istraživanje određenih modela, metoda i pristupa otkrivanjima. Nameću se razna pitanja poput: koji će se pristup primeniti, da li će buduće rešenje biti specijalizovano za analizu složenih stvarnih inženjerskih problema, da li primeniti postojeće metode u rešavanju različitih problema?

Softver za autonomna vozila bi trebao u budućnosti da poseduje fleksibilnost rekonstrukcije sudara i mogućnost analiziranja primenjene logike, etike i moralnih algoritama. Realizacija prethodno navedenih zahteva, iziskuje postojanje vrlo dobre softverske i hardverske tehnologije

snimanja i čuvanja podataka tokom sudara. Napori u istraživanju unutar oblasti su vezani za autonomna vozila, ukazujući na složene problema stvarnog softverskog inženjerstva i izazova na svetskom nivou. Pre nego što se započne njegov proces razvoja, razmotriće se dodatni detalji vezani za regulatorne instrumente, probleme bezbednosti softvera, standarde, modelovanje softvera, itd. Pregled oblasti bi trebao ukratko da pokrije jedan ili više aspekata sa kojima se susreće razvoj softvera[1].

Ovo poglavlje je organizovano na sledeći način i sadrži: sekciju 2.1 automobilska industrija i autonomna vozila, sekciju 2.2 organizacije, tehnologije i alati, sekciju 2.3 sigurnost i bezbednost, sekciju 2.4 arhitektura i razvoj softvera, sekciju 2.5 budući razvoj softvera i realizacija procesa, i sekciju 2.6 rezime.

2.1 Automobilska industrija i autonomna vozila

Automobilska industrija nastavlja da menja koncept ljudskog načina korišćenja, pokrećući inovacije i transformišući celo društvo u načinu razmišljanja i trenutnim navikama. Stoga bi softverska rešenja trebalo ozbiljno da se bave etičkim i socijalnim problemima sa kojima se danas suočavamo unutar autonomnih vozila. Istraživanje i razvoj neprestano traže primenu novih softverskih modela radi poboljšanja budućeg razvoja hardvera i softvera. Da bi smo mogli da razumemo razvoj automobilske industrije, neophodno je da se vratimo u vreme kada je sve počelo da se razvija i projektuje. Istorija kao učiteljica života nas uči da moramo da razmotrimo prethodne istorijsko-naučne izazove. Postojeći istorijski navodi pokazuju primere prvih prostih vozila za generalnu upotrebu već od 1600. godine, koja su bila pokretana od strane ljudi ili životinja. Smatra se da je početna tačka razvoja i trasiranja puta inovacija bila ideja o pokretnom elementu poput izuma točka. Danas je zanimljivo pročitati određene zakonske apsurde, nelogičnosti i nasmejati se problemima koji su tada postojali i o kojima danas ne razmišljamo, a smatramo ih sasvim normalnim i prihvatljivim. Možda nam je neshvatljivo, ali krajem 18. i početkom 19. veka postojali su određeni zakoni, koji su regulisali bezbednost u saobraćaju [13, 14].

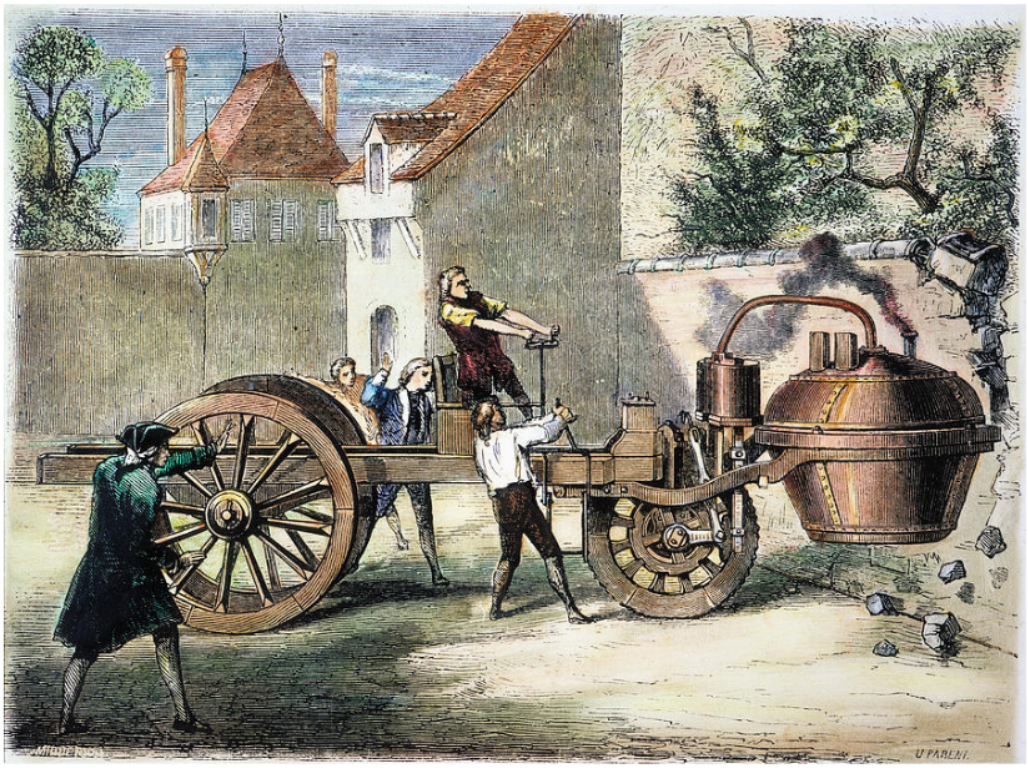
Na primer, u Francuskoj se smatralo da vozilo koje koristi ili ima točkove ne sme da pređe i postigne brzinu veću od 3 kilometra na sat u stambenoj četvrti, iako je ograničenje brzine od 6 kilometara na sat regulisano zakonom o otvorenim putevima. Međutim u Francuskoj ako nemate vozačku dozvolu možete jednostavno otići u kupovinu VSP-a voiture sans permis, malog automobila sa dva sedišta koje svako fizičko lice od 14 godina ili starije može da vozi na putu sa samo četiri sata iskustva u vožnji [15]. Ono što se danas čini apsurdnim je primer slučaja da ako bi vozilo bilo brže od konja sa kočijom i pokretačka sila/vozila bi morala biti zaplenjena, a vozač bi bio uhapšen i verovatno kažnjen. Zanimljiv način zakonskog uređivanja je primer u Engleskoj, gde je postojao zakon koji se odnosio na taksiste sa konjima. U ovom slučaju londonski taksisti tog vremena su u prtljažniku ili posebnom delu vozila morali imati svežanj sena sa kojim bi hranili konje. Bilo bi teško i nezamislivo, da ne pomenemo Rim i Rimsko carstvo sa njegovim uticajem na razvoj, zakonsko uređivanje i stvaranja saobraćaja tog doba, što je zasigurno preteča današnjeg modernog saobraćaja. Zanimljiv primer i pojava javnog prevoza/saobraćaja je zakonsko uređivanje i podela na dve oblasti: 1. brza usluga (eng. cursus rapidi) prevoz koji se koristi za brzu dostavu, dok je 2. tip prevoza agnarija (eng. agnarie) ili drugim rečima teretna dostava. U Rimskom carstvu najbrojniji korisnici su bila fizička lica koja su često putovala. Najčešće rabljena vozila tog perioda su dvokolica sa regularnim okruglim drvenim točkovima koja su

[1] Ovo poglavlje je zasnovano na mojim objavljenim radovima [3,5,8,9,10,11,12] gde je moj doprinos veći od 50%.

koristila za pogonsku snagu konje/zapregu. U zavisnosti od svoje veličine dvokolicu su mogla vući dva ili četiri konja uključujući vozača [13, 16].

Drugi tip prevoza, bez kojeg se nije mogao ostvariti transport roba i usluga je vozilo raeda. Raeda je napravljena tako da koristi četiri okrugla drvena točka, napravljena za kombinovanu upotrebu prevoza putnika i tereta. Za pogonsku snaga su korišćeni konji, tokom leta sa 8 fizičkih, a u zimskom periodu sa 10 ovih životinja. Zakonskom uredbom raeda je imala propisanu maksimalnu težinu od 340 kilograma za koju se smatralo da mogu konji da izvuku u svom punom sastavu, regulišući ujedno i maksimalnu dozvoljenu brzinu [16]. U prošlosti većina preduzetničkih poslova je pokretana na četiri točka sa zapregom, ostvarujući procese distribucije i proizvodnje usluga i dobara. Prvi na listi pronalazača u auto industriji je bio francuski pronalazač Nicholas-Joseph Cugnot [17] koji je 1769. francuskoj vojsci za potrebe vuče artiljerijskog oružja konstruisao pogonsko vozilo, bez upotrebe konja kao pogonske snage, umesto čega je koristio mogućnosti parne mašine na tri točka (slika 2.1) [18].

Pokretanje mašine je zahtevalo odredjeni vremenski interval za stvaranje pare i odgovarajućeg pritiska sa mogućnošću kretanja 10-15 minuta bez upotrebe konjske pogonske snage. Bez obzira što njegova ideja nije bila prihvaćena od strane naučnog kolektiva, pravac razmišljanja i realne mogućnosti primene su bile veoma teško prihvatljive od strane društva uopšte i kolega istraživača. Ideje su se smatrale presporim i nepraktičnim za potrebe automobilskog tržišta. Međutim, jedan od ključnih primera je upotreba inovativnosti o pokretanju železničkog saobraćaja i stvaranja revolucije u načinu kretanja.



Slika 2.1: Tricikl na parni pogon, koji je 1769 napravio Cugnot. Izvor: [17].

Pomenuti istraživač Cugnot se smatra tvorcem prvog motorizovanog vozila koje je napravljeno za potrebe putovanje po asfaltu. Tokom 1771. godine je namerno udario svoj prototip (prikazan na slici 2.1) u kameni zid kreirajući prvu saobraćajnu nesreću. Sam incident je trebao da označi kraj njegovog istraživačkog rada. Ali i nakon sudara vozilo je moglo da nastavi sa kretanjem usled postojanosti odgovarajuće količine vodene pare i pritiska koji je potreban za pokretanje vozila. Ovo ipak nije označilo kraj njegovog rada, već početak daljeg istraživanja za druge istraživače koji su nadovezali svoje ideje i krenuli sa razvojem u svojim oblastima [17]. Razumevanjem istorije lakše možemo prihvatiti procese inovacija vezanih za autonomna vozila u budućnosti. Istorijski gledano dokazano je postajanje određenih sumnji i vremenskog intervala usvajanja i razumevanja svakog novog oblik prevoznog sredstva, što će samim tim značiti da moderna vozila pred sobom imaju težak i dug put, pre nego što budu u globalnoj upotrebi.

2.1.1 Komercijalna proizvodnja regularnih automobila u istoriji

Mogućnost pružanja rešenja klijentima "ključa u ruke" je uvek bio sastavni koncept za uspeh svake auto kompanije. Automobil predstavlja savršen primer sastavljanja jednostavnih, a opet složenih tehnologija u jednu kompleksnu upotrebnu celinu jednog finalnog proizvoda, nastalog od apstraktnog razmišljanja. Tehnologija nam omogućava i osigurava mobilnost pojedinca ili veće grupe ljudi. Industrija koja postavlja temelje za izgradnju privrede, ekonomskog razvoja zemalja, ima savršenu mogućnost direktne primene mnogih inovacija, tehnologija, novih materijala (karbon, kombinovani čelici, polimeri, itd.) i konceptnih ideja [19]. Tehničke organizacije tehnološkog razvoja su proistekle iz automobilske industrije primenjujući ih na druga preduzeća i poboljšavajući efikasnost, smanjujući troškove sa mogućnostima razvoja potpuno novih ideja. Današnji tehnološki pristup je kompleksan i počiva na mnogo jednostavnih i zavisnih tehnologija iz prošlosti mašinskog razvoja motora i drugih ključnih delova. Tehnološki napredak je kroz istoriju imao značajan uticaj na ponašanje ljudi i njihove aktivnosti u kojima se primenjuju. Može se reći da je komercijalna proizvodnja započela 1896. godine u Sjedinjenim Državama, 10 godina nakon što je Karl Benz u Nemačkoj dobio priznanje za svoju inovativnu patentnu ideju automobila koji pokreće zatvoreni motor sa unutrašnjim sagorevanjem. Drugi ključni istraživači u ovom periodu, zasigurno su Gottlieb Daimleri i Wilhelm Maybach i njihov izum četvorotaktnog motora, kreirajući konkurentnost naspram Karl Benzove patentne ideje. Dok se za izum prvog pravog primenljivog motora može smatrati 1885. godina i patent Nemca sa svojom praktičnom auto konstrukcijom u gradu Mannheimu [19, 20].

Počeci za istraživača Karl Benza i njegove buduće auto kompanije Mercedes-Benz sežu u period iz 1900. godine, kada je jedan austrijsko-mađarski trgovac i diplomata (Emil Jellinek) odlučio da naruči 36 automobila od kompanije Daimler i da naručena vozila nazove Mercedez po svojoj ćerci Mercédès Jellinek [20]. Kompanija (Mercedez-Benz) koja ima dugu tradiciju i bez koje bi teško imali današnje luksuzne automobile, trenutno poseduje najveći broj dostignuća i rešenja koja su u primeni još od svog nastanka. Modernistički razvoj i opredeljenost za proizvodnjom luksuznih automobila, opredelila ih je za niz poslovnih uspeha u različitim oblastima, uključujući i sportske automobile od 1929 godine u saradnji sa Ferdinandom Porsche, do razvijanja njegove sopstvene kompanije pod nazivom Porsche. Kada govorimo o razvoju automobilske industrije, ne možemo a da ne spomenemo Henry Forda, jednog od najvažnijih ljudi za samu automobilsku industriju. Ford je za potrebe stvaranja i održavanja uz niže troškove, fokusirao svoje ideje i napore na osmišljavanju novih proizvodnih metoda u procesu nastanka automobila. Uspeo je u periodu od 1913-1914. da ostvari svoju ideju znatno brže i efikasnije proizvodnje, primenom pokretne

trake. Postigao je određenu prednost i konkurentnost u proizvodnji automobila. Primenom ove metode uspeo je da znatno promeni situaciju na tržištu i pozicionira svoju kompaniju sa dosta prihvatljivijim rasponom cena, povećavajući prodaju i zainteresovanost kupaca [21].

Preferencije potrošača su jedan od važnih faktora koji utiče na buduću prodaju vozila. Bez kreativne energije i određene ideje vrlo je teško dizajnirati i izmisliti postojeće elemente. Ispunjavanje želja zahtevnih kupaca, inovacije i vizionarski duh, futurističke potrebe, dizajn, stvaraju zadovoljstvo prilikom konzumiranja finalnog proizvoda. Može se reći da je automobilska industrija jedna od najinovativnijih grana, zbog broja korisnika i dobiti koju ostvaruje. Zato difuzija tehnološkog procesa omogućava da se inovacija vremenom upotrebom određenih kanala prenese do svih uključenih istraživača jednog složenog i komplikovanog proizvoda poput autonomnih vozila. Koliko god da određena inovacija ima efikasnost, njen krajnji uspeh ipak ocenjuje tržište i stepen interakcije među samim krajnjim korisnicima. Auto industrija zahteva konstantno poboljšavanje postojećih sistema poput centralnog otključavanja i zaključavanja vozila, audio-video centara sa navigacijom, inteligentnim sistemima kao što su tempomati, itd. Rezultat primene novih tehnologija u procesima proizvodnje finalnih proizvoda u vidu modernih automobila i hibridnih/električnih, autonomnih vozila ogleda se u njihovoj sposobnosti i efikasnosti korišćenja na autoputevima, služeći se električnom prenosnom snagom. Možemo reći da im nedostaju odgovarajući zakoni i resursi, kao i nedovršen proces otklanjanja današnjih tehnologija (motora sa unutrašnjim sagorevanjem). Očuvanje prirode i životne sredine postiže se primenom inovativnih rešenja i plasiranjem tehnologija iz obnovljivih izvora energije.

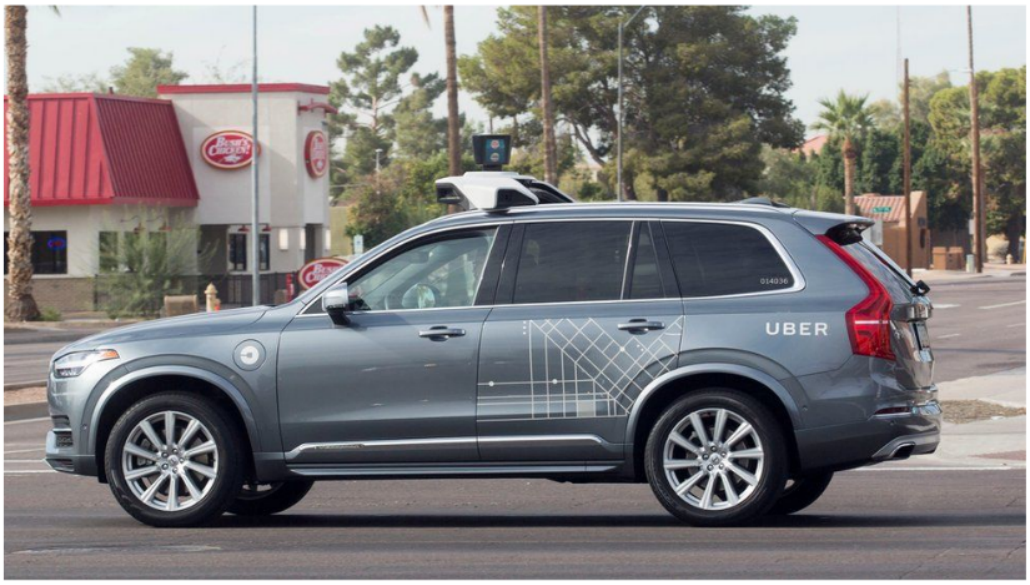
2.1.2 Autonomna vozila

Autonomna vozila kao luksuzno dobro i novac imaju vrednost samo ako se mogu iskoristiti za postizanje cilja, pružajući nam određenu slobodu prilikom njihove upotrebe. Tehnologija u suštini definiše nove mogućnosti u oblastima znanja, proizvoda, alata, procesa, sistema i metoda, uključujući stvaranje dobara određene vrednosti. Današnji razvoj sistema za autonomna vozila ne pruža jednostavno iskustvo zbog prisustva nestabilnosti prilikom upotrebe. Analizirajući procese i potrebne komponente za kreiranje novih oblika vozila, mogu se izdvojiti određeni međuzavisni elementi sa približnim nivoom važnosti. Delovi svakog sistema su hardverski materijal (fizičkog sastava za raspoređivanje manjih perifernih sistema), softversko znanje (kako iskorisititi hardver za realizaciju potrebnih zadataka) i logično razmišljanje (zbog čega i na koji način primeniti/korisititi tehnologiju) zajedno sa svrsishodnim zavisnim tehnološkim dostignućima. Poslednja komponenta je najvažnija za početak bilo kog procesa, jer predstavlja proces posedovanja/sticanja veština "znati kako" (eng. know-how) pokretanja i zahtevanja proizvodnje određenog proizvoda. Ova celina može biti rezultat iskustva, istraživanja, prenosa znanja, prakse ili kombinacija više metoda u cilju sticanja potrebnih tehnoloških veština [22, 23].

Najveći razlog za nedostatak poverenja u autonomna vozila je nepoverenje u njihove algoritme tokom procesa donošenja odluka. Softver igra neophodnu ulogu u upravljanju, zbog čega bi finalna rešenja trebalo ozbiljno da se bave etičkim i socijalnim pitanjima povezanim sa ljudskim životom. Trenutne želje društva za transportnim sistemima omogućavaju ljudima da putuju tamo gde trebaju/žele i koriste efikasne/dobro održavane rute. To podrazumeva međunarodnu saradnju u pisanju naučnih radova/softverskog koda i pratećeg istraživanja na svetskom nivou. Autonomna vozila predstavljaju klasične etičke sukobe između čovekovog interesa da putuje brzo, sigurno i stigne na odredište i samog algoritma, prilikom donošenja određenih odluka. Drugi izazov je interes zajednice da puteve učini bezbednim za sve putnike,

uključujući putnike vozače motocikliste, bicikliste, itd. Sve države i vlade u svetu imaju određene dužnosti u očuvanju stanovništva i obezbeđivanju uslova pod kojima svi mogu da vode zdrav i uređen život. Potrebno je staviti fokus na ljude i njihovo zadovoljstvo primene pametnih transportnih sistema [22, 23, 24, 25]. Ovo zahteva razumevanje na nekoliko različitih nivoa. Javna svest, otkrivanje informacija i prisustvo medija mogu imati višestruki doprinos u obliku različitih diskursa o ovoj vrsti vozila, što ih može učiniti prihvatljivijim i poželjnijim za društvo u celini.

Na osnovu postavljene Hipoteze 1., potvrdjujemo postavljenu hipotezu da su potrebni hardverski i softverski zahtevni, ali da još uvek nisu ispunjeni da bi mogli biti primenjeni u potpunosti. Kao što smo već imali prilike da vidimo glavni razlog za nedostatak vere u samovozeće automobile i njihove algoritme su faze donošenja odluka. Softver igra važnu ulogu u upravljanju, zbog čega se konačna rešenja moraju baviti etičkim i društvenim pitanjima koja se tiču ljudskog postojanja.



Slika 2.2: Autonomno vozilo marke Volvo, kompanija Uber. Izvor: [26].

Učešće Uberovog vozača u nezgodi iz 2018 [26], koristeći autonomno vozilo (prikazan na slici 2.2), usmrtio je ženu (Elaine Herzbergma, 49 godina iz Arizone, USA) pri brzini od 39 km/h, uprkos fizičkom prisustvu vozača. Ovaj događaj je doveo do potpunog zaustavljanja testiranja i primene tehnologije na teritoriji Arizone, USA. Smatra se da je ovo prva saobraćajna nezgoda sa smrtnim ishodom u kojem su učestvovala autonomna vozila. Vozač AV automobila kompanije Uber je optužen za ubistvo iz nehata [26, 27]. Na osnovu odluke suda kompanija Uber je dobila sudsku presudu. Ishod nesreće je pokazao da nije krivično odgovorna za smrt osobe gde je učestovalo jedno od njenih AV vozila (prikazan na slici 2.2 2.3) i vozač je oslobođen od krivične odgovornosti [28]. Na osnovu prethodno navedenog može se zaključiti koliko je razvoj softvera i detekcionih modela važan za buduću upotrebu i primenu u realnim uslovima. Saobraćajne nesreće mogu pogoršati ili u potpunosti zaustaviti buduću proizvodnju i napredak novih tipova vozila. Za uspešnost plasiranja i poslovanja modernih vozila potrebno je prisustvo infrastrukture i mreže Internet stvari (IoT), koje mogu da podrže veliki broj korisnika.



Slika 2.3: Uber ATG vozilo i sadržaj AV sistema. Izvor: [29].

Era informaciono komunikacionih tehnologija dovela je do mogućnosti da je informacija široko dostupna. U odnosu na tu činjenicu ne treba poistovetiti tehnologiju i znanje. Znanje zavisi od količine dostupnih informacija, ali je ono prožeto kroz istoriju čovečanstva sakupljanjem, razvrstavanjem, filtriranjem i primenom kroz novonastale situacije. Razlozi važnosti informacija leže u mogućem donošenju ispravnih odluka, kao i njihovo kasnije obrazlaganje. Informacija pretvorena u znanje koje je implementirano u svrhu stvaranja novih mogućnosti, sistema i usluga, predstavlja određenu simbiozu koju nazivamo tehnologijom. Analizirajući ljudski način i softverski model za donošenjem odluka, uviđamo razliku. Kod ljudi je logički pristup razvijan, i dalje se usavršava u dugom vremenskom intervalu, što kod softverskog modela nije slučaj. Konstantan rast u procesu proizvodnje i nama dostupnim informacijama je uzrokovan najviše globalnom povezanošću i mogućnostima zloupotrebe Interneta. Utičući na ambijent i okruženje koji su isprepletani zlonamernim informacijama, otvaraju se mogućnosti primene i sticanja lične, finansijske ili bilo koje druge koristi.

2.1.3 Nedostatak zakona za autonomna vozila

Stvaranje stabilnog i bezbednog sistema leži u rešavanju problema odgovornosti za AV i usaglašavanju saobraćajnih zakona. Primenom ovog pristupa mora postojati određena doza garancije da se neće dogoditi nepredviđeno ponašanje. Sličan sistem se takođe koristi i primenjuje u redovnim regularnim vozilima, alatima, mašinama ili trenutnim složenim sistemima. Pristup jasnoj definiciji rešavanja problema je predložio istraživač Bartosz Brożek [30] u svojoj publikaciji o poštovanju pravila. Sagledavanjem socijalnih i etičkih izazova sa kojima će se današnji softver suočiti, zahteva dublje razumevanje problema sa različitih aspekata. Primena ovih ideja može biti važna za autonomna vozila, jer može razotkriti trenutne probleme, predlažući najbolje moguće metode njihovog rešavanja. Softverski inženjering zahteva razumevanje neuronauke i primenu veštačke inteligencije (AI).

Provera i verifikacija sistema u offline režimu treba da potvrdi željenu funkcionalnost primenom određenih tehnika za proveru funkcionalnih modela. Da bismo prevazišli probleme koji se mogu simulirati samo u prisustvu drugih vozila, potrebno je stvoriti odgovarajuće generatore koji bi slali određene informacije tokom offline simulacije [31]. Eksplicitni pravni razlozi i moralna mašina - softverski kod koji pokreće i donosi odluke na osnovu kreiranih modela, pokreću programere da razmišljaju o ispravnom radu samog algoritma koji se izvršava. Postavlja se pitanje da li je moguće koristiti model mašine na isti način kao kada se koristi u stvarnom okruženju. Odgovore na prethodne konstatacije možemo dobiti samo uz korišćenje odgovarajućih uslova simulacije. Oni treba da nam pomognu da pronađemo odgovarajuća pravila i razloge sa njihovim alternativnim scenarijima koji će se primeniti u određenom trenutku. Samo na osnovu rezultata dobijenih tokom istraživanja, delimično je moguće doneti odgovarajuće zakone koji regulišu oblasti autonomnih vozila. Podaci se analiziraju u sledeća dva aspekta: objektivna snaga pravila (tj. nezavisno uverenje pojedinca) i drugo pravilo koje se može koristiti za opravdanje radnje/uverenja prema određenom kriterijumu i normativu same činjenice o kojoj se odlučuje [25, 32].

Evropska unija je stvorila vrednost za autonomna vozila omogućavanjem zajedničkog pristupa, postavljajući pravila osiguranja vozila i odgovornosti. Prema trenutnom zakonodavstvu EU, dva su ključna trenda koja oblikuju dugoročnu mobilnost pojedinaca. Prvi deo se odnosi na pokušaj prelaska sa ljudske kontrole (čovek na vozačkom sedištu) na mašinski pristup za upravljanje i kontrolu [25]. Drugi deo pokušava da reguliše vlasništvo nad vozilom i želju za prelaskom sa individualnog na društveno ili zajedničko vlasništvo društva. Procena trenutno stvorene vrednosti zvane EAVA (eng. European Added Value of a EU Law of Administrative Procedure) u EU fokusira se na primarni trend prelaska vozača na autonomnu mobilnost pojedinca. Tačnije, pokušava da reguliše građansku odgovornost posedovanja autonomnog vozila (AV) na nivou Evropske unije [33]. Ubrzanje procesa usvajanja zakona o vozilima bez vozača ili autonomnim vozilima imaće veliki ekonomski potencijal za njihove proizvođače, stvarajući određenu ekonomsku vrednost u narednih 5 godina. Ovo dolazi kao rezultat opštih interesa da se pojednostavi upotreba vozila koja koriste obnovljive izvore energije i nove tehnološke pravce [25, 33].

2.1.4 Dizajn automobila

Početak proizvodnje bilo kog automobila započinje odabirom odgovarajućih materijala, ispunjavajući prethodno dostavljene kriterijume inženjera i zahteve automobilske kompanije. Najvažnije područje bilo kog automobila je sigurnost i isplativost samog vozila. Najveći izazov za automobilsku industriju je smanjenje štetnih emisija izduvnih gasova sa ciljem očuvanja životne sredine. U automobilskoj industriji i dizajnu, materijali poput plastike doprineli su ostvarenju različitih inovacija. Njihova upotreba omogućava smanjenje težine vozila, što zauzvrat značajno utiče na poboljšanje performansi, potrošnju goriva itd. Obzirom na zagadjenost životne sredine sve više će se koristiti ekološki prihvatljivi materijali, postepeno zamenjujući standardne. Korišćenje kombinovanih materijala i drugačiji dizajn vozila, trebalo bi da smanji potrošnju goriva/energije za približno 5-10% [34].

Primena različitih načina tokom proizvodnje i kombinovanih lakših materijala može omogućiti potencijalno smanjenje emisije ugljen-dioksida. Za proizvodnju današnjih modernih automobila potrebni su pre svega izdržljivi i lagani materijali koji se kasnije mogu reciklirati. Sve gore pomenuto zahteva istraživanje, ispitivanje i analizu isplativosti primene novih materijala.

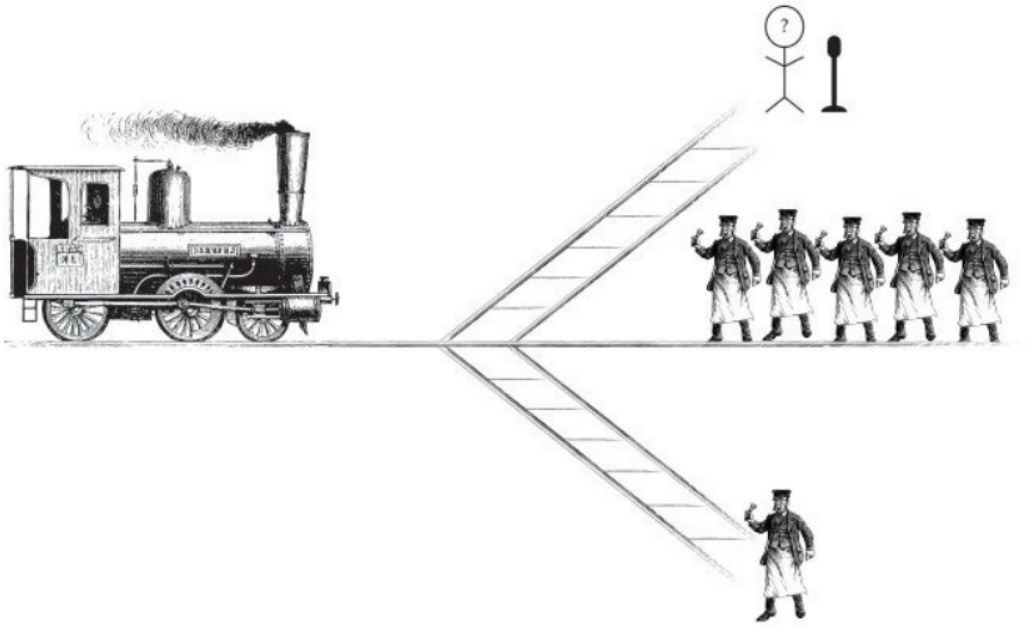
Prisutan je sveobuhvatni spektar organizacija i preduzeća čija je osnovna delatnost razvoj, marketing, izgradnja, proizvodnja i prodaja motornih vozila, motocikala i mopeda, kao i komponenata za vozila, izuzev akumulatora, guma i goriva. U odnosu na prisutnost i postojeći trend tržišta, uslove i načine proizvodnje u sadašnjem vremenu i budućim okolnostima, diktiraće oni faktori koji mogu obezbediti složenost proizvoda i njegovih procesa izrade. Potrebno je disperzovati tehnologije na način da se podstaknu istraživanja u različitim područjima, sublimirajući znanja iz naučnih oblasti za potrebe proizvodnje odgovarajućeg dizajna automobila. Primat će preuzeti oni koji na osnovu svega napomenutog mogu proizvesti finalni proizvod sa manjom potrošnjom (goriva i električne) energije, diktirajući razvoj tehnologije i predloga efikasnih dizajnerskih rešenja.

2.1.5 Moralna pitanja

Kreirajući i unapredjujući standardne primene i postojeće tehnologije, ne znači da su anulirane moguće nepredvidjene nesrećne okolnosti. Etička i normativna razmišljanja i predviđanja donošenja odluka su rezultati višegodišnjeg učenja, ponašanja ljudi oblikovanog od strane društva, politike i drugih spoljnih faktora. Ovo se odražava na moralno razumevanje i viđenje situacije u odnosu na donošenje ispravne odluke. Softver u svojoj osnovi ne poseduje moralni, etički, normativni način razmišljanja koji bi mogao primeniti u različitim situacijama. Principi ljudskog odlučivanja u odnosu na minimiziranje štete se moraju usaglasiti sa ciljem donošenja ispravnih moralnih odluka. Na primeru jedan: AV se kreće pravolinski u svojoj traci i nailazi na muškarca sa kacigom, malo dete, staricu i grupu ljudi, dok iz suprotnog pravca nailazi drugo vozilo.

Na primeru dva: radi se o istorijskom primeru (slika 2.4) modela “kolica"(eng. trolly) koje se suočava sa neugodnom situacijom prilikom donošenja odluka. Za donošenje odluka i upravljanje koristimo polugu (ručicu) za preusmeravanje i usmeravanja kretanja kolica (prikazane lokomotive na slici). Koncept je takav da imamo mogućnost sudaranja sa jednim čovekom (osoba koja ima mogućnost kontrole), grupom od pet ljudi ili povlačenja poluge za zaustavljanjem gde izbegavamo sudar. Međutim, u oba slučaja prilikom kretanja dolazi do povređivanja sa mogućim smrtnim ishodom [35, 36]. Ovo je klasičan primer, koji tera ljude na razmišljanje “napred nazad” prilikom donošenja ispravnih odluka i njihovim obrazlaganjem, zbog čega su baš te odluke donešene. Analizom odredjenje situacije postavlja se pitanje kako će softver reagovati i koji će se model iskoristiti prilikom donošenja ispravne odluke. Konkretno ovo se odnosi na pitanja:

- Koga vozilo treba da udari?
- Na koji način treba da se zaustavi?
- Čiji život je najvažniji, putnika u vozilu ili ispred vozila?
- Ko ima najveće šanse da preživi saobraćajnu nesreću i zašto, itd.?



Slika 2.4: Ilustrativni prikaz problema “kolica”. Izvor: [36].

Odgovore na pitanja sa ciljem opravdavanja finansijske konstrukcije ili važnosti projekta razvoja AV mogu da kreiraju programeri, socijolozi, psiholozi, političari. Donošenje teških odluka radi očuvanja ljudskog života, nije ni malo lagan zadatak za društvo i programere koji moraju na kraju da ih sprovedu u delo. MIT Media Lab su prilikom istraživanja pokušali da odgovore na određena pitanja, kreirajući projekat pod nazivom moralna mašina [37, 38]. Neophodno je usklađivanje opštih pricipa odlučivanja i optimalnih rešenja radi minimiziranja materijalne štete i ljudskih života. Softver mora da donese odluke u svom radu, opravdavajući moralno jasne/nejasne ishode. Važnije je šta smo izabrali tokom ovog scenarija, naspram razloga izbora određenog istog. Postavlja se pitanje etičnosti i razloga opravdanosti primene određenih ljudskih razmišljanja [35, 36, 37, 38].

2.1.6 Etičko razmišljanje i socijalna dilema

Stvaraju se kulturološke razlike etičkih normi različih naroda i prikupljenih informacija u smislu njihovog drugačijeg poimanja. Primer je standardni automobil, gde se pojedinac ponaša na određeni način prilikom upravljanju vozilom i gde se svaka reakcija generalno analizira ili predstavlja kao nenamerna ili namerna, instinktivna odluka. U svakoj od tih situacija on se prilagođava sopstvenoj instiktivnoj reakciji. Ali ako programer mora da naredi mašini da napravi sličan analogni potez, pod uslovom da je dugoročno primenljiv sa istim ishodom, to bi moglo značiti ubistvo s predumišljajem ili nekim drugim krivičnim delom.

Na osnovu postavljene Hipoteze 2., nameće se mišljenje da će automobili koji poseduju mogućnost samostalnog upravljanja, znatno smanjiti saobraćajne nezgode i smrtne slučajeve eliminisanjem ljudskih grešaka u celini. Dokazivanje ili obaranje hipoteze će zahtevati dalje istraživanje u ovoj oblasti, pokušavajući da prikupi sve potrebne informacije za obrazlaganjem

određene tvrdnje. Pored toga, postoji i niz drugih prednosti: smanjenje emisija štetnih gasova (očuvanje životne sredine) i smanjenje neproduktivnog i stresnog vremena vožnje. Ostajući na bezbednoj trasi, potoji značajna šansa koju IoT nudi u automobilskom sektoru, u smislu intervencija i mogućnosti povezivanja. Softver u vozilu je u mogućnosti da automatski otkrije sudar u realnom vremenu. Moguće je proceniti težinu događaja i uspostaviti komunikaciju sa operativnim centrom, pružajući operatorima mogućnost intervencije u pozivanju odgovarajućih službi ili direktnim rešavanjem problema. Ovo bi mogao biti relevantan slučaj upotrebe kako u cilju razmatranja tržišnih prilika, tako i zbog potencijalnih mogućnosti očuvanja ljudskih života.

Automobilska industrija zahteva dokaz otpornosti na moguće kvarove. AV bi trebala da imaju u budućnosti minimalnu mogućnost kvarova, koristeći rezervne sisteme u slučaju nesreće ili eventualnog kvara. Da bi se stvorili sistemi koji odgovaraju stvarnim uslovima, potrebna su određena ispitivanja i simulacije u laboratoriji, pre puštanja u masovnu upotrebu. Takođe, neophodno je stvoriti primarne sisteme koji mogu da se ne kvare i koji su jasno uređeni i regulisani u skladu sa moralnim i etičkim načinom ljudskog razmišljanja. Upotrebu vozila regulišu određena ministarstva i vlade koje donose određene zakone u vezi sa mogućnostima ili nemogućnostima korišćenja određenih vrsta vozila. Buduća upotreba ove vrste (polu-autonomnih, autonomnih, daljinski upravljanih) vozila zahteva zakonsku regulativu kako bi njihova upotreba postala deo stvarnosti [39]. Trajnost ove pravne mere na globalnom nivou nesumnjivo bi u izvesnoj meri omogućila zaštitu životne sredine, dok AV pokušavaju da reše deo trenutnih problema, poput vožnje u pijanom stanju. Oni takođe stvaraju novi skup opasnosti, sigurnosti, pravnih pitanja, obaveza, a samim tim i potrebe za većom vladinom kontrolom nadgledanja naših kretanja. Na primer, softver za vožnju odlučuje da svu raspoloživu računarsku snagu posveti glasovnim komandama i modelima otkrivanja, a kao rezultat toga on može početi da ignoriše uslove na putu. Zato rezultat nedostatka hardverskih resursa može ugroziti upravljanje i integritet vozila. U slučaju nedostupnog napajanja računara, oštećene ili neobrađene računarske datoteke, mogu doprineti da ovo vozilo postane veoma opasno za putnike i druge učesnike u saobraćaju [39, 40].

2.1.7 Etička razmatranja na osnovu podataka

Postoje brojna etička pitanja koja treba uzeti u obzir, uključujući i traženje formalnog pristanka, informišući sve učesnike o procesu prikupljanja podataka i obezbeđivanju poverljivosti i anonimnosti. U slučaju primene oblika etičkog razmatranja podataka, učesnicima bi trebalo dostaviti kratak pregled istraživanja. U njima bi im bilo zatraženo da potpišu obrazac saglasnosti pre intervjua o ličnim iskustvima, prilikom upotrebe autonomnih vozila. Prilikom prikupljanja informacija, učesnici koji su saglasni bi trebali jasno bez skrivenih motiva da iznesu svoja viđenja i mišljenja po pitanju odgovornosti softvera i samog vozila u kom su se nalazili u toku nesrece. Prikupljeni podaci u sebi sadrže određena subjektivna viđenja i etičke stavove koje sadrži svaki od preživelih učesnika.

Čuvajući poverljivost ličnih podataka u samom finalnom izveštaju bez direktnog pozivanja na osobe koje su ispitane, stvara se anonimnost anketiranih učesnika. Prikupljeni iskazi se biraju za potrebe analize i nasumičnog ocenjivanja etičnosti bez upućivanja na dalja razmatranja realizovanih radnji koje su dovele do posledičnog stanja. Treba biti dosta obazriv prilikom donošenja zaključaka na osnovu anketnih informacija, omogućavajući dobijanje drugačijeg pogleda na podatke koji su prikupljeni iz drugih razmatranih izvora [41].

Strateško planiranje i odgovorna razmena informacija predstavljaju najkritičniji aspekt

upravljanja istim. Zato bi trebalo pažljivo voditi računa o uništavanju podataka. Naučno istraživački odbori bi trebali da daju smernice za izbegavanje uništavanja informacija iz studija. Institucionalni odbori za reviziju ne bi trebalo da zahtevaju klauzule na osnovu kojih bi se brisali podaci iz procedura, aplikacija i obrazaca za dozvole. Zajedničko pravilo (Federalna politika za zaštitu ljudskih subjekata), NSF i NIH ne traže brisanje informacija koje kontrolišu veliki broj istraživanja koja su finansirana. Nepotpun pristup podacima naučnog istraživanja isključuje građane naučnike i u pojedinim slučajevima pripravnike pravnih studija, što predstavlja problem zbog bezbednosti curenja informacija. Stvaranje sistema ograničenog deljenja podataka može biti bezbedniji sistem [41], obzirom da institucije mogu da ne dozvole kršenje sporazuma o korišćenju istog za razliku od naučnika- fizičkih lica koji nikome ne odgovaraju. Publikacije koje imaju osetljive podatke moraju da ispunjavaju određene uslove za specijalnu verziju i objavu pod licencom i oznakom Open Data Framevork.

2.1.8 Proces etičkog kognitivnog procesa i načina ljudskog razmišljanja

Proces logičkog razmišljanja u softverskim modelima koji primenjuju veštačku inteligenciju je fokusiran na ideji ublažavanja pristrasnosti prilikom programiranja, što stvara nedostatak empatije. Ljudski proces etičkog kognitivnog procesa počinje od jezika i naše sposobnosti da izrazimo određene misli, osećanja, želje kroz izgovorenu reč. Razumevanje ljudskog načina razmišljanja je veoma važno prilikom budućeg pisanja softverskog koda i moralnih modela koji će se koristiti u praksi. Zbog toga jezik kao osnovno sredstvo ljudske komunikacije i mogućnosti prenošenja informacija, pruža stvaranje osećaja povezanosti sa svojom okolinom. Dok u slučaju AI modela to nije slučaj, jer celokupan skup informacija je u većini slučajeva predefinisan od strane našeg načina razmišljanja i delovanja. Ljudski procesi interakcije su blisko povezani i međusobno utiču jedno na druge prilikom razmišljanja, donošenja odluka. Gledajući proces kognitivnog procesa učenja i istraživanja [42], koristimo uključivanje svih prikupljenih starih/novih podataka u prethodno stečeno i oblikovano znanje. Učenje je jedan veoma složen proces koji uključuje stvari poput navika, ponašanja okoline/roditelja, motivacije, takmičenje sa drugima itd. Može se nazvati socijalnim ili učenjem iz okruženja. Ljudski kognitivni sistem poseduje mogućnost složene obrade podataka, izmene informacija i prilagođavanja različitim situacijama, donoseći odluke na osnovu prethodnih usvojenih znanja. Isti ili sličan izazov imaju i softverski modeli koji moraju izvršiti proces učenja prikupljajući podatke iz svoje sredine [30, 42].

Najšire prihvaćena definicija ljudskih saznanja je sposobnost obrade podataka koje dobijamo kroz stimulus različitih čula, stvarajući naš osećaj percepcije okoline. Znanje koje usvajamo na ovaj način nam omogućava specifičnu vrstu organizacije informacija, kako bi smo shvatili i jasno protumačili svet oko nas. Naša mogućnost spoznaje je primanje i obrada informacija/podataka/reakcija koje dobijamo iz naših različitih izvora (spoljašnji svet, ljudska čula, iskustva, verovanja, itd.) i da ih prikazujemo u vidu određenog nivoa znanja. Proces spoznaje uključuje različite kognitivne procese za naš mozak. To zahteva učenje, pamćenje, upotrebu više prirodnih jezika, zaključivanje, rasuđivanje, itd. Sve ovo predstavlja skup naših veština i celokupnog intelektualnog razvoja. Proučavanje ljudskog oblika ponašanja se provlači u više naučnih disciplina (koginicija, neuropsihologija, fiziologija, andragogija, psihologija, antropologija, itd.) i uticaja ljudskog ponašanja na različite mentalne procese prilikom prikupljanja informacija u određenim situacijama. Razumevanjem psihologije i načinima ljudskog razmišljanja bavili su se mnogo istraživači u prošlosti, ali važno je pomenuti dva: Jean Piaget i Lev Vygotsky [43, 44]. Navedeni naučnici su sa svojim teorijama vezanim za kognitivno učenje stvorili naučnu revoluciju,

povećavajući interesovanje za daljim istraživanjem ove oblasti. Njihove analize su nam omogućila da danas imamo više informacija i razumevanja o složenim i komplikovanim procesima ljudskog razmišljanja i potrebom razvoja neuronauke.

Napredak u neuronauci nam omogućava bolje predstavljanje neuroanatomskih znanja i ljudske psihologije i njihov uticaj na naše ponašanje, osećanja, etiku, solidarnost, pravednost, empatiju i saradnju sa drugim ljudima. Ljudsko poimanje etike je izuzetno važno i može da diktira zbunjujeće obrasce ponašanja koji se odnose na solidarnost, saosećanje i brigu o drugoj osobi u zavisnosti od poznanstva ili trenutnog osećaja prilikom vizuelnog kontakta. Svi ovi napori i otkrića su usko povezana sa našom otvorenošću, poštovanjem i željom za dijalogom sa drugom osobom ili osećajem ugroženosti, gde imamo potrebu da se branimo. Navedeni aspekti su važni za etičko obrazovanje i primenu unutar softverskih modela ponašanja sa ciljem razumevanje stavova prilikom procesa podučavanja i kreiranja potrebnih modela. Etičko obrazovanje treba da se odnosi na sve aspekte koji se eksplicitno ili implicitno odnose na razumevanje etike i vrednosti života. Zato korišćenje obrazaca sa normativnim uslovima stvara zagonetnu upotrebe pravila, koja su usko povezana sa pitanjima filozofije: univerzalije [2], partikularije [3] i problemom normativnosti [4] [30, 42]. Modelovana dimenzija životnih vrednosti unutar softverskog modela treba da reguliše, struktuira, kontrološe i primenjuje metode učenja sa veštačkom inteligencijom i pratećim softverskim alatima. Rešavanje bezbednosti i kognitivnih sposobnosti mogu predstavljati problem neefikasnosti u različitim situacijama, polazeći od osnovnog etičkog pitanja koje obrađuje istorijski problem “kolica” (slika2.4). Kako ga rešiti i predstaviti unutar softverskog kôda?

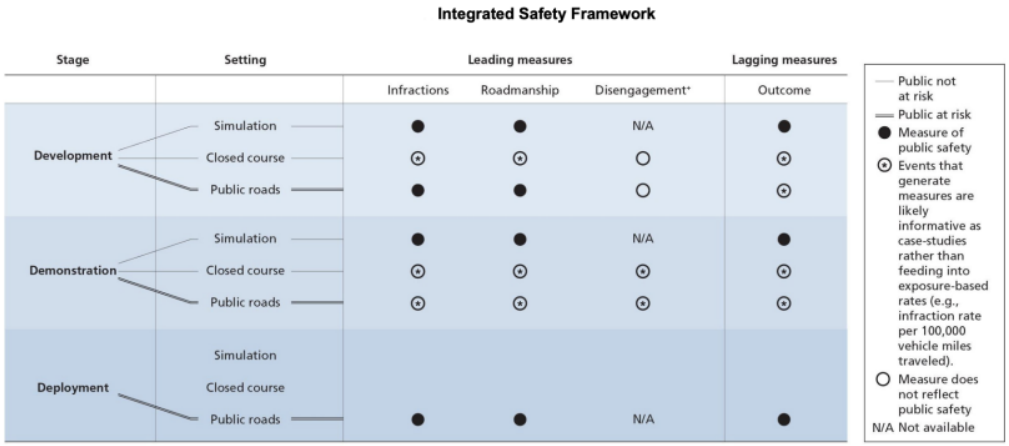
2.1.9 Softver u autonomnim vozilima

Jedna od najvećih briga u vezi sa razvojem softvera za automobile je softverski sistem, koji nije uspeo da se plasira na tržište ili će biti korišćen samo zato što je već prethodno distribuiran sa greškama, ostavljajući loš utisak na korisnike. U slučaju da su korisnici u samom startu dobili pogrešnu percepciju i sliku o softverskim mogućnostima, vrlo verovatno će svoj utisak preneti drugima. Negativan utisak može rezultirati zaustavljanjem razvoja i podršci budućih istraživanja, smanjujući potražnju za autonomnim vozilima. Samim tim se može umanjiti potencijal stvaranja upotrebne vrednosti jednog softverskog sistema koji se koristi. Iz tog razloga mnogi današnji proizvođači dodaju određene oznake (beta, production, testing, itd.), označavajući stanje u kom se trenutno nalazi sistem. Ovo je mnoge kompanije navelo da koriste kontinuiranu integraciju (CI) i postavljanje (CD) sa testiranjem softvera, pre same upotrebe. Više o tehnikama razvoja i realnim primerima će biti pokriveno u narednim poglavljima ovog rada. Softver za autonomno vozilo mora vrlo brzo da napravi izbor: nastavak kretanja i siguran sudar sa nekim predmetom/objektom, skrenuvši levo sa 50% šansi da dođe do sudara sa drugim automobilom ili skrenuvši desno sa mogućnošću sudara sa nepoznatim objektom (ljudi, životinje, metalne betonske konstrukcije, itd.). Osnovni zadatak treba da bude manifestacija najmanjeg mogućeg gubitka života i materijalnih resursa. Kreirana moralnost softvera vremenom može postati sve složeniji zadatak u stvaranju nezavisnih vozila koja koriste svoje naučene modele veštačke inteligencije (eng. Artificial Intelligence).

[2] univerzalije (lat. universalia) - opšti pojam prividno neutralnog karaktera. U istoriji filozofije važnu ulogu je imalo razdvajanje dva oblika mišljenja.

[3] partikularije - predstavlja entitet koji se prikazuje na samo jednom mestu i unutar određenog vremenskog okvira. Većinom su apstraktni i vezuju se za nastajanje konkretne jedinstvenosti.

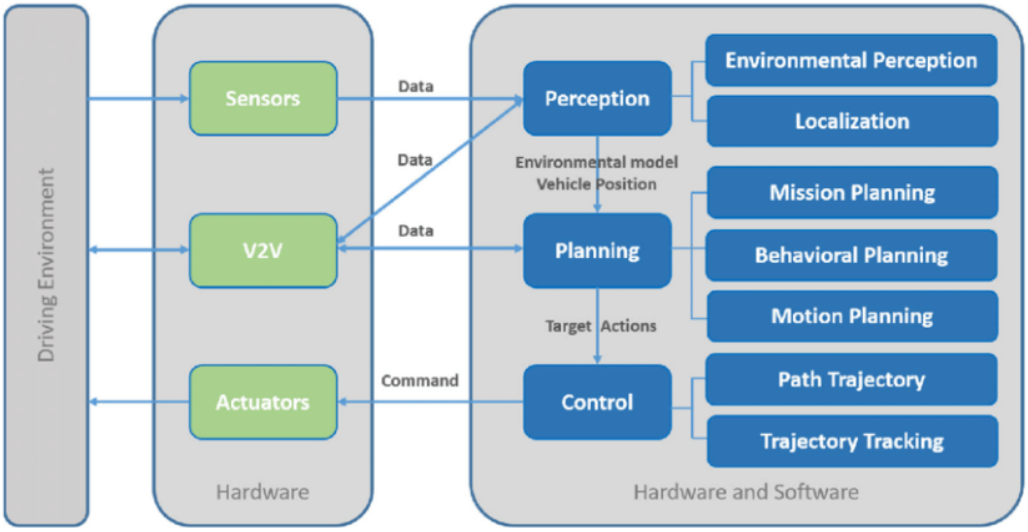
[4] problem normativnosti - se predstavlja u vidu formulacije etičke teorije na apstraktnom nivou, braneći kriterijume moralno dobrog ponašanja.



Slika 2.5: Definisanje metrike za novu industriju primenom integrisanog sigurnosnog okruženja, Izvor: [29].

Bez obzira na napredak tehnologije i dalje postoje poteškoće u postizanju sigurnosti sistema. Stvar je u tome što su napadači ljudi/roboti koji kontinuirano stiču znanje i veštine, a zatim neprekidno napadaju cilj primenjujući sve svoje veštine i tehnike. Potrebno je konstantno raditi na jačanju bezbednosti usavršavanjem, testiranjem primenom zadnjih sigurnosnih tehnika (prikazano na slici 2.5) i postepeno stvarajući određeni stepen zaštite. Prsten zaštite bi trebalo graditi postepeno sa zadatkom smanjivanja mogućnosti otkrivanja nepravilnosti, koje mogu iskoristii i zloupotrebiti napadači [45, 46]. Za zadatak otkrivanja grešaka u aplikacijama, koristi se uporedna metoda, upoređuje se odnos sigurnosnih radnji i samim tim broj neuspelih pokušaja tokom testiranja. Ovo može biti zaista važna osnova za sud i programere koji se nađu u nezgodnoj situaciji, prilikom dokazivanja i objašnjavanja algoritama koji deluje na određeni način. Objašnjenje za ovo može biti dobijanje tačnih informacija u vezi sa sigurnosnim ranjivostima i verzijama instaliranog softvera, primenjujući odgovarajući integrisani sigurnosni okvir (prikazan na slici 2.5). Tokom razotkrivanja AV slučaja i sudskog dokazivanja u praksi, neophodno je specijalizovati se za verziju koja je bila u upotrebi i otkriti sigurnosne i softverske ranjivosti koje su eventualno dovele do nepredviđenih posledica.

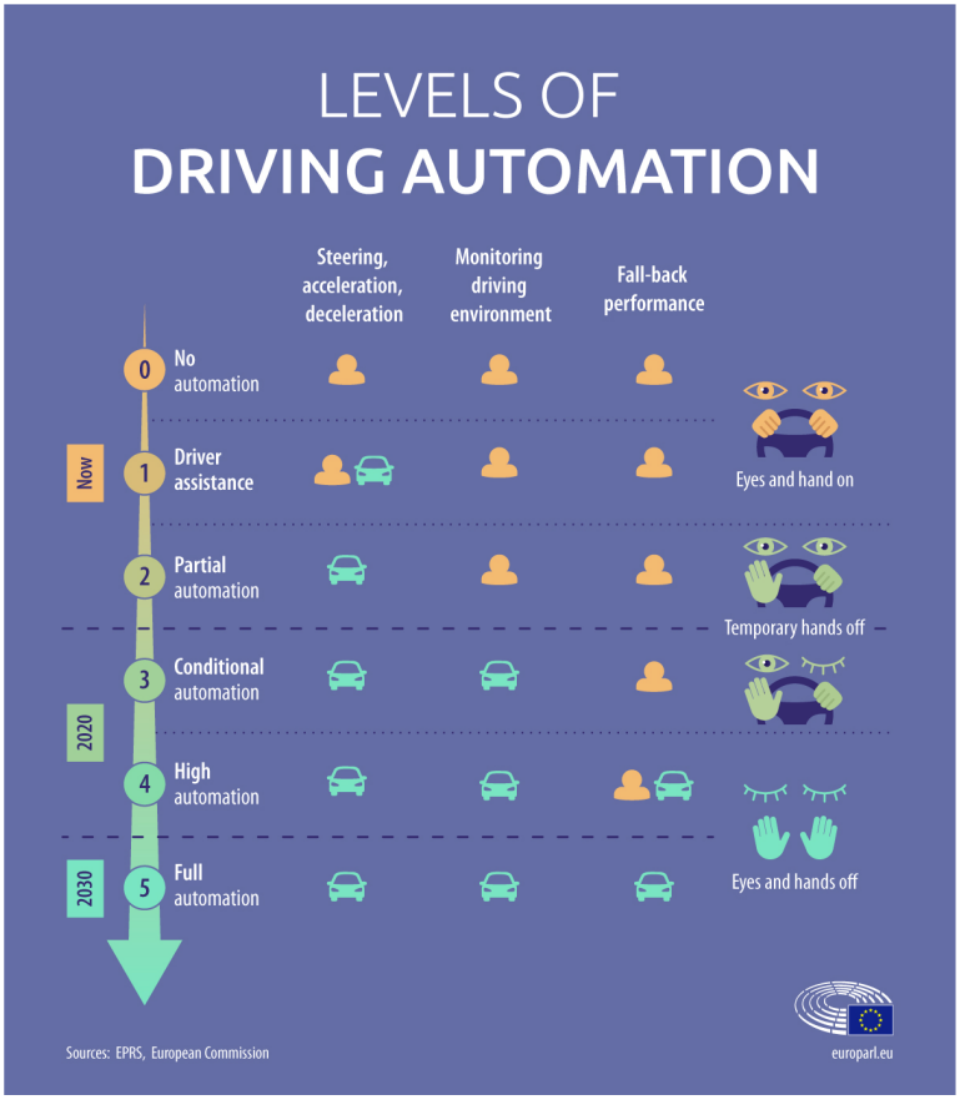
Većina programera koji su uključeni u AV industriju, imaju značajno iskustvo u drugim tehnološkim domenima kao što su mobilne aplikacije ili softver zasnovan na mreži. Analitički programeri i QA testeri koriste A/B testiranje prikupljajući podatke, primenjujući različite varijante korisničkog interfejsa i metrike prilikom realne upotrebe. Dok su ostali korisnici menadžmenta kompanija naviknuti na direktnu mogućnost obrade numeričkih podataka, broja novih kupaca koji koriste tehnologiju ili na one koji imaju problem prilikom upotrebe. Dobijene metričke rezultate treba primeniti kako bi se procenili i suzbili budući zlonamerni napadi. Nakon toga, potrebno je napisati određeni skup bezbednosnih zahteva koji moraju biti ispunjeni u sledećoj verziji softvera tokom testiranja. Hitne promene kôda za sprečavanje bezbednosnih propusta moraju se prethodno testirati, pre distribucije samog sistema. Najveći razlog za to je verovatnoća kvara, što bi moglo završiti isključivanjem sistema i ugrožavanjem života putnika.



Slika 2.6: Tipični autonomni sistem vozila, Izvor: [29].

Analitički pristup i metrički merljivi podaci često se primenuju za brzo dobijanje potrebnih informacija, što nam omogućava da probleme rešimo pre vremena. Promene softvera iz bezbednosnih razloga uključuju zakrpe koje se izdaju nakon isporuke sistema ili suprotne bezbednosne ispravke. Ova metrika pomaže da se identifikuje opseg rada obavljenog za zaštitu uređaja. Poređenje ovih promena u pogledu bezbednosti takođe je pristojan pokazatelj za dugoročno instalirani softver. Manifestacija grešaka prilikom komunikacije sa IoT uređajima, serverom u oblaku i internet infrastrukturom može uticati na pouzdanost pružanja usluga od strane auto kompanije. Vitalne usluge za svaku auto kompaniju koja proizvodi moderna vozila se odnose na softver i prateće elemente (slika 2.6) koji se koriste za upravljanje vozilom. Najteži mogući kvarovi koji se odnose na hardverske elemente su: senzori, svetla, kontrolni sistemi, kablovi, itd.

Izazov za programere predstavlja pravovremeno uočavanje vozila na kojima je došlo do kvara. U slučaju uspešne izolacije vozila sa oštećenim hardverom ili softverom, neophodno je sprečiti dalje uništavanje odgovarajućih komponenti. Nakon toga mora uslediti automatsko pokretanje pomoćnih sistema sa lokalno dostupnim funkcijama, kako bi se vozilo navelo u najbliži servisni centar. Metoda rekonfiguracije dozvoljava prelazak sa primarnog na sekundarni sistem u slučajevima da automobil ostane siguran za vožnju, omogućavajući pojedincu kontrolu nad vozilom [45, 47]. Usklađenost sa regulatornim dokumentima, procenama i osiguranjem kvaliteta softvera može biti neophodan trošak za automobilsku industriju, uključujući traženje stalnih dokaza usaglašenosti sa svim zakonima, sigurnosnim procedurama, moralnim, socijalno-ekonomskim razmatranjima i drugim problemima koji utiču na događaj (autonomno, samostalno upravljanje) vozila. Ovi testovi su već dodeljeni i sadrže određene verzije zakona na nivou EU i drugih zemalja, gde trenutno postoji definisanost i kontrolisana potreba za autonomnim vozilima.



Slika 2.7: SAE J3016 Standard, nivo automatizacije vožnje u EU, Izvor: [25].

Dokazivanje usaglašenosti sa bezbednosnim standardima podrazumeva pružanje dokaza da su svi kriterijumi u potpunosti ispunjeni, opravdavajući odluke koje bi mogle biti donete tokom vožnje. Stepen automatizacije (slika 2.7) i prateće regulative će se zasigurno menjati u budućnosti, gde se očekuje potpuna automatizacija do 2030 godine.

2.2 Organizacije, tehnologije i alati

Doba korišćenja velike količine podataka u naučnim istraživanjima je uveliko dostupno, pitanje je samo vremena kada ćemo preći iz petabajta (eng. Petabyte) u eksabajte (eng. Exabyte). Generisanje podataka se sve više realizuje upotrebom različitih digitalnih uređaja, stvarajući

određenu dozu izazova prilikom obrade istih. Zbog složenosti procesa javlja se potreba za naprednijim računarskim resursima. Trenutne tehnologije i alati su fokusirani na primenu neadekvatne skalabilnosti i paralelnih procesa izvršavanja, sprečavajući dovoljno brzu obradu starijih skupova podataka. Uopšte, postojeće tehnike obrade se fokusiraju na primenu velikih skupova podataka, naspram brzine izvršavanja koje zahtevaju današnji korisnici.

Jedan od metoda je razumevanje heterogenosti podataka unutar jednog skupa na kojem se vrši proces rudarenja. Svi ovi složeni parametri utiču na brzinu, tačnost, vrstu podataka u toku obrade u određenom vremenskom intervalu. Tako se može dobiti određeni stepen poverenja i merodavnost podataka u njihovoj daljoj upotrebi. Heterogenost složenosti možemo objasniti na primeru košnice i saća, kroz količinu meda (količina podataka) koju ona sadrži. Postoje određene poteškoće (veličina fajla, broj kolona, vrsta podataka) po pitanju rudarenja, što utiče na brzinu, tačnost i poverenje u dobijeni rezultat.

2.2.1 Veštačka inteligencija

Veštačka inteligencija (eng. AI - Artificial Intelligence) je promenila pristup i način interakcije sa računarom u vidu glasovne komunikacije i osećaja povezanosti sa virtuelnim okruženjem. Njenom primenom će se omogućiti drugačiji pristup u odnosu između potrošača i preduzeća. Preduzeća sve više shvataju da se okretanjem ka novim tendencijama i korišćenjem novih tehnologija ubrzava mogućnost stvaranja strategija i bržeg planiranja zbog plasiranja finalnog proizvoda ili brenda. AI će unaprediti i ubrzati procese obrade informacija o ukusima potrošača na osnovu prethodne potražnje za istim. Ovo se odnosi na efikasniju distribuciju unutar različitih sektora koji konzumiraju različite preparate za higijenu vozila i komponente. Omogućava generisanje personalizovanih stilova za svakog potrošača i korisnika autonomnih vozila. Na osnovu rečenog stvara se bolja automatizacija, povećanje fleksibilnosti, smanjenje troškova i efikasnija interakcija sa korisnicima. Mogućnosti AI tehnologija mogu poboljšati iskustva korisnika, što će svakako postaviti nove temelje za dalje usavršavanje istih [48, 49].

EU primenjuje strategiju u odnosu na digitalnu tranformaciju, uređujući pristup veštačkoj inteligenciji (AI) sa ciljem unapređenja uslova za usavršavanje i primenu ove revolucionarne tehnologije. Brojne prednosti u vidu širokih mogućnosti dovešće do efikasnijeg pristupa softveru i hardveru koji svrsishodno unapređuju zdrastvenu zaštitu, čine efikasniju proizvodnju i održiviji energetski sektor, bezbedniji i čistiji transport.

Evropska komisija je u aprilu 2021. godine postavila prvi regulatorni okvir EU za veštačku inteligenciju u kome se navodi da se ona može koristiti u različitim aplikacijama koje se analiziraju i klasifikuju na osnovu rizika koji donose korisnicima. Primarni cilj parlamenta se odnosi na obezbeđivanje sistema veštačke inteligencije, transparentnosti, doslednosti, nediskriminatorskog odnosa, ekološke održivosti i tehnološke neutralnosti. Anuliranje negativnih efekata je moguće praćenjem sistema (AI), a ne automatizacije [50].

Cilj Evropske komisije je snaženje regulisanja AI [50] radi stvaranja ambijenta većeg poverenja u mašine, njihove sisteme razmišljanja i integrisanja u svakodnevno okruženje ljudi. Podrazumeva se da aplikacije unutar vozila koriste AI u različitim situacijama komunicirajući sa ljudima i okruženjem. Efikasnim rešavanjem kompleksnih zadataka, poput odlučivanja smera kretanja u nepredviđenim situacijama, potvrđuju predlaganja detaljnih okvira regulacije AI. Složenost revolucionarnih tehnologija ogleda se u računarskim programima koji poseduju osobine brzog učenja i analiziranja ogromne količine informacija (BigData) iz okruženja. Javljaju se

karakteristike efikasnosti poput ostvarivanja željenih rezultata sa anuliranjem grešaka. Omogućena je indirektna promena algoritama i programskog koda, što stvara samostalnu transformaciju. Naučno-industrijske i privredne oblasti koje iplementiraju AI su medicinska tehnika, autonomna vozila, avioni, sistemi za daljinsko navođenje, finansijske transakcije, predikcije i mnogi drugi. Proces digitalizacije u većoj meri se vezuje za njenu iskorišćenost. Filmsko kulturno nasleđe je podstaklo ljudsku maštu koja se postepeno pretvara u realnu primenu veštačkog sintetičkog intelekta koji za sada oponaša ljudski um. Potencijalna mogućnost integrisanja veštačkog sa ljudskim umom podstiče na dalja dostignuća moderne nauke.



Slika 2.8: AI slučajevi upotrebe u operacijama autonomnog vozila, Izvor: [51].

Rani začeci AI odigrali su se u toku drugog svetskog rata prilikom napora da se savlada nemačka enigma (predstavlja šifarski sistem za komunikaciju). Uspešno razumevanje i dekodiranje tima matematičara i dekodera omogućilo je formiranje određenog oblika inteligencije koji može da uspešno dešifruje komunikaciju. Efikasnim stvaranjem inovativnog oblika računara skraćen je rat za najmanje dve godine, osiguravajući pobedu usled primene AI tog vremena. ENIGMA se u vremenskom periodu drugog svetskog rata smatrala savršenim oblikom komunikacije do ovog otkrića. Komercijalni uspeh Sofverske kompanije dobijanjem istorijskog rezultata koji se odnose na pobedu u društvenoj igri "šaha", IBM-ovog Deep Blue-a veštačke inteligencije protiv najboljeg svetskog šahiste Garija Kasparova (rus. Garri Kimovič Kasparov), predstavlja pionirski poduhvat. Globalni događaj je pogurao dalje opcije razvijanja tehnologija stvaranjem novih varijacija algoritama koje će tranformisati naučni pravac delovanja u ovom polju.

2.2.2 Mašinsko učenje

Proces učenja mašina je veoma specifičan podskup AI zbog direktnog učenja iz ljudskog razmišljanja. Moramo se osvrnuti na početke u istraživanju formiranja pripreme podataka za fizičke mašine. Pojavljuje se bitna Bajesova teorema, jer pokazuje fundamentalan način za izračunavanje uslovne verovatnoće. Predstavlja prost proračun i koristi se za lako izračunavanje uslovne verovatnoće (jednačina 3.1). Jednalina se takođe koristi u oblasti mašinskog učenja, povezujući uklapanje modela i skupova podataka za obuku. Kroz ovaj proces će se omogućiti ostvarivanje maksimuma u kasnijem razvoju klasifikacionog modela predviđanja. Interaktivna analiza modela ili znanje, dijagnostikovanje i prečišćavanje modela mašinskog učenja pomoću

interaktivne vizuelizacije svakako je od ključnog značaja za korisnike da se brzo nose sa računarskom inteligencijom u stvarnom svetu i izazovima rudarenja podataka u automobilskom sektoru. Sam model zahteva određeno vreme za postizanje optimalnosti poput Bajesovog optimalnog klasifikatora [52]. Preciznije, jedan primer formule uslovne verovatnoće se može prikazati i izračunavati korišćenjem druge, koja primenjuje sledeću formulu:

$$P(A|B) = P(B|A) * P(A)/P(B) \tag{2.1}$$

Jednačina 2.1: Uslovna verovatnoća

I obrnuto je tačno; na primer:

$$P(B|A) = P(A|B) * P(B)/P(A) \tag{2.2}$$

Jednačina 2.2: Druga uslovna verovatnoća

AI predstavlja nauku o oponašanju ljudskih sposobnosti i iz nje proizilazi mašinsko učenje gde se praktično primenjuju podaci i istražuju primene Bajesove analize. Važnost mašinskog učenja se ogleda u sve većem obimu i vrsti dostupnih podataka, pristupačnije računarske opreme, obrađujući kompleksnija i dostupnija skladištenja podataka. Na osnovu ovoga zaključujemo da postoji mogućnost brže proizvodnje modela sa tačnijim rezultatima čak i kada su u pitanju vrlo složeni skupovi vremenskih dimenzija. Organizacijom i stvaranjem preciznih modela za autonomna vozila veće su šanse za prepoznavanjem profitabilnih opcija i izbegavanju mogućih rizika. Elementi neophodni za stvaranje kvalitetnih sistema za mašinsko učenje su:

1. algoritmi - osnovni i napredni. U ovoj celini je važno naglasiti primenu određenih specifičnih algoritama za upravljanje vozilom i internu komunikaciju između svih komponenti
2. automatizacija i iterativni procesi. Važnost automatizacija se ogleda u mogućnosti smanjivanja broja procesa koji se ponavljaju
3. prilagodljivost modela AI
4. modelovanje ansambla komunikacije AI

Veliki broj današnjih giganata industrijske proizvodnje poput proizvodnje vozila, prepoznale su neophodnost upotrebe AI i mašinskog učenja stekavši prednost u odnosu na konkurenciju.

2.2.3 Internet stvari - IoT

Primena Internet stvari - IoT (eng. Internet of things - IoT) je otvorila mogućnost međusobnog povezivanja u objektima, vozilima, uređajima (senzori, kamere, pametni satovi). Mogućnosti povezivanja sa računarskom mrežom predstavljaju prednosti i mane. Ovo može da bude za

postojeće vrlo korisna stvar, dok na drugoj strani može predstavljati pretnju za bezbednost pojedinaca ili grupe korisnika. Trenutna prednost u upotrebi IoT rešenja je: brže rešavanje različitih saobraćajnih nezgoda, potrage i spašavanja ljudskih života, direktna komunikacija sa različitim službama (policija, hitna pomoć, vatrogasci), otkrivanje prirodnih katastrofa. Razgovarajući o IoT, a samim tim i o automobilskoj industriji, redovno se ograničavamo na selektivni diskurs o vozilima, verujući u kvalitet i razvoj određenog brenda.

Automobilski svet je jedan od najistaknutijih u usvajanju IoT-a, senzora, hardvera, softverskog razvoja i tehnologije. Ovo omogućava tehnologiji da pruži širok spektar karakteristika i usluga sa boljom prihvatljivošću od strane kupaca. Tesla, Chevrolet, Mercedes-Benz, Volvo, Toyota i Google poseduju (autonomna ili polu-autonomna) vozila koja nas mogu odvesti na posao ili na bilo koju drugu lokaciju, ali iz nepoznatog razloga još uvek nismo u mogućnosti da ih svakodnevno koristimo [53, 54]. Upotreba IoT tehnologije i 5G na svim poljima treba da omogući sigurnu i neometanu komunikaciju sa uslugama u oblaku, što zahteva posedovanje odgovarajuće strategije i plana kreiranja prateće infrastrukture. IoT Infrastruktura kao usluga (IoT IaaS) treba da omogući modernim vozilima komunikaciju sa okruženjem u oblaku (eng. Cloud), pružajući konstantnost i mogućnost zaštite od nezavisnih napadača [8, 55, 56]. Upotreba svake nove tehnologije otvara niz pitanja na osnovu kojih istraživači, naučnici pokušavaju da kreiraju bolja rešenja. Pitanja koja se konstantno nameću su:

1. Da li je trenutna putna infrastruktura problem, šta nedostaje?
2. Zašto se ova vrsta vozila ne koristi za taksi vozila sa hladnim glasovnim asistentima?
3. Zašto ih ne mogu videti na putevima širom sveta, u čemu je problem?

Odgovore na neka od gore navedenih pitanja možemo pronaći u trenutnom razvoju tehnologije i određenim svetskim normama koje se moraju ispuniti pre globalne upotrebe. Etičke norme se svuda na planeti testiraju na spoljne uticaje, pa se poslednjih nekoliko godina otvorio niz različitih pitanja za koja nismo znali da ih treba razjasniti. Jedno od pitanja je koliko daleko vlade i političari trebaju posedovati dozvole i mogućnosti intervencije u sudskim predmetima? Da bismo dobili sva rešenja i odgovore na trenutna postojeća pitanja, moramo da istražimo i analiziramo trenutne izazove u ovoj oblasti [45, 46, 47, 57].

Većina modernih automobila može da reši niz problema putem bežičnog ažuriranja softvera (eng. over-the-air - OTA). Postoji proizvođač (Tesla) koji je savladao ovu tehniku, gde se automobili mogu drastično nadgraditi (ili degradirati) primenjujući daljinska podešavanja sa satelita ili drona. Nedavno je prikazan zastrašujući prikaz primene bežične tehnologije na onome što se čini prostorom kompanije Tesla ili parkingom na jednom sigurnom mestu, koji može podržati hiljade najnovijih Teslinih (Tesla 3) parkiranih vozila. Ovo može stvoriti sigurnosne probleme u budućnosti, omogućavajući napadačima lažno predstavljanje i preuzimanje kontrole [40, 58, 59].

2.2.4 Računarstvo u magli

Industrijska amortizacija povezuje se sa primenenjivanjem računarstva u magli (eng. fog computing) i odnosi se na efikanost komunikativnog odnosa. Traži se minimiziranje količine informacija prenetih između senzora, uređaja za aktiviranje, računara i latencije kontrolnih petlji. Da bi se postigli ovi zahtevi [60] nudi se arhitektura sloja magle koja kontroliše računanje i

upotrebu industrijskih aplikacija svesnih na kašnjenje pomoću Kubernetes-a, preovlađujućeg okvira orkestracije kontejnera. Ostvarivanje industrijske automatizacije moguće je primenom računarstva u magli koje je bolje za korišćenje lokalnih uređaja i minimiziranja kašnjenja i troškova rada u donosu na infrastrukturu u oblaku. Između računarskih i senzorskih uređaja prikazuju se veze niske propusnosti od strane postojećih mreža za automatizaciju.

Grupacija autora bavi se [61] naučnim istraživanjem prototipa mreža za orkestracijske Internet stvari (IoT) usluge oslonjene na kubernetes-u. Neophodno je sinhronizovanje okolnih servera niskog kapaciteta sa Docker kontejnerima kako bi se prihvatila distribuirana usluga. Složeni kapaciteti računarskih resursa koji se nalaze u vozilima (PV) su neiskorišćeni u punom kapacitetu jer su ona parkirana 95% vremena. Podrazumevaju da su dostupni računarskim čvorovima za izvršavanje kompleksnih zadataka i mogu se iskoristiti za usložnjavanje infrastrukture [62]. Sakupljan naučni opus usmerava određena rešenja u predlaganju EdgePV, paradigmi kolaborativnog računarstva koje su unapređenje onlajn heterogenim planiranjem operativnih zadataka. Udopunjavanje edge i cloud computinga omogućava pouzdaniji, lakši i brži IoT koji je u odnosu na računarstvo u oblaku posebno usavršavan [63].

Obzirom da prisutni EMS imaju slabost u nemogućnosti postizanja visoke pouzdanosti. Zato se predlaže stvaranje sistemske arhitekture za upravljanje energijom (EMS) koja je zasnovana na Kubernetes kontejnerskom klasteru [64]. U ovom trenutku u početnoj fazi korišćenja nisu samostalne i iplementiraju se u rešenja zasnovana na VNF-u kao što je OpenStack. U 5G sistemima Cloud Native (CN) je prepoznat kao najbitniji faktor uštede kapitalnih i operativnih troškova, ali i za iplementaciju usluga i unapređenje agilnosti sistema. Cilj CN telco-a je da prihvati arhitekturu zasnovanu na mikroservisima i predstavlja inovativnost vezano za virtuelizaciju mrežnih funkcija (NFV). Zato autori [65] predstavlju tehnološki pristup korišćenja kompletne kontejnerske tehnologije preko Kubernetes-a u NFV arhitekturi [65, 66]. Za oslobađanje od računarskih teških aplikacija zaslužne su arhitekture ivice i oblaka koje su dobile pažnju. Obzirom da poseduju beskonačne resurse, računarstvo u oblaku se koristi za skladištenje podataka i obradu. Zbog ove karakteristike rubno računarstvo predstavlja idealnu opciju za aplikacije u realnom vremenu, poput kontrole visokog nivoa za platforme sa ograničenim resursima. Zahtev svake aplikacije ponaosob iziskuje okruženje sa mnogo funkcija i zato su usavršavane tehnologije poput Kubernetes-a, orkestratora i kontejnera [66].

2.2.5 Skalabilni IoT/M2M sistemi

Pronalaženje parking mesta u gradu jedna je od najčešćih radnji vozača, koje im stvara nervozu i problem prilikom ove aktivnosti [67]. Poseban izazov predstavlja pronalaženje parkinga u nepoznatom gradu ili u prisutnim saobraćajnim gužvama. Rešenje ovog problema je poznato kao pametno parkiranje sa odgovarajućom svetlosnom signalizacijom. Procesi takozvanog pametnog parkiranja se oslanjaju na Internet stvari (IoT) i razne tehnologije da bi postigli svoj cilj [9, 10, 11, 12]. Jedan od glavni delova navedenog procesa je primena virtuelizacija zasnovana na kontejnerima. Sam pristup je u poslednje vreme postao veoma popularan zbog svoje lakoće primene i fleksibilnosti u raspodeli resursa. Kubernetes, dobro poznati projekat otvorenog koda, služi kao okvir orkestracije za kontejnerske aplikacije. IoT/M2M (mašina-mašina) uređaji će biti povezani sa IoT rešenjima zasnovanim na oblaku. Većinu njihove integracije realizuju skalabilni IoT/M2M sistemi u OpenStack oblaku zasnovanom na Kubernetes-omogućenoj NFV (virtuelizacija mrežnih funkcija), MANO (menadžment i orkestracija) arhitekturi [68]. Dizajn Kubernetesa je bitan jer sadrži mogućnost fokusiranja na balansiranje opterećenja, proces izbora

vodećeg servera (glavnog servera) unutar klastera i mehanizam za obezbeđivanje konzistentnosti sa glavnim serverom tokom razmene podataka [69]. Postoji želja da se kreiraju pametni parking sistemi zasnovani na LoRaWAN senzorima (eng. Long-Range Wide Area Network - LoRaWAN), LoRaWAN-u i klasteru Kubernetes-a [70].

Prednost računarstva u magli (eng. fog computing) ogleda se u efikasnijem korišćenju lokalnih uređaja, kao i niže latencije i operativnih troškova u poređenju sa infrastrukturom u oblaku. Štaviše, ne oslanja se na vlasničke protokole ili infrastrukturu, što ga čini univerzalnije primenljivim i poželjnijim od rešenja specifičnih za dobavljače. Mnoge industrijske (kontrolne) aplikacije zahtevaju zahtevne performanse u realnom vremenu, a konvencionalne mreže za automatizaciju često koriste veze sa malim propusnim opsegom između senzorskih i procesorskih jedinica. Primene magle u industrijskoj automatizaciji zahtevaju smanjenje prenosa podataka između senzora, računara i uređaja za aktiviranje, kao i kašnjenje kontrolne petlje [71].

2.3 Sigurnost i bezbednost hardverskog sistema

Sagledavajući operativne rizike hardverskog sistema koji delimično ili u potpunosti podržava računarstvo u oblaku (eng. Cloud computing), mrežnu infrastrukturu i web tehnologije, neophodno je izvršiti odgovarajuće analize koje pokrivaju različite skupove problema. Sigurnosni ciljevi moraju pokrivati hardverske greške i njihove ranjivosti zajedno sa softverskim delom koji se oslanja na ovaj hardver. Smernice tražene u specifikaciji sigurnosnih ciljeva mogu pružiti uvid u potencijalno ugrožene komponente u okviru modernog koda [22]. Bezobzira na bezbednost hardvera kao doskorašnju aktuelnu temu studijskih naučnih disciplina, koncept istog se učestalije kombinuje sa kriptografijom i sajber-bezbednošću, sa akcentom na kriptografski hardver [72]. Neophodno je korišćenje formalne verifikacije funkcionalnosti pre silikona i provere bezbednosti, pored zaštite koja se odnosi na nivo integrisanih kola unutar čipova. Pored verifikacije, dokazivanje teorijskog aspekta predstavlja jedno od boljih rešenja bezbednosti visokog nivoa baznih softverskih projekata. Neostatak ovog metodološkog pristupa ogleda se kompleksnoj računskoj operaciji, dugom procesu generisanja dokaznih materijala i nedostatku alata za automatizaciju, neophodnosti fizičkog pristupa proveri čipa (što nije moguće u velikom broju slučajeva u vezi vozila i njihovih pretećih komponenti).

2.3.1 Ciljevi bezbednosti

Predviđanje mešanja kvarova sa njihovim posledicama, zahteva dobijanje i definisanje karakterističnih slučajeva koji narušavaju performanse i dostupnost proizvedenog operativnog sistema. Posedovanje ovih informacija može pomoći programerskom timu da odredi željeni opseg testiranja kako bi sakrio i rešio sigurnosne ranjivosti. Najčešće greške u vezi sa bezbednošću mogu biti te koje se odnose na stvaranje namernog preopterećenja ram memorije, koje je kreirao programer ili napadač [73]. U oba slučaja analizira se odnos postojećih grešaka koje utiču na mere bezbednosti, a takođe i odnos grešaka povezanih sa problemom bezbednosti prilikom implementacije sistema. Autonomni hardverski sistemi vozila zasnivaju se trenutno na elektronskoj mreži koja krajnjim korisnicima pruža određene funkcionalnosti. Stvaraju se transparentne komunikacije između njenih delova i samim tim interakcije koju kreiraju korisnici [73].

Zaštita od prekida interaktivnosti bila bi primena analitičkih akcija za presretanje bezbednosnih problema i prethodno otkrivenih slučajeva. Određeni rezultati imaju mogućnost primene i analize sa nekoliko različitih strana. Kvalitetni podaci iz pravog sistema pomažu programerima da napišu sigurnosne zakrpe i neophodne testove koji će se izvršavati unutar CI/CD (eng. continuous integration and continuous delivery/continuous deployment) okruženja [46]. Statistika vezana za bezbednost određuje se testovima koji otkrivaju greške u programskom kodu i testovima koji nisu bili uspešni. Posle toga je moguće započeti rešavanje problematičnih testova povezanih sa poštovanjem zakona i sigurnosti objekata - OSWT (eng. Object Security in Web of Things). Prikupljeni metrički podaci treba da se kombinuju sa onima koji se odnose na primenu sistema za procenu zlonamernog napada [46].

2.3.2 Bezbednosni izazovi

Brojni propusti u dizajnu koji se odnose na bezbednost javljaju se kada softver ne postoji na izuzetno planiran i precizan način, bez uzimanja u obzir odgovarajućih bezbednosnih zahteva i principa. Naprimer, lozinke su u vidu čistog teksta i nisu enkriptovane, što se može smatrati greškama u dizajnu. Primenom tehnika inspekcije dizajna i testiranjem, mogu se otkriti i uočiti nedostaci. Utvrđivanje različitih nedostataka povezanih sa bezbednošću može pomoći u ranom otkrivanju sigurnosnih problema u procesu dizajniranja [40, 74]. Tehnika koja omogućava pouzdanost i manje fizičke i softverske kvarove odnosi se na primenu rekonfiguracije za slučaj da sistem prijavi određenu softversku grešku. Ovaj pristup se koristi za poboljšanje neometanog funkcionisanja sistema, poziva se kao reakcija u slučaju kvara. Takođe, rekonfiguracija se primenjuje u slučaju promena koda unutar CI/CD cevovoda (eng. Pipeline) - razvojne linije [47, 75, 76].

2.4 Arhitektura i razvoj softvera

Usavršavanje softverskih aplikacija i arhitektura predstavljaju usko povezane zavisne discipline. Integracija i organizacija softverskih i hardverskih sistema iziskuju neophodan dizajn kroz arhitektonske okvire. Kompleksnost strateških okvira zahtevaju efikasnu operativnost, komunikativnost i usklađenost sa strateškim ciljevima unutar ove industrijske grane. Tehnološko usavršavanje zahteva iterativno kodiranje, agilnu iplementaciju standarda i strogo testiranje. Neophodna je koordinacija arhitektonskih pravila radi stvaranja pouzdanih i funkcionalnih programa. Povećanjem skalabilnosti, otpornosti na napade od strane trećih lica i modularnosti izmenjen je softverski inženjering. Veliki doprinos su omogućile saradnje arhitekture bez servera i mikroservisi unapređujući pouzdanost i performanse koje su neophodne za prilagodljive buduće sisteme.

Unapređenje automobilske industrije nije moguće bez inovativnosti u arhitekturi i usavršavanju softvera. Tehničke potrebe i poslovni ciljevi su zavisni od delovanja arhitekata i programera. Konstantna interakcija, upotpunjena pristupima poput DevOps-a stvara tehnološki progres, digitalizaciju i kreiranje kompleksnog sistema visokih performansi [77].

2.4.1 Arhitektura orijentisana na aplikacije-AoA (AoA)

Akcenat na efikasnosti i prilagodljivosti osnovnih sistema ostvarljiv je iplementacijom algoritama u arhitekturama orijentisanim na aplikacije AoA (eng. Application-oriented Architecture-AoA (AoA)). Karakteristike funkcija sa većom održivošću i skalabilnošću nalaze se u modularnim i mikroservisnim arhitekturama. AoA obraćaju pažnju na prirodu metaheurističkih algoritama fokusiranih na aplikacije. Da bi se arhitektura fokusirala i prilagodila specifičnim potrebama pojedinačnih aplikacija, u finansijama, zdravstvu i drugim industrijskim granama, neophodno je da modularni dizajn omogući savršenu integraciju višestrukih pristupa optimizaciji. Zasebni moduli se koriste za šifrovanje informacija, kontrolu pristupima, komunikaciju i autentifikaciju omogućavajući sajber bezbednost. Prilagodljiva bezbedonosna i konfigurabilna arhitektura jeste rezultat korišćenja AoA koje otkrivaju različite aplikacije sa posebnim bezbedonosnim zahtevima. Korišćenje bezbedonosnih protokola i API-ja se prilagođava zahtevima aplikacija, stvarajući komunikacione slojove koji su garancija odnosa između komponenti i eksternih entiteta. Specifičnost aplikacija se ogleda u procedurama validacije i upravljanju informacijama sa posebnim sistemima za skladištenje [78].

Posebnosti za aplikacije podrazumevaju algoritamski nadzori pristrasnosti koji poseduju indikatore pravičnosti i petlje povratnih informacija prilagođenim etičkim i regulatornim nijansama. Prilikom ažuriranja softvera treba da se reše revizije i problemi, a to čine komponentne koje nadgledaju, evidentiraju i na osnovu analiza treba da sublimiraju informacije specifične za aplikacije. Posebni zahtevi domena aplikacija mogu da se ostvare orkestracijom, kontejnerizacijom, proverom usklađenosti i tragovima revizije. Osnovna uloga AoA je da omogući okvir gde je metaheuristika integrisana sa zahtevima specifičnih sektora.

Arhitektura Application-oriented Architecture-AoA (AoA) [78] koja pruža efikasan dizajn i usavršavanje „pametnih“ rešenja unutar jednog univerzitetskog kampusa, obraća pažnju na stranu aplikacije prekomponujući koncept „usluge“ na deo “funkcionalnosti” sa jasnom i objektivnom svrhom, umesto konvencionalnog i klasičnog pristupa koji stvara fokus na tehničke i razvojne strane. Softverski inženjering doživeo je značajne promene u poslednjoj dekadi. Kontrola životnog ciklusa sublimira više disciplina poput: upravljanja zahtevima i projektima, usavršavanjem i testiranjem softvera, korisničkom podrđkom i obezbeđivanjem konstantnog kvaliteta. Jako su bitne komunikacije između vlasnika platformi i timova programera o izdavanjima platformi i precizno navedenim zahtevima [79]. Mikroservisna arhitektura poseduje prednosti efikasne i šire primene računarstva u oblaku. Zbog ovoga su veliki broj preduzeća i kompanija promenile svoju dosadašnju monolitnu aplikaciju u mikroservise radi postizanja veće agilnosti i davanja odgovora na sve veće poslovne zadatke [80].

2.4.2 Monolitni razvoj aplikacija

Monolitni razvoj aplikacija u današnje vreme predstavlja velike izazove po pitanju dodavanja novih funkcionalnosti, povećavajući složenost koda i sistema. Korisnici zahtevaju što veću brzinu učitavanja sa svakom novom verzijom monolitnog softvera koji pokušava da bude aktuelan. Svaka nova komponenta unutar ovog već složenog sistema povećava dužinu trajanja procesa: učitavanja, kompajliranja i obrade podataka. Jedna od prednosti monolitnih sistema je njihov dug vremenski period razvoja i dobijanja stabilnosti u radu, ostvarajući poverenje korisnika. Druga ključna funkcionalnost se odražava u centralizovanoj administraciji, jer se celokupan monolitni softver nalazi na jednom serveru ili virtuelnoj mašini koja se pokreće unutar sistema visokih

performansi. Softverski sistemi regularnih automobila se mogu posmatrati kao jedan od oblika monolitnih sistema, jer su prošli dug vremenski period razvoja funkcionalnosti i procesa jasnog definisanja podela funkcija [81, 82].

Postavljaju se prioriteti funkcijama koje se odnose na mogućnost upravljanja automobilom, svetlosnom signaizacijom, sigurnosnim mogućnostima u vidu vazdužnih jastuka, ABS-a i drugih povezanih sistema. Stvaranje logičkog prioriteta i stepena važnosti tokom izvršavanja/čekanja operacija unutar softverskog sistema omogućava paralelno izvršavanje više operacija u jednoj vremenskoj ćeliji procesorskog vremena. Logički prioritet omogučava postavljanje određene kvote potrebnih resursa, koja će se koristi za potrebe procesa odlučivanja i izvršavanja zadata u radu automobila, kojim upravlja čovek. Kvantifikacija resursa u vidu kvote se odnosi na izraženost potrebnih resursa (CPU, RAM, SSD/HDD, mreža, itd.). Jasna definisanost dostupnih resursa i mogućnosti raspodele je ključ u uspešnom i stabilnom funkcionisanju svakog sistema, bez obzira na njegovu vrstu i oblik (da li je monolitni sistem ili mikro servis). Glavni razlog razumevanja raspodele resursa se odnosi na slanje informacije o maksimalnoj količini dostupnih resursa za korisnika. Jer korisnik može u određenom trenutku vremena zahtevati i 10-20 GB RAM memorije za potrebe izvršavanja određenog složenog zadatka [82].

2.4.3 Nasleđeni monolit sistemi i aplikacije

Monolit ima prilično skup hardverski ukus. Budući da je veliki, jedinstveni komad softvera koji neprestano raste, mora da radi na sistemu koji zadovoljava njegove potrebe za računarstvom, memorijom, skladištem i umrežavanjem. Hardver takvog kapaciteta je složen i izuzetno skup. Pošto se čitava aplikacija izvodi kao jedan proces, skaliranje pojedinačnih karakteristika monolita je gotovo nemoguće. Interno podržava hardkodiran broj veza i operacija. Međutim, skaliranje cele aplikacije može se postići ručnim postavljanjem nove instance monolita na drugi server, obično iza uređaja za uravnoteženje opterećenja, što predstavlja još jedno skupo rešenje [83].

Tokom nadogradnje, zakrpe ili migracija zastoja monolitne aplikacije su neizbežne, a prozori za održavanje moraju biti planirani unapred jer se očekuje da će prekidi u servisu uticati na klijente. Iako postoje rešenja nezavisnih proizvođača za smanjenjem zastoja korisnika postavljanjem monolitnih aplikacija u visoko dostupnoj aktivnoj/pasivnoj konfiguraciji, inženjerima sistema se nameću izazovi u smislu zadržavanja na istom nivou zakrpa i mogu se uvesti novi mogući troškovi licenciranja [83, 84]. Prekidi u radu servisa mogu uticati na prikaz dostupnosti resursa (CPU, RAM, HDD, itd.) koju su dodeljeni sa određenim prioritetom izvršavanja.

Navedeni prioriteti dodele mogu narušiti mogućnosti vektorskog skaliranja i upotrebe resursa unutar klastera. Dostupni resursi definišu maksimalnu količinu raspolozivosti računarskog vremena, koju korisnik može zahtevati odjednom. Na primer, korisnik ima zahteve za 20 TB RAM-a po proizvodnom prioritetu broj 1 unutar jednog mikroservisa. Realizacija ovog zahteva podrazumeva provere kvotnog dela i kontrole upisa zahteva za klasterom. Bez odgovarajuće provere i određenih limita bi došlo do potpunog zaustavljanja servisa i mogućnosti skaliranja resursa. Međutim, postoje slučajevi kada za sledeće stavke nema rasporeda izvršavanja zadataka: poslovi s nedovoljnim kvotama se odmah odbijaju nakon podnošenja, neraspoređeni i složeni zahtevi bez odobrenja, nemogućnost pronalaska fajla i drugih objekata u ram memoriji, itd. Nije dovoljno stvoriti i rasporediti zadatke, već servisni klijenti koji prate komunikacije i drugi timovi moraju da ih lociraju, čak i nakon prenosa na novu lokaciju ili mikroservise. Kvote višeg imaju veće troškove od kvota nižeg prioriteta, zbog vremenskog okvira realizacije koji zahteva

odobrenje od strane menadžera u klasteru ili fizičke osobe [84].

Kvota prioriteta ograničena je na stvarne resurse dostupne unutar ram memorije, tako da pojedinac koji podnese zahtev za realizaciju zadatka sa prioritetom izvršavanja, mora da odgovara dostupnoj kvoti i resursima kojima raspolaže. Može očekivati da će se pokrenuti određeni zadaci, uprkos modularnoj fragmentaciji i ograničenjima postavljenim unutar klastera. Iako se većina korisnika podstiče da kupuju samo ono što im je potrebno, mnogi zakupljuju veći nivo resursa, jer ih to štiti od potencijalnih nestašica (nedostupnih resursa) kako se baza korisnika njihove aplikacije širi. Raspodela kvote kontroliše se izvan klastera primenom različitog ERP softvera koji je većinom direktno povezan sa našim planiranjem fizičkog kapaciteta. Kroz navedeni softver se odražavaju rezultati u cenama i dostupnosti kvota u data centrima koje su na raspolaganju unutar jedne ili vise auto kompanija. Korisnički poslovi prihvataju se samo ako imaju dovoljnu kvotu i odgovarajući prioritet za izvršavanjem. Kvote smanjuju potrebu za propisima, poput dominantnih procesa pravednosti resursa (DRF). (eng. DRF - Dominant Resource Fairness). Potrebno je skrenuti pažnju na kreiranje pravila pravedne upotrebe resursa kroz DRF, čime treba da se postigne maksimalna fer raspodela za više resursa i heterogenih zahteva korisnika.

2.4.4 Savremeni mikroservisi

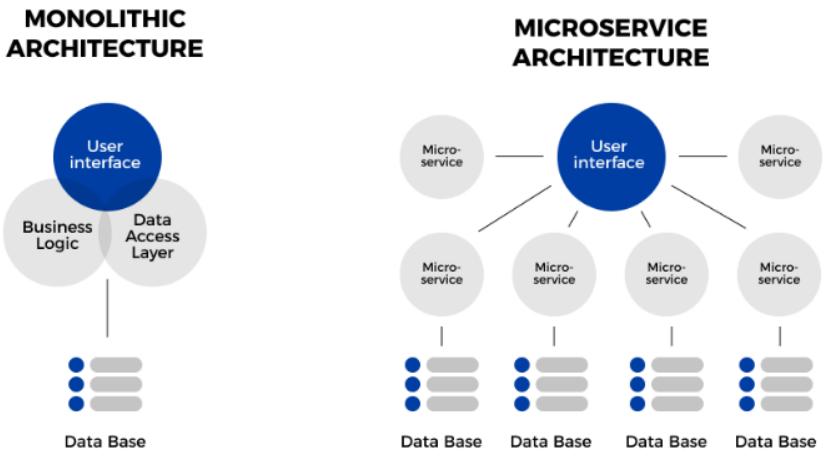
Mikroservis se odnosi na lagane programe kreirane u savremenim programskim jezicima. Poseduju biblioteke, ekološke zahteve i mogu se pokrenuti aplikacije prepune zavisnosti. Kontejneri inkapsuliraju mikroservise i njihove zavisnosti, umesto da ih pokreću direktno. Kontejneri obuhvataju mikroservise i njihove zavisnosti, ali ih ne izvršavaju direktno. Kontejneri izvršavaju slike kontejnera (Container Image) koji povezuje program sa njegovim runtime-om, bibliotekama i zavisnostima. Predstavljaju izvorne kontejnere, koji su raspoređeni da ponude izolovano okruženje za izvršavanje. Mogu da se primene i kombinuju za različite platforme, uključujući radne stanice, virtuelne mašine i javni oblak (public cloud) [85].

Softver generisan ili isklesan iz monolita može se posmatrati kao različite komponente sistema. Monolit predstavlja postavljanje distribuiranih komponenti na različite servere, od kojih je svaki opisan skupom svojih jedinstvenih atributa. Kada se uporedi mikroservisi možemo ih predstaviti kao kamenčiće koji dodaju težinu kompletne gromade ili jedne velike softverske planine koja predstavlja distribuiranu arhitekturu na svetskom ili lokalnom nivou. Kamenčići ili mikroservis su labavo povezani,a svaki ponaosob obavlja specijalizovanu poslovnu funkciju u samostalnom sistemu sa operativnim sistim i minimalnim hardverskim potrebama. U ovoj situaciji sve funkcije su grupisane, što rezultira posedovanjem celokupne funkcionalnosti originalnog monolitnog programa unutar jednog mikroservisa koji je sadržan unutar kontejnera.

Koristeći primere iz stvarnog sveta, prethodno opisani kamenčići se lako biraju i grupišu na osnovu boje, veličine i oblika i zahtevaju malo truda da se pomeraju po potrebi. U našoj situaciji to je teško implementirati zbog matematičke složenosti i distribuirane arhitekture, što zahteva pažljivo planiranje i dizajn softverskih usluga. Mikroservis se može instalirati nezavisno na privatnom serveru sa manje resursa, ostavljajući samo ono što je potrebno za svaku uslugu na host sistemu. Ovo smanjuje troškove i dostupnost računarskih resursa na globalnom nivou.

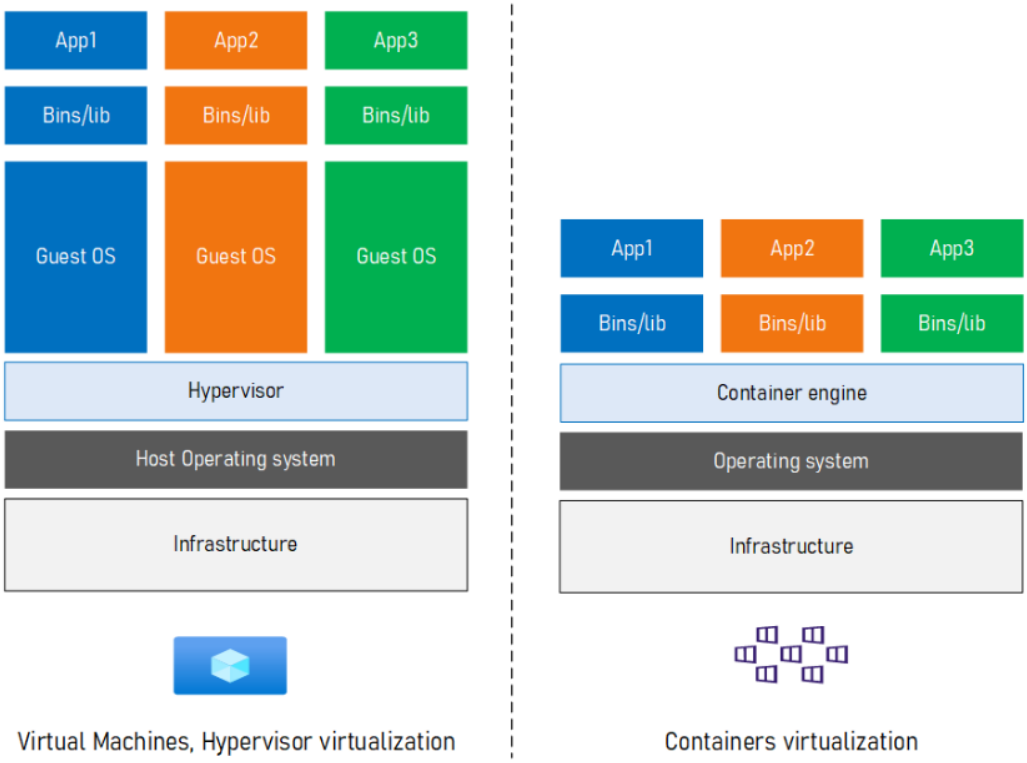
Arhitektura zasnovana na mikroservisima je u skladu sa principima arhitekture zasnovane na događajima i orijentisane na usluge, u kojoj su složeni programi sastavljeni od malih autonomnih operacija koje komuniciraju jedna sa drugom preko API-ja i računarske mreže. API može da pristupi drugim internim uslugama iste aplikacije, spoljnim uslugama i aplikacijama trećih

strana [85].



Slika 2.9: Evolucija arhitekture softvera. Izvor: [85].

Svaki mikroservis je konstruisan i napisan u aktuelnom programskom jeziku koji je prikladan za prirodu i poslovnu ulogu usluge. Ovo pruža značajnu fleksibilnost u usklađivanju mikroservisa sa specifičnim hardverom po potrebi, omogućavajući primenu na jeftinom robnom hardveru. Iako distribuirana priroda mikroservisa komplikuje arhitekturu, jedna od njihovih najznačajnijih prednosti je skalabilnost. Kako program postaje sve modularniji, svaki mikroservis se može skalirati nezavisno ručno ili automatski, koristeći automatsko skaliranje zasnovano na zahtevima.

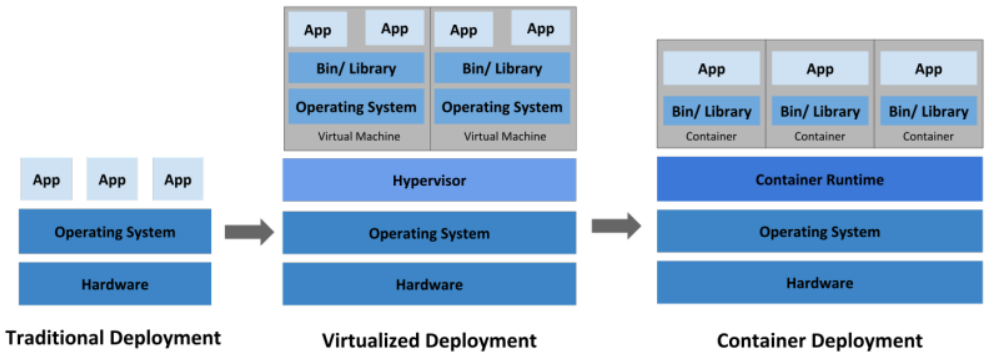


Slika 2.10: Regularna i kontejner virtualizacija. Izvor: autorska ilustracija prilagodjena na osnovu [85].

Dizajn mikroservisa takođe omogućava besprekorna ažuriranja i procese zakrpa. Klijenti praktično nemaju zastoja ili prekida usluge jer se nadogradnje sprovode besprekorno. Jedna po jedna usluga se realizuje, umesto da moraju ponovo da se kompajliraju, rekonstruišu i ponovo pokreću cele monolitne aplikacije. Preduzeća mogu brže i agilnije da razvijaju i primenjuju nove funkcije i nadogradnje sa odvojenim timovima koji se fokusiraju na različite funkcije, što rezultira povećanom produktivnošću i ekonomičnošću [83, 84].

2.4.5 Važnost primene kontejnera

Gledajući u prošlost možemo primetiti da su korporacije prve radile sa aplikacijama hostovanim na pravim serverima. Bilo je teško distribuirati resurse, jer su bili neophodni za aplikacije na fizičkim serverima i nisu se mogli uspostaviti. Postoje slučajevi u kojima se mnogi programi izvršavaju na fizičkom serveru. Kada se prvi put pokrenu, jedna aplikacija obično troši većinu resursa, primoravajući druge da rade loše. Da bi se rešio ovaj problem, svaka aplikacija treba da radi na drugom fizičkom serveru. Međutim to se ne dešava jer resursi nisu u potpunosti upotrebljeni, a firmama su potrebna dodatna finansijska sredstva za rad sa fizičkim serverima [85].



Slika 2.11: Razvoj kontejnera. Izvor: [85].

Standardi softverske tehnologije su napredovali, omogućavajući virtuelnim mašinama (VM) da rade na fizičkom serveru. Virtuelizacija vam omogućava da izolujete aplikaciju između određenog nivoa bezbednosti i virtuelne mašine, ograničavajući pristup podacima drugih istih. Prednosti uključuju niže troškove hardvera, veću skalabilnost zbog mogućnosti dodavanja aplikacija i ažuriranja i povećanu upotrebu resursa na fizičkim serverima. Potreba za mobilizacijom VM-a na jednom fizičkom softveru zadovoljena je jačanjem tehnoloških standarda i adresiranjem svih delova redovnog softvera. Informacije o programu sadržane u kodu su povezane sa VM-om kao posebnim i bezbednim sistemom sa poštenim nivoom bezbednosti, ograničavajući pristup podacima iz drugih programa. Nadogradnja i integracija aplikacija povećava skalabilnost uz smanjenje troškova hardvera. Virtuelizacija i druge tehnologije povećale su mogućnosti fizičkih servera, koji su ranije koristili samo male delove raspoloživih resursa [86].

Kontejneri se koriste pored virtuelnih mašina (VM) koje su slične, ali se razlikuju po tome što imaju opuštenije karakteristike izolacije za deljenje operativnog sistema. Imaju memoriju, lični sistem datoteka, resurse za obradu i deo CPU-a. Kontejneri imaju sledeće karakteristike: prenose se preko OS blokova i distribucija. Njihova pažnja je usredsređena na sadržaj za aplikacije koji je efikasan i skalabilan u nekoliko infrastruktura. Njihova korisnost je višedimenzionalna i izolovana, jer obezbeđuju simultane mikroservise, mobilna virtuelna okruženja potrebna za samostalne aplikacije. Kontejneri postaju sve popularniji zbog svojih suštinskih kvaliteta koji uključuju: 1. dinamičku primenu izgrađenih aplikacija. Za razliku od VM-a koji koristi sliku, povećana je pogodnost i efikasnost proizvodnje slike, 2. upotreba dinamičnijeg oporavka slike (container image) je obezbeđena kontinuiranim poboljšanjem i procesom integracije, 3. aplikacije se mogu brzo kreirati i primeniti. U poređenju sa upotrebom VM, kreiranje slike kontejnera je efikasnije i jednostavnije, 4. kontinuirana poboljšanja, integracije i implementacije garantuju redovna, bezbedna izdanja i slike za primenu koje se mogu brzo i efikasno vratiti nazad [86, 87].

Virtuelna mašina ili VM je potpuno funkcionalna mašina koja pokreće svoj operativni sistem. Živimo u vremenu kada se obično koriste kontejneri. Oni su uporedivi sa virtuelnim mašinama (VM), ali imaju manje stroge zahteve za izolacijom, što im omogućava da dele operativni sistem. Oni imaju svoj sistem datoteka, memoriju, alokaciju CPU-a i računarske resurse. Kontejneri se mogu prenositi preko OS distribucija i blokova. Oni pokazuju načine za kreiranjem visoko efikasnih, skalabilnih aplikacija u različitim infrastrukturama usredsređene na aplikacije. U suštini, oni su posebno korisni za isporuku mikroservisa i kreiranje izolovanih, prenosivih virtuelnih okruženja za korišćenje aplikacija. Ovi programi mogu da funkcionišu

nezavisno od drugih aplikacija. Funkcija nadgledanja pruža ne samo statistiku i metriku na nivou OS, već i zdravlje aplikacije i druge indikatore. Okruženje na laptopu ostaje dosledno tokom razvoja, testiranja i proizvodnje, baš kao što je to slučaj u oblaku. Distribucija u oblaku i prenosivost sistema radi na Ubuntu, RHEL, CoreOS-u, lokalno, u velikim javnim oblacima i bilo gde drugde. Menadžment koji je fokusiran na određene aplikacije pomera nivo apstraktnosti sa pokretanja OS-a na virtuelnom hardveru na izvršavanje aplikacije na OS-u, koristeći logičke resurse. Mikrousluge su labavo povezane, distribuirane, elastične i oslobođene. Za razliku od monolitnog steka koji radi na jednoj velikoj mašini sa jednom namenom, aplikacije su podeljene na manje, nezavisne komponente koje se mogu dinamički pokretati i kontrolisati. Izolacija resursa obezbeđuje predvidljive performanse aplikacije. Među najznačajnijim karakteristikama je efikasno korišćenje resursa u malom fizičkom prostoru [87].

2.4.6 Upravljenje kontejnerima

Upravljanje kontejnerom u razvojnom (Dev.) okruženju na jednom hostu radi poboljšanja i testiranja aplikacija predstavlja realni pristup. Usluge i aplikacije moraju ispunjavati određene standarde i zato prelazak na okruženje za proizvodnju (Prod.) i osiguranje kvaliteta (QA) više nije izvodljivo. Realizacija uključuje efikasnu upotrebu resursa, skalabilnost na zahtev, minimizaciju i toleranciju grešaka, automatsku identifikaciju i razmenu, eksterno povezivanje i vraćanja/savršena ažuriranja bez prekida. Organizatori kontejnera su alati koji obezbeđuju toleranciju grešaka kroz skalabilnost na zahtev korisnika, kao i mogućnost da se na najbolji način iskoriste raspoloživi resursi. Automatsko otkrivanje može detektovati međusobnu komunikaciju unutar klastera, kako bi se poboljšao pristup resursima iz spoljašnjeg sveta. Besprekorna ažuriranja/povratak bez prekida omogućavaju hostovima kontejnera ili orkestratorima da grupišu sisteme u klastere, automatizujući primenu i održavanje kontejnera u velikom obimu, dok ispunjavaju gore navedene ciljeve. Kako preduzeća kontejnerizuju i prenose svoje aplikacije u oblak, raste potreba za rešenjima za orkestraciju kontejnera. Obzirom da postoje brojna dostupna rešenja, neka su samo redistribucije dobro poznatih alata za orkestraciju kontejnera, iako sa dodatnom funkcionalnošću i povremeno ograničenom fleksibilnošću. Bezobzira što nije iscrpna, sledeća lista uključuje niz alata i usluga za orkestraciju kontejnera koji su trenutno dostupni u više segmenata [88, 89].

Kontejnerizacija je postala suštinska komponenta modernog razvoja softvera, nudeći standardizovan i efikasan metod za pakovanje, primenu i upravljanje aplikacijama. Upravljanje kontejnerima je ključno za CI/CD, jer pojednostavljuje cevovod isporuke softvera. Kontejneri izoluju aplikaciju i njene zavisnosti, obezbeđujući doslednost u nekoliko okruženja. Uniformitet pojednostavljuje proces integracije i poboljšava pouzdanost primene u CI/CD radnom toku. Korišćenje kontejnera u CI/CD ima različite prednosti. Kontejneri omogućavaju izolaciju, olakšavajući programerima da grupišu aplikacije sa svim neophodnim zavisnostima, čime se smanjuju konflikti i poteškoće u kompatibilnosti. Štaviše, kontejneri su lagani i brzo se okreću, što omogućava brži period izgradnje i ugradnje. Njihova prenosivost obezbeđuje dosledno ponašanje u razvojnim, testnim i proizvodnim okruženjima, što rezultira stabilnijim i predvidljivijim CI/CD radnim tokom. Rešenja za orkestraciju kontejnera poput Kubernetes-a, pomažu upravljanju kontejnerskim aplikacijama automatizacijom skaliranja, primene i balansiranja opterećenja. Dok kontejneri pružaju brojne prednosti, rukovanje njima u CI/CD cevovodu predstavlja probleme. Kontrola verzija, bezbednost i interoperabilnost sa drugim kontejnerizovanim mikroservisima su od ključne važnosti. Implementacija mehanizama za utvrđivanje verzija, stalno praćenje i često bezbednosno skeniranje su ključne aktivnosti. Usvajanje principa infrastrukture kao koda

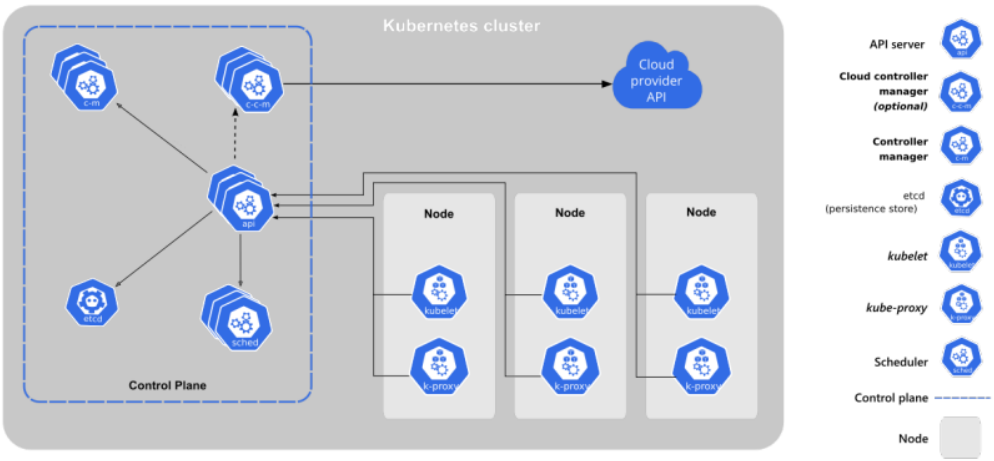
(IaC) takođe omogućava programsko kreiranje i održavanje kontejnerizovane infrastrukture, što obezbeđuje doslednost i ponovljivost [88, 89].

Kako se CI/CD procesi razvijaju, paralelno se usavršava upravljanje kontejnerima pomocu raznih tehnologija poput NFC, RFID i drugih. Budući trendovi uključuju ugradnju računarstva bez servera, poboljšane mere bezbednosti i napredak u tehnologiji orkestracije kontejnera. Kontinuirani razvoj metoda upravljanja istim podrazumeva korišćenje najnovijih alata i procesa, prihvatanje automatizovane kulture i podsticanje komunikacije između razvojnih i operativnih timova. Efikasno upravljanje kontejnerima u CI/CD-u ne samo da ubrzava isporuku softvera, već i poboljšava ukupnu efikasnost i pouzdanost procesa razvoja [89, 90].

2.4.7 Kubernetes

Kubernetes je takođe poznat kao k8s (izgovara se Kejt's), jer između k i s ima osam znakova. Kubernetes je prvenstveno inspirisan Guglovim Borg sistemom, koji se koristi više od decenije za orkestriranje kontejnera i radnih opterećenja za operacije širom sveta. Prema veb stranici Kubernetes "Kubernetes je sistem otvorenog koda za automatizaciju implementacije, skaliranje i upravljanje kontejnerskim aplikacijama.". Kubernetes potiče od grčke reči koja u prevodi označava kormilara ili pilota broda, drugim rečima mogućnosti upravljanja. Imajući u vidu ovu analogiju, možemo misliti o Kubernetesu kao pilotu na brodu sa kontejnerima. To je projekat otvorenog koda izgrađen u Go i licenciran pod Apache licencom, verzija 2.0. [85]. Pokrenuo je Google, a izdanjem v1.0 u julu 2015. Google ga je poklonio Fondaciji Cloud Native Computing Foundation (CNCF). Nove verzije Kubernetes -a izlaze u ciklusima od 3 meseca. Trenutna stabilna verzija je 1.19 (od avgusta 2020.). Prema apstraktu Google-ovog Borg papira, objavljenom 2015 [91]. "Google-ov Borg sistem je klaster menadžer koji vodi stotine hiljada poslova, iz mnogih na hiljade različitih aplikacija u više klastera, svaki sa po desetine hiljada mašina". Više od jedne decenije Borg je tajna Google-a, koji u proizvodnji vodi svoja svetska kontejnerska radna opterećenja. Usluge koje koristimo od Google-a, poput Gmail-a, Disk-a, Mapi, dokumenata itd., opslužuju se i kontrolišu pomoću Borg klaster menadžera.

Nekoliko ranih Kubernetes saradnika radilo je za Google i ranije su zapošljavali i gradili sistem pod nazivom Borg. Iskoristili su svoju ogromnu stručnost za kreiranje istog. Neke od karakteristika Kubernetes karakteristika/objekata mogu se pripisati Borgu ili klasama. Load Google Borg ćelije obavljaju različite funkcije podeljene u dve grupe. Prvi su dugotrajni servisi koji "nikada" ne bi trebalo da se sruše, dok drugi obrađuju kratkotrajne upite osetljive na kašnjenje (od nekoliko µs do stotina ms). Primenom mikroservisa se kreiraju usluge koje se koriste i proizvode za krajnje korisnike kao što su Gmail, Google dokumenti i onlajn pretraga, kao i za interne infrastrukturne usluge kao što je Big Table. Drugo su grupni procesi, koji traju od nekoliko sekundi do nekoliko dana i na njih znatno manje utiču kratkoročne razlike u performansama [92]. Mogu se koristiti u širokom spektru scenarija, uključujući lokalne ili udaljene virtuelne mašine, goli metal i javna/privatna/hibridna/multi-cloud implementacija. Kubernetes je potpuno podržan, prenosiv i fleksibilan. Mnogi zasebni alati otvorenog koda podržavaju Kubernetes, proširujući njegove mogućnosti i pružajući korisnicima bogato iskustvo. Njegova arhitektura je primenljiva na različite aplikacije. On ne samo da orkestrira modularne, odvojene aplikacije tipova, već je njegova arhitektura izgrađena na nekoliko mikroservisa koji omogućavaju realizaciju navedenih mogućnosti. Kubernetes-ove mogućnosti se mogu proširiti stvaranjem dodatnih resursa, operatora, API-ja, pravila za planiranje i dodataka.



Slika 2.12: Kubernetes Architecture. Izvor: [92].

Za efikasan projekat otvorenog koda, ključna je zajednica. Kubernetes podržava snažna globalna zajednica. Ima oko 2.800 saradnika koji su preneli preko 94.000 obaveza. Grupe za sastanke na mnogim lokacijama i zemljama redovno se okupljaju da razgovaraju o Kubernetesu i njegovom ekosistemu. Postoje posebne interesne grupe koje se fokusiraju na određene probleme uključujući skaliranje, goli metal (eng. bare metal) i umrežavanje računara u klastere.

2.5 Budući razvoj softvera i realizacija procesa testiranja

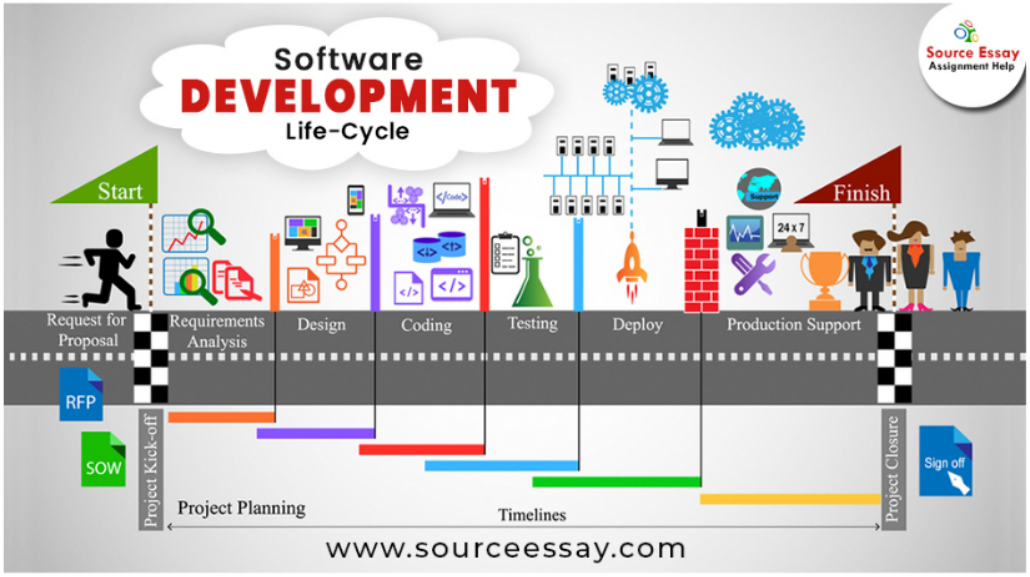
Procena i sprovođenje usaglašenosti sa regulatornim dokumentima je značajan trošak u modernim ekonomijama. Da biste demonstrirali usklađenost sa bezbednosnim standardima, neophodno je da se obezbede dokazi da su standardi bezbednosnih kriterijuma pravilno ispunjeni. Na osnovu testiranja i analize dobijenih informacija, dokumentacije i stručnih mišljenja programera i psihologa, mogucć probleme je ponuditi sigurnost menadžmentu u donošenju ispravnog izbora, pre stavljanja proizvoda na tržište. Buducć problemi razvoj softvera i metode testiranja implementacije se brzo razvijaju, podržane psihološkim i filozofskim uvidima. Nove metodologije, poput DevOps-a i kontinuirane integracije, skracć problemuju razvojne cikluse uz poboljšanje saradnje i produktivnosti. Napredni pristupi testiranju, kao što su automatizovano testiranje vođeno veštačkom inteligencijom, koriste psihološke principe ponašanja korisnika i kognitivnog opterecć problemenja kako bi se poboljšala tačnost uz smanjenje ručnog angažovanja. Filozofski pogledi na etiku i odgovornost utiču na uključivanje testiranja bezbednosti u životni ciklus razvoja, često poznatog kao DevSecOps, koji može agresivno da reši ranjivosti [5].

Upotreba dizajna kontejnera i mikroservisa poboljšava skalabilnost i fleksibilnost, što dovodi do brže implementacije i iteracije. Ova sveobuhvatna tehnika obezbeđuje rano otkrivanje grešaka, čime se povecć problemava pouzdanost i performanse softvera. Kontinuirani napredak u mašinskom učenju i veštačkoj inteligenciji poboljšava procese testiranja, podstiče inovacije i ide u korak sa tehnološkim svetom koji se stalno menja. Buducć problemnost razvoja i testiranja softvera bicć probleme definisana povecć problemanom automatizacijom, preciznošcć problemu i prilagodljivošcć problemu, kao i svešcć problemu o ljudskom ponašanju i etičkim imperativima,

što cć probleme rezultirati otpornim, bezbednim programima koji su usmereni na korisnika.

2.5.1 Softverske linije proizvoda (SPL)

Da bi se stvarali proizvodi iz linije softverskih proizvoda (SPL), u najmanju ruku moraju se razumeti principi implementacije i modeliranja varijabilnosti. Tradicionalni softverski inženjering ne uzima u obzir ove principe inkorporiranja varijabilnosti, jer oni nisu od suštinskog značaja za kreiranje pojedinačnih sistema. Metrike su dobro uspostavljene u tradicionalnom softverskom inženjerstvu. Međutim, postojeće metrike obično nisu korisne za SPL, jer ne upravljaju kontrolom varijabilnosti [93]. Životni ciklus razvoja softvera (eng. Software Development Life Cycle - SLDC) (prikazan na slici 2.13) treba da pokrije osnovnu funkcionalnost u okviru zakona, predstavljajući rešene praktične društvene i etičke izazove za ceo svet ili zemlju koja će ovaj softverski sistem koristiti u autonomnim vozilima. Primena novijih tehnologija zahteva primenjeni inženjerski i etički pristup, analizirajući koji će se pristupi najbolje koristiti tokom razvoja softvera (SCRUM, Agile, Kanban, Extreme Programming (XP), V-Model, itd.).



Slika 2.13: Životni ciklus razvoja softvera, Izvor: https://bit.ly/3sRx8vH.

Vecć problemina prepreka razvoju softvera je kod koji nije pušten na tržište zbog niza problema sa ispunjavanjem svih standarda. Još jedan izazov je distribuirani softver za greške, koji se koristi samo kada nijedna druga verzija trenutno nije dostupna. Kao rezultat ovoga, korisnici su primorani da nastave da koriste automobile uprkos greškama i problemima koji se redovno javljaju. Nestabilan softver i utisci korisnika utiču na reputaciju brenda kao i na inženjere koji rade na projektu. Glavni uzrok kvara je nedostatak odgovarajucć problemeg znanja, tehnika i procedura tokom razvoja softvera i povezivanja sa AV interakcijskim sistemom unutar automobila. Zbog toga su mnoge kompanije prvo izdale netačne oznake (na primer, softver je označen kao stabilan, dok je u stvarnosti bio nestabilna alfa verzija), što je rezultiralo velikim gubicima na više nivoa [73, 94, 95, 96].

Bezbedni razvoj softvera zahteva od programera da se pozabave bezbednosnim rizicima na bilo kom nivou procesa razvoja softvera. Najednostavnija i najefikasnija tehnika za promenu koda je korišcć problemenje bezbednosnih metrika, da bi se ispitalo kako softver funkcioniše u stvarnim scenarijima. Upotreba ovih tehnika cć probleme pomocć problemi dizajnerima i programerima softvera da ugrade mere bezbednosti u svoje AV sisteme od početka životnog ciklusa razvoja softvera, obezbeđujući korisne podatke za analizu i upotrebu u tehničkim, operativnim i poslovnim odlukama proizvođača automobila [3]. Prikazi metrike i procene pomažu programerima da postignu opšte ciljeve uključujucć problemi kontinuitet rada, bezbednost, operativnu pouzdanost i prikupljanje analitičkih podataka. DevOps se smatra ključnim za mogucć problemnost redovne i dosledne nadogradnje operativnog sistema. DevOps pretpostavlja međufunkcionalnu saradnju i automatizaciju u razvoju i operacijama softvera. Usvajanje i sprovođenje DevOps-a u preduzecć problemima nije lako zbog neophodnih promena u tehničkim, organizacionim i kulturnim elementima. Metrike svesne varijabilnosti, razvijene za potrebe linija softverskih proizvoda, nude precizne opise kako se DevOps primenjuje u praksi [93, 97].

Informacioni i komunikacioni procesi su kritični u svakom poslu, tako da primena principa efikasne proizvodnje na komunikacijski i informacioni proces nastoji da smanji otpad i učini tokove razvoja softvera manjim i lakšim. Lean informacije su nova linija principa i primena lean-a, sa našom empirijskom studijom koja se fokusira na razvoj onlajn aplikacija i usluga u malim i srednjim firmama koje su direktno povezane sa automobilskim sektorom [93, 97, 98]. Nakon prikupljanja slučajeva i ispunjenja zahteva, realizuje se novi metod za projektovanje i implementaciju paralelnog brzog računarstva u okviru navedene infrastrukture, od kojih je jedna upotreba tehnike koja pomaže opisu funkcije. Modeliranjem i objavljivanjem opisa apstraktnih funkcija i njihovih odnosa sa konkretnim implementacijama i omogucć problemavanjem automatskog instanciranja implementacija na osnovu tih objavljenih opisa, sistemska dobra se široko koriste u skoro svakoj primeni. Vecć problemina ljudskih kapaciteta je pretvorena u softverska rešenja. Merenje i ocenjivanje kvaliteta softverskih proizvoda postalo je izazov za mnoga preduzecć problema koja traže softverska rešenja. Pravljenje dobrog softvera zahteva i angažuje širok spektar talenata [99, 100].

Neizbežno se razvija novi softver u automobilima, a tako se pojavljuju i bezbednosni rizici utičucć problemi na performanse istog i sigurnost u vožnji. Nove komponente su uključile novi sigurnosni sistem pod nazivom Softvare Securiti Enhancement. Par članaka govori o bezbednosnim ciljevima i optimalnim tehnikama za rešavanje ranjivosti kako bi se postigli bolji rezultati od planiranih napada. [101, 102]. Postoje mogucć problemnosti da se izlože izabrani nalazi analitičkog i dizajnerskog rada Vazduhoplovnog instituta za tehnologiju (AFIT) u oblasti razvoja računarske podrške i sistema upravljanja životnim ciklusom softvera za bezbednost letenja. Cilj može da bude razvoj metoda i implementacija verifikacije i testiranja za otkrivanje grešaka u razvijenom softveru avionike radi usaglašenosti sa standardom DO-178C, kao i proizvodnja, sertifikacija i implementacija softvera u avionu. Slike kontejnera (eng. container images) ograničavaju kod aplikacije, vreme izvođenja i sve njegove zavisnosti na unapred određeni format koji stoji samostalno. Koristecć problemi vreme izvođenja kontejnera kao što su runC, containerd ili cri-o, možemo da generišemo jedan ili više kontejnera iz unapred učitanih slika. Sva ova vremena izvođenja su pogodna za izvršavanje kontejnera na jednom hostu. Međutim želimo da posedujemo rešenje otporno na greške i skalabilno rešenje, što se može posticć problemi povezivanjem brojnih čvorova u jedan jedini kontroler/upravljačku jedinicu. Ovaj kontroler/uređaj za upravljanje je opšte poznat kao orkestrator kontejnera [103].

2.5.2 Izazovi za razvoj softvera u autonomnim vozilima

Produkcija novih funkcionalnosti i ispunjavanje potrebnih zahteva stabilnosti, danas podrazumeva primenu kontinuiranog testiranja softvera i svih drugih oblika koji su povezani sa ovim procesom. Iz istoriskih primera možemo videti rezultate softverskih grešaka, koji su doveli do katastrofa ili gubitaka ljudskih života. Na osnovu statistike i grešaka sa najvećim troškovima/štetom, možemo stvoriti jasniju sliku o društvenim, etičkim izazovima sa kojima se softver danas suočava, što postavlja nova očekivanja za softverski inženjering i osiguranje kvaliteta [39, 59, 74, 104, 105]. AV sistemi zasnovani na mrežnoj infrastrukturi i web uslugama pružaju određene funkcionalnosti [106] krajnjim korisnicima u vozilu, što stoga zahteva stabilnost određene interakcije prilikom komunikacije korisnika sa kontrolnim komponentama unutar vozila. Trenutno neometano izvršavanje naredbi je presudno za krajnjeg korisnika, kada je u pitanju subjektivni osećaj zadovoljstva.

Zato mora postojati balans između visokog stepena sigurnosti i željenog odziva prilikom upotrebe. Ovo se kasnije odražava na usvajanje ili neusvajanje standarda po pitanju stabilne i šifrovane (eng. Encryption) mrežne komunikacije. Bilo koja komunikacija preko mreže otvara pitanja sigurnosti i dodatnog razmatranja primene tehnika ponovne upotrebe softvera (eng. Software Reuse) sa ciljem osiguranja/kontrole kvaliteta i mogućnosti kontinuiranog testiranja. Internet komunikacija AV sistema stvara još jedan sigurnosni problem, jer softver treba da ostvari sigurnu i stabilnu komunikaciju upotrebom najnovijih protokola za šifrovanje/dešifrovanje (eng. Encryption, Decryption) komunikacije. Primena kombinovanih tehnika bi trebalo da smanji mogućnost ponavljanja grešaka i narušavanja bezbednosti u budućim verzijama softvera za autonomna vozila, ali uvek postoji 1% sumnje da će doći do narušavanja celokupnog sistema [105, 107, 108, 109].

2.5.3 Promene softvera iz bezbednosnih razloga

Korišćenje popularnog otvorenog koda za razvoj aplikacija može stvoriti probleme, jer su njegovi paketi podložni napadima treće osobe. Dešava se da napadač postavlja maliciozni kôd unutar Git repo-a, predviđajući da će programeri kasnije koristiti te softverske pakete. Sistem postaje ugrožen od dobro pripremljenog napada. Unutar različitih vrsta cloud data centara (privatni, javni, hibridni) ili SaaS (eng. Software as a Service), aplikacije se izvršavaju zajedno sa bezbednosnim rešenjima iz oblaka, štiteći od najsofisticiranijih napada. Sve navedeno može biti uzaludno, ako je već prethodno postavljena “zamka” unutar samog repozitorijuma [73, 94]. Potrebna je primena poslednjih zakrpljenih funkcija, komunikacija sa sistemom koji je trenutno povezan na mrežu ili druga vrsta daljinske komunikacije. Ovo može uticati na fleksibilnost i složenost održavanja softvera. Jer je u slučaju kvara hardvera nemoguće ažurirati i primeniti nove zakrpe.

Stvara se dodatni problem neophodnog vraćanja autonomnih vozila od korisnika ka proizvođačima, radi rešavanja softversko hardverskih problema. Iz toga sledi da je u slučaju funkcionalnog hardvera neophodno rekonfigurisanje sistema i privremeno prebacivanje između postojećih sistema. Neophodno je izvođenje testova koji se odnose na određene sigurnosne mete koje su prethodno identifikovane u radu, sprečavajući buduće mogućnosti zloupotrebe i neželjenih efekata. Tokom realizacije i primene testova vrši se prebacivanje između primarnog i sekundarnog sistema u cilju sprečavanja mogućnosti zloupotrebe ili eleminisanja bezbednosnih nedostataka. Primenom direktnog testiranja na osnovu sigurnosnih meta, vrši se privremena migracija na sekundarne

servere u oblaku, koji imaju zadatak detaljne provere. Dalje se primenjuje rekonfiguracija sistema eleminišući sve prethodne propuste. Ona počinje od najvitalnijih funkcionalnosti, koje se vezuju za upravljanje vozilom i njegovim zastavljanjem, a nakon čega se započinje celokupan proces na ostalim infrastrukturnim delovima [8, 73].

2.5.4 Problemi softvera sa upravljanjem i ulaznim podacima

Problemi sa kojima se softver susreće tokom vožnje su na primer: vozilo u pokretu i telefon zazvoni, model softvera može odlučiti ili zbog nedostatka resursa zanemariti sve operacije unosa/izlaza. Da li razvoj ovog softvera može da pomogne u gore navedenim problemima i (preopterećenju) "prelivanju bafera" (eng. buffer-overflow) sa netačnim podacima unutar RAM-a, što u ovom slučaju može biti veoma opasno za putnike u vozilu. Većina trenutnih softverskih problema rešava se paralelnim programiranjem ili sekundarnim sistemima koji se aktiviraju u određenom trenutku. Javljaju se potrebe za inovativnošću i uključivanjem: softvera, veštačke inteligencije, zakona, moralnih pitanja, socio-ekonomskih faktora itd. Proces razvoja i mogućnosti korišćenja AV-a sigurno će potrajati sa namerom dostupnosti široj populaciji. Ove činjenice uslovljavaju jedine preostale mogućnosti što preciznijeg modeliranja unutar postojećih granica i ograničenja. Mogućnost preciznog modeliranja pokreće potrebu za istraživanjem pravnih okvira, koji regulišu veštačku inteligenciju - AI i njihovih stavova o primeni ove tehnologije. Stvarajući probleme prilikom obrade ulaza/izlaza podataka, neophodni su računarski resursi. Samim tim se povećava potrošnja električne energije, istovremeno smanjujući željenu efikasnost [110, 111].

Moguće je da se ideja o stvaranju delova sistema koji upravlja aplikacijom pomoću komandne metode klastera i košnica čini nemogućom i teškom za sprovođenje. Zadatak same realizacije nije trivijalan, ali je ostvariv ako mu se posveti određeno vreme i znanje. Primena postojećih rešenja, za stvaranje fuzije senzora i sposobnosti kombinovanja velikog broja I/O operacija, oslanjaju se na rešenja iz prirode koje koriste mravi, pčele i drugi insekti. U jednom delu, automobili već koriste sisteme za otkrivanje predmeta koji koriste životinje kao što su slepi miševi. Kombinovanjem LiDAR (eng. Light Detection And Ranging Detekcija) sa svetlima i domet radarima (eng. Radio Detection and Ranging), radio detekcija dometa i njihove talasne dužine, mogu se postići vrlo dobri rezultati u različitim uslovima. Na primer, AV vozilima nije potrebno ambijentalno svetlo da bi izvršili detekciju, jer mogu da vide mnogo bolje od našeg čula vida pomoću kombinacije senzora [111].

2.5.5 Kontinuirana integracija/Kontinuirana distribucija - CI/CD

Savremeni način razvoja softvera zahteva maksimalnu sigurnost i zaštitu od neovlašćenog nadzora ili pristupa određenom delu koda. U slučaju narušavanja bezbednosti i dolaska do razvojnog repozitorijuma (razvojne linije) kada krajnji korisnik počne sa primenom softvera, mogu se pojaviti ozbiljni bezbednosni problemi. Primenom modularnog razvoja i željom za neprimetnom integracijom novih komponenti, neophodno je posedovanje uniformnog jezika za testiranje, smanjujući verovatnoću objavljivanja neispravnih funkcionalnosti. Za razvoj softvera i kontinuirano testiranje pomoću CI/CD alata, potreban je određeni stepen sigurnosti prilikom komunikacije između programera, servera i svih uključenih u završni proces [75, 76].

2.5.5.1 Kontinuirana integracija - CI

Neprekidna integracija (eng. Continuous integration - CI) zahteva određeni stepen organizacije prilikom kreiranja i razvoja softvera podržavajući testove koji se pišu i izvršavaju. Kontinuirani razvoj (eng. Continuous deployment - CD) omogućava pokretanje različitih razvojnih okruženja sa ciljem simulacije i primene u realnom vremenu, tako da je moguće dobiti izveštaje o svim uspešnim i neuspešnim testovima. Na osnovu ovoga programerima je lakše kreiranje određenih razvojnih grana, koje će se na kraju možda sastaviti sa glavnom master granom. CI zahteva od programera da koriste repozitorijume (GitHub, GitLab, Microsoft Teams, itd.), što im omogućava višestruku integraciju, testiranje i nadgledanje razvoja koda tokom čitavog životnog ciklusa jednog softvera.

Cilj je da se potkrepi verovatnoća sigurne komunikacije bez spoljnih uticaja tokom testiranja i nakon distribucije softvera na različitim korisničkim sistemima. U radu treba objasniti proces razvoja softvera primenom kontinuiranog testiranja i razvoja, osiguravajući funkcionalan i ispravan kod. Istraživanje u ovom radu trebalo bi da ispita sve alate, razvojne tehnike i sigurnosne izazove sa kojima se suočava današnji razvoj softvera [75, 76].

2.5.5.2 Kontinuirana distribucija - CD

Kontinuirana distribucija/postavljanje uključuje prednosti po pitanju produktivnosti za savremeni razvoj softvera, što u prošlosti nije bio slučaj. Primenom ovog načina pruža se mogućnost olakšanog prilagođavanja i upravljanja promenama, zajedno sa dinamičnim zahtevima AV tržišta, usvajajući nove ideje i funkcionalnosti. Usled postojanosti navedenog sistema, programeri mogu reagovati u realnom vremenu sa povratnim informacijama, pružajući korisnicima određeni nivo sigurnosti i poverenja prilikom rešavanja softverskih problema. Iz tog razloga kada korisnik/kupac pošalje određeni zahtev/izveštaj o problemima u radu ili zahtevom za novim funkcionalnostima, menadžment može veoma brzo doneti odluku o daljem postupanju.

Primenom CI/CD infrastrukture, postavljaju se određene procedure i standardi za sve kompanije koje učestvuju u tržišnoj utakmici proizvodnje i prodaje autonomnih vozila. Sama složenost razvoja primenom ove tehnike razlikuje uspešne i neuspešne kompanije, zahtevajući velika ulaganja u ljude, znanje i istraživanje sa ciljem izdvajanja na tržištu. Pored toga uz već postojeće troškove potrebna su i razmatranja konstantnog inženjerskog održavanja, kako bi se neometano mogao primenjivati i koristiti celokupan sistem. Prednosti kontinurane distribucije i postavljanja koda leže u smanjivanju troškova broja zaposlenih ljudi, povećanom stepenu kontrole i nadzora izvršavanja softverskih verzija na udaljenim lokacijama itd. Većini programera je privlačna mogućnost sigurne distribucije novih funkcionalnosti, bez potrebe razmišljanja o sigurnosnim problemima, jer sigurnosne testove pišu programeri koji se bave ovom vrstom problema [75, 76].

2.5.6 Izazovi za testiranje i pronalaženje bezbednosnih problema

Veliki broj kompanija se odnosi odgovorno prema osiguranju sigurnosti aplikacija i podataka koji se razmenjuju. Sa sigurnošću možemo očekivati buduće izazove, gde će napadači moći da pristupe nezaštićenim ili osetljivim podacima. Razlog leži u stvaranju panike kako kompanija tako i krajnjih korisnika, usled nemogućnosti ranog otkrivanja „softverskih rupa“. Proaktivnim

pristupom bezbednosti pruža se delimična prilika za poboljšanje reputacije koja je možda prethodno narušena. Dalje odlaganje i neotklanjanje propusta može udaljiti kompaniju od prodaje vozila u budućnosti. Zbog toga je neophodno svu pažnju usmeriti na ispravku mogućih grešaka i očuvanje kvaliteta - QA, kako bi se zadržalo preostalo poverenje kupaca. Logičan pristup se nameće u suočavanju sa izazovima i problemima koji utiču na vozila, smanjujući negativni uticaj medija i glasina koje će se širiti.

Napadači uvek traže najlakši način za ulazak u softver, kako bi preuzeli kontrolu. Najveći problem svakog softvera su ograničeni unutrašnji resursi i poznavanje tehnika zaštite od mogućih napada. U slučaju kada programeri primenjuju tehnike ponovljene upotrebe postojećeg koda koji se koristi već duži niz godina, postoji mogućnost nasleđivanja „tehničkog duga“ i bezbednosnih grešaka zajedno sa nedostacima. Tako se poništava prethodno uložen trud, bez obzira na to da li se kod redovno testira ili ne. Većina kompanija nema raspored distribucije softverskih zakrpa, ostavljajući napadačima prostor da planiraju i izvrše napade. Postoje i pozitivni primeri kompanije Microsoft, koja ima veoma dobar pristup po pitanju ažuriranja softvera sa jasnim rasporedom distribucije, omogućavajući potencijalno smanjivanje uočenih rizika u radu [112]. Automobilska industrija mora biti vođena dinamikom brzog razvoja i jasnim marketing planom, suočavajući se sa izazovima konkurentnosti. U slučajevima povećanja potražnje i poslovnog razvoja, kompanije moraju imati sposobnost da u datom trenutku ispune zahteve. Kod situacije da celokupan tim za razvoj, zaštitu aplikacija i korisničku podršku nije dostupan, mogu se dogoditi greške ili će se primeniti neproverene zakrpe na softver koji je već u rukama korisnika. Štaviše, bez kapaciteta za istraživanje sigurnosnih propusta, mogu biti utrošeni sati u u detektovanju lažno - ispravnih rezultata. Sigurnost softverskog sistema nije uslovljena primenom alata. Stalne promene na globalnom tržištu predstavljaju izazov u održivom razvoju i očuvanju nivoa bezbednosti. Pojavljuju se nove pretnje i nasilne tehnike, a usvajanje novih propisa vezanih za zahteve ka usklađenosti, povećava složenost rešavanja svih bezbednosnih problema. Zato se postojeće strategije moraju uklopiti sa svim promenama.

Sigurnosni sastanci/razgovori/dogovori stvaraju neprijatnost programerima zbog uticaja njihovog koda na ljudski život. Postoje tehnike koje se koriste za prevazilaženje određenih bezbednosnih izazova sa kojima se danas suočavamo i koje se primenjuju kao CI/CD, zajedno sa više različitih rešenja unutar oblak okruženja. Svaka verzija softvera tokom integracije sa sobom nosi različite nivoe tehničkog, poslovnog i finansijskog uticaja na proces zaštite. Da bi se rešili izazovi testiranja i pronalaženja bezbednosnih problema, neophodno je primeniti tehnike CI/CD zajedno sa najnovijim bezbednosnim standardima [112]. U sadašnjem vremenskom intervalu se koriste svetski standardi ISO/IEC 15408 za identifikovanje i definisanje bezbednosnih zahteva [113]. Tehnika upoređivanja može se koristiti za otkrivanje nedostajućih sigurnosnih zahteva. Uporediće se stvarne sa drugim aplikacijama koje imaju nameru da ostvare određene nivoe zaštite. Pokazaće nam jasniju sliku bezbednosnih zahteva koji nisu uzeti u obzir ili korišćeni tokom razvoja. Na osnovu prikupljenih informacija projektni/razvojni tim će uvideti moguće buduće napade i razumeće njihov uticaj na sam sistem. Opšti koncepti i principi IT bezbednosti mogu se proceniti primenom modela ocenjivanja iz ISO/IEC 15408, zajedno sa ostalim delovima ovog standarda. Primena standarda treba da bude jedna od početnih tačaka procene sigurnosnih svojstava softvera, hardvera ili bilo kog IT proizvoda [108].

Pravila i regulisanje faktora ljudskog ponašanja iz softverskog modela vezanog za ASV (autonomnim sistemima vozila) je teško definisati i regulisati. Pravi razlog je u načinu upravljanja koje je realizovano delimično ili u potpunosti, primenom koda čovek-mašina ili obrnuto. Aktuelna zakonska regulativa ukazuje na činjenicu da se vozila mogu delimično automatizovati i da

čovek u svakom trenutku može preuzeti kontrolu u skladu sa trenutnim stepenom automatizacije (prikazan na slici 2.7). Na osnovu prethodno navedenog, nameće se pitanje o načinu dizajniranja AV i koji je razlog neusklađenosti sa svetskim normama, standardima i zakonima. Zahtevaju se dalja istraživanja metoda stvaranja inteligentnih autonomnih sistema i modela etički odgovornog ponašanja u skladu sa zakonom. Može se reći da budućnost pripada pratećim zakonskim propisima i veštačkoj inteligenciji [53, 56, 108].

2.5.7 Pokretanje testova i simulacija u realnom svetu

Testovi za autonomna vozila bi trebalo da simuliraju realne uslove. Primena kritičnih testiranja softvera i simulacija realnog okruženja ima za cilj da odbije mogućnosti cyber napada, kako ne bi došlo do stvaranja prostora za izvršavanja atentata i nemoći prilikom otkrivanja preuzimanja kontrole nad vozilom [59]. Zbog ovoga bi trebalo sprovesti određena testiranja, kao što su sledeći primeri:

- Prvi primer: ispitivanja se odnose na senzore u vrlo mračnom tunelu bez svetla nakon oluje. Testirajući onemogućenost sa 50% detekcije, simulira se realan kvar. Kasnije testiranje treba da realizuje upotrebu različite vrste leda. Dobar primer za ispitivanje senzora bio bi leteći objekat (automobilska guma) ili model predmeta, koji se mogu sresti tokom vožnje. Jedna od zanimljivih ideja za laboratorijska ispitivanja bila bi u ispitivanju senzora prekrivenih sprejom za motorno ulje, prašinom na putu, izmazanim blatom, prekrivenom susnežicom i snegom.
- Drugi primer: aktiviranje senzora i modela otkrivanja dok su u simuliranom (modu) kretanja, može biti vrlo nepredvidivo i zahtevno za realizaciju u stvarnim okolnostima (prikazano na slici 2.14).
- Treći primer: simulacija oluje i lošeg vremena, gde dolazi do lepljenja lišća, zalepljenih insekata ili odgovor na EMP (eng. Electromagnetic pulse) udar. Bilo bi zanimljivo testirati udar u kabinu vozila koristeći različite neobične predmete, bicikle, kanue i druga vozila.



Slika 2.14: Test sudara Chevrolet Cruze, Izvor: https://bit.ly/3bzCfuM

Kako se upotreba simulacije prebacuje iz obuke u proveru evaluacije dizajna, povećava se stres na validaciji simulacije. Nažalost, teško je sveobuhvatno utvrditi da li je validacija dovoljna. Trenutno postoje tri vrste simulacija: živa, virtuelna i konstruktivna sa simuliranim ljudima (eng. LVC - live, virtual, constructive) [114]. Simulacija uživo uz upotrebu stvarnih sila i opreme, trebalo bi da bude operativni test sa senzorima naviknutim da identifikuju moguća oštećenja prilikom dolaska u kontakt sa predmetima iz okruženja. Ovaj pristup je najbliži stvarnoj upotrebi. U slučaju virtuelne simulacije hardvera i softvera u ponovljenim uslovima petlje (for loop) moguće je testiranje čitavog prototipa sistema sa simulacijom bilo da je proizveden od računara ili na drugi način da je veštački generisan [114]. Ova vrsta ispitivanja je tipična za razvojno testiranje (regularnih i autonomnih vozila). Konstruktivna simulacija može biti računarski prikaz unutar virtuelnog okruženja, poput virtuelne realnosti ili realnog testiranja (prikazan na slici 2.15) sa fizičkim objektima.



Slika 2.15: EU lutke za ispitivanje sudara, Mercedes-Benz. Izvor: https://bit.ly/3cjiLd3

Laboratorijski modeli i simulacije se obično grade pre nego što se dođe do značajnih operativnih iskustava, bilo pre ili tokom razvojnog/integracijskog testa. Zato su podržane informacije prikupljene iz sličnih sistema, komponenata koje su se koristile u prethodnim ili su korišćene prilikom razvojnog testiranja sistema [114]. Kao rezultat, simulacija često nije u stanju da uoči nepredviđene načine otkazivanja koji su jedinstveni za operativno iskustvo. Zbog toga je gotovo aksiomatski da nekoliko sistema simulira, jer nikada ne mogu u potpunosti zameniti operativni test. Izazov nije način za izvođenje realističnog testa, jer je složeno prikupljanje svih mogućih scenarija [75, 76, 94, 104]. Nameće se analiza prethodnih primena zakona u pojedinim slučajevima u kojima su učestvovala autonomna vozila.

Problem je utvrditi tačne razloge za prethodno ponašanje ili trenutnu situaciju za softver koji se primenjuje. Autonomni sistemi moraju imati sposobnost da definišu i odrede svoje buduće akcije. Između ostalog, pretpostavlja se da će biti suočeni sa različitim zakonskim okvirima u poređenju sa tradicionalnim vozilima koja se danas koriste [45, 57, 108].

2.5.8 Kontinuirano testiranje softvera

Javlja se potreba za kontinuiranim testiranjem softvera (eng. Continuous softvare testing), kako bi korisnici bili zadovoljni i svoje zadovoljstvo preneli na druge potencijalne korisnike. Napori u postizanju sigurnosti sistema i dalje su prisutni, bez obzira na napredak tehnologije. Stvar je u tome što su napadači ljudi koji ceo život stiču znanje i veštine, a zatim konstantno teže ka ciljanom napadu iz više različitih razloga (dokazivanje u društvu, finansijska korist, tendenciozni napad). Postoji potreba za jačanjem bezbednosti, obzirom da ljudi imaju mogućnosti da primenjuju svoj sistem znanja, novih tehnika, jer sve zavisi od toga ko je bolji igrač "šaha".

Trebalo bi izvršiti testiranje primene sigurnosnih tehnika sa namerom da sistem postepeno jača radi povećanog stepena bezbednosti.

Budući da napadači mogu uvek pronaći rešenje za njegovo narušavanje, neophodno je stalno usavršavanje sigurnosnih elemenata. Razvojni tim (Programeri, dizajneri, testeri i svi drugi korisnici podataka) moraju omogućiti visoku sigurnost i stepen podrške kako bi zaštitili infrastrukturu od napada. Obzirom na prisutnost napadača i potrebe za visoko bezbedonosnim zahtevima, neophodna je konstantna podrška dizajnerima, programerima, korisnicima i korisničkoj podršci. Međutim, do danas nije predložena nijedna sistemska metodologija za ove svrhe. Naša ideja je da bude pružena stalna podrška razvojnom timu, što se može realzovati samo primenom formalne i dosledne metodologije [45, 54].

Primenom novog koncepta predstavljanja stvarnog okruženja, mogu se primeniti ISO/IEC standardi bezbednosti informacija, stvarajući sigurno razvojno okruženje. Neophodno je urediti i stvoriti specifičan napredni ambijent za dizajnere, programere, korisnike, pisce standarda i druge koji učestvuju u procesu razvoja. Fokus bi trebao da bude na razvoju, izgledu, radu i održavanju budućih sistema podataka sa novopostavljenim bezbednosnim zahtevima koje treba ispuniti [45, 46, 47, 54, 74].

2.6 Rezime

U ovom poglavlju smo naglasili smanjivanje ili ublažavanje budućih izazova u automobilskoj industriji, sa akcentom na dinamično otklanjanje nedostataka. Ovo se odnosi na napore u obezbeđivanju kvaliteta (QA) nephodnog za zahtevno potrošačko društvo. Razvijanjem diskursa usmerenog na slabosti softverskog sistema, akcenat je postavljen na rizike ponovljene upotrebe koda i na neophodnost proaktivnog kompletiranja timova za neproverene softverske zakrpe. Kao pozitivan primer se pominje jasan raspored distribucije ažuriranja na primeru Microsoft Windows operativnog sistema.

Stvara se ambijent kompatibilnosti mogućih strategija u rešavanju bezbedonosnih pitanja i usklađenosti sa izmenjenim propisima održivog razvoja na globalnim tržištima. Zaključeno je da savremeni bezbednosni izazovi generišu iplementaciju CI/CD i cloud tehnička rešenja za njihovo ublažavanje i anuliranje. Prikazano je sveobuhvatno analitičko sagledavanje nedostataka u automobilskoj industriji sa osvrtom na bitnost stvaranja kvalitetnih rešenja i proaktivnom pristupu merama bezbednosti softvera, prilagođavanju promenama na globalnim tržištima i novim pretnjama. Pokazani su pozitivni primeri i paralelno sa njima predloženi holistički i dinamični pristupi prilikom anuliranja svih mogućih izazova.

Glava 3

Teorijske osnove istraživanja i zahtevi za kreiranjem sigurne infrastrukture

U okviru doktorske disertacije, u višegodišnjem radu nastao je veliki izazov sinteze praktičnog dela i jasne definicije istraživačkog pitanja sa svim specifičnim ciljevima koji su međusobno povezani. Elementi celokupnog procesa zahtevaju razmatranje i stvaranje odgovarajućih saznanja u ovom polju. U ovom poglavlju se obrađuje uspešnost sprovođenja istraživanja određenih zahteva i postojanosti teorijskih osnova koje se mogu kasnije koristiti i primenjivati u praksi. Sadržajnost istraživačkog opusa zavisi od događaja i sprovođenja istraživačke agente, podrazumevajući definisanje ključnih komponenti teorijskih, praktičnih i naučnih istraživanja. Primenjujući upravljanje i na osnovu izvršenih analiza podataka, stvara se mogućnost dobijanja validnosti istih, planiranja i pažljivog procenjivanja ispravnosti definisanog naučno istraživačkog pitanja. Podstiču se i drugi istraživači na kreiranje naučnog doprinosa postavljajući ciljeve i primenu metodologije upravljanja naučnim projektima [115].

Uspešnost jednog naučno istraživačkog rada/projekta se vezuje za direktnu/indirektnu mogućnost primene praktičnog pristupa sa elementima i zahtevima iz prakse. Proces realizacije istraživanja će se bazirati na prethodno definisanim poglavljima, hipotezama i zadacima istraživanja. Kroz primenu naučne metode: statističke analize i obrade podataka o trenutnom stanju, stvoriće se jasnija slika automobilskih nesreća za različite tipove vozila, energetska efikasnost i cena koštanja prototipova vozila. Postignuti statistički podaci stvoriće naučni doprinos koji će moći da se primenjuje u budućnosti. Postaviće polaznu osnovu za druge istraživače, koji će se baviti daljim istraživanjem zadatih oblasti. Stvaranje pravog odnosa između funkcionalne istraživačke agende i elemenata iz prakse, treba da omogući opravdanost i aktuelnost trenutnog istraživačkog procesa u budućoj iplementaciji.

Stvaranje inicijalnog zahteva za statističkom obradom podataka, podrazumeva opsežan pregled literature i postojećih skupova, baza podataka, anketa i drugih relevantnih informacija. Podaci moraju biti adekvatni, koncizni i izvodljivi u skladu sa određenim vremenskim rasponom. Neophodni su određeni koraci pribavljanja resursa, koji mogu oduzimati dosta vremena prilikom identifikacije upotrebne mogućnosti prikupljenih podataka.

Cilj analitičkih koraka u teorijskim osnovama je u praćenju veze, uzroka i posledica, izvođenjem zaključaka pomoću rastavljanja celina na manje logičke skupove podataka. Primenom ovih postupaka će se omogućiti uvid u aktivnosti subjekata koji su doveli do određenog razvoja događaja i njihovog krajnjeg ishoda. Primenom analitičkog postupka se vrši raščlanjivanje

složenih predmeta, pojava ili ideja na njihove sastavne elemente. Dok se metodom komparacije pokušava uočiti sličnost, ističući zajednička obeležja ili različitosti među pojavama, događajima ili predmetima. Komparativna analiza se sprovodi na način da se prvo utvrde zajednička poklapanja ispitne pojave, a nakon toga se utvrđuju njihove razlike. Dolazi se do isticanja zajedničkih pojava ili direktnih unakrsnih razlika[1].

Ovo poglavlje je organizovano na sledeći način i sadrži: sekciju 3.1 potrebna infrastruktura, sekciju 3.2 alternativna goriva, sekciju 3.3 postupci prikupljanja podataka, sekciju 3.4 rudarenje podataka i veliki podaci (BigData), i sekciju 3.5 rezime.

3.1 Potrebna Infrastruktura

Društveni i ekonomski progres je u fazi nazadovanja zbog krize koja preovladava u Evropi. Počinju da se otkrivaju strukturne slabosti i neophodna je sistemska promena. Globalni svet okupiraju trenutni i dugotrajni izazovi i dolazi do eksploatacije ograničenih resursa čija oročenost iskorišćavanja kapaciteta se smanjuje na nekoliko decenija. Samo ulaganjem u inovacije i patente može se postići stabilan rast koji će obezbediti izvesniju budućnost. Neophodno je primeniti unapređenje obrazovanja, pojačati naučno istraživačko polje delovanja, što više promovisati i patentirati inovacije. Unapređenjem informaciono komunikacionih tehnologija i njihovom efikasnom iplementacijom, može se olakšati korišćenje infrastrukture u konstantnim izazovima na globalnom nivou.

Stvaranje neophodnih projekata radi daljeg istraživanja iziskuje neohodna finansijska sredstva koja uključuju različitu skupu opremu kao i ljudske resurse koji su neophodni u multinacionalnim naučnim timovima. Zahteva se konstantno usavršavanje ljudi koji su uključeni u istraživanja, primenu veština i prakse koja se stiče. Za projekte manjeg obima mogu se angažovati konsultanti. Važna je dobra koordinacija partnera kako bi se omogućio pristup znanjima bez kojih nije moguće istraživanje.

Obzirom da su neophodna finansijska sredstva, planira se budžet u koji mogu biti uključeni:

- Direktni troškovi ljudskih resursa, odnosno uposlenih ljudi (plate ili zarade po satu)
- Režijski ili troškovi instaliranih kapaciteta(zakupi prostorija, struja, voda)
- Oprema (u koju ulazi rentiranje specifične opreme i kupovina)
- Konsultacije ili profesionalne takse (za transkripciju, obuku, vodeći fokus, grupe)
- Hardver i softver (neophodni su za analizu podataka i sam rad procesora)

Obzirom da se javljaju troškovi vezani za potrebe organizacija koje učestvuju u istraživačkim projektima, potrebno je obezbediti finansijska sredstva u budžetu. Investitori treba da odobravaju preusmeravanja sredstava svim partnerima koji su uključeni u projekte, kroz oblike partnerstva ili ugovore/predugovore. Na tržištima je prisutno da investitori/donatori imaju očekivanja prema organizacijama koje imaju interesa da daju finansijske donacije istraživačkim projektima (takozvano “usklađeno finansiranje”). U eri digitalnog pristupa javlja se efikasno povezivanje

[1] Ovo poglavlje je zasnovano na mojim objavljenim radovima [9, 112, 116, 117] gde je moj doprinos veći od 50%.

ljudi i konstantno usavršavanje na osnovu zahteva tržišta. Tako se stvara ambijent tehnoloških izuma koji mogu dalje da se usavršavaju i primene. U ovim procesima ne bi trebalo zanemariti neostvarena prisutna razmišljanja naučnika o novim/starim idejama i ukazanim šansama koje će jednog dana moći da ostvare. Skladniji svakodnevni život ljudi povezan je sa realizacijom inovativnog rasta, što je moguće obezbediti primenom softvera.

3.1.1 Pametni putevi

Tehnološka revolucija imala je uticaj na razvijanje kompleksnije i efikasnije putne infrastrukture. Brzo napredovanje sistema visokih performansi, telekomunikacija, IoT (Interneta stvari) računarstva u oblaku, povezane mobilnosti brzog protoka informacija omogućile su transformaciju korišćenja putnih resursa. Unapređuju se sistemi bezbednosti kroz efikasniju pripremu pomoći na putevima. Korišćenjem dodatnih sposobnosti i sublimiranja inovativnih tehnologija, mnoge zemlje involviraju nacionalne projekte i strategije izgradnje modernih, pametnih saobraćajnih infrastruktura [118].

Pametni putevi koriste inovativne tehnologije za poboljšanje efikasnosti i bezbednosti putovanja na posao. Oni koriste senzore, IoT uređaje i analitiku podataka u realnom vremenu za praćenje saobraćaja, integriteta površine puta i parametara životne sredine. Ovi sistemi obezbeđuju prilagodljivu kontrolu saobraćaja, što smanjuje zagušenje i poboljšava protok istog. Ugrađeni senzori omogućavaju autonomnim vozilima da se kreću i izbegavaju sudare. Pametni putevi mogu da generišu obnovljivu energiju korišćenjem solarnih panela i piezoelektričnih materijala za napajanje lampi i signalizacije. Pametni putevi takođe imaju dinamične oznake traka i umreženu infrastrukturu, što poboljšava planiranje rute i reagovanje u vanrednim situacijama. Oni izbegavaju i smanjuju potencijalne opasnosti dozvoljavajući vozilima da međusobno komuniciraju (V2X). Ova inteligentna infrastruktura promoviše glatke, efikasne i bezbedne transportne mreže [119, 120].

Unapređenje informacionih tehnologija integracijom i korišćenjem satelita iz svemira koji pružaju precizne geografske informacije, postiže se veći stepen sigurnosti i standardizacije u toku izgradnje novih saobraćajnica. Svetski instituti moraju definisati potrebne procedure u toku izbora određenih standarda za izgradnju svih povezanih elemenata u jednom saobraćajnom ciklusu. Integracija fizičkih, digitalnih i računarskih resursa treba da pruže uslove održivog razvoja, veće bezbednosti i efikasnosti saobraćaja u budućnosti čovečanstva [120].

3.1.2 Pametni gradovi

Model međusobne povezanosti gradova odnosi se na inovativni model i koncept integracije najnovijih generacija informaciono-komunikacionih tehnologija poput računarstva u oblaku, Internet stvari, velikih podataka i iplementacije svemirsko-geografskih informacija. Cilj je da se obezbedi efikasno planiranje, kontrola i pametne usluge gradova, izgradnja infrastrukturnih objekata. Pametni gradovi koriste sofisticiranu tehnologiju za poboljšanje urbanog života kombinovanjem IoT uređaja, ogromnih količina podataka i veštačke inteligencije kako bi poboljšali infrastrukturu, usluge i kontrolne table za upravljanje resursima. Podaci senzora u realnom vremenu poboljšavaju kontrolu saobraćaja, upravljanje otpadom i distribuciju energije u pametnim mrežama [121, 122].

Pametne mreže i obnovljivi izvori energije podstiču održivost, dok minimiziraju uticaj na životnu sredinu. Inteligentni transportni sistemi smanjuju saobraćajne gužve i zagađenje,

a umrežene javne usluge poboljšavaju efikasnost i pristupačnost. Upravljanje zasnovano na podacima podstiče informisano donošenje odluka, što koristi i javnoj bezbednosti i urbanističkom planiranju. Pametne zgrade i gradovi sa automatizovanim sistemima unapređuju energetsku efikasnost i udobnost za sve korisnike. Podstiče se povezanost i inovacije, što dovodi do ekološki prihvatljivih, efikasnih i pogodnih za život urbanih područja opremljenih najsavremenijom tehnologijom [123].

Poput pametnih gradovova, možemo da uvedemo novi koncept i model softverske aplikacije za inovativne informacione tehnologije kao što su Internet stvari, računarstvo u oblaku, veliki podaci i integracija prostorno-geografskih informacija. Od vitalnog značaja je da se izgradi efikasan i pojednostavljen pristup planiranju, izgradnji i upravljanju, kao i da se kapitalizuju buduće mogućnosti usluga pametnih gradova. To se odnosi na ispunjavanje zahteva budućih i sadašnjih generacija poboljšanjem kvaliteta životnog prostora ekonomskim, ekološkim i društvenim sredstvima [122].

3.2 Alternativna goriva

Iako su prisutni trendovi i procesi vezani za zelenu agendu, globalni svet u ovom trenutku sa 94% sopstvenih energetskih potreba još uvek najviše koristi naftu. Prisutnošću svetske krize, Evropska unija je potpuno zavisna od uvoza 87% sirove nafte i naftnih derivata, a postoje i troškovi ulaganja u životnu sredinu. Razne vrste transporta koriste alternativna goriva zahvaljujući istraživanjima i tehnološkom progresu. Međutim neophodne su dodatne mere politike kako bi se u narednom periodu čovečanstva integrisali novi tehnološki pravci u infrastrukturu širom globalnog sveta.

Usavršavanje i usklađivanje nacionalnih politika država članica Evropske unije, inovativni pristupi i iplementacija alternativnih goriva sa pratećom infrastrukturom, predstavljaju svakako buduće trendove održivog razvoja koji se odnose na započete procese zelene agende. Uviđa se pravac zajedničkog korišćenja tehničkih specifikacija koje se odnose na stanice za punjenje goriva. Koncentracija usmeravanja i grupisanja političkih inicijativa uz primenu instrumenata, pravnih regulativa, ulaganja finansijskih sredstava na svetskom nivou, predstavljaju buduće trendove i strategije radi konačnog cilja očuvanja zdravijeg životnog prostora.

Neophodni rokovi do kojih se ovo pokriće mora uspostaviti su sledeći:

Tabela 3.1: Alternativna goriva, prilagodjen prevod, Izvor: Podaci koje je prikupila Evropska opservatorija za alternativna goriva, ugovorom naručila Evropska komisija - Mobilnost i transport DG.

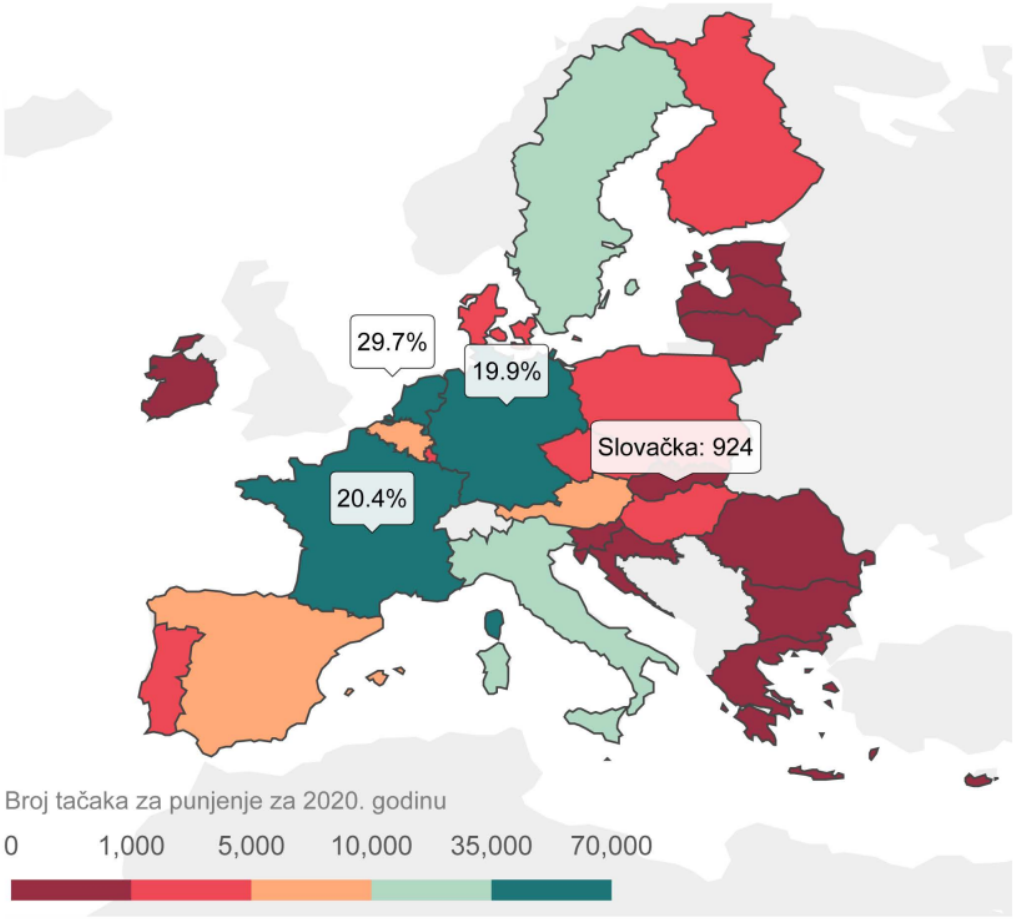
Vrsta goriva	Potrebna akcija	Vremenski okvir
Electricity in urban/suburban and other densely populated areas	Odgovarajući broj javno dostupnih tačaka	do kraja 2020
CNG in urban/suburban and other densely populated areas	Odgovarajući broj tačaka	do kraja 2020
CNG along the TEN-T core network	Odgovarajući broj tačaka	do kraja 2025
Electricity at shore-side	Portovi TEN-T core mreže i drugi portovi	do kraja 2025

Hydrogen in the Member States who choose to develop it	Odgovarajući broj tačaka	do kraja 2025
LNG at maritime ports	Portovi TEN-T core mreže	do kraja 2025
LNG at inland ports	Portovi TEN-T core mreže	do kraja 2030
LNG for heavy-duty vehicles	Odgovarajući broj tačaka u okviru TEN-T core mreže	do kraja 2025

3.2.1 Dostupnost infrastrukture za punjenje ECV

Evropska unija u čiji sastav ulaze 27 država članica, iplementirala je ECV (eng. ECV - Electric Conveyance Vehicle). EU predstavlja infrastrukturu za električno punjenje vozila/uređaja, koristeći električnu energiju koja se ostvaruje iz baterija. Podaci koji se odnose samo na članice EU, a ne na ECV u Republici Srbiji, prikazani su na mapi (slika 3.1).

Automobilska industrija u Republici Slovačkoj je iskorišćena za kompleksniju analizu upravo zbog slične veličine, ali i zbog veće prisutnosti različitih proizvođača automobila. Uočljivi broj ECV tačaka i njihova zastupljenost u Evropskoj uniji mogu se primetiti sagledavanjem mape. Najveću zastupljenost u odnosu na druge članice EU poseduju države koje su obeležene zelenom bojom. Rasprostiranjem punjača ECV i njihovim korišćenjem unutar EU prikazano je da je 70% ECV tačaka grupisano u samo 3 zemlje.



Slika 3.1: Distribucija punjača unutar EU za električne automobile, Izvor: vizuelizacija prilagođena na osnovu izvora [124].

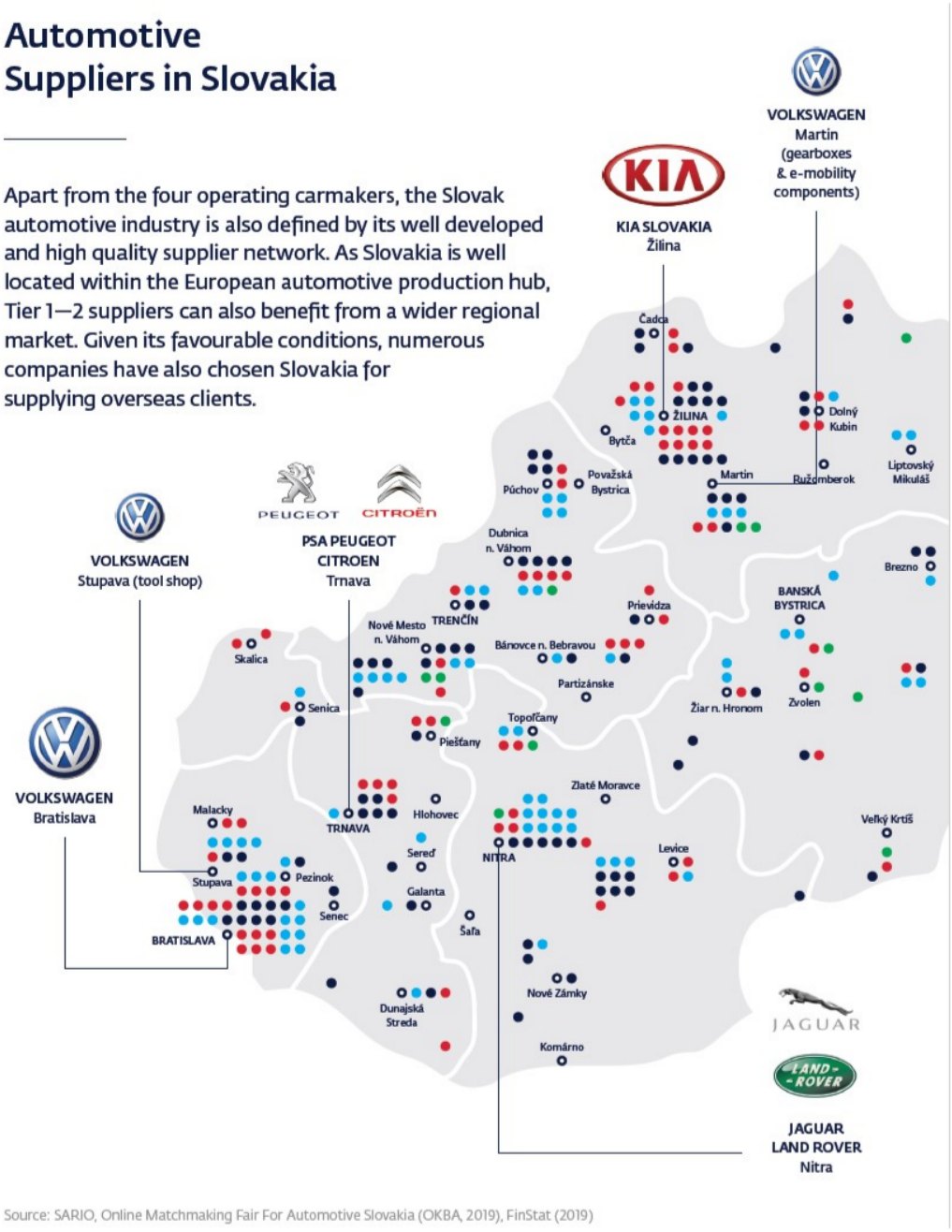
3.2.2 Automobilska industrija u Republici Slovačkoj

Održivi razvoj predstavlja okosnicu privrede Slovačke. Intencija ove države je da prati trendove na svetskom nivou kroz ulaganja i investicione planove, smanjujući emisiju izduvnih gasova koja je usaglašena na nivou EU. Razlog za smanjenje troškova ulaganja i investicija od strane proizvođača, ogleda se u pojavi pandemije kovida 19 koja je smanjila njihovu ponudu. Teške okolnosti navode pokušaje proizvođača da ne otpuštaju radnu snagu kako bi amortizovali nastale poremećaje na tržištima. Započeti procesi na osnovu zelene agende se usporavaju i ambicije EU da umanje emisiju $CO2$ postaju neodrživi. Iplementacija novih tehnoloških rešenja i njihovih testiranja dovode do usporavanja i neostvarivanja planiranih različitih strategija za unapređenje životne sredine.

Da bi ostvarila ekonomski rast i povećala potražnju za finalnim proizvodima Slovačka se strateški opredeljuje za veću proizvodnju baterija i ulaže više finansijskih sredstava. Slovačko ministarstvo ekonomije ulaže napore da primeni transportne projekte na listu EU koji su od

obostranog interesa. Kompanije ove zemlje su podnele pet projekata kroz planiranja i ulaganja u oblasti proizvodnje baterija [125, 126]. Država planira da izdvoji finansijska sredstva za određene vidove ekonomske pomoći na osnovu evidentiranih prioriteta. Svakako da u njih spada razvijanje automobilske industrije koja sve više postaje tradicionalni proizvod i glavna ekonomska okosnica privrede. Slovačka je lider u svetu u proizvodnji automobila [127] po glavi stanovnika, na osnovu četiri svetska brenda koji su zastupljeni na njenom tržištu.

Na prikazu 3.2 mogu se uočiti fabrike koje su najbolje pozicionirane. Godine 1991 izgrađena je prva fabrika u Bratislavi Volksvagen (eng. Volkswagen) od strane nemačkog kapitala. Potom je 2003 godine stigla u Trnavu grupacija PSA Peugeot Citroen. Na osnovu trenda ovih kapitalnih investicionih ulaganja pojavljuju se i drugi proizvođači. U gradu Žilina otvara se 2004 godine fabrika kompanije Kia Motors i 2016 godine u Nitru pristiže grupacija Jaguar Land Rover (JLR). U strukturu Slovačkog BDP-a automobilska industrija ulazi 13%, što ga čini delom svetskog integrativnog tržišta. Industrijski izvoz [127] obuhvata 33%, a 54% predstavlja industrijska proizvodnja (u poređenju sa 31% u Češkoj i 33% u Mađarskoj).



Slika 3.2: Ilustracija dobavljača u automobilskoj industriji - Republika Slovačka (2021), Izvor: SARIO - Slovačka agencija za investicije i razvoj trgovine, Sajam povezivanja na mreži za automobilsku Slovačku [127].

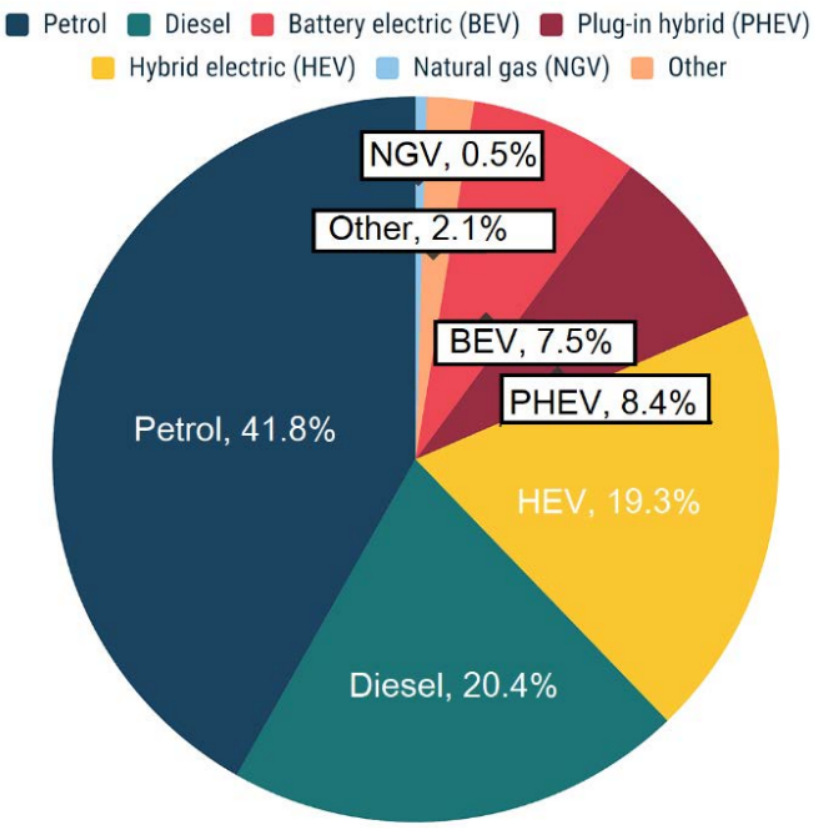
U ambijentu protržišne aktivnosti i preuzimanja primata u automobilskoj industriji Slovačke privrede, fabrika brenda Kia čija je lokacija u Žilini, razvija strategijski pristup za stvaranje novog

električnog vozila koje će biti izbačeno u lanac prodaje 2024. godine. Budući period plasmana vozila bazira se na usavršavanju segmenata električnih vozila. Grupacija Jaguar Land Rover (JLR) dogovara sporazum sa slovačkom vladom u decembru 2015. godine o investiranju u vrednosti od 1,4 milijarde evra. Uključivši se aktivno, država odvaja u ovaj investicioni talas dodatnih 129 miliona evra. Ova kompanija podiže fabriku oktobra 2018. godine u Nitri i daje obećanje da će na osnovu sporazuma eliminisati sagorevanja za prototipove vozila do 2025.godine sa ciljem postizanja nulte emisije ugljenika u kompletnom lancu proizvodnje i plasmana finalnih proizvoda [127].

3.2.3 Nove registracije putničkih automobila u EU prema alternativnoj vrsti goriva

Agenda politike EU o zaštiti životne sredine, smanjenju emisije izduvnih gasova i upotrebi obnovljivih izvora energije, fokusira se na proces obnavljanja flote vozila sa sve većom prisutnošću električnih vozila i elektrifikacije. Međutim do ovog momenta plasman ovih vozila na tržišta EU je sporiji od očekivanog. U 2019. godini podaci o registraciji električnih automobila iznose blizu 550 000 jedinica, dok je u prethodnoj 2018-toj godini dostigao 300 000 jedinica. To predstavlja povećanje sa 2 na 3,5 % ukupnih registracija automobila. Porast registracije električnih kombija se popeo sa 0,8 % ukupnih registracija u 2018. godini, na 1,3 % u 2019. godini. Električna vozila na baterije umesto plug-in hibrida, činila su većinu registracija električnih vozila u 2019. godini odnoseći se na automobile i kombije. Iako je evidentiran rast u poslednjih nekoliko godina, putnički automobili na alternativna goriva i hibridni, činili su samo manji deo registrovanih putničkih vozila EU u 2019, 2020 i 2021 godini, što se odrazilo na udeo automobila sa alternativnim gorivima.

Na slici 3.3. je grafički prikaz udela 47,5% svih novih automobila registrovanih u Evropskoj uniji koji rade na benzin, dok dizel čini 28% registracija. 10,5% novih putničkih automobila u EU su vozila na električno punjenje (5,4% električnih baterija + 5,1% priključnih hibrida), dok hibridi čine 11,9% ukupne prodaje automobila. Ovaj interaktivni grafikon prikazuje trend u tipovima goriva novih automobila za period od 2017-2020. godine.



Slika 3.3: Tržišni udeo novih automobili u EU prema vrsti goriva, zadnje ažuriranje 27.08. 2021. godine, Izvor: [128].

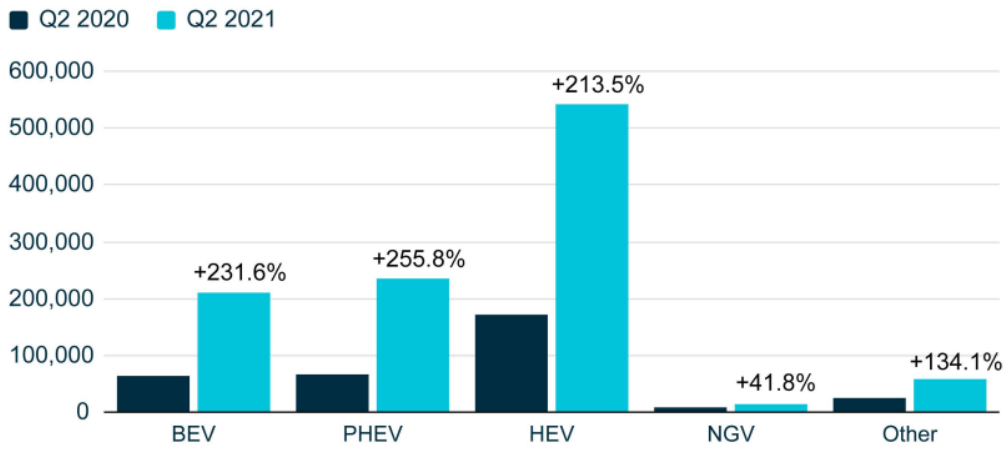
Posmatrano unapred, da bi električna vozila dostigla maksimum iskorišćenosti i uticala na smanjenje emisije, neophodno je objedinjavanje u elektro energetske sisteme, podizanje infrastrukture za punjenje i proizvodnju održivih baterija i dekarbonizacija proizvodnje električne energije. Učeći na nedovoljno iskorišćenim tehnologijama, države će postepeno profitirati i kroz razvijanje neophodnih pratećih elemenata, a to su akumulatori za podršku u proizvodnji i upotrebi električnih vozila.

Inovativni procesi i usavršavanje struke u ovoj industriji vezano za uslugu naplate, biće od velikog značaja za ekonomije u razvoju. Neophodno je da se unaprede standardi ekonomične potrošnje goriva i emisije štetnih gasova. Države u razvoju sa većim automobilskim tržištima polovnih uvezenih automobila, biće u mogućnosti da koriste električnih vozila i po atraktivnim cenama postepeno vrše zamenu i obnavljanje flote vozila ne zapostavljajući razvijanje električne mreže.

Neophodna je tzv. politička buka i marketinška strategija kako bi se ubrzao razvoj alternativnog transporta odnoseći se i na laka komercijalna vozila, teretna vozila srednjeg i teškog tereta, autobuse, koja imaju veći uticaj na zagađenje životne sredine i upotrebu energije. Srednja i teška vozila predstavljaju 5% svih drumskih vozila na četiri točka u prometu, ali skoro 30% emisije CO2. U poslednjih nekoliko godina unapređenje tehnologije punijih baterija doveo je do

komercijalizacije dosta modela u segmentima sa povećanim rasponom i veće težine vozila.

Prikaz slika 3.4 prikazuje trenutni tržišni udeo po vrsti goriva u zemljama Evropske unije i Republike Slovačke.



Slika 3.4: Gorivo - EU (2021), Izvor: [128].

Trend industrijskog rasta je na iskušenjima zbog svetske ekonomske krize i stimulativnih mera koje su postepeno smanjivane, a neophodno je da se intenziviraju. Potreba za konstantnim rastom proizvodnje nije mogla da se održi u prethodnom periodu, bezobzira što su stimulativne mere postizale pokretanje tržišta EU. Dešavalo se da su u kratkom vremenskom intervalu (nekoliko nedelja) omogućavane maksimalne kvote dodeljenih finansijskih sredstava.

Želja za dinamičnijim periodom tranzicije u smislu prelaska na električna vozila, ogleda se u ekonomskim paketima investiranja. Strukturu ovih podsticaja obuhvata: davanje kredita bez kamata, primena standarda ekoloških karakteristika i davanje podsticaja srazmerno umanjenju emisije izduvnih gasova svih modela vozila. Proučavanjem kriznog perioda pojave pandemije kovida 19 i ratnih dejstava u Ukrajini, neophodno je da se pažljivo primene političke mere i mehanizmi ekonomske pomoći. Za dalji industrijski rast potreban je ambijent stabilnosti i dugoročne održivosti. Ključna je politička podrška i podsticanje održivog razvoja tehnologija sa niskim emisijama izduvnih gasova (podrazumevajući kompletan životni ciklus proizvoda), proizvodnje baterija i omogućavanja nemotorizovane transportne infrastrukture.

3.3 Postupci prikupljanja podataka

Na osnovu identifikovanih skupova možemo razlikovati primarne i sekundarne izvore. Tako da su primarni izvori informacija prvi i potpuni, dok sekundarni i tercijalni omogućavaju uvid u primarne pružajući jedan deo podataka i informacija o nadređenim izvorima (predstavljaju veće skupove baza podataka). Opšti i posebni metod predstavljaju osnovnu podelu koja se koristi za prikupljanje podataka. Opažanje kroz introspekciju i ekstraspekciju podrazumeva postojanost eksperimenata, proučavajući dokumentaciju i metodu uzoraka. Analiza sadržaja, anketa i intervjui

čine posebne metode prikupljanja informacija. Procesi se sastoje iz više načina (postupaka) direktnog prikupljanja, upotrebom računarskih sistema ili ručnog unosa od strane čoveka.

Moderni postupci prikupljanja se većinom izražavaju u vidu merenja i evidentiranja činjenica koje se pretvaraju u naučne podatke. Izbor metoda najviše zavisi od vrste problema i njegove složenosti. Zbog toga možemo imati praktične i teorijske odrednice identifikacija: cene istraživanja, etička ograničenja, postavke teorija od kojih se polazi. Introspekcija kroz sopstveno posmatranje i ekstraspekcija kroz posmatranje drugih ljudi, predstavljaju sistematsko opažanje. Glavni nedostaci primene sopstvenog posmatranja se odnose na činjenicu subjektivnog pristupa u toku razumevanja i opisivanja njihovih pojava. Dostupnost podataka i efikasnost bržeg sakupljanja istih iz drugih izvora, mogu se smatrati prednostima zbog tačnosti i stečenog poverenja. Ekstraspekcija predstavlja opažanje koje se odnosi na ponašanje van vidljivog obrazca koji ne možemo uočavati sami. Nedostaci se ogledaju u dugom prikupljanju i njihovoj relevantnosti u određenoj jedinici vremena, predstavljajući osnovu svakog istraživanja. Prednost se odnosi na proučavanje ponašanja ljudi ili autonomnih vozila pomoću veštačke inteligencije.

Učestvovanje u procesima predstavlja direktno opažanje. Primer za to je interakcija sa okruženjem kroz: senzore, radare, kamere i druge povezane sisteme preko kojih se vrši proces direktnog opažanja iz okruženja. U toku procesa istraživač mora biti uključen u dinamiku i sam proces prikupljanja, da bi razumeo i direktno uvideo mogućnosti za poboljšanjem autonomnih vozila. Iz drugih naučnih oblasti koje se bave direktnim opažanjem, možemo za primer uzeti psihološku analizu sportskih događaja, analize ponašanja pojedinaca ili grupa prilikom navijanja. Dobijenim opažanjem stvara se zapisivanje podataka i ono može biti visoko strukturirano. To znači da postoji detaljno opisana scena u vidu komentara koji su praćeni sa svim drugim podacima relevantnim za određeni događaj. Na osnovu opisa scene je moguće izvršiti eventualnu rekonstrukciju događaja u koracima, sa ciljem jasne identifikacije uzroka i naglih promena u određenim situacijama.

Na osnovu prethodno navedenog posmatrač (analitičar) dobija uvid u objektivnost tokom budućeg praćenja scene (rekonstrukcije događaja), bez eventualnih gubitaka detalja i velikog uticaja na pojedinačne slučajeve. Svaka informacija treba da sadrži određenu validnost i preciznost po definisanim standardima, tako da su oni jedinstveni i sadrže referentni integritet na koji se kasnije oslanjaju dobijeni naučni rezultati. Važno je uočiti evidentirane fenomene (pojave i procese) unutar prikupljenih skupova podataka. Identifikovanje omogućava dalju manipulaciju/obradu u skladu sa potrebnim prikazima i parametrima za određeni oblik grafikona. Na osnovu ovoga se prikupljanje iskustvenih činjenica i instrumenata pretvara u naučne podatke.

Prikupljene informacije možemo predstaviti i prikupiti na sledeće načine:

- Naučna studija i analiza operativne dokumentacije u vidu evidencijskih listova, kartica
- Sistematsko promatranje u vidu posmatrača, tehničkog pomagala, evidencija i snimanja (foto, video)
- Intervjuisanje sa definisanjem protokola realizacije intervjua
- Anketiranje primenom anketnog lista
- Procenjivanje i rasuđivanje u vidu lestvice stavova i procena
- Testiranje i simuliranje situacija

3.4 Rudarenje podataka i veliki podaci (BigData)

Unapređenje tehnologije rudarenja podataka dovešće do uspešnog uklapanja pratećih izazova i korišćenja projektovanih inovativnih tehnika sa ciljem prevazilaženja okvira za korišćenje analitičkih platformi. Rudarenje (eng. Data mining) treba da omogući transformaciju budućeg razvoja tehnologija u ovoj oblasti.

Razumevanje dimenzije toka se obeležava i označava jedinicom realnog vremena za koju je moguće obraditi/iskopati potrebne podatke. Dimenzionisanje označava proces u kojem računar može obraditi/poslati zahtev u skladu sa trenutno dostupnim računarskim resursima. Okruženje velikih podataka se kreira da bi se što brže dobio odgovor na kritične poslovne analize, odnoseći se na pokazatelje poslovne vrednosti automobilskih kompanija.

Vremenska dimenzija treba da dovede do stvaranja bitnih osobina velikih podataka (eng. Big Data), ističući brzinu i probleme u toku učitavanja specifičnih informacija, u obliku dugih tekstova ili fotografija u binarnom zapisu. Možemo zaključiti da se vremenske dimenzije ne odnose samo na količinu i veličinu podataka već i na karakteristike međusobno povezanih dimenzija i njihovim izazovima po pitanju veličine i brzine obrade. Veliki podaci predstavljaju dobru osnovu za sve buduće sfere društva. Važnost podataka se ogleda u stvaranju i prikupljanju informacija iz spoljnjeg sveta primenom više različitih izvora. Na globalnom nivou države u oblasti saobraćaja i automobilske industrije imaju zadatake kategorizacije podataka. Glavni cilj je prepoznavanje kritičnih tačaka i predviđanje budućih pretnji [129]. Bez dobrih i kvalitetnih podataka veoma je teško uraditi približne ili precizne statističke analize.

DMBS (eng. DBMS - Database Management System) programi nailaze na kritička sagledavanja nedostataka zato što nisu u mogućnosti da ispune sve veće zahteve u vezi sa velikim podacima. Konkretni nedostaci se odnose na brzinu učitavanja, stabilnost softvera u radu i čitanje dostupnih dimenzija. Najveći potencijal u uspešnom rešavanju postojećih problema se nalazi u paralenoj obradi i primeni klastera sa računarstvom u oblaku. Srž očekivanja korisnika se odražava u mogućnosti skalabilnosti povećanja potrebnih resursa u toku primene novog softvera koji radi sa velikim podacima. Proces rudarenja u današnjem vremenu je mnogo brži i efikasniji od tradicionalnog pristupa, jer omogućava korisnicima startniji početak rada sa najnovijim alatima unutar računarstva u oblaku. Korisnicima je dopadljivija brzina skaliranja, tako da je moguće povećavanje i smanjivanje zahteva za potrebnim resursima unutar jedne virtualne mašine. Ovo se odražava na ukupne troškove po pitanju računarskih resursa, licenci, softvera, električne energije i svih drugih povezanih faktora u toku rada sa velikim podacima [129].

3.4.1 Označavanje i skala procene

Podaci se mogu analizirati kroz izvršavanje jasnih skala procene sa ciljem označavanja i dobijanja rejtinga kvaliteta dobijenih skupova istih. Skale procene se mogu definisati u vidu nekoliko vrsta: pojedinačne i višedimenzionalne. Odgovori se mogu označavati: da i ne, procenti, razlika u određenom periodu, itd. Primenjuje se vizuelno analogna skala identifikacije vrste vozila, učesnika u saobraćajnoj nesreći, efikanost potrošnje električne energije itd. Prilagođeni podaci treba da omoguće skaliranje i prikazivanje na različitim grafikonima i mapama, koristeći numeričke oznake.

Moraju se uzeti u obzir statističke metode primene rangiranja rednih podataka dobijanjem

specifičnih skala i prikaza. To znači da se podaci moraju transformisati u određeni oblik: brojevi, decimalni zapisi, tekst i procenti. Transformisanom kategorizacijom primenjuje se skala izdvajanja i rangiranja, što se u potpunosti razlikuje od kvantitativnog izračunavanja. Definisani proračuni unutar namenskih polja zasnivaju se na sabiranju, oduzimanju, prosečnoj vrednosti ili sumi određenih polja. Prilikom primene ovog pristupa direktne transformacije podataka unutar analitičkog okruženja, trebalo bi izbegavati primenu zbirnih rezultata. Oni utiču na mogućnost statističkog tumačenja kada je reč o standardnoj devijaciji [130, 131].

3.4.2 Proces merenja

Različiti tipovi standardnih instrumenata su dostupni za procenjivanje kvalitativnih promenljivih. Zahtevaju postojanost značajnog broja namenskih polja za svaki od instrumenata merenja. Sve ovo se radi sa ciljem što preciznijih vizuelnih prikazivanja grafikona koji zahtevaju veliki broj parametara sa tačnim oblikom podataka (tekst, broj, datum, itd.). Postojanost velikog broja parametara povećava složenost celokupnog dataseta (skupa podataka), smanjujući brzinu obrade.

3.4.3 Opisivanje i definicije potrebnih podataka

Opisivanje i jasna definicija predstavljaju pravi izazov u šumi javno prikupljenih podataka [132]. Glavni razlozi su delimično neuređeni, nepotpuni izvori. Ovo otežava neophodni ETL (eng. ETL - Extract, transform, load) proces za analitičku obradu u bilo kom softverskom okruženju.

U toku istraživanja javljaju se tendencije pronalažanja približno odgovarajućeg javnog dataseta, koji se bavi autonomnim i regularnim vozilima. Na osnovu navedenog identifikovana su sledeća pitanja i kriterijumi selekcije:

1. Da li su jasno definisani odgovori koji ne zahtevaju dodatni napor ili specijalizovano znanje i razumevanje?
    - Tačnost odgovora bez detaljnog uvida i analize podataka
    - Potrebno vreme je manje od 5 minuta za razumevanje definisanih kolona
    - Javno dostupni podaci za dalju obradu
    - Prisutnost jedne ili više informacija: podaci o lokaciji, vremenu, GPS kordinatima, učesnici, ishod događaja, vrsta vozila itd.
2. Koliki je napor u razumevanju. Da li odgovori zahtevaju veći napor od prve definisane kategorije, ali su potrebne minimalne veštine ili specifična stručna znanja u oblasti?
    - Upiti o broju poziva i pruženoj medicinskoj pomoći u slučaju nesreće
    - Potrebno vreme je manje od 30 minuta za razumevanje definisanih kolona
    - Informacije i smernice o mogućnostima upotrebe unutar R programskog jezika
    - Broj zapisa i vremenski interval prikupljanja
3. Koliko je složena struktura? Ona zahteva mnogo vremena u kreiranju potrebnih vrsta podataka, ali sadrži relevantnost i aktuelnost prikupljenih istih?

- Upućivanje i referenciranje na druge izvore podataka
- Prikupljeni i neobrađeni podaci u vidu fotografija
- Prikupljeni odgovori zahtevaju posebnu referencu i upoznavanje sa posebnim bazama podataka
- Složeni tehnički problemi prilikom otvaranja i obrade preuzetog fajla

4. Koliko u ovoj kategoriji odgovori ili potrebe za istraživanjem zahtevaju konsultacije više osoba i računarskih resursa?

    - Možda će biti potrebno konsultovati predmetne stručnjake i dobiti detaljnije instrukcije i tako doći do pomoći u identifikaciji.
    - Potrebna su referentna znanja i veštine. Napori mogu biti izraženi kroz više podrške za korisnika ili tražeći konačan odgovor.
    - Razumevanje može biti zasnovano na instrukcijama tako što naučnici edukuju korisnike detaljnijim istraživačkim veštinama.
    - Upućivanje korisnika ka korišćenju složenijih tehnika pretraživanja kataloga, baze podataka i weba; kako da uporedite resurse i prateće materijale vezane za numere
    - Kolegijalne i plaćene konsultacije, pomaganje korisnicima u fokusiranju ili proširivanju pretraga (pomaganje u redefinisanju ili razjašnjavanju teme)
    - Velika cena pristupa klasteru sa podacima

5. Značajniji napor i vreme uloženo u pomoć pri istraživanju i pronalaženju informacija?

    - Potrebno je konsultovati specijaliste za razumevanje složenosti kreiranog modela podataka. Konsultacije se mogu zakazati kao sastanci sa pojedincima.
    - Napori su kooperativne prirode, između kolege istraživača i/ili rada sa kolegama.
    - Potrebna su istraživanja, referentna znanja i veštine. Neophodan je dijalog između kreatora i analitičara koji može poprimiti dimenziju “napred - nazad” pristupa.
    - nepouzdani tragovi prikupljanja istraživanja; evolucija pitanja do kojih se dolazi dubljim istraživanjem što proširuje pretraživanja/resursa sa počecima pretrage lokalno dostupnih;

6. Najviše uloženog truda i vremena. Upiti ili zahtevi za informacijama ne mogu biti odgovori na licu mesta?

    - Osoblje koje je autor dataseta, možda pruža detaljna istraživanja i usluge za posebne potrebe primljenih zahteva od strane istraživača.
    - Ova kategorija obuhvata usluge istraživanja tipa “posebna biblioteka”
    - Mogu se koristiti primarni (originalni dokumenti) i sekundarni materijali sa posebnim odobrenjem
    - Prenošenje konkretnih odgovora i snabdevanje pratećim materijalima za objavljivanje u slučaju direktne saradnje, izložbe itd.
    - Uključivanje u rad sa spoljnim saradnicima, istraživačima, kompanijama sa kojima se sarađuje u prikupljanju i vršenju tekućih istraživanja.

Kako bi se efikasno mogo kreirati i dizajnirati softver potrebno je sagledati postojeće podatke i informacije o najčešćim napadima. U skladu sa prethodno definisanim pitanjima su identifikovani odgovarajući datasetovi [133, 134] koji sadrži podatke o saobraćaju za različite modele vozila. Pri čemu svaki skup podataka o vozilu sadrži primere (normalnog) saobraćaja bez napada i različite vrste napada. Navedene informacije ce biti detaljnije obradjene u poglavlju 4.

3.5 Rezime

Za stabilan ekonomski rast neophodna je efikasna primena informaciono-komunikacionih tehnologija i sprovođenje transformacije inovativnih rešenja u finalne proizvode. Kvalitetne usluge i radna mesta treba da uz konstantan rast budu praćeni podizanjem adekvatne infrastrukture i suočavanjem sa globalnim društvenim izazovima. Vremenski okvir za totalni ili što veći prelazak na električna vozila zavisi od političke volje, ali i od smirivanja novonastalih tenzija u svetu koje su doprinele nestašici rezervnih delova za vozila. Ono što je svakako neophodno je nastavak iplementacija, proširenja i oštrijih regulatornih mehanizama. U Evropskoj uniji su na primer involvirane regulative o emisji CO2 za automobile i kombije.

Pravci postepenog ukidanja neobnovljivih izvora i sve veće investiranje u obnovljive izvore energije poput sunca i vetra, paralelno sa reformom elektrifikacije Evropske unije, uticaće na sektor električne energije u smislu ušteda i smanjenja zagađenja. Dodatni koraci u slanju signala budućih trendova odnose se na postepeno smanjivanje subvencija za fosilna goriva i zaračunavanje veće cene koštanja uglja. Politike država treba da uvedu zakonske propise koji će ograničiti i destimulisati korišćenje pojedinih tehnoloških pristupa i određenih goriva. Ovo se odnosi između ostalog na postepeno smanjenje konvencionalnih vozila koja imaju motore sa unutrašnjim sagorevanjem i zatvaranje elektrana na ugalj, kotlova na gas do 2023.godine.

Neophodno je da EU uloži finansijska sredstva u efikasnije planiranje i prateće infrastrukturne objekte, pametne distributivne i prenosne mreže. Evidentno je da će omogućavanjem bržih koraka iplementacije inovativnih tehnologija nastati nove mogućnosti i izazovi spajanja čistih izvora energije. Plasman električnih vozila na globalnom nivou omogućiće nova ulaganja u distributivne sisteme i što je najvažnije dobiće se zdravije životno okruženje.

Glava 4

Sigurnost softvera autonomnih vozila i distribucija koda

Veliki broj preduzeća uliva nadu i poverenje u novu lokaciju na oblaku i u postojanje podrške za zastarele aplikacije i sisteme. Trenutni sistemi nisu u potpunosti podržani u oblaku. Centralizovana infrastruktura koja primenjuje oblak računarstvo i baze podataka, podstiče istraživanja problema opravdanosti adekvatne upotrebe resursa. Predpostavka je da softverski agenti mogu da kontrolišu i zahtevaju potrebne računarske resurse u stabilnim odnosima. U ekonomiji se ovo predstavlja u vidu primene Leontiefove ekonomske preferencije raspodele resursa [135, 136].

Integracija računarskog softvera u vozila i njihovo unapređenje u poslovanju, podrazumeva identifikovanje rešenja koja odgovaraju specifičnim potrebama različitih poslovnih segmenata u automobilskoj industriji. Usklađenost sa brojnim industrijskim normama je kritična, tako da aplikativna rešenja moraju biti elegantno integrisana u ove sisteme u pogledu softverske arhitekture, stabilnosti i pouzdanosti[1]. Industrijski internet stvari (IIoT) i automatizacija su dva primera softvera koji se koristi u različitim sektorima za povećanje produktivnosti automatizacijom i pojednostavljenjem operacija u realnom vremenu.

Da bi se zadovoljili zahtevi industrije u razvoju iterativno, izrada prototipa i agilne metodologije razvoja softvera moraju da se stalno razvijaju kako bi se postigla veća stručnost u domenu. Prioritetne operacije uključuju onlajn/oflajn podršku tokom obuke korisnika, zaštitu osetljivih podataka kroz ograničenja pristupa i procese za šifrovanje ključeva automobila i drugih komponenti. Možemo zaključiti da proces nadogradnje softvera rezultira optimizacijom aktivnosti i povećanim pokušajima da se poboljša efikasnost i stvori inovativno proaktivno okruženje. Razvijanje industrijskog softvera za automobile podrazumeva pravljenje rešenja po meri za zadovoljavanje specifičnih potreba koje ukazuje tip vozila.

Na filozofskom nivou, napadi na samovozeće automobile, posebno na one koji ciljaju na CAN bus, pokreću fundamentalne etičke brige o odgovornosti, poverenju i društvenim implikacijama tehnologije. Ključna komunikaciona mreža u automobilima je podložna sajber napadima koji mogu dovesti do namernih kvarova u vozilu. Napadači koriste ove nedostatke da oslabe poverenje u tehnološku pouzdanost i bezbednost. Poznavanje motiva iza ovakvih napada je kritično, bez obzira da li je pozadina zločinačka namera, politička ambicija ili etički protest prema uočenom preteranom oslanjanju na tehnologiju u vozilu.

[1] Ovo poglavlje je zasnovano na mojim objavljenim radovima [137, 138] gde je moj doprinos 100%.

Na osnovu Leontiefove raspodele (Leontief Input-Output Mathematical Model) [139], trebalo bi izvršiti premeštanje aplikacija u oblak sisteme visokih performansi. Kreirajući jednostavni proces migracije, sa druge strane imamo veliku paletu proizvoda koji mogu biti veoma teški za prenošenje i vršenje uvida bez upotrebe odgovarajucih kontrolnih tabli [116]. Drugim rečima ovo predstavlja specijalizovane i nasleđene sisteme za koje postoji veoma mala verovatnoća prebacivanja u modernu infrastrukturu. Predstavljena paleta proizvoda se može detaljnije objasniti u vidu monolitne aplikacije koju čine sedimentni slojevi (starih, novih) funkcija, logike pretočene u hiljade redova programskog koda. U većini slučajeva su napisani primenom zastarelih obrazaca i prinicipa softverskog razvoja sa nedostatkom odgovarajuće dokumentacije[2].

Ovo poglavlje je organizovano na sledeći način i sadrži: sekciju 4.1 zahtevi proizvodnje malih i srednjih preduzeća auto industrije, sekciju 4.3 važnost metaheuristike za autonomna vozila, sekciju 4.5 razvoja sigurnog softvera u industriji i vozilima, sekciju 4.7 rezime.

4.1 Zahtevi proizvodnje malih i srednjih preduzeća auto industrije

Proizvodni procesi zahtevaju analizu korišćenja proizvodnih platformi u oblaku za razvoj malih i srednjih preduzeća, oslanjujuči se na arhitekture mikro servisa [141]. U preduzećima i kompanijama se uočavaju potrebe za kreiranjem skalabilnih aplikacija na agilan način koje će delovati na nove načine prozvodnih ciklusa i njihovu organizaciju. Brži razvoj proizvodnje i potreba skalabilnosti se više ne mogu osloniti na dosadašnje monolitne arhitekture, tako da kompanije moraju razvijati nove poslovne strategije sa pratećim tehnologijama [142]. Mikroservisi zasnovani na oblaku sve više substituišu monolite. Za prikazivanje njihovog stepena ispravnosti [143] koristi se matematički model neparametarske regresije kako bi se razjasnile varijable performansi i njihov međusobni zavisni odnos. Istraživači sve više [144] proučavaju i prikazuju metodologije koje se koriste da rekonstruišu monolitne aplikacije u mikroservisne jedinice, zasnovane na kontejnerima.

4.1.1 Monolitni razvoj aplikacija

Razvoj malih i srednjih preduzeća u proizvodnim sistemima [141] zahtevaju istraživački opus i primenu proizvodnih platformi u oblaku koje se oslanjaju na arhitekturi mikro servisa. Preduzeća kreiraju skalabilne aplikacije agilnim metodama koje imaju uticaja na kompanije i inovativne proizvodnje. Monolitne tradicionalnije arhitekture nisu više u trendu sa dinamičnim odruženjem razvoja i ne zadovoljavaju potrebe skalabilnosti. Primena novih tehnoloških koncepata i strateških pravaca je u skladu sa efikasnošću i optimizacijom tehnološkog potencijala [142]. Predlažu se metodološki koraci prelaska sa monolita na mikroservise zasnovane na oblaku. Za potvrdu njihove validnosti i pojašnjenja zavisnih korelacija između varijabli performansi [143] koriste se matematički modeli neparametarske regresije. Istraživači [144] analiziraju metod rekonstrukcije monolitne aplikacije u mikroservisnu jedinicu koja je nastala na kontejneru.

Sve više se mapiraju znanja o Micro-Frontends-u usvajanjem onlajn dokumentacije, a kompanije ih iplementiraju bez obzira na moguće probleme i koristi [145]. Mikro-Frontendi su

[2] Ovo poglavlje je zasnovano na mojim objavljenim radovima [106, 137, 140] gde je moj doprinos veći od 50%.

sve prisutniji u kompanijama poput Ikee, Starbucks-a, DAZN-a i drugih. Pružaju opcije podele monolitnih frontendova na nezavisne i manje mikro aplikacije. Proizvodne industrije poput Netfliksa, Amazona, Spotifi-a, Ebai-a i mnoge druge, usvajaju arhitektonske stilove mikroservisa. Naučnici su predstavili različite opcije za dekompoziciju mikroservisa koji će se koristiti u migraciji ili novoj izgradnji monolitnih aplikacija. Neophodna su uputstva koja olakšavaju procese migracije [146] zbog složenih odluka koje se odnose na korišćenje mogućeg pristupa postojećih monolitnih aplikacija na mikroservise. Veliki broj kompanija su nesigurne u prisvajanju Micro-Frontends-a. Razlog je nedostatak informacija o prednostima ovih sistema. Sakupljena onlajn dokumentacija je ponekad konfuzna i kontradiktorna. Analiza postojećih mogućnosti migracija mikroservisa i grupisanje na osnovu starosti i usavršavanja softvera artefakata ciklusa (SDLC) predstavljaju konstantna naučna pitanja. Javljaju se dileme koje se odnose na izbore vezano za tehnike migracija, jer je potrebno da mikrousluge za monolitnu nasleđenu aplikaciju daju ogovore.

4.1.2 Raspodela i distribucija resursa

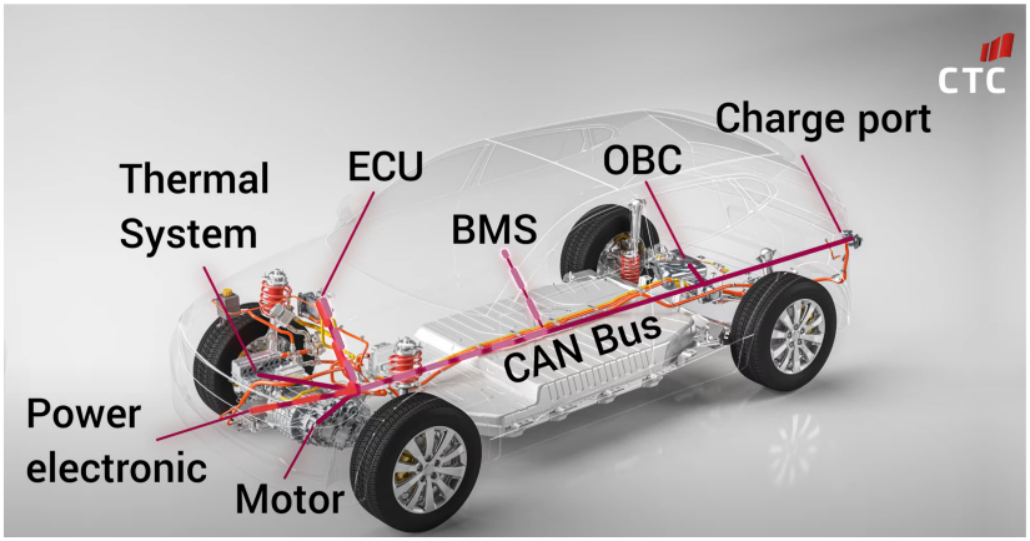
Posmatrajući Leontiefovu ekonomiju razmene uviđamo da potrošači žele robu u fiksnim proporcijama, tačnije konstantno dostupne računarske resurse u vidu CPU, RAM i prostora na disku. Međutim, čini se da trenutno izvedeni algoritmi raspodele vremena dele jedno zajedničko svojstvo: ravnotežni skup broja servera i moguću raspodelu resursa. Grubo rečeno, ovi rezultati koriste, eksplicitno ili implicitno, postavke u kojima se održava reakcija na promenu cene dobara. Ovo je pozitivno zato što tržišna potražnja zadržava neke osobine pojedinačnih zahteva ili zahvata posebnu strukturu pojedinačne pomoćne funkcije [139].

U poslednjih nekoliko godina vlada veliko interesovanje za izračunavanje tržišnih ravnotežnih cena i isplativosti ekonomije. Za vrlo kratko vreme razvijeni su polinomski algoritmi za izračunavanje cena za različite posebne slučajeve rešavanja problema, koristeći tehnike kao što su primal-dua. Primarno-dualna metoda je standardni alat u dizajnu algoritama za probleme kombinatorne optimizacije koja je bila pod jakim uticajem linearnog programiranja, aukcijskog algoritma i konveksnog programiranja [136, 147].

4.2 CAN bus

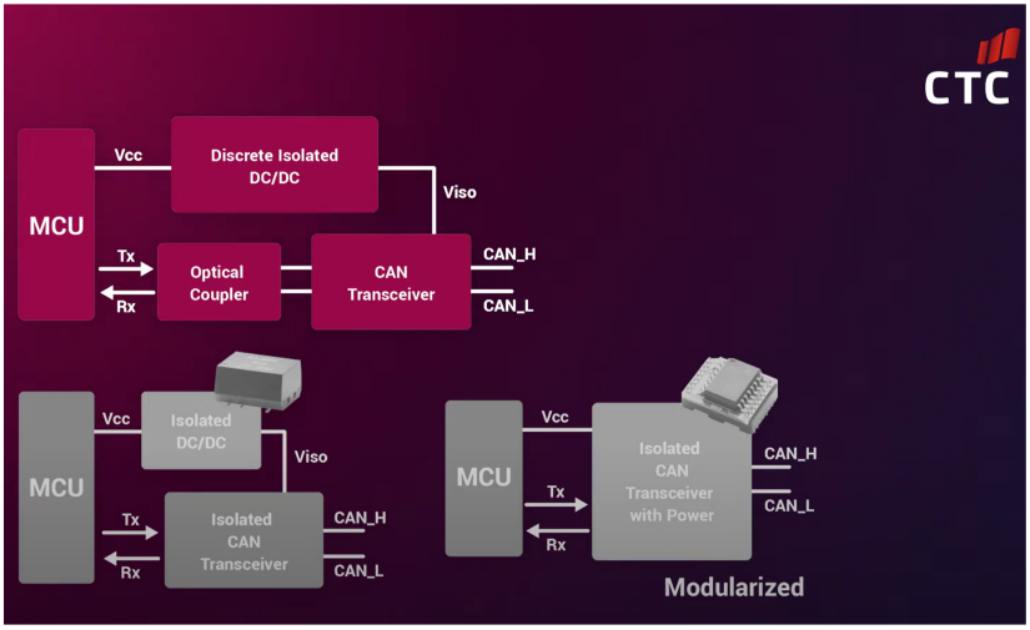
Mreža kontrolne oblasti (CAN) (eng. The Control Area Network (CAN)) je serijski komunikacioni sistem koji omogućava pouzdanu i efikasnu razmenu podataka između uređaja. CAN, koji je Bosch razvio 1980-ih, funkcioniše kao nervni sistem automobila kako bi omogućio povezivanje ECU vozila sa uređajima. Ovaj multi-master protokol otporan na greške je namenjen da funkcioniše u teškim okruženjima pružajući jednostavnost, jeftinu cenu i pouzdanost. CAN magistrala služi kao jedinstvena ulazna tačka za sve ECU, omogućavajući bolju vezu i dijagnostiku. Omogućava razmenu podataka u realnom vremenu sa visokom pouzdanošću i snažnom detekcijom grešaka, dok diferencijalna signalizacija smanjuje šum i obezbeđuje stabilne performanse. CAN-ova arbitraža poruka zasnovana na prioritetima omogućava brzi prenos vitalnih podataka (slika 4.1), povećavajući njegovu efikasnost [148]. Iako su dragoceni u pružanju informacija o performansama i statusu povezane opreme, visoke brzine prenosa podataka i ograničeni propusni opseg mogu biti problematični, posebno na udaljenim mestima sa bežičnom vezom. Stabilnost i skalabilnost protokola čine ga ključnim ne samo za automobilske sisteme već i za industrijsku

automatizaciju i medicinsku opremu [149, 150, 151].



Slika 4.1: Modularizovana CAN magistrala za automobilske aplikacije. Izvor: [148].

Njegov decentralizovani dizajn unutar CAN bus magistrale, čini ga savršenim za automobilske i industrijske sisteme koji zahtevaju visoku pouzdanost i performanse u realnom vremenu. U CAN mreži, svi čvorovi su povezani pomoću upredenih parica ili kablova sa optičkim vlaknima. Svaki čvor ima svoj mikrokontroler, koji obrađuje dolazne poruke i šalje odlazne. Čvor na zajedničkoj magistrali emituje podatke, koje zatim primaju svi ostali iste prikazani na slika 4.2.



Slika 4.2: Optički spojnik i CAN primopredajnik. Izvor: [148].

Struktura poruka sistema CAN magistrale je kritična za efikasnu komunikaciju između uređaja. Protokol koristi format okvira podataka koji se sastoji od brojnih polja, uključujući identifikaciju, kontrolno polje, polje podataka i mehanizam za otkrivanje greške [150, 151].

DC/DC pretvarač je našao primenu u razvoju različitih aplikacija u železničkoj i automobilskoj industriji. CAN BUS olakšava komunikaciju između mnogih sistema u električnim vozilima. ECU prati kvalitet vazduha u termalnom sistemu prikupljanjem podataka iz BMS-a preko CAN BUS-a. Predstavićemo tri blok-organizovana izgleda za CAN BUS:

1. Prvi koristi diskretna rešenja kao što su transformatori, IC, optički spojnik i CAN primopredajnik. Međutim, veliki prostor za raspored PCB-a je nedostatak.
2. Drugi koristi izolovani konvertorski modul i izolovane primopredajnike. Prednost korišćenja modula pretvarača je smanjenje prostora za raspored, bolji EMS i povećanje termičkih performansi. Što je daleko najčešći metod.
3. Treći koristi integrisano rešenje koje kombinuje izolovani primopredajnik i izolovanu snagu. Ovo sve u jednom rešenje može da minimizira ukupan prostor za raspored, sa odličnim EMS i termičkim performansama.

Možemo reći da je ovo rešenje efikasno i da korišćenjem DC/DC pretvarača dolazi do poboljšanja termičkih i EMS performansi, kao i rešenja koja su prilagođena korisniku. Upotreba DC/DC pretvarača obezbeđuje poboljšanja strujnog okvira, kao što je smanjena površina rasporeda toplote i poboljšane toplotne i električne performanse [148].

CTC, poznata kompanija, pruža stručne usluge za vrhunske module napajanja (AC u DC pretvarač i DC u DC pretvarač). Kao rezultat dugogodišnje prakse od 30 godina, bavi se realizacijom i pronalaskom rešenja za važne primene širom sveta, sa fokusom na projektovanje i isporuke robe koristeći najsavremenije tehnologije. Postižu niske cene koštanja robe, nude izuzetno fleksibilne rasporede isporuke, pružaju globalnu tehničku podršku i visokokvalitetne proizvode sa oznakom Made in Taiwan.

Navedena kompanija je za sada jedina sa sledećim sertifikatima: ISO-9001, IATF-16949, ISO22613 (IRIS) i ESD/ANSI-2020. Jedan od primarnih razloga je to što od samog početka mogu da obezbede da se ne samo proizvod, već i radni tok usluge pridržava sistemu kontrole kvaliteta za svaku vrhunsku aplikaciju. Svaki detalj u ovoj korporaciji se rukovodi po najvišim standardima, implementiraju se procesi od dizajna do proizvodnje [148].

4.3 Važnost metaheuristike za autonomna vozila

Metaheuristika (eng. Metaheuristics) predstavlja optimizacijske algoritme koji koriste kombinaciju heuristike i slučajnosti kako bi pronašli dobra rešenja za složene probleme, umesto da se oslanjaju na precizan matematički model. Može koristiti za poboljšanje nekoliko elemenata IoT sistema, kao što su alokacija resursa, prenos podataka i potrošnja energije. Metaheuristika može pomoći u poboljšanju ukupnih performansi i funkcionalnosti prilikom identifikovanja optimalnih rešenja za poteškoće i može se primeniti na brojne elemente autonomnih automobila, kao što su planiranje rute, predviđanje saobraćaja i optimizacija sistema kontrole. Kao takva

poseduje napredne strategije rešavanja problema koje se koriste za složene izazove optimizacije razlicitih matematickih problema.

Pomenuti algoritmi iterativno poboljšavaju potencijalna rešenja, uključujući stohastičke elemente, da bi se istražili različiti prostori rešenja i izbegle lokalne optimizacije. Poznata po svojoj prilagodljivosti, metaheuristika se može široko primeniti bez velikih modifikacija specifičnih za probleme. One uspostavljaju ravnotežu između istraživanja i eksploatacije, što ih čini raznovrsnim za različite probleme optimizacije. Uobičajeni primeri uključuju genetske algoritme, simulirano žarenje, optimizaciju roja čestica i kolonije mrava. Metaheuristika ima široku primenu u istraživanju operacija, mašinskom učenju, inženjeringu i kombinatornoj optimizaciji, pružajući efikasna i fleksibilna rešenja za složene probleme [152].

Njene ključne karakteristike involviraju [152, 153]:

- Iterativno poboljšanje: metaheuristika iterativno istražuje i precizira potencijalna rešenja, postepeno ih poboljšavajući tokom uzastopnih iteracija.
- Stohastička priroda: metaheuristika često uključuje određeni stepen slučajnosti ili verovatnoće u svoje procese pretraživanja. Stohastičnost pomaže u sprečavanju da se algoritam zaglavi u lokalnom optimu i podstiče istraživanje šireg prostora rešenja.
- Prilagodljivost: metaheuristika je prilagodljiva i može se primeniti na širok spektar problema bez potrebe za značajnim modifikacijama specifičnim za iste. Ova prilagodljivost ih čini raznovrsnim za različite izazove optimizacije.
- Istraživanje i eksploatacija: metaheuristika balansira istraživanje (široko pretraživanje u prostoru rešenja) i eksploataciju (intenziviranje pretrage u obećavajućim regionima), kako bi se uspostavila ravnoteža između globalne i lokalne optimizacije.
- Uobičajeni primeri metaheurističkih algoritama uključuju:
- Genetski algoritmi (GA) (eng. Genetic Algorithms): inspirisani principima prirodne selekcije i genetike, GA uključuju evoluciju populacije potencijalnih rešenja kroz procese kao što su ukrštanje i mutacija.
- Simulirano žarenje (SA) (eng. Simulated Annealing): pozajmljujući koncepte iz metalurgije, SA počinje sa visokom "temperaturom"(omogućavajući više istraživanja) i postepeno je smanjuje, što dovodi do veće eksploatacije kako pretraga napreduje.
- Optimizacija roja čestica (PSO) (eng. Particle Swarm Optimization): inspirisan društvenim ponašanjem, PSO uključuje populaciju čestica koje se kreću kroz prostor rastvora, prilagođavajući svoje pozicije na osnovu sopstvenog i iskustva čitavog roja.
- Optimizacija kolonije mrava (ACO) (eng. Ant Colony Optimization): modeliran prema ponašanju mrava u potrazi za hranom, ACO uključuje simulirane iste koji deponuju feromone na stazama. Intenzitet feromona utiče na verovatnoću da drugi mravi izaberu isti put.

Metaheuristika se može koristiti u planiranju ruta da bi se odredila najefikasnija putanja kojom će autonomno vozilo ići, uzimajući u obzir faktore kao što su saobraćaj, uslovi na putu i potrošnja energije. Međutim, treće strane ga mogu koristiti za dodatne štetne ciljeve, kao što su

okretanje ili daljinsko izviđanje. Kao rezultat toga, napadač koji koristi predviđanje saobraćaja može da proceni podatke iz različitih izvora (kao što su senzori i druga vozila) da bi predvideo obrasce saobraćaja i doneo informisane odluke o rutama i ponašanju vozila. Nakon toga, u zavisnosti od toga ko ima kontrolu, može se pokrenuti napad ili odbrana.

Vezano za upravljačke sisteme, metaheuristika može optimizovati različite sisteme u autonomnim automobilima poput upravljanja, ubrzanja i kočenja, kako bi se obezbedio siguran i efikasan rad. Njihovom ugradnjom u autonomna vozila, sistemi mogu postati efektivniji, poboljšavajući ukupne performanse. Metaheuristika je našla primenu u različitim oblastima, uključujući istraživanje operacija, mašinsko učenje, inženjering i kombinatornu optimizaciju, pružajući efikasna i fleksibilna rešenja za složene probleme.

4.4 Integrisanje metaheuristika u kritične sisteme

Globalno sagledavanje integrisane metaheuristike u kritične sisteme, predstavlja neophodan zadatak za istraživačke bezbedonosne performanse. Javljaju se razne poteškoće koje iziskuju različite nivoe istraživanja. Cilj je da se prepoznaju višetruki bezbedonosni izazovi koji se nalaze oko metaheuristike. Ranjivost metaheurističkih algoritama omogućava ciljane napade. Naučnici prepoznaju potencionalne slabosti koje se ogledaju u zloupotrebama sa ulaznim podacima ili pojavama algoritamskih grešaka koje predstavljaju pretnju za metode optimizacije. Naučnici akcentuju na neophodnost svetskog napora koji se ogleda u jačanju metaheurističkih algoritama, iplementacijom sveobuhvatnog modeliranja pretnji i testiranja penetracije. Neophodnost privatnosti najviše se odnosi na aplikacije sa osetljivim sadržajem. Međutim zaštita privatnosti pojedinaca u različitim oblastima, pogotovu u zdravstvu i bankarstvu nemaju cenu. Napori naučnika su skoncentrisani na kreiranje i involviranje jakih protokola za šifrovanje, precizne alate za anonimizaciju informacija, stroge kontrole pristupa sa ciljem minimiziranja nezakonitih upada i gubljenja informacija. Globalni naučni napori primećuju algoritamske predrasude koje predstavljaju glavne moralne probleme. Istraživanje algoritamskih pravednosti i odgovornosti podstaknuto je uticajem pristrasnih podataka o obuci i validaciji na rezultate podešavanja. Zadaci promovisanja pravednijih rešenja na globalnom nivou usmereni su na konstantnu reviziju i mere za minimiziranjem pristrasnosti [152].

Integritet i kvalitet podataka, koji su opštepriznati kao univerzalni problemi, ključne su komponente istraživanja u oblasti globalne automobilske industrije. Istraživači širom sveta savetuju primenu bezbednih tehnika upravljanja podacima poput rigoroznih mehanizama validacije i algoritama za otkrivanje anomalija. Ovim metodama bi se zaštitio integritet unosa podataka koje zahtevaju metaheuristički algoritmi. Otpornost na kontradiktorne inpute je široko prepoznata kao globalni zahtev, koji zahteva saradnju i proaktivnu strategiju. Globalna istraživačka zajednica naglašava značaj zadržavanja opreza protiv evoluirajućih vektora opasnosti. Međunarodna saradnja promoviše upotrebu metoda detekcije anomalija i efikasnih strategija anomalnog odgovora u metaheurističkim algoritmima. Tehnike sigurne implementacije, koje su priznate kao ključna komponenta globalnih bezbednosnih stavova, karakteriše multinacionalna saradnja. Istraživači širom sveta naglašavaju neophodnost temeljnog pregleda koda, pridržavanja standarda bezbednog kodiranja i pažljivog testiranja u otkrivanju i rešavanju potencijalnih grešaka i obezbeđivanju otpornosti metaheurističkih algoritama. Globalna perspektiva kriptografije naglašava značaj davanja metaheuristika. Zbog toga stručnjaci iz celog sveta sarađuju na proučavanju pažljivog odabira kriptografskih algoritama, bezbednih tehnika upravljanja ključevima i razvoja robusnih

protokola za poboljšanje komunikacionih kanala i očuvanja osetljivih podataka [152, 153].

Realne aplikacije koje uključuju sajber-fizičke sisteme izazvale su globalno interesovanje, što je navelo istraživače na svim kontinentima da traže sveobuhvatan pristup bezbednosti u vozilu i ljudskom životu. Zaštita komunikacionih linija, otpornost na sajber-fizičke pretnje i rigorozna ograničenja pristupa su naglašeni kao ključne komponente odbrane metaheurističkih sistema u dinamičnim, prekograničnim okruženjima. Globalna istraživačka zajednica, ujedinjena u cilju povećanja znanja o bezbednosti, ističe značaj sveobuhvatnog, proaktivnog i multidisciplinarnog pristupa bezbednosnoj metaheuristici. Kako kompanije širom sveta ugrađuju algoritme optimizacije u kritične sisteme, globalni istraživački napori pomažu da se izgradi jaka i prilagodljiva bezbednosna pozicija koja rešava složene poteškoće koje nudi metaheuristika u današnjem dinamičnom i međusobno povezanom okruženju punom pretnji [152, 153, 154].

4.5 Razvoja sigurnog softvera u industriji i vozilima

Gore navedene aplikacije moraju biti dizajnirane tako da se što jednostavnije integrišu sa postojećim sistemima uz pridržavanje industrijskih standarda za sigurnu komunikaciju i najnovijih metoda šifrovanja. Softver za vozila, poznat i kao softver uslužne industrije, koristi tehnologije poput industrijskog interneta stvari (IIoT) i automatizacije za povećanje efikasnosti praćenjem u realnom vremenu i automatizacijom zadataka tokom testiranja i daljinske kontrole. Metode poput agilnog i iterativnog prototipa omogućavaju agilnost u odgovaranju na promenljive zahteve, što dovodi do stalnog poboljšanja. Obuka korisnika i stalna pomoć su vitalne komponente, a bezbednosne mere kao što su šifrovanje i kontrola pristupa imaju prioritet da bi se zaštitili osetljivi podaci. Razvoj industrijskog softvera poboljšava operacije, povećava efikasnost i promoviše inovacije u širokom spektru industrija.

Na osnovu postavljene Hipoteze 3., potvrdjujemo da postoji mogućnost uspešnog sprečavanja zloupotreba sistemskog softvera i napada od strane trećih lica. Jedan od metoda je preventivno ažuriranje softvera i testiranje unutar laboratorijskog okruženja koje sadrži CAN bus magistralu i druge ključne sisteme jednog vozila.

4.5.1 Distribucija softvera

Kada se softver distribuira automobilima, mora se uzeti u obzir posebno okruženje automobilskih sistema, uključujući bezbednost, sigurnost i pouzdanost. Specifičnosti variraju u zavisnosti od tipa softvera (npr. firmver, aplikacije) i dizajna elektronskih kontrolnih jedinica (ECU) vozila. Evo jednostavnih pregleda koji se mogu podeliti u sledece kategorije [155]:

1. Distributivni mehanizam: Over-The-Air (OTA) ažuriranja: Mnogi moderni automobili imaju mogućnost ažuriranja putem bežične mreže (OTA), što im omogućava daljinski prenos podataka i povezivanje sa ECU vozila. Opisana opcija je prikladna za proizvođače, ali može dovesti i do eksploatacije od strane drugih strana. Kao rezultat toga, implementacija OTA ažuriranja zahteva sigurnu i pouzdanu komunikacionu vezu između vozila i centralnog servera koji hostuje najnoviju verziju softvera.

2. Telematička jedinica i kod sa pratećom infrastrukturom automobila: Telematska kontrolna jedinica (TCU) je ugrađeni sistem koji upravlja bežičnim praćenjem, dijagnostikom

i komunikacijom između i unutar vozila. Ovi sistemi su pogodni za razne aplikacije, uključujući eCall obaveštenje o padu, elektronsku naplatu putarine i praćenje vozila. Automobil bi najverovatnije uključivao telematičku jedinicu sposobnu da komunicira sa spoljnim serverima korišćenje komunikacionih tehnologija (kao što su MQTT i HTTPS) da bi se osigurao siguran i pouzdan prenos podataka.

Primer (pojednostavljenog) isečka koda u hipotetičkom modulu telematike:

Listing 4.1: ECU Firmware Update. Source: [155].

```
class TelematicsModule:
def __init__(self, server_url, security_credentials):
self.server_url = server_url
self.security_credentials = security_credentials

def send_data(self, data):
# Code for securely sending data to the server
# using the specified communication protocol
# ...
```

4.5.2 ECU Firmware ažuriranje

Svakom ECU u automobilu koji podržava nadogradnju firmvera je potreban kod da završi proceduru ažuriranja, koja uključuje slanje specifičnih instrukcija OBD interfejsu za kreiranje bezbedne veze. Za rezultat, određeni kodovi i verzije firmvera se bezbedno čuvaju i validiraju kako bi se omogućila ažuriranja ECU-a i rukovalo scenarijima vraćanja u prethodno stanje u slučajevima neuspelog ažuriranja.

Primer (pojednostavljenog) koda za ažuriranje firmware-a na ECU:

Listing 4.2:]Primer funkcije za ECU Firmware ažuriranje. Source: [156].

```
void update_firmware(const char* firmware_image) {
    // Code for validating and updating firmware
    // ...
}
```

4.5.3 Sigurnosne mere

Implementacija bezbednosnih mera je neophodna da bi se održao integritet i autentičnost distribuiranog softvera; tačna HASH vrednost se mora dobiti nakon uspešne implementacije. Jedan izlaz može biti kod ili specijalizovani sistem, čip, token za kriptografske funkcije, validacija sertifikata i bezbedni procesi pokretanja sa obe strane. Ovo samo po sebi predstavlja bezbedan softver, a ažuriranja mogu da obavljaju samo fabrika ili ovlašćeni prodavci.

Primer (pojednostavljenog) koda za validaciju sertifikata:

Listing 4.3: Primer funkcije za sigurnosne mere. Izvor: [156].

```
boolean validate_certificate(byte[] certificate) {
    // Code for validating the authenticity of a
       certificate
    // ...
}
```

4.5.4 Evidentiranje i dijagnostika

Uključivanje alata za evidentiranje i dijagnostiku je ključno za proveru i praćenje šta se dešava sa bilo kojim ažuriranjem softvera, kao i za identifikaciju bilo kakvih problema ili grešaka.

Predstavljen je primer koda za evidentiranje koji se može koristiti u većini situacija:

Listing 4.4: Primer funkcije za evidentiranje i dijagnostiku. Izvor: [156].

```
void log_update_status(const char* status) {
    // Code for logging update status
    // ...
}
```

Ovi primeri koda su previše pojednostavljeni, a prave implementacije bi bile sofisticiranije, obzirom na zamršenost propisa o bezbednosti u automobilskoj industriji. Pored toga, specifični hardverski i komunikacioni protokoli će imati uticaj na stvarno programiranje koje se koristi u infrastrukturi automobila. Kada se pravi softver za automobilske sisteme, uvek treba pratiti najbolju praksu u industriji i neophodne standarde bezbednosti.

4.6 Detekcija napada pomoću metaheurističke optimizacije u okviru IoT/IIoT sistema i softvera autonomnih vozila

Strategija metaheurističke optimizacije je najsavremeniji pristup otkrivanju napada u oblasti softvera za autonomna vozila i IoT/IIoT sisteme. Usvajanje novih metoda optimizacije poboljšava bezbednosni okvir ovih sistema. Upotreba metaheurističke optimizacije dramatično je poboljšala otkrivanje potencijalnih sajber rizika unutar IoT/IIoT uređaja i softvera za autonomna vozila. Pruža snažnu sigurnost otkrivanjem nepravilnosti i zlonamernih napada u realnom vremenu. Upotreba metaheurističkih tehnika optimizacije, koje predstavljaju proaktivne strateške pristupe, omogućava stabilnu sajber bezbednost u međusobno integrisanom i tehnički složenom kontekstu.

Tehnike metaheurističke optimizacije poboljšavaju otkrivanje pretnji u IoT/IIoT sistemima i nezavisnom automobilskom softveru, posebno onima koji koriste CAN magistralu. Složeni i dinamični sistemi zahtevaju sofisticirane mere bezbednosti za otkrivanje i sprečavanje pretnji unutar i izvan vozila. Metaheurističke metode, kao što su genetski algoritmi, optimizacija roja čestica i optimizacija kolonija mrava, mogu nam pomoći da optimizujemo sisteme za otkrivanje upada (IDS) za CAN magistralu vozila. Konstantnim menjanjem parametara i učenjem iz evolucije obrazaca pretnji, možemo poboljšati preciznost i efikasnost otkrivanja napada korišćenjem ML modela i AI algoritama.

Metaheuristička optimizacija se može primeniti u IoT/IIoT sistemima za upravljanje velikim

količinama heterogenih podataka sa uređaja koji su međusobno povezani, omogućavajući analizu pretnji i dajući odgovore u realnom vremenu. Ove tehnike poboljšavaju otkrivanje sajber napada na CAN magistralu i druge sisteme u autonomnim vozilima, osiguravajući sigurnost i pouzdanost. Kombinovanjem mašinskog učenja i metaheurističkih tehnika, sistemi se mogu prilagoditi novim i sofisticiranim vektorima napada, omogućavajući proaktivne odbrambene mehanizme. Stalni rast metaheurističke optimizacije promoviše otporna i bezbedna podešavanja za IoT/IIoT mreže i softver za autonomne automobile. Ova strategija ispunjava ključnu potrebu za sofisticiranim rešenjima za sajber bezbednost u svetu koji je sve više povezan, dok istovremeno obezbeđuje etičku primenu i poverenje u autonomne tehnologije.

4.6.1 Procesi otkrivanja napada i upada u sistem

Procedure napada i otkrivanja u sistemima Interneta stvari (IoT) zahtevaju potpuno razumevanje svih povezanih komponenti koje mogu biti zloupotrebljene u slučaju napada. Mašinsko učenje (ML) i primena odgovarajućih modela mogu pomoći da se izbegnu i identifikuju različiti napadi [157]. Algoritmi se mogu podučavati na velikim skupovima podataka normalnog i patološkog ponašanja, omogućavajući im da prepoznaju i otkriju obrasce i abnormalnosti koji sugerišu potencijalni napad. Algoritmi se stoga mogu koristiti za kategorizaciju svežih unosa podataka i predviđanje scenarija napada.

Automobili koji poseduju mogućnosti samostalnog upravljanja se u velikoj meri oslanjaju na kombinaciju IoT tehnologije i metaheurističke optimizacije u proračunu same putanje. IoT mreže, koje imaju međusobno povezane uređaje i senzore, mogu prikupljati podatke o životnoj sredini u realnom vremenu. Metaheuristički algoritmi mogu da obrađuju i procenjuju ove informacije, omogućavajući vozilima da donose autonomne i informisane odluke. Ova veza omogućava algoritmima da brže obrađuju i procenjuju informacije, otvarajući nove mogućnosti za samovozeće automobile kroz korišćenje podataka u realnom vremenu. Vozila u ovom scenariju mogu da se prilagode stalno promenljivim uslovima na putu, obrascima saobraćaja i ekološkim aspektima. Identifikovanje optimalnih ruta promoviše efikasnu navigaciju dok istovremeno poboljšava performanse i bezbednost putnika. Kroz sinergiju, možemo pokazati kako metaheuristička optimizacija može povećati performanse i sigurnost vozila.

Metaheuristička optimizacija je metod za poboljšanje detekcije napada. Ona se može koristiti za određivanje najboljih parametara za ML modele, kao što su izbor karakteristika, broj skrivenih slojeva u neuronskoj mreži i brzina učenja. Ovo može dovesti do veće preciznosti i manjeg broja lažnih pozitivnih rezultata, što rezultira sigurnijim i efikasnijim sistemom za otkrivanje napada. Može se napraviti brži i efikasniji sistem za identifikaciju napada, što omogućava bolju bezbednost i pouzdanost IoT uređaja [158]. Ugrađivanjem prediktivnih modela i metaheurističke optimizacije u IoT sisteme, procenat uspešnog sprečavanja napada može se povećati. Međutim, pošto se bezbednosni rizici stalno razvijaju, nerealno je očekivati da se svi napadi eliminišu.

Kao deo ovog istraživanja, potencijal kombinovanja ML i metaheurističke optimizacije mogao bi da poboljša tačnost i efikasnost sistema za otkrivanje napada, što rezultira većim procentom efektivne prevencije napada. Istražuju se dve metode klasifikacije, K-najbliži susedi (KNN) [159] i ekstremno povećanje gradijenta (XGBoost) [160]. Pošto su performanse klasifikatora usko povezane sa pravilnim odabirom hiperparametara, u ovom radu je uvedena modifikovana verzija metaheurističkog optimizatora da bi se zadovoljile potrebe optimizacije.

Najrelevantniji naučni doprinosi dati u ovom istraživanju mogu se sažeti u sledeće:

- predlog za sistem detekcije upada u IoT vozila zasnovan na ML optimizovanom metaheuristikom
- uvođenje modifikovanog metaheurističkog optimizatora koji poboljšava neke od uočenih nedostataka originalnog klasičnog optimizatora
- tumačenje postignutih rezultata korišćenjem objašnjivih AI tehnika kako bi se bolje razumeo uticaj karakteristika na bezbednost automobila

Navedeni rezultati su prezentovani unutar rada [140] i sadrže više od 50% iz ovog poglavlja.

4.6.2 Swarm optimization algoritam

Osnovna verzija optimizacije roja čestica (PSO) se smatra jednom od najstarijih metaheurističkih metoda, razvijena i predložena još 1995. godine [161] i danas se u velikoj meri koristi. Inspirisan kolektivnim stavovima koje pokazuju jata riba i ptica, ovo je pristup zasnovan na populaciji, gde čestice odgovaraju agentima pretrage. PSO se u poslednje vreme često koristio za rešavanje raznih izazova optimizacije, gde značajni primeri uključuju aplikacije kao što su računarstvo u oblaku [162], energetski efikasno klasterisanje [162] i optimizacija različitih pristupa mašinskom učenju [163, 164].

U osnovnoj verziji PSO, svakoj čestici je data početna brzina. Pošto se algoritam izvršava, svaka čestica ažurira svoju lokaciju sa ciljem da pronađe bolju. Brzine čestica određene su težinskim koeficijentima koji se sastoje od stare najbolje pronađene brzine do sada, praćene najbolje utvrđenim istim susednih čestica, datom jednačinom (4.1).

$$\begin{cases} \overrightarrow{v_i} \leftarrow \overrightarrow{v_i} + \overrightarrow{U}(0, \phi_1) \bigotimes (\overrightarrow{p_i} - \overrightarrow{x_i}) + \overrightarrow{U}(0, \phi_2) \bigotimes (\overrightarrow{p_g} - \overrightarrow{x_i}) \\ \overrightarrow{x_i} \leftarrow \overrightarrow{x_i} + \overrightarrow{v_i}, \end{cases} \tag{4.1}$$

Unutar prikazane jednačine $\bigotimes$ označava množenje po delovima, gde se svaki ponaosob v_i kreće između $[-V_{mak}, +V_{mak}]$ i niza označenog kao $\overrightarrow{U}(0, \phi_1)$. Dok se korelira sa svakim rešenjem proizvoljno proizvedenim iz uniformne distribucije unutar $[0, \phi_i]$. Najbolji rezultat svakog rešenja je označen kao p_i, a pg predstavlja globalno najbolje rešenje. Čestice su u korelaciji sa potencijalnim rešenjem problema optimizacije u okviru D-dimenzionalnog prostora pretrage, gde je njihova lokacija prikazana kao jednačina (4.2), najbolja pozicija otkrivena pre ažuriranja lokacije određena pomoću iste (4.3) i date kolekcijom brzina (4.4).

$$X_i = (x_{i1},\ x_{i2},\ ...,\ x_{iD}) \tag{4.2}$$

$$P_i = (p_{i1},\ p_{i2},\ ...,\ p_{iD}) \tag{4.3}$$

$$V_i = (v_{i1},\ v_{i2},\ ...,\ v_{iD}) \tag{4.4}$$

Identifikovane su čestice sa najvećom kondicijom (eng. fitness) i globalno (p_i) i unutar grupe (p_g). Čestice uzimaju u obzir i jedno i drugo dok određuju svoj sledeći potez u vezi sa rastojanjem između njihovih mesta i p_i i p_g. Koristeći tehniku težine inercije ovaj proces se može kvantitativno izračunati prema Ek (4.5).

$$v_{id} = W * v_{id} + c_1 * r_1 * (P_{id} - X_{id}) + c_2 * r_2 * (P_{gd} - X_{id}) \tag{4.5}$$

Relativni uticaj faktora inercije v pokazuje jednačina. (4.5), gde se c_1 i c_2 koriste kao kognitivne i društvene komponente. Pored toga, r_1 i r_2 označavaju proizvoljne brojeve, gde su trenutna brzina i lokacija čestice označeni kao v_{id} i k_{id}. Na kraju, p_{id} i p_{gd} odgovaraju p_i i p_g. Faktori inercije se određuju primenom jednačine (4.6). Početna težina je označena kao v_{mak}, a konačna ista je data sa v_{min}. Maksimalan broj iteracija u jednom izvršavanju je označen kao T, gde t predstavlja trenutnu iteraciju.

$$w = w_{max} - \frac{w_{max} - w_{min}}{T} \cdot t \tag{4.6}$$

4.6.3 Predloženi algoritam - GSAPSO

Uzimajući u obzir svaku izmenu osnovne varijante PSO koja je uvedena u ovaj algoritam, predloženi metod je označen kao genetska samoprilagođena optimizacija roja čestica - GSAPSO. Pseudokod GSAPSO-a je predstavljen u Algoritmu 1.

Algorithm 1 GSAPSO pseudocode

Spawn starting population P by utilizing the QRL approach explained in Algorithm **??**
Establish values of D_{t0} and D_t
Initialize $pc = 0.1$
while $(t < T)$ **do**
  Arrange individuals in P with respect to their fitness
  for each individual X within P **do**
    Utilize PSO search
    Compute D^P
    if $(D^P < D_t)$ **then**
      Replace worst nrs solutions with a pair of fresh individuals synthesized as hybrid solution among the poorest solution in population and arbitrary solution employing the uniform crossover operator with p_c
    else
      Replace worst nrs solutions with a pair of fresh individuals synthesized as hybrid solution among the best solution in population and random solution using the uniform crossover operator with p_c
    end if
  end for
end while
return The best solution from P

4.6.4 Eksperimentalna postavka

Can-dataset [133, 134] uključuje podatke o CAN saobraćaju za Subaru Forester iz 2017, Chevrolet Silverado iz 2016, Chevrolet Traverse iz 2011 i Chevrolet Impala iz 2011. Svaki skup podataka o vozilu sadrži uzorke saobraćaja bez napada (normalnog) i pojave različitih vrsta istog. Ovaj rad se fokusira na deo skupa podataka Chevrolet Impala iz 2011. godine. Podskup se koristi

zbog velikih računarskih zahteva zadataka optimizacije. Da bi se olakšalo testiranje, podaci se podvrgavaju jednokratnom kodiranju kategoričkih karakteristika. Podaci o napadu su označeni kao isti, a uobičajen saobraćaj je označen kao normalan. Podaci se razdvajaju na deo skupa podataka za obuku i testiranje. Podaci o testiranju su zadržani za evaluaciju i sastoje se od 30% od ukupno dostupnih uzoraka. Preostalih 70% se koristi za modeliranje treninga.

Eksperimentalna postavka uključuje uporednu analizu između savremenih algoritama optimizacije, osnovnog PSO [161] algoritma i uvedene modifikovane verzije. Algoritmi uključeni u poređenje uključuju iste zasnovane na roju kao što su VNS [165], ABC [166] i FA [167] optimizatori. Pored toga, uključena je i dobro uspostavljena GA [168]. Nedavno predstavljeni BOA [169] je takođe uključen. Svaki algoritam je nezavisno implementiran sa podešavanjima parametara preuzetim iz originalnih radova koji su uveli metaheuristiku. Svakom optimizatoru je dodeljeno deset iteracija optimizacije da bi se poboljšale performanse populacije rešenja od osam agenata. Da bi se osigurali objektivni ishodi i ispunili kriterijumi potrebni za olakšavanje statističke evaluacije, optimizacija se ponavlja kroz 30 nezavisnih pokreta. Optimizatori imaju zadatak da izaberu formu vrednosti parametara koja postiže najbolje rezultate za svaki odgovarajući klasifikator. Ograničenja parametara za XGBoost algoritam su data u tabeli 4.1 i KNN klasifikator u tabeli 4.2.

Parametar	XGBoost parameter lower Bound	XGBoost Parametar gornja granica
Learning Rate	0.1	0.9
Min child weight	1	10
Subsample	0.1	1.0
Colsample by tree	0.1	1.0
Max depth	1	3
Gamma	0	0.8

Tabela 4.1: XGBoost ograničenja parametara za optimizaciju.

Parametar	KNN parametar donja granica	KNN parametar gornja granica
k parameter	10	25
weights	0	1
distance	0	2

Tabela 4.2: KNN parametarska ograničenja za optimizaciju.

Procena detekcije CAN mreže vozila se obrađuje korišćenjem skupa standardnih klasifikacionih metrika. To uključuje preciznost, tačnost, opoziv i F_1 rezultat koji se određuju na sledeći način:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \tag{4.7}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \tag{4.8}$$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \tag{4.9}$$

$$F_1 Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \tag{4.10}$$

Konkretno, TP i TN odgovaraju istinitim pozitivnim i negativnim vrednostima, respektivno, dok FP i FN označavaju lažno pozitivne i negativne vrednosti.

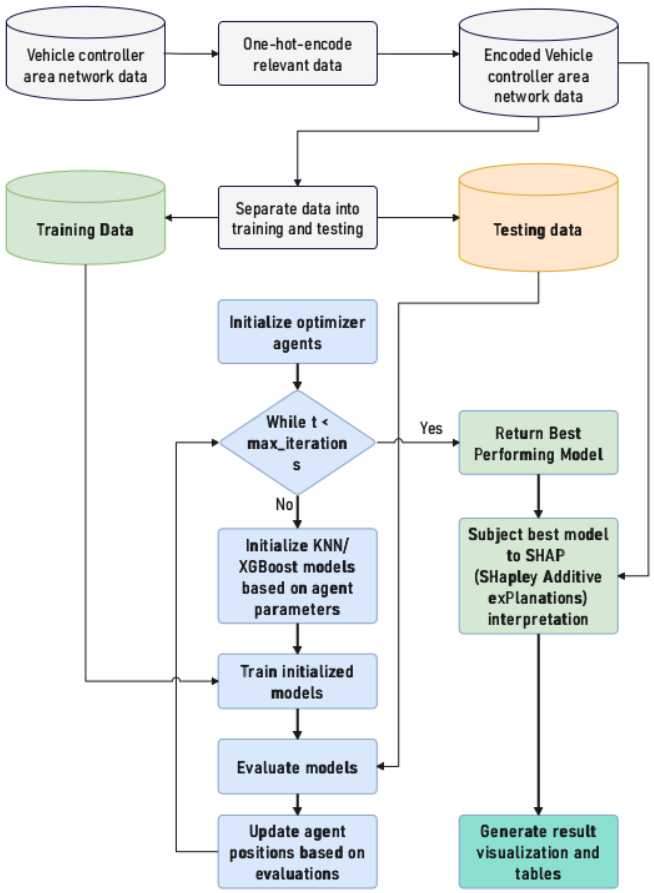
Pošto je drugi konstruisani skup koristio neuravnotežen skup podataka, Koenov Kapa koeficijent se koristi kao funkcija indikatora jer daje pouzdane rezultate kada se radi sa podacima o disbalansu. Ovaj koeficijent se izračunava prema jednačini (4.11):

$$\kappa = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} = 1 - \frac{1 - p_o}{1 - p_e} \tag{4.11}$$

Gde p_o označava uočene vrednosti, a p_e označava očekivane vrednosti. Pored toga, da bi se vodila optimizacija, funkcija $error\_rate$ se koristi kao cilj zbog svoje intuitivne prirode. $error\_rate$ se može odrediti prema:

$$error\_rate = 1 - accuracy \tag{4.12}$$

Dok dijagram toka opisuje predloženi eksperimentalni okvir, koji je prikazan na slici 4.3.

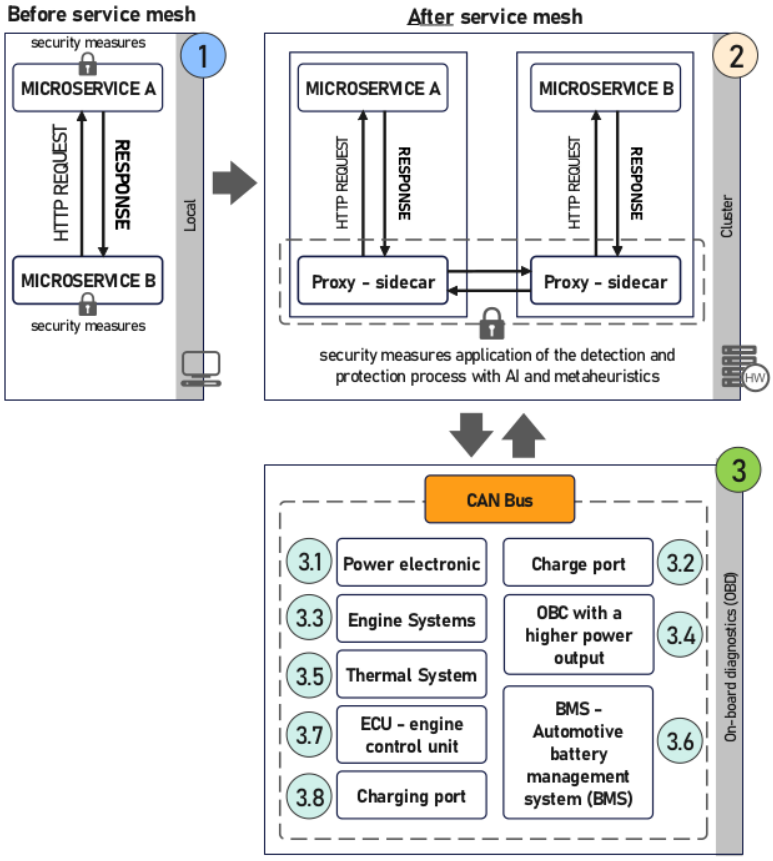


Slika 4.3: Predloženi okvir i dijagram toka za optimizaciju

4.6.5 Service mesh pristup u razvoja i testiranju softvera

Za implementaciju novih metoda i usavršavanje korišćen je service mesh pristup, kao način za integraciju komunikacije između velikog broja autonomnih servisa u funkcionalne aplikacije unutar vozila i CAN bus magistrale. U servisnoj mreži, zahtevi se često rutiraju preko proksija, koji obuhvataju sve aspekte interakcije između usluge unutar infrastrukture (prikazanih na slici 4.4). Slika predstavlja metod pre i posle instalacije servisne mreže koja poseduje metode provere sigurnosnih aspekata. Na levoj strani se prikazuje sama postavka klastera i okruženja, gde je omogućeno balansiranje saobraćaja i predstavljanje samo javnih portova. Dok su unutrašnji portovi klastera bezbedni i komuniciraju sa CAN bus magistralom. Međutim korisnik nema direktan pristup svim uslugama, što smanjuje uticaj od strane trećih lica.

Metod "Sporedna prikolica" (eng. sidecar) se koristi radi provere svakog mikroservisa, a ne unutar samog klastera. Kroz navedeni metod su kontrolisane sve mere komunikacije i bezbednosti. Bez servisne mreže, nemoguće je izolovati greške ili uska grla u velikoj i složenoj infrastrukturi koju sadrži jedno autonomno vozilo [170]. Prednosti primene ovog metoda se odnose na mogućnosti provere i zamene koda bez narušavanja svih servisa, jer se ne rade unutar svakog mikroservisa (eng. microservice).



Slika 4.4: Service Mesh – pre i posle postavljanja unutar klastera sa bezbednosnim merama primenjenim na proces otkrivanja i zaštite CAN bus magistrale. Izvor: autorski doprinos.

Na prikazanoj slici 4.4 se prikazane tri celine koje sadrže sledeće komponente:

1. Pre primene service mesh
2. Posle primene service mesh
3. CAN bus i ostvarivanje komunikacije sa komponentama pomocu OBD porta

Zbog konačnog proizvoda i mogućnosti direktne primene, neophodno je korišćenje odgovarajućih hardverskih resursa, koji su u srcu računarskih sistema. Da bismo efikasno primenili Helmove grafikone, izvršili CI/CD i upravljali Kubernetes-om, moramo da damo prioritet pravim hardverskim resursima. Helm grafikoni (eng. Helm charts), CI/CD artefakti i Kubernetes implementacije zahtevaju dovoljno prostora za skladištenje, bilo na HDD ili SSD, kao i pouzdanu računarsku i električnu mrežu kako bi se obezbedila stalna komunikacija i neometano funkcionisanje. Kada GPU resursi postanu dostupni, sistem može da poboljša naše performanse na poslovima ubrzanim GPU-om u obuci veštačke inteligencije i usklađenosti sa standardima. Sistemi sa više jezgara i adekvatno hlađenje bi trebalo da pomognu da se još više poboljša efikasnost obrade.

4.6.6 Preduslovi

Da bi se obezbedilo nesmetano iskustvo plovidbe, mora se ispuniti nekoliko uslova pre nego što započnete primenu zasnovanu na Helm karti i vraćanje unazad u Kubernetes. Ovo zahteva upotrebu potpuno funkcionalnog Kubernetes klastera sa Kubectl konfigurisanim za interakcije sa komandnom linijom. Štaviše Helm sistem za upravljanje paketima mora biti pravilno raspoređen i konfigurisan unutar klastera. Razumevanje strukture Helm grafikona aplikacije i održavanje kontrole verzija za izdanja grafikona su od ključne važnosti. Pristupom potrebnom spremištu dijagrama aplikacije, kao i poznavanje relevantnih vrednosti grafikona, pomaže da se obezbedi uspešna primena. Poznavanje Helm komandi, uključujući instalaciju i vraćanje kormila, potrebno je za uspešno upravljanje grafikonima u primeni Kubernetesa.

Za naše preduslove, razmotrili smo upotrebu operativnog sistema Vindovs kao jednog od uslova za izvršavanje i testiranje našeg laboratorijskog okruženja. Tamo gde orkestracija Windows kontejnera zahteva precizne parametre za nesmetanu primenu, kao što su adekvatni savremeni resursi CPU-a za brz rad kontejnera i dovoljno RAM-a za adekvatno upravljanje istovremenim radnim opterećenjima, potreban je kapacitet za skladištenje slika kontejnera i pratećih podataka, bilo na čvrstom disku ili SSD-u. Dobro dizajnirana mreža omogućava kontejnerima i orkestratorima da lakše komuniciraju. Potrebna je integracija sa verzijama Windows Servera koji podržavaju kontejnerizaciju i Docker Engine za Windows operativni sistem. U zavisnosti od zahteva i količine posla, Kubernetes ili Docker Swarm se mogu koristiti kao orkestratori. Zbog ovoga određeni kriterijumi moraju biti ispunjeni kako bi se osiguralo da Windows kontejneri nesmetano i efikasno rade i bivaju orkestrirani u širokom spektru računarskog okruženja.

Prema najnovijim dostupnim informacijama, potrebni su sledeći zahtevi za orkestraciju Windows kontejnera i mogu se klasifikovati u sledeće kategorije:

1. Zahtevi operativnog sistema

2. Virtuelizovani hostovi kontejnera
3. Zahtevi za memorijom

Kao rezultat toga, moramo ispuniti sledeće osnovne zahteve:

1. da imamo CPU procesor koji podržava AMD ili Intel virtuelizaciju (k86/k64).
2. za korišćenje virtuelnih mašina ili VM-a potreban je računar domaćin (eng. host machine) sa najmanje jednim CPU-om i dva procesorska jezgra.
3. 4 GB RAM-a na glavnoj mašini za virtuelizaciju kontejnera (Windows Server 2022 ili Windows 10/11).

Za potrebe realizacije i testiranja odlučili smo da koristimo Minikube za lokalno postavljanje i testiranje Kubernetesa sa odredjenim brojem mikroservisa. Cilj je da se lokalno kreira Kubernetes klaster i omogući developerina i DevOps inžinjerima instalacija i distribucija softvera unutar labaratorijskog okruženja. Ideja je da se kroz web aplikacije unutar klastera Minikube omogući dodavanje kritovanih informacija, ključeva za komunikaciju kao i sve potrebne parametre, konfiguracije i tajne (eng. secrets). Navedeni proces se realizuje kroz namenski definisani repozitorijum koji mora da sadrži izvorni kod aplikacije zajedno sa DockerFile za distribuciju unutar klastera. Primenom navedenog pristupa se omogućava verifikacija i primena novih tehnologija, standarda kao i budući razvoj softvera.

4.7 Rezime

Kompleksno približavanje globalnih strategija kompatibilno je sa različitim zahtevima sektora koji su drugačiji po svojim sadržajima. Naglašena efikasnost se obezbeđuje aplikacijama koje se usklađuju i integrišu između različitih proizvodnih sektora industrija. Stvaranje veće bezbednosti u narednom vremenu oomogućena je korišćenjem tehnologija poput industrijskih internet stvari (IIoT) i automatizacijom zadataka u realnim okolnostima. Visoko pozicioniranje različitih industrijskih sektora obezbeđuje se inovativnim tehnološkim pravcima koji su u ekspanziji sa svojim efikasnim karakteristikama.

Tehnološki napredak i više automatizacije nastavljaju da se ubrzavaju. Uz sve veće napore za postizanjem potpuno autonomnog transporta, pitanja koja se tiču samovozećih automobila i bezbednosti sistema moraju da se usaglase prihvatljivim rešenjima pre široke upotrebe. Kompjuteri igraju važnu ulogu u sistemima koji se sami kreću. Problemi kompjuterske bezbednosti takođe utiču na bezbednost na putevima. Ako sistemi za samostalnu vožnju otkriju aplikaciju video-skale, mrežni i sajber napadi mogu imati ozbiljne posledice po bezbednost na putevima. Ovaj rad ima za cilj da koristi klasifikatore veštačke inteligencije za rešavanje problema sajber bezbednosti u mrežama u kolima.

Da bi se osigurali dobri rezultati, iako se performanse klasifikatora u velikoj meri oslanjaju na izbor vrednosti hiperparametara, osmišljena je modifikovana verzija PSO algoritma kako bi se rešio težak problem optimizacije. Istražuju se dva klasifikatora; algoritmi KNN i KSGBoost pružaju povoljne rezultate sa najbolje optimizovanim modelima koji postižu tačnost od 89%. Osobine stabilnosti i pouzdanosti novih tehnologija iskorišćene su za kompleksne industrijske

aktivnosti. Bezbedonosni standardi i zahtevi konstantnog radnog procesa su podržani od strane adekvatnih softverskih rešenja kroz sveobuhvatne testove. Agilne metodologije su kompatibilne sa usklađenošću finalnih proizvoda i potrebama potrošača. Dodatno obučavanje korisnika podstiče dalje usavršavanje softvera.

Bezbedonosne mere koje se odnose na šifrovanje i kontrolu pristupa neophodne su za stabilnost industrijskih procesa. Zahteva se kompletna evaluacija usavršavanja softvera. Kontekst industrijskih aktivnosti odnosi se na povezujuće specifičnosti koje se ostvaruju proučavanjima bezbednosti, stalnog tehnološkog razvijanja i obezbeđivanja rasta potražnje za inustrijskim proizvodima. Gore pomenuti pristup razvoju softvera u industriji pokazuje snažnu i specijalizovanu strategiju za rešavanje jedinstvenih potreba mnogih sektora. Naglasak na prilagođavanju znači da su aplikacije prilagođene pojedinačnim zahtevima industrije, što rezultira efikasnijim i efektivnijim procedurama.

Posvećenost integraciji sa postojećim sistemima podstiče besprekornu komunikaciju između odeljenja, što doprinosi povećanju efikasnosti toka posla. Upotreba tehnologija poput industrijskog interneta stvari (IIoT) i automatizacije, pokazuju napredan pristup razvoju softvera, omogućavajući praćenje i automatizaciju procesa u realnom vremenu. Ovo ne samo da poboljšava operativnu efikasnost, već i priprema industrije na prilagođavanja nadolazećem tehnološkom razvoju.

Kroz istrazivanje u ovom poglavlju smo videli da naglasak treba da bude na pouzdanosti i stabilnosti, važnim udelom fokusa, obzirom na značaj industrijskih procesa. Rigorozno testiranje i poštovanje zahteva industrije pomažu u dizajniranju softverskih rešenja, kako bi se odupreli zahtevima kontinuiranog rada uz efikasnost održavanje odgovarajućih bezbednosnih i softverskih standarda. Kroz ovo poglavlje smo uvideli da bi usvajanje agilnih pristupa detekcije sa meta-heauristikom i iterativne izrade prototipa pokazalo prilagodljivost promenljivim zahtevima u slučajima napada. Predloženi metod eksperimentalne postavke promoviše kontinuirano poboljšanje i garantuje da je krajnji proizvod usko usklađen sa potrebama korisnika, kao i očuvanjem njegovog života. Ali svakako je potrebna i posvećena pažnja obuci korisnika i kontinuiranoj podršci, da bi se unapredila upotrebljivost i efikasnost dizajniranog proizvoda kao sto je ugradjeni softver u automobil.

Fokus u budućnosti svakako mora biti na bezbednosnim merama, poput kriptografije i kontrole pristupa. Bez posedovanja ključa za obezbeđenje osetljivih podataka i integriteta industrijskih operacija teško da se na dalje može održati automobilska industrija. Kroz posvećenost mora da se demonstrira proaktivan pristup ublažavanju potencijalnih rizika i održavanju ukupne bezbednosti ponuđenih rešenja. Konačno, evaluacija razvoja softvera u sektoru pokazuje temeljan i inteligentan pristup zaštite na CAN bus magistrali zajedno sa upravljanjem znanjem i dobijanjem domenske ekspertize u oblasti. Kombinacija zahteva akademsko-praktičnih i teorijskih znanja specifičnih za industriju, aktivnosti naučnih laboratorija, tehnološka poboljšanja moraju imati proaktivniji pristup kreiranju novih ideja, kao i razmatranju pouzdanosti obradjujući zadovoljstva potrošača.

Glava 5

Zaključak

U vremenu koje predstoji neophodna je primena znanja i inovativnog pristupa koji će uticati na stvaranje novih ideja i pratećih tehnologija. Shvatanje novih koncepcijskih rešenja, materijala, metodologija, procesa predstavlja složen zadatak. Korišćenjem ljudskog intelektualnog potencijala u sprezi sa kreativnošću i primenjivanjem prirodnih zakona sa efikasnim budućim proizvodnim procesima, javljaju se naučna otkrića. Primena rečenog iziskuje potreban vremenski okvir, gde se ostvaruju profitabilna tržišna rešenja koja smo uočili u toku istraživanja. Putna infrastruktura postepeno utabava staze sa karakteristikama pametnije, efikasnije, bezbednije komunikacije koja će podići na viši nivo mobilnost stvari i ljudi. Inteligentniji transport podrazumeva integrisanje veštačke inteligencije, aplikacija i novih tehnologija, analizu podataka i dubinsko učenje. Dizajniranje pametnih gradova će postići nultu toleranciju smrtnih slučajeva ljudi u transportu, eliminaciji CO2 i efikasnijem svakodnevnom sistemu transporta ljudi i predmeta.

Istraživanja koja tek predstoje u odnosu na sve prisutnije korišćenje authonomnih vozila otkriće politička i etička pitanja koja će postepeno dobijati adekvatne odgovore. Kompleksnost procesa od kojih se sastoje autonomna vozila sadrže korišćenje više softverskih sistema. Oni se integrišu obradom, prikupljanjem i vizuelizacijom podataka više oblasti saobraćajnih mreža. Ostvarivanje razvojnih rešenja iziskuje odgovornost i visoku agilnost. Odgovori na sadašnje i buduće visoko razvijene zahteve podrazumevaće novo sagledavanje primenom fizičkih simulacionih okruženja i virtuelnih 3D istraživačkih centara. Savršenije demonstriranje složenih i apstraktnih procesa kompletnog softverskog sistema biće omogućeno adekvatnim pratećim tehničkim vizuelizacijama.

Za razliku od klasične komercijalne proizvodnje vozila, hardver i softver je osnova za stvaranje AV. Postoje i drugi bitni elementi od kojih zavise izgledi finalnih proizvoda u koje spadaju postavke volana, izbor jezika, boja. Neophodno je i prateće regulisanje pravnih regulativa prilikom plasmana vozila. AV modeli zahtevaju usklađenost sa etičkim kodeksima, odnosno usklađivanje softverskih mogućnosti sa saobraćajnim propisima i zakonima u saobraćaju. U ovom trenutku stepen tehnološkog razvoja je oslonjen na mogućnosti donošenja ljudskih odluka u saobraćaju bez obzira na definisana podešavanja unutar softvera vozila. Nedostaci u budućim procesima razvoja vozila se ogledaju u minimalizaciji uticaja etičkog razmišljanja i definicije algoritama.

Dalja istraživanja na ovom polju industrijske oblasti povezana su sa konkurisanjem za dobijanje finansijske podrške u vidu grantova. Veoma je bitno sagledavanje i precizno postavljanje planova realizacije koje zahtevaju entiteti koji su postavili konkurse. Ovo stvara pitanja koja se

odnose na: prikladnost predloženog projektnog rešenja, opcije realizacije uputstava i sadržaja konkursa, ograničenja i analitičke odeljke, izvršenje prezentacije rezultata itd.

Pronalaženje budućih rešenja treba da nam omoguće bolju prolaznost kod recenzenata u toku ocenjivanja naših predloga projekta prema spisku kriterijuma finansijskih centara koji se bave istraživanjima autonomnih vozila. U praktičnim odgovorima pronašla bi se pomoć saradnika ili kolega istraživača koji su uloženim naporima pospešili buduće tokove i planove u istraživačkom procesu. Tako će se bolje sagledati nedoslednosti, gramatičke i tehničke greške i nedovršene misli. Izbeći će se neurednost, neusaglašenost predloženog projekta i konkursne dokumentacije i eliminisanje negativnog opšteg utiska o nama kao istraživačima.

Na osnovu sprovedene analize možemo doneti zaključak da je u istraživačkom opusu neophodna otvorenost ka prihvatanju konstruktivnih kritika kako bi se unapredila konciznost u izlaganju i udopunili procesi realizacije navedenog. Svrsishodnost uložene energije će se reflektovati na ispunjenje davanja odgovora na sva moguća pitanja koja se odnose na potencijal javnog zdravlja i bezbednosti u saobraćaju, neophodnoj infrastrukturi. Pružiće se prilika ljudima sa manjim finansijskim sredstvima, invalidima i stanovništvu iz ruralnih područja, da mogu da konzumiraju tehnološka saobraćajna rešenja. Sve ovo nam ostavlja dovoljno prostora da počnemo da razmišljamo o budućnosti koja nije napisana.

Korisnici koji budu želeli da koriste trenutno predloženi prototip automobila u budućnosti, moći će to da urade samo u oblastima u kojima postoje tehničke mogućnosti i zakonodavstvo koje reguliše i priznaje autonomna vozila. Autonomni automobili i dalje zahtevaju ljudski nadzor ili su delimično automatizovani. Koristeći trenutne tehnologije, operater autonomnog vozila može biti odgovoran za saobraćajni sudar, čak i ako kompjuter upravlja vozilom. Za sve ovo je potrebno vreme da se uskladi pravni okvir i postigne široka prihvatljivost u društvu. Tamo gde razvoj veštačke inteligencije i povezanog softvera omogućava bezbedno spasavanje ljudskih života, korišćenje ovih metoda smanjuje verovatnoću zloupotrebe i ugrožavanja ljudskih života.

Glava 6

Budući rad i dalja istraživanja

Neophodnost integrisanja stabilnog softvera u autonomna vozila pripada sastavnom delu plana razvoja budućih vozila. Stabilnost je bazirana na testiranju višekratnih upotreba i fizičko-virtuelnom okruženju. Intencija stvaranja bezbednog i stabilnog softvera je moguća uz primenu odgovarajuće strategije testiranja, implementacije odgovarajuće usklađenosti sa standardima. Na ovaj način bi se procesi kreiranja softvera odvijali kombinovanjem različitih metodoloških pristupa koje su prethodno podržali standardizovani testovi koji se mogu povezati sa bezbednošću putnika. Pisanje koda, uključujući inteligentne tehnike prikupljanja podataka, uticaće na ubrzavanje budućeg razvoja.

Dostupnost bezbedonosnih pitanja koja se nalaze u svim fazama procesa razvoja ključna je za programere. Prilagođavanje koda je najednostavnije kada se primene sigurnosne metrike za analizu rada softvera u realnim uslovima. Ove tehnike omogućavaju programerima i dizajnerima da iplementiraju u sistem prateće mere bezbednosti odnoseći se na kompletan ciklus usavršavanja softvera. Ovde se kroz pristup upotrebe korisnih podataka može izvršiti analiza i donošenja poslovnih odluka u automobilskim kompanijama stavljajući fokus na poslovne, operativne i tehničke odluke. Budući razvoj automobilske industrije neće biti moguć bez primene analitičkih podataka i softvera sa veštačkom inteligencijom.

Ovo poglavlje je organizovano na sledecć problemi način i sadrži: sekciju 6.1 ponovna upotreba koda ili softvera, sekciju 6.2 prednosti i rizici ponovne upotrebe koda, sekciju 6.3 industrijska Revolucija 4.0, i sekciju 6.4 industrijska Revolucija 5.0.

6.1 Ponovna upotreba koda ili softvera

Definisanost ponovljene upotrebe koda ili određenog dela softvera se može predstaviti načinom organizacije i primenom odgovarajućih rešenja, stvarajući slične ili identične oblike funkcionalnosti. Prisutni su različiti stepeni istog. Ovo se odnosi na manji deo internog koda, uključujući velike biblioteke drugih proizvođača i okvire otvorenog koda. Postoje prednosti i nedostaci, a najbitnije je pitanje bezbednosti. Korišćenje eksternog ili internog koda koji nije testiran na slabosti, može ugroziti celokupnu softversku aplikaciju.

Kada preduzeće dobije obaveštenje o ugroženosti sistema nadamo se da je napadač iskoristio ranjivost nultog dana od kojeg ne postoji zaštita. Ali događa se da su napadima iskorišćene poznate slabosti koje su u sistemu mesecima ili godinama. Neophodno je napraviti popis svake

biblioteke koja se primenjuje u serverskim i klijentskim aplikacijama. Potpuno novi sistem, proces stvaranja sa dna sadašnjeg sistema zamenski, umesto novog od nule, predstavlja ponovljenu upotrebu softvera i korišćenje postojećih softverskih artefakata ili softverskih sredstava.

6.2 Prednosti i rizici ponovne upotrebe koda

Pitanje ponovljenog korišćenja koda i komponente nezavisnih proizvođača od strane programera daju nekoliko odgovora. Kako bi programeri pronašli postojeći kod za funkcionalnost softvera bez početka od nule koriste kraće vreme razvoja, služeći se alatima poput GitHub-a i indeksiranja paketa. Ponovljena upotreba koda omogućava programerima da ubace više funkcionalnosti softveru, stvarajući bolji proizvod sa većim potencijalom. Nedostaci ponovljene upotrebe koda odnose se na nepostojanje garancija njene bezbednosti i neranjivosti. Ako se ne urade odgovarajuće bezbednosne provere testiranjem, ceo sistem može biti izložen skriptovanju na različitim lokacijama, kršenju validnih podataka i drugim mogućim pretnjama.

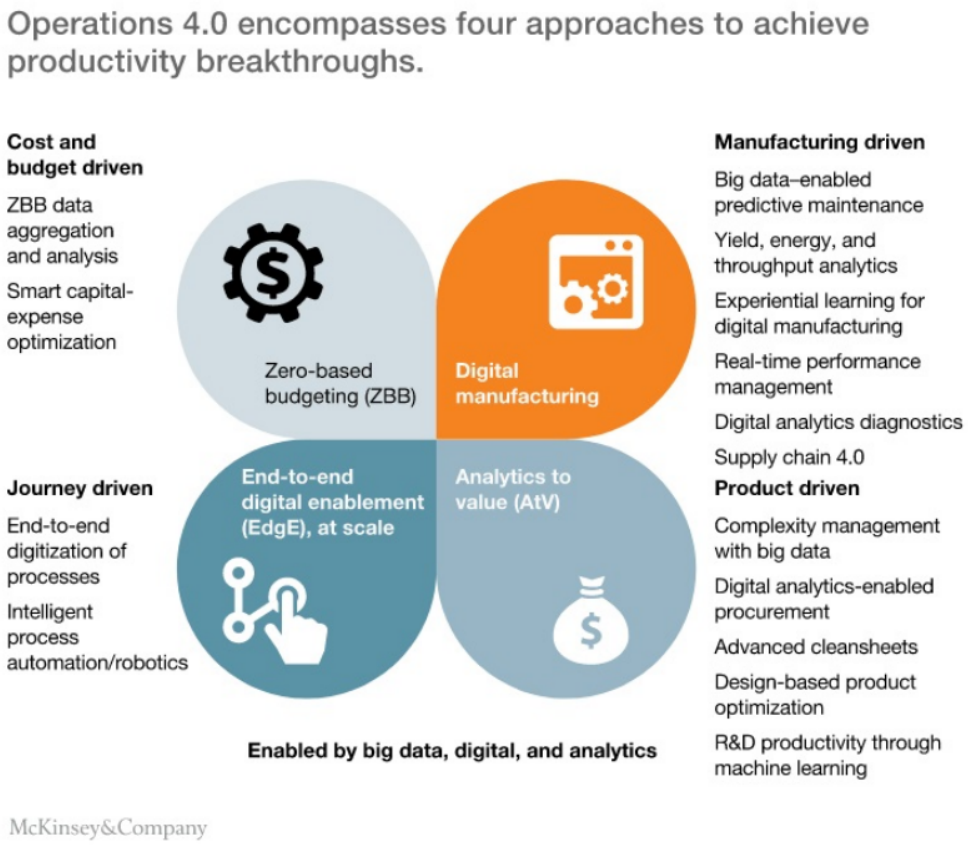
U okviru velikih komponenti softvera može se desiti određeni uticaj na eksponencijalnu sigurnost koda, ugrožavajući celokupan poduhvat stvaranjem problema u slučajevima upotrebe neproverenih komponenti iz drugih sistema. Otkrivanjem ranjivosti od strane napadača postoji dug vremenski period unutar kojeg će biti zloupotrebljen sistem za različite namene. U slučajevima da postoji određena sigurnosna rupa unutar postojećeg sistema, može proći neopaženo sa označavanjem niskog prioriteta razrešavanja od strane programera i automatizovanih sistema detekcije sigurnosnih propusta unutar industrijskog sistema.

6.3 Industrijska Revolucija 4.0

Sagledavanje trendova i inovativnih tehnoloških rešenja, materijala, procesa i metodologija predstavlja kompleksan zadati cilj. Resursi poput ljudskog inteligentnog potencijala u integraciji su sa interesantnim idejnim rešenjima. Patenti naučnih dostignuća iplementiraju prirodne zakone na najefikasniji način i ostvaruju profitabilnost u toku dizajniranja prozvodnih ciklusa. Usavršavanje veštačke inteligencije doneće delimično prednosti u razvoju industrije. Određeni broj ljudi će se substituisati sa mašinama i pronaći druge poslove u proizvodnim pogonima. Konsultanti u McKinsei-u su između ostalog su predlagali koncept Operacije 4.0. koja predstavlja kombinaciju četiri primarne strukture, kao što je prikazano na donjoj slici.

Četvrta industrijska revolucija primenom digitalnog analitičkog pristupa može da isprati rast produktivnosti, generišući različite opcije. Obzirom da se tehnološke promene dešavaju brzo, kompanije mogu da urade više operativnih aktivnosti za kraće vreme. Efikasan pristup znači omogućavanje upotrebe manje resursa u procesima proizvodnje. Neosporno je da će doći do restruktuiranja procesa u industrijskoj proizvodnji, obzirom da veštačka inteligencija u vidu softverskih robota preuzima veliki deo istog. Finansijski rezultati obuhvataju posledice poslovnog odlučivanja i najbolji su pokazatelji uspešnosti. Ograničavanjem standarda koji vrše procene i određuju najbolje lance snabdevanja, ne predstavljaju glavne pokazatelje stanja privrede. Menadžeri lanaca snabdevanja su glavni donosioci odluka u poslovanju preduzeća i vešto koriste organizacione resurse. Finansijsko blagostanje kompanija zavisi u velikoj meri od efikasnosti ovih poslovnih aktivnosti [171].

Testiranje predstavlja jedan od glavnih instrumenata neophodnih za unapređenje kvaliteta softvera. Ono iziskuje resurse pored neophodnog planiranja. Za svaki projekat je potrebno upravljanje i praćenje napredovanja, uključujući i vršenje testiranja na efikasan način. Posedovanje dobrog plana testiranja primenom softverskog znanja izuzetno je važno, a na osnovu njega može se konkurisati za istraživačke grantove. Odobravanje finansijskih sredstava na osnovu konkursa uključuje precizno definisanje plana realizacije.



Slika 6.1: McKinsey koncept operacija 4.0, Izvor: tabela [171].

Lista kriterijuma finansijskih institucija odnosi se na saznanja koja treba da nam pruže veću prolaznost kod recenzenata prilikom ocenjivanja naših predloženih projektnih rešenja. Kolegijalnost naučnika u sagledavanju budućih planova, idejnih rešenja i daljeg pravca istraživanja predstavljala bi pozitivnu praksu. Ovako bi se efikasnije uočile gramatičke i tehničke greške, nedovršene rečenice i nedoslednosti koje bi predlog projekta i konkursnu dokumntaciju označilo neprikladnom, stvarajući pogrešnu sliku o našem istraživačkom opusu. Veoma je važan ne sujetan otvoren pristup u uvažavanju konstruktivnih kritičkih rešenja. Podstrek za dalji naučni rad u vidu dobijanja granta i prihvatanjem sugerisanja, unapredиće se plan istraživanja, preciznog izlaganja i pozitivnog ishoda. Planirani proces realizacije će postati smisleniji ostvarivanjem cilja koji je povezan sa odgovorima na istraživačka pitanja.

6.4 Industrijska Revolucija 5.0

Period ekonomsko-industrijske krize u 20 veku je ublažen stvaranjem masovnog proizvodnog ciklusa koji je realizovao industrijalac Henri Ford. 1988.godine se pojavljuje termin Lean čija filozofija se reflektovala na stvaranje dinamičnog ambijenta u automobilskoj industriji i dolazi do usmeravanja na zahteve potrošačkog društva uz minimalno korišćenje resursa i eliminaciju otpadnih sirovina. Ovakvo okruženje može se smatrati pokretačem iplementiranja četvrte industrijske revolucije, nazvane Industrija 4.0 (I4.0).

Iplementacija novog pravca u postavljanju temelja za industrijsku revoluciju ukazivala je na bitne pomake u društveno ekonomskom smislu. Nastali su novi izazovi sa kojima se suočavaju države širom sveta, vodeći računa o neophodnom transformativnom karakteru društva. Prisutnost četvrte industrijske revolucije ogleda se u integrisanju modernih koncepcija i informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT). One imaju zadatak da omoguće ambijent za inovativne proizvode i usluge koji sveobuhvatno prave nove poslovne modele i dodatne vrednosti u poslovanju. U jedan od glavnih generatora savremenih tekovina ubrajaju se industrije internet stvari (IIoT).

Naučno istraživački napori sve više sagledavaju mogućnosti veštačke inteligencije i njenog povezivanja sa ljudima u proizvodnim delatnostima. Uviđaju se velike perspektive na ovom polju tehnološke evolucije [172]. Shvatanjem izazova sa kojima se suočavaju ekonomski zaostale zemlje i njihovo absorbovanje programa digitalnih transformacija kako društva tako i primene tehnoloških mogućnosti, predstavljaju progresivnu šansu za globalni svet [173]. Predlaganjem definisane veb platforme ide se na otvaranje pristupa OPC UA serverima kroz REST arhitekturu [174].

Istraživanjem se usavršava komercijalizacija servisno orijentisane arhitekture (SOA) sa ciljem pružanja alatima da u svakoj od faza procesa inženjeringa međusobno ostvaruju komunikaciju. Uspeh inovativnih procesa krčmi trasu inteligentnog i efikasnog upravljanja, koja perspektivnim karakterom otvara nove mogućnosti i prostore za integracijom veštačke inteligencije kroz industrijsku revoluciju nazvanu industrija 5.0. Filozofija završenih revolucija da nove ispravljaju nedostatke starih, predstavljaju izazove za buduća istraživanja u naučnoj oblasti [175]. Razvija se detaljna analiza CPS-a u industrijskom domenu, arhitekturi, pratećim tehnologijama, upravljačkim veštinama i očekivanim njihovim karakteristika [176]. Iz ovih dinamičnih aktivnosti se javlja nova terminologija koja se zove IoE – Internet of Everything, koja predstavlja dodatak Internetu stvari [177].

Ispravnim pristupom novim tehnološkim pravcima stvaraju se rešenja u kompleksnim industrijskim aktivnostima [178]. Razumevanje uključuje integrisanje sajber-fizičkih svetova primenom tehnologija Industrije 5.0 u koju spadaju: veštačka inteligencija (AI), kognitivna robotika, hiperkonvergentno skladištenje podataka i računarstva, digitalni blizanci, ciberfizički sistemi, komunikacione infrastrukture itd [179]. Cilj ovog istraživačkog opusa odnosi se na sve veće približavanje pravaca novih tehnoloških rešenja bežičnih mreža sledecć probleme generacije (eng. Next-generation wireless networks (NGWNs)) i računarske inteligencije, kroz koje se pokušavaju zadovoljiti visoki kriterijume u kominikaciji unutar industrije 5.0 generacije. Gde se usavršavanje novih modela i najsavremenijih metodoloških pristupa u autoindustriji usko povezuje sa dizajnom robotskih kontrolera i proučavanja dostupnih tehnika prilikom kreiranja procesa proizvodnje [180].

Bibliografija

[1] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, and Population Division, *World population prospects Highlights, 2019 revision Highlights, 2019 revision*. United Nations, 2019. OCLC: 1142478963.

[2] worldometers, "World Population Clock: 7.9 Billion People (2021) - Worldometer," 2021.

[3] P. Dakić, A. Todosijević, and M. Pavlović, *Značaj poslovne inteligencije za poslovanje marketinške agencije the importance of business intelligence for business in marketing agency*. Udekom, June 2016.

[4] P. Dakić and S. Đorđević, "Menadžerske kontrolne table Management Dashboards – Management control table," Nov. 2011.

[5] P. Dakić, L. Filipović, and M. Starčević, "Application of fundamental analysis in investment decision making: example of a domestic business entity," 2019.

[6] P. Dakić, I. Stupavský, and V. Todorović, "The effects of global market changes on automotive manufacturing and embedded software," *Sustainability*, vol. 16, p. 4926, June 2024.

[7] V. Dakić, *Razvoj modela za optimizaciju gotovosti motornih vozila sa stanovišta troškova*. PhD thesis, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, 2013.

[8] P. Dakić and S. Đorđević, "Oblak racunarstvo - Cloud Computing," in *Zlatar 2010*, (Zlatar 2010), BPS, 2010.

[9] P. Dakić, V. Todorović, and P. Biljana, "Investment reasons for using standards compliance in autonomous vehicles," *ESD Conference, Belgrade 75th International Scientific Conference on Economic and Social Development Development, ESD Conference Belgrade, 02-03 December, 2021 MB University, Teodora Drajzera 27, 11000 Belgrade, Serbia;*, 2021.

[10] R. Szarka, P. Dakic, and V. Vranic, "Cost-effective real-time parking space occupancy detection system," in *2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, IEEE, sep 2022.

[11] M. Krocka, P. Dakic, and V. Vranic, "Automatic license plate recognition using OpenCV," in *2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, IEEE, sep 2022.

[12] M. Kročka, P. Dakić, and V. Vranić, "Extending parking occupancy detection model for night lighting and snowy weather conditions," in *2022 IEEE Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)*, pp. 203–208, 2022.

[13] R. Tkatchenko, "The evolution of the car-making industry," *Vezetéstudomány / Budapest Management Review*, pp. 38–45, Apr. 2011.

[14] T. Wuttke, "The automotive industry in developing countries and its contribution to economic development (cae working paper)," 2021.

[15] BBC, "The little car you can drive in France without a licence," *BBC News*, Jan. 2016.

[16] E. Britannica, "Roads and highways | transportation," 2021.

[17] HistoryGarage, "Nicolas Joseph Cugnot's 1769 Steam Tractor," 2021. Section: Cars.

[18] T. public library, "A brief history of the automobile industry," 2021.

[19] CarsGuide, "Who invented the first car and when was it made?," 2021.

[20] Daimler, "The history behind the Mercedes-Benz brand," 2021.

[21] H. c. Editors, "Ford's assembly line starts rolling," 2021.

[22] ETSI, "Writing Security Standards - Security Objectives and Requirements," Nov. 2011.

[23] P. Els, "The first level-3 automated vehicle is on the road: Is ISO functional safety and analysis in step?," Apr. 2018.

[24] T. Courier, "Regulatory guide to Autonomous Driving: Automotive Cyber Security & V2X Market 2020 Analysis up to 2025," 2021.

[25] E. Parliament, "Self-driving cars in the EU: from science fiction to reality | News | European Parliament," Jan. 2019.

[26] BBC, "Uber's self-driving operator charged over fatal crash," 2021. Section: Technology.

[27] D. Petrović, R. Mijailović, and D. Pešić, "Traffic Accidents with Autonomous Vehicles: Type of Collisions, Manoeuvres and Errors of Conventional Vehicles' Drivers," *Transportation Research Procedia*, vol. 45, pp. 161–168, Jan. 2020. Publisher: Elsevier.

[28] BBC, "Uber 'not criminally liable' for self-driving death," 2021. Section: Technology.

[29] N. Hossain, "7 Hard Things About Product Management for Autonomous Vehicles," Aug. 2020.

[30] B. Bartosz, *Rule-Following. From Imitation to the Normative Mind*. Copernicus Centre Press Sp. z o.o. www.ccpress.pl, 2021.

[31] B. Bartosz, *Law, Normativity, and Supervenience*. Copernicus Centre Press Sp. z o.o. www.ccpress.pl, 2017. Outline of a Theory of Law's Normativity, (in:) Studies in the Philosophy of Law 6, J. Stelmach, B. Brożek (red.), Copernicus Center Press, Kraków 2011, 63-98.

[32] S. Zorzetto, "Thinking of Impossibility in Following Legal Norms. Some Brief Comments About Bartosz Brożek's Rule-Following (Cracow: Copernicus Press, 2013)," *Revus. Journal for Constitutional Theory and Philosophy of Law / Revija za ustavno teorijo in filozofijo prava*, pp. 47–60, Dec. 2013. Number: 20 Publisher: Klub Revus – Center za raziskovanje evropske ustavnosti in demokracije.

[33] European Parliament. Directorate General for Parliamentary Research Services., *A common EU approach to liability rules and insurance for connected and autonomous vehicles: European added value assessment : accompanying the European Parliament's legislative own initiative report.* LU: Publications Office, 2018.

[34] K. Szeteiová, "Automotive materials plastics in automotive markets today," *Institute of Production Technologies, Machine Technologies and Materials, Faculty of Material Science and Technology in Trnava, Slovak University of Technology Bratislava*, p. 7, 2021.

[35] F. Biondi, "Who's to blame when a self-driving car has an accident?," 2021.

[36] Global Founders London, "The Dilemma of AI: The Lady or the Tiger?."

[37] M. Machine, "Moral Machine," 2021.

[38] A. Maxmen, "Self-driving car dilemmas reveal that moral choices are not universal," Oct. 2018. Issue: 7728 Number: 7728 Pages: 469-470 Publisher: Nature Publishing Group Volume: 562.

[39] OWASP, "A9:2017-Using Components with Known Vulnerabilities | OWASP," 2021.

[40] S. Integrity, "How to secure autonomous vehicles of the future, today | Synopsys," June 2019.

[41] M. N. Meyer, "Practical tips for ethical data sharing," *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, vol. 1, pp. 131–144, Feb. 2018.

[42] E. Shatil, "Does combined cognitive training and physical activity training enhance cognitive abilities more than either alone? A four-condition randomized controlled trial among healthy older adults," *Frontiers in Aging Neuroscience*, vol. 5, Mar. 2013.

[43] J. Piaget and L. Vygotsky, "Jean Piaget and Lev Vygotsky's Theories on Cognitive Development," 2002.

[44] Curriculum Management Solutions, Inc, "Vygotsky vs. Piaget: A Paradigm Shift | Curriculum Management Solutions, Inc.," 2017.

[45] J. Hecht, "Self-driving vehicles: Many challenges remain for autonomous navigation," Apr. 2020.

[46] C. Berger and B. Rumpe, "Engineering Autonomous Driving Software," in *Experience from the DARPA Urban Challenge* (C. Rouff and M. Hinchey, eds.), pp. 243–271, London: Springer London, 2012.

[47] L. A. Rosero, I. P. Gomes, J. A. R. da Silva, T. C. dos Santos, A. T. M. Nakamura, J. Amaro, D. F. Wolf, and F. S. Osório, "A Software Architecture for Autonomous Vehicles: Team LRM-B Entry in the First CARLA Autonomous Driving Challenge," Oct. 2020.

[48] DW, "Eu: Strogo kontrolisana veštačka inteligencija | evropa | dw | 29.04.2021," 09 2021.

[49] N. Ameen, A. Tarhini, A. Reppel, and A. Anand, "Customer experiences in the age of artificial intelligence," *Computers in Human Behavior*, vol. 114, p. 106548, 2021.

[50] EU, "EU AI Act: first regulation on artificial intelligence," Aug. 2023.

[51] TMForum, "Driving an enhanced customer experience with artificial intelligence - tm forum inform," 09 2021.

[52] S. Liu, X. Wang, M. Liu, and J. Zhu, "Towards better analysis of machine learning models: A visual analytics perspective," 2017.

[53] J. C. S. H. S. H. R. B. M. A. S. A. Sparrow, "Current challenges in autonomous vehicle development - art. no. 62300D," 2021.

[54] D. Technology, "The importance of data analysis in autonomous vehicle development," 2021.

[55] C. M. S. Y. R. H. Glitho, "Robots as-a-service in cloud computing: Search and rescue in large-scale disasters case study," 2021.

[56] I. B. T. N. N. M. Molea, "Current challenges in autonomous driving," 2021.

[57] P. Marx, "Self-Driving Cars Will Be a Disaster for Our Environment, Our Health, and Our Privacy," Dec. 2019.

[58] R. Stumpf, "Watch Thousands of Teslas in a Parking Lot Receive an OTA Software Update at the Same Time," 2021.

[59] R. Elezaj, "Autonomous Cars: Safety Opportunity or Cybersecurity Threat?," July 2019.

[60] R. Eidenbenz, Y.-A. Pignolet, and A. Ryser, "Latency-aware industrial fog application orchestration with kubernetes," in *2020 Fifth International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC)*, IEEE, apr 2020.

[61] D. Ermolenko, K. Kilicheva, A. Khakimov, and A. Muthanna, "Exploring a model network for orchestation IoT services based on kubernetes," *Telecom IT*, vol. 8, pp. 69–82, dec 2020.

[62] K. Nguyen, S. Drew, C. Huang, and J. Zhou, "Collaborative container-based parked vehicle edge computing framework for online task offloading," in *2020 IEEE 9th International Conference on Cloud Networking (CloudNet)*, IEEE, nov 2020.

[63] E. Kristiani, C.-T. Yang, C.-Y. Huang, Y.-T. Wang, and P.-C. Ko, "The implementation of a cloud-edge computing architecture using OpenStack and kubernetes for air quality monitoring application," *Mobile Networks and Applications*, vol. 26, pp. 1070–1092, jul 2020.

[64] Z. Li, H. Wei, Z. Lyu, and C. Lian, "Kubernetes-container-cluster-based architecture for an energy management system," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 84596–84604, 2021.

[65] A. Pino, P. Khodashenas, X. Hesselbach, E. Coronado, and S. Siddiqui, "Validation and benchmarking of CNFs in OSM for pure cloud native applications in 5g and beyond," in *2021 International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN)*, IEEE, jul 2021.

[66] A. S. Seisa, S. G. Satpute, and G. Nikolakopoulos, "A kubernetes-based edge architecture for controlling the trajectory of a resource-constrained aerial robot by enabling model predictive control," 2023.

[67] A. Petričko, P. Dakić, and V. Vranić, "Comparison of visual occupancy detection approaches for parking lots and dedicated containerized rest-api server application," in *CEUR*, vol. 3237, 2022.

[68] H.-L. Chen and F. J. Lin, "Scalable IoT/m2m platforms based on kubernetes-enabled NFV MANO architecture," in *2019 International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, IEEE, jul 2019.

[69] N. Nguyen and T. Kim, "Toward highly scalable load balancing in kubernetes clusters," *IEEE Communications Magazine*, vol. 58, pp. 78–83, jul 2020.

[70] J. J. Barriga, J. Sulca, J. León, A. Ulloa, D. Portero, J. García, and S. G. Yoo, "A smart parking solution architecture based on LoRaWAN and kubernetes," *Applied Sciences*, vol. 10, p. 4674, jul 2020.

[71] Y. Karim and R. Hasan, "Towards a Threat Model for Fog Computing," in *2019 IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, pp. 1110–1116, Oct. 2019.

[72] Y. Jin, "Introduction to hardware security," *Electronics*, vol. 4, pp. 763–784, Oct. 2015.

[73] C. P. Software, "The Biggest Cloud Security Challenges in 2021," 2021.

[74] S. A. Bagloee, M. Tavana, M. Asadi, and T. Oliver, "Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies," *Journal of Modern Transportation*, vol. 24, pp. 284–303, Dec. 2016. Company: Springer Distributor: Springer Institution: Springer Label: Springer Number: 4 Publisher: Springer Berlin Heidelberg.

[75] CloudBees, "What is Continuous Integration: Testing, Software & Process Tutorial," 2021.

[76] Study.com, "Continuity and Discontinuity in Development - Video & Lesson Transcript," 2021.

[77] S. C. K. Corless, "Architecture awakens let the evolution begin," Jan. 2020.

[78] P. Martins, S. I. Lopes, A. M. R. da Cruz, and A. Curado, "Towards a smart & sustainable campus: An application-oriented architecture to streamline digitization and strengthen sustainability in academia," *Sustainability*, vol. 13, p. 3189, mar 2021.

[79] K. Jansa, A. Aqrawi, and R. Toolsi, "Lifecycle management in an dynamic open ecosystem," in *First EAGE Digitalization Conference and Exhibition*, European Association of Geoscientists & Engineers, 2020.

[80] H. Hammad, T. Sahmoud, and A. A. R. A. Ghazala, "Convert monolithic application to microservice application," 2023.

[81] K. Gos and W. Zabierowski, "The comparison of microservice and monolithic architecture," in *2020 IEEE XVIth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, IEEE, Apr. 2020.

[82] F. Auer, V. Lenarduzzi, M. Felderer, and D. Taibi, "From monolithic systems to microservices: An assessment framework," *Information and Software Technology*, vol. 137, p. 106600, Sept. 2021.

[83] F. Sumirat, "From monolith to microservices | fajarsumiratmuhrip's blog," 10 2019.

[84] N. Pratap, "Kubernetes the easy way ! | linkedin." https://www.linkedin.com/pulse/kubernetes-easy-way-nishant-pratap/, 06 2020.

[85] T. Kubernetes, "What is kubernetes? | kubernetes." https://kubernetes.io/docs/concepts/overview/what-is-kubernetes/, 07 2021.

[86] A. Kwan, H.-A. Jacobsen, A. Chan, and S. Samoojh, "Microservices in the modern software world," in *Proceedings of the 26th Annual International Conference on Computer Science and Software Engineering*, CASCON '16, (USA), p. 297–299, IBM Corp., 2016.

[87] N. Dragoni, S. Giallorenzo, A. L. Lafuente, M. Mazzara, F. Montesi, R. Mustafin, and L. Safina, *Microservices: Yesterday, Today, and Tomorrow*, pp. 195–216. Springer International Publishing, 2017.

[88] T. Inagaki, Y. Ueda, and M. Ohara, "Container management as emerging workload for operating systems," in *2016 IEEE International Symposium on Workload Characterization (IISWC)*, IEEE, Sept. 2016.

[89] Q. Gao, Y. Wu, and Y. Hao, "Design and implementation of an edge container management platform based on artificial intelligence," in *Proceedings of the 2022 10th International Conference on Information Technology: IoT and Smart City*, ICIT 2022, ACM, Dec. 2022.

[90] B. Giubilato, G. Zhang, and A. Alfieri, "Automotive returnable container management with rfid:a simulation approach," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 13, pp. 325–330, 2019.

[91] A. Verma, L. Pedrosa, M. R. Korupolu, D. Oppenheimer, E. Tune, and J. Wilkes, "Large-scale cluster management at Google with Borg," in *Proceedings of the European Conference on Computer Systems (EuroSys)*, (Bordeaux, France), 2015.

[92] T. Kubernetes, "Kubernetes components | kubernetes." https://kubernetes.io/docs/concepts/overview/components/, 04 2021.

[93] S. El-Sharkawy, N. Yamagishi-Eichler, and K. Schmid, "Metrics for analyzing variability and its implementation in software product lines: A systematic literature review," *Information and Software Technology*, vol. 106, pp. 1–30, feb 2019.

[94] Norton, "5 reasons why general software updates and patches are important," 2021.

[95] C. Wysopal, "5 minutes with Chris Wysopal – Trends in software security," 2021.

[96] B. Media, "Security researchers discover Helpdesk Software vulnerability," 2021.

[97] L. E. Lwakatare, T. Kilamo, T. Karvonen, T. Sauvola, V. Heikkilä, J. Itkonen, P. Kuvaja, T. Mikkonen, M. Oivo, and C. Lassenius, "DevOps in practice: A multiple case study of five companies," *Information and Software Technology*, vol. 114, pp. 217–230, oct 2019.

[98] G. A. Redeker, G. Z. Kessler, and L. M. Kipper, "Lean information for lean communication: Analysis of concepts, tools, references, and terms," *International Journal of Information Management*, vol. 47, pp. 31–43, aug 2019.

[99] S. V. Ulyanov, "Quantum fast algorithm computational intelligence PT i: SW / HW smart toolkit," *Artificial Intelligence Advances*, vol. 1, pp. 18–43, jul 2019.

[100] D. Moxey, C. D. Cantwell, Y. Bao, A. Cassinelli, G. Castiglioni, S. Chun, E. Juda, E. Kazemi, K. Lackhove, J. Marcon, G. Mengaldo, D. Serson, M. Turner, H. Xu, J. Peiró, R. M. Kirby, and S. J. Sherwin, "Nektar++: Enhancing the capability and application of high-fidelity spectral/hp element methods," *Computer Physics Communications*, vol. 249, p. 107110, apr 2020.

[101] A. Ivanov, V. Bukanin, A. Zenkov, V. Vologdin, and V. Vologdin, "Cyber physical systems integration for induction heating technologies," in *2020 9th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO)*, IEEE, jun 2020.

[102] M. Wilson, U. Liliane, and M. J. Baptiste, "The intelligent software systems: The practical implementation of software security vulnerabilities detection modeling," *OALib*, vol. 07, no. 11, pp. 1–7, 2020.

[103] M. Zieja, A. Szelmanowski, A. Pazur, and G. Kowalczyk, "Computer life-cycle management system for avionics software as a tool for supporting the sustainable development of air transport," *Sustainability*, vol. 13, p. 1547, feb 2021.

[104] OWASP, "OWASP Top Ten Web Application Security Risks | OWASP," 2021.

[105] H. Bardt, "Autonomous Driving – a Challenge for the Automotive Industry," *Intereconomics*, vol. 2017, no. 3, pp. 171–177, 2017.

[106] P. Dakić, J. Savić, and V. Todorović, "Software quality control management using black-box testing on an existing webshop trinitishop," *FBIM Transactions*, 2021.

[107] V. Haydin, "How Autonomous Driving Impacts Software Development in the Automotive Industry," Jan. 2020.

[108] A. Gupta, "Five challenges in designing a fully autonomous system for driverless cars – IIoT-World.com," 2021.

[109] ANSYS, "Meet the Autonomous Vehicle Development 10x Complexity Challenge | Ansys Blog," 2021.

[110] D. Fu and F. Shi, "Buffer overflow exploit and defensive techniques," in *2012 Fourth International Conference on Multimedia Information Networking and Security*, IEEE, Nov. 2012.

[111] H. Prakken, "On the problem of making autonomous vehicles conform to traffic law," *Artificial Intelligence and Law*, vol. 25, pp. 341–363, Sept. 2017. Company: Springer Distributor: Springer Institution: Springer Label: Springer Number: 3 Publisher: Springer Netherlands.

[112] P. Dakić and M. Živković, "An overview of the challenges for developing software within the field of autonomous vehicles," in *7th Conference on the Engineering of Computer Based Systems*, ECBS 2021, (New York, NY, USA), Association for Computing Machinery, 2021.

[113] O. Potii, O. Illiashenko, and D. Komin, "Advanced Security Assurance Case Based on ISO/IEC 15408," in *Theory and Engineering of Complex Systems and Dependability*, pp. 391–401, Springer, Cham, June 2015.

[114] N. A. of Sciences, *Read "Statistics, Testing, and Defense Acquisition: New Approaches and Methodological Improvements"at NAP.edu.* National Academy of Sciences, 2021.

[115] R. Weber and D. Cobaugh, "Developing and executing an effective research plan," *American journal of health-system pharmacy : AJHP : official journal of the American Society of Health-System Pharmacists*, vol. 65, pp. 2058–65, 12 2008.

[116] V. Todorović, P. Dakić, and M. Aleksić, "Company management using managerial dashboards and analytical software," *ESD Conference, Belgrade 75th International Scientific Conference on Economic and Social Development Development, ESD Conference Belgrade, 02-03 December, 2021 MB University, Teodora Drajzera 27, 11000 Belgrade, Serbia;*, 2021.

[117] P. Dakić, V. Todorović, and V. Vranić, "Financial justification for using ci/cd and code analysis for software quality improvement in the automotive industry," in *2022 IEEE Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC)*, pp. 149–154, 2022.

[118] M. Guerrieri, "Smart roads geometric design criteria and capacity estimation based on av and cav emerging technologies. a case study in the trans-european transport network," *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, vol. 19, pp. 429–440, Apr. 2021.

[119] L. Rothkrantz, "Smart roads," in *2019 Smart City Symposium Prague (SCSP)*, IEEE, May 2019.

[120] A. Pompigna and R. Mauro, "Smart roads: A state of the art of highways innovations in the smart age," *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 25, p. 100986, Jan. 2022.

[121] C. K. Toh, J. A. Sanguesa, J. C. Cano, and F. J. Martinez, "Advances in smart roads for future smart cities," *Proceedings of the Royal Society A*, vol. 476, no. 2233, p. 20190439, 2020.

[122] H. Giudici and A. P. Pérez-Fortes, "How recent developments in smart road technologies and construction materials can contribute to the sustainability of road infrastructure," *Journal of Infrastructure Systems*, vol. 28, Dec. 2022.

[123] D. K. Kuttah, *Advances in Design and Testing of Future Smart Roads: Considering Urbanization, Digitalization, Electrification and Climate Change*. CRC Press, Oct. 2022.

[124] ACEA, "Interactive map – correlation between electric car sales and charging point availability (2021 update) – acea – european automobile manufacturers' association," 09 2021.

[125] Euroactiv, "Slovakia struggles to keep pace with rapidly transforming car sector – euractiv.com," 09 2021.

[126] Globsec, "Slovakia-an-automotive-industry-perspective.pdf," 09 2021.

[127] Sario.SK, "sario-automotive-sector-in-slovakia-2021-02-05.pdf," 09 2021.

[128] ACEA, "Interactive map – correlation between electric car sales and charging point availability (2021 update) – acea – european automobile manufacturers' association." https://www.acea.auto/figure/interactive-map-correlation-between-electric-car-sales-and-charging-point-availability-2021-update/, Sept. 2021.

[129] D. Che, M. Safran, and Z. Peng, "From big data to big data mining: challenges, issues, and opportunities," in *International conference on database systems for advanced applications*, pp. 1–15, Springer, 2013.

[130] E. Svensson *et al.*, "Guidelines to statistical evaluation of data from rating scales and questionnaires," *Journal of Rehabilitation Medicine*, vol. 33, no. 1, pp. 47–48, 2001.

[131] Philip, Beverly K, "Parametric statistics for evaluation of the visual analog scale," *Anesthesia & Analgesia*, vol. 71, no. 6, p. 710, 1990.

[132] B. K. Gerlich and G. L. Berard, "Testing the viability of the read scale (reference effort assessment data) ©: Qualitative statistics for academic reference services," *College & Research Libraries*, vol. 71, no. 2, pp. 116–137, 2010.

[133] brooke lampe, "can-dataset," 2023.

[134] B. Lampe and W. Meng, "can-train-and-test: A curated can dataset for automotive intrusion detection," *Computers &; Security*, p. 103777, Feb. 2024.

[135] D. C. Parkes, A. D. Procaccia, and N. Shah, "Beyond dominant resource fairness: Extensions, limitations, and indivisibilities," *ACM Trans. Econ. Comput.*, vol. 3, Mar. 2015.

[136] E. J. Friedman, A. Ghodsi, S. Shenker, and I. Stoica, "Strategyproofness, leontief economies and the kalai-smorodinsky solution," 2011.

[137] P. Dakić, "Importance of knowledge management for CI/CD and Security in Autonomous Vehicles Systems," June 2024.

[138] P. Dakić, "Software compliance in various industries using ci/cd, dynamic microservices, and containers," *Open Computer Science*, vol. 14, Jan. 2024.

[139] S. Kerimkhulle, Z. Alimova, A. Slanbekova, N. Baizakov, G. Azieva, and M. Koishybayeva, "The use leontief input-output model to estimate the resource and value added," in *2022 International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST)*, IEEE, apr 2022.

[140] P. D. M. Z. L. J. N. B. M. A. J. K. V. Simic, "Intrusion detection using metaheuristic optimizationwithin iot/iiot systems and software of autonomousvehicles," *Springer - Complex & Intelligent Systems*, 2024.

[141] Z. Yi, W. Meilin, C. RenYuan, W. YangShuai, and W. Jiao, "Research on application of SME manufacturing cloud platform based on micro service architecture," *Procedia CIRP*, vol. 83, pp. 596–600, 2019.

[142] A. Megargel, V. Shankararaman, and D. K. Walker, "Migrating from monoliths to cloud-based microservices: A banking industry example," in *Computer Communications and Networks*, pp. 85–108, Springer International Publishing, 2020.

[143] F. Tapia, M. Á. Mora, W. Fuertes, H. Aules, E. Flores, and T. Toulkeridis, "From monolithic systems to microservices: A comparative study of performance," *Applied Sciences*, vol. 10, p. 5797, aug 2020.

[144] J. Park, D. Kim, and K. Yeom, "An approach for reconstructing applications to develop container-based microservices," *Mobile Information Systems*, vol. 2020, pp. 1–23, jan 2020.

[145] S. Peltonen, L. Mezzalira, and D. Taibi, "Motivations, benefits, and issues for adopting micro-frontends: A multivocal literature review," 2020.

[146] D. Bajaj, U. Bharti, A. Goel, and S. C. Gupta, "A prescriptive model for migration to microservices based on SDLC artifacts," *Journal of Web Engineering*, jun 2021.

[147] B. Codenotti, A. Saberi, K. Varadarajan, and Y. Ye, "Leontief economies encode nonzero sum two-player games," in *SODA*, vol. 6, pp. 659–667, 2006.

[148] COIL TECHNOLOGY CORPORATION, "Modularized CAN bus solution for automotive application," Jan. 2022.

[149] C. P. Szydlowski, "CAN Specification 2.0: Protocol and Implementations," tech. rep., Warrendale, PA, Aug. 1992.

[150] M. Kubiš and P. Beňo, "Realization of communication via the can bus," *Transportation Research Procedia*, vol. 40, pp. 332–337, 2019.

[151] J. Huang, "CAN Bus: What Is It and How Does It Work?," 2024.

[152] E. Houssein, M. Elsayed Abd Elaziz, D. Oliva, and L. Abualigah, *Integrating Meta-Heuristics and Machine Learning for Real-World Optimization Problems*. Springer International Publishing, 06 2022.

[153] V. Sharma and A. K. Tripathi, "A systematic review of meta-heuristic algorithms in iot based application," *Array*, vol. 14, p. 100164, July 2022.

[154] Y. Sun, J. Zhang, Y. Xiong, and G. Zhu, "Data security and privacy in cloud computing," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 10, no. 7, p. 190903, 2014.

[155] H. J. Jo, W. Choi, S. Y. Na, S. Woo, and D. H. Lee, "Vulnerabilities of android os-based telematics system," *Wireless Personal Communications*, vol. 92, pp. 1511–1530, 2017.

[156] A. D. Sutar and S. B. Shinde, "Ecu diagnostics validator using canusb," in *2017 International Conference on Inventive Computing and Informatics (ICICI)*, pp. 856–860, IEEE, 2017.

[157] M. Zivkovic, L. Jovanovic, M. Ivanovic, N. Bacanin, I. Strumberger, and P. M. Joseph, "Xgboost hyperparameters tuning by fitness-dependent optimizer for network intrusion detection," in *Communication and intelligent systems: Proceedings of ICCIS 2021*, pp. 947–962, Springer, 2022.

[158] N. Savanović, A. Toskovic, A. Petrovic, M. Zivkovic, R. Damaševičius, L. Jovanovic, N. Bacanin, and B. Nikolic, "Intrusion detection in healthcare 4.0 internet of things systems via metaheuristics optimized machine learning," *Sustainability*, vol. 15, no. 16, p. 12563, 2023.

[159] L. E. Peterson, "K-nearest neighbor," *Scholarpedia*, vol. 4, no. 2, p. 1883, 2009.

[160] xgboost developers, "Xgboost documentation — xgboost 2.0.3 documentation," 03 2024.

[161] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle swarm optimization," in *Proceedings of ICNN'95-international conference on neural networks*, vol. 4, pp. 1942–1948, IEEE, 1995.

[162] N. Bacanin, M. Antonijevic, T. Bezdan, M. Zivkovic, K. Venkatachalam, and S. Malebary, "Energy efficient offloading mechanism using particle swarm optimization in 5g enabled edge nodes," *Cluster Computing*, vol. 26, no. 1, pp. 587–598, 2023.

[163] T. Cuong-Le, T. Nghia-Nguyen, S. Khatir, P. Trong-Nguyen, S. Mirjalili, and K. D. Nguyen, "An efficient approach for damage identification based on improved machine learning using pso-svm," *Engineering with Computers*, pp. 1–16, 2022.

[164] M. Esfandyari, A. A. Delouei, and A. Jalai, "Optimization of ultrasonic-excited double-pipe heat exchanger with machine learning and pso," *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 147, p. 106985, 2023.

[165] P. Hansen, N. Mladenović, J. Brimberg, and J. A. M. Pérez, *Variable neighborhood search*. Springer, 2019.

[166] D. Karaboga and B. Akay, "A comparative study of artificial bee colony algorithm," *Applied mathematics and computation*, vol. 214, no. 1, pp. 108–132, 2009.

[167] X.-S. Yang and A. Slowik, "Firefly algorithm," in *Swarm intelligence algorithms*, pp. 163–174, CRC Press, 2020.

[168] S. Mirjalili and S. Mirjalili, "Genetic algorithm," *Evolutionary Algorithms and Neural Networks: Theory and Applications*, pp. 43–55, 2019.

[169] M. Hubálovská, Š. Hubálovskỳ, and P. Trojovskỳ, "Botox optimization algorithm: A new human-based metaheuristic algorithm for solving optimization problems," *Biomimetics*, vol. 9, no. 3, p. 137, 2024.

[170] RedHat, "What is server mesh," 2022.

[171] S. C. N. Bites, "Supply chain graphic of the week: Operations 4.0 will use lots of ai," 09 2021.

[172] A. G. Pereira, T. M. Lima, and F. Charrua-Santos, "Society 5.0 as a result of the technological evolution: Historical approach," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, pp. 700–705, Springer International Publishing, jul 2019.

[173] M. I. Manda and S. B. Dhaou, "Responding to the challenges and opportunities in the 4th industrial revolution in developing countries," in *Proceedings of the 12th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, ACM, apr 2019.

[174] S. Cavalieri, M. G. Salafia, and M. S. Scroppo, "Integrating OPC UA with web technologies to enhance interoperability," *Computer Standards & Interfaces*, vol. 61, pp. 45–64, jan 2019.

[175] G. Urgese, P. Azzoni, J. van Deventer, J. Delsing, and E. Macii, "An engineering process model for managing a digitalised life-cycle of products in the industry 4.0," in *NOMS 2020 - 2020 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium*, IEEE, apr 2020.

[176] D. Sinha and R. Roy, "Reviewing cyber-physical system as a part of smart factory in industry 4.0," *IEEE Engineering Management Review*, vol. 48, pp. 103–117, jun 2020.

[177] G. M. Bhandurge and M. S. Bhide, "Industry 5.0: The convergence of AI and HI (human intelligence)," jul 2021.

[178] P. Fraga-Lamas, J. Varela-Barbeito, and T. M. Fernandez-Carames, "Next generation auto-identification and traceability technologies for industry 5.0: A methodology and practical use case for the shipbuilding industry," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 140700–140730, 2021.

[179] S. Zeb, A. Mahmood, S. A. Khowaja, K. Dev, S. A. Hassan, N. M. F. Qureshi, M. Gidlund, and P. Bellavista, "Industry 5.0 is coming: A survey on intelligent nextg wireless networks as technological enablers," 2022.

[180] S. Proia, R. Carli, G. Cavone, and M. Dotoli, "Control techniques for safe, ergonomic, and efficient human-robot collaboration in the digital industry: A survey," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 19, pp. 1798–1819, jul 2022.

Dodatak A

Objavljeni radovi

Rezultati istraživanja u ovom doktorskom radu su objavljeni u više naučnih kategorija i navedeni su u prilogu. Objavom navedenih naučnih radova je zvaničko izvršena verifikacija rezultata od domaće i strane stručne javnosti. Na osnovu definisanih potrebnih kriterijuma za prijavu i odbranu doktorske disertacije od strane Univerziteta Singidunum definisanih na sledećem linku:

https://dps.singidunum.ac.rs/page/uslovi-za-prijavu-i-odbranu-doktorske-disertacije

U prilogu su preuzete informacije o potrebnim uslovima za prijavu i odbranu doktorske disertacije.

Prijava

Student doktorskih studija, koji ima potpisan ispit iz IV semestra (Naučno-istraživački projekat) može da prijavi temu doktorske disertacije pod sledećim uslovima:

1. Pozitivan stav mentora o radu kandidata i o temi

2. Bar jedan objavljen rad iz kategorija M51 i M52, ili iz viših kategorija (za DH, PM i TT polje)

3. Student mora biti prvopotpisani autor.

Odbrana

Student doktorskih studija može da prijavi da je završio izradu doktorske disertacije pod sledećim uslovima:

1. Pozitivan stav mentora o urađenom radu i o naučnoj aktivnosti kandidata

2. Bar jedan objavljen rad iz kategorije:

M21, M22, M23 ili M24 za DH polje

M21, M22 ili M23 za PM i TT polje

3. Student mora biti **prvopotpisani** autor.

Naučni članak, koji je uslovni za odbranu doktorske disertacije, mora biti direktno vezan za temu doktorske disertacije kandidata.

Rad ne mora biti objavljen, ali mora da postoji potvrda o konačnom prihvatanju rada, koji će zatim biti štampan.

Na osnovu navedenih kriterijuma objavljeni su radovi u sledećoj kategorizaciji sa brojem radova u zagradi: **M13 (4), M14 (1), M21 (1), M22 (3), M24 (3), M33 (24), M53 (2)**. Sve trenutno dostupne publikacije se mogu pronaći na sledećim linkovima:

- **Scopus** - https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57224193975&origin=recordpage
- **SciProfiles** https://sciprofiles.com/profile/1339097
- **IEEE** - https://ieeexplore.ieee.org/author/37089478564
- **ORCID** - https://orcid.org/0000-0003-3538-6284
- **Google Scholar** - https://scholar.google.com/citations?user=Tas0kRoAAAAJ&hl=en
- **Loop** - https://loop.frontiersin.org/people/2419662/overview
- **dblp** - https://dblp.uni-trier.de/pid/296/8159.html
- **Web of Science** - https://www.webofscience.com/wos/author/record/ABD-6320-2020

A.1 Kategorizacija M10

A.1.1 M13

2024

1. Tomáš Golis, **Pavle Dakić**, Creating a Self-Service DevOps Platform for Black-Box Testing on Kubernetes, Springer Lecture Notes in Networks and Systems, Springer International Publishing AG, Switzerland, DOI: 10.1007/978-981-97-3305-7_28, ISSN 978-981-99-3236-8 (Online), ISSN 978-981-99-3235-1 (Print).

   https://doi.org/10.1007/978-981-97-3305-7_28

2. Filip Cák, **Pavle Dakić**, Creating Feature Model for YAML Generator in CI/CD Pipelines with React Web Application, Springer Lecture Notes in Networks and Systems, Springer International Publishing AG, Switzerland, DOI: 10.1007/978-981-97-3305-7_42, ISSN 978-981-99-3236-8 (Online), ISSN 978-981-99-3235-1 (Print).

   https://doi.org/10.1007/978-981-97-3305-7_42

2023

1. **Pavle Dakić**, Vladimir Todorović, Valentino Vranić, Financial Sustainability of Automotive Software Compliance and Industry Quality Standards, Proceedings of Eighth International

Congress on Information and Communication Technology ICICT 2023. Springer Lecture Notes in Networks and Systems, Springer International Publishing AG, Switzerland, DOI: 10.1007/978-981-99-3091-3_39, ISSN 2367-3389 (Online), ISSN 2367-3370 (Print).

https://doi.org/10.1007/978-981-99-3091-3_39

2. Igor Stupavský, **Pavle Dakić**, Antisocial Behavior and the Dopamine Loop on Different Technological Platforms and Industries: An Overview, Springer Lecture Notes in Networks and Systems, Springer International Publishing AG, Switzerland, DOI: 10.1007/978-981-99-3236-8_37, ISSN 2367-3389 (Online), ISSN 2367-3370 (Print).

   https://doi.org/10.1007/978-981-99-3236-8_37

A.1.2 M14

2023

1. Vladimir Todorović, **Pavle Dakić**, Igor Stupavský, Marijana Aleksić, The influence of fiscal effect on Industrial Growth and Resilient Computing for the Automotive Industry by considering the negative effects of world politics, Book chapter - Geoeconomics, geopolitics and geofinance 2023.

   https://t.ly/ejsCi#page=49

A.2 Kategorizacija M20

A.2.1 M21 - Q1

2024

1. **Pavle Dakić**, Miodrag Živković, Luka Jovanović, Nebojša Bačanin, Milos Antonijevic, Jelena Kaljević, Vladimir Simic, Intrusion detection using Metaheuristic Optimization within IoT/IIoT systems and software of autonomous vehicles, Q1 - Nature - Scientific Reports.

   Status: u procesu recenzije.

2. **Pavle Dakić**, Igor Stupavský, Vladimir Todorović, The Effects of Global Market Changes on Automotive Manufacturing and Embedded Software, Q1 - MDPI - Sustainability (Switzerland).

   https://doi.org/10.3390/su16124926

A.2.2 M22 - Q2

2024

1. **Pavle Dakić**, Software compliance in various industries using CI/CD, dynamic microservices, and containers, Open Computer Science, Special Issue on Informatics 2022, Software Testing and Verification - Q2 - Walter de Gruyter GmbH Open Access, DOI: 10.1515/comp-2024-0013, ISSN 2299-1093 (Online)

   https://doi.org/10.1515/comp-2024-0013

2. **Pavle Dakić**, Significance of standards compliance organizations for the sustainable automotive software and car production, Special Issue on Innovation and Sustainable Solutions in Engineering and Education, Q2 - Acta Polytechnica Hungarica

   Status: prihvaćen za objavu.

2023

1. Igor Stupavský, **Pavle Dakić**, Valentino Vranić, he Impact of Fake News on Antisocial Behavior in online communities: An Overview, MDPI - Q2 - Applied Sciences.

   https://www.mdpi.com/2076-3417/13/21/11719

A.2.3 M24 - Q4

2024

1. **Pavle Dakić**, Importance of knowledge management for CI/CD and Security in Autonomous Vehicles Systems, JITA – Journal of Information Technology and Applications, Banja Luka, Pan-Europien University APEIRON, Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina, JITA 14 (2024)1:7-16, (UDC: 621.355:629.33-514.59), (DOI: 10.7251/JIT2401007D, Volume 14, Number 1, Banja Luka, June (1-88), ISSN 2232-9625 (print), ISSN 2233-0194 (online), UDC 004.

   https://doi.org/10.7251/JIT2401007D

   https://doisrpska.nub.rs/index.php/jita/article/view/10999

2021

1. Mihajlo Đuričić, Vladimir Todorović, **Pavle Dakić**, Kristijan Ristić, Milanka Bogavac, Marko Špiler, Economic potential of agro-food production in the Republic of Serbia, Belgrade, Serbia, 2021; DOI: 10.5937/ekoPolj2103687C, Vol 68 No 2 (2021): Economics of Agriculture, ISSN 2334-8453 (Online), ISSN 0352-3462 (Printed).

   https://doi.org/10.5937/ekoPolj2103687C

2. **Pavle Dakić**, Darko Lojaničić, Hemed Ramadhani Issa, Milanka Bogavac, Izbor, stvaranje i razvoj menadžera (Choosing, creating and developing managers), ODITOR, Časopis za

menadžment, finansije i pravo, Centar za ekonomska i finansijska istraživanja, Lomina br. 2, 11000 Beograd, Srbija, April, 2021; broj 3/2021, ISSN 2683-3476 (Online), ISSN 2217-401X (Print), https://oditor.rs/ DOI: 10.5937/Oditor2103105D

https://doi.org/10.5937/Oditor2103105D

A.3 Kategorizacija M30

A.3.1 M33

2024

1. Ján Ágh, Irina Makarova, **Pavle Dakić**, Enhancing SEO Compliance of JavaScript Web Frameworks through Automated Testing inside CI/CD Pipelines, SQAMIA 2024 Eleventh Workshop on Software Quality Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications, September 9–11, 2024, Novi Sad, Serbia.

   https://ceur-ws.org/

   Status: **prihvaćen za objavu**.

2. Abbasi Shazmeen, **Pavle Dakić** and Alwahab Dhulfiqar Zoltan, B2A, A Straight-Through Approach from Basics to Advanced Level: Case Study for Python Course, SQAMIA 2024 Eleventh Workshop on Software Quality Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications, September 9–11, 2024, Novi Sad, Serbia.

   https://ceur-ws.org/

   Status: **prihvaćen za objavu**.

3. Peter Demeter, **Pavle Dakić**, Visualization of code metrics for code quality and assessment of breach of standards, 2024 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT'2024), Ceske Budejovice, Czech Republic 19–21 September 2024, DOI: , ISSN 2770-5226 (Online), ISSN 2770-5218 (Print).

   IEEE Xplore

   https://doi.org/

   Status: **prihvaćen za objavu**.

4. Filip Cák, **Pavle Dakić**, Configuration Tool for CI/CD Pipelines and React Web Apps, 2024 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT'2024), Ceske Budejovice, Czech Republic 19–21 September 2024, DOI: , ISSN 2770-5226 (Online), ISSN 2770-5218 (Print).

   IEEE Xplore

   https://doi.org/

   Status: **prihvaćen za objavu**.

2023

1. Tomáš Goliš, **Pavle Dakić**, Valentino Vranić, Automatic deployment to Kubernetes cluster by applying a new learning tool and learning processes, SQAMIA 2023 Tenth Workshop on Software Quality Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications, September 10–13, 2023, Bratislava, Slovakia.

   https://ceur-ws.org/Vol-3588/p16.pdf

2. Igor Stupavský, **Pavle Dakić**, Vladimir Todorović, Marijana Aleksić, Historical aspect and impact of fake news on business in various industries, Economic and Social Development (Book of Proceedings), 76th International Scientific Conference on Economic and Social Development (VADEA), ESD Conference Belgrade, Maj 17-18, 2023 MB University, Teodora Drajzera 27, 11000 Belgrade, Serbia; ISSN 1849-7535 (Online) https://www.esd-conference.com/

   https://www.proquest.com/docview/2822801819/20B74EB82FE4AFBPQ/41?accountid=50235

3. Marijana Aleksić, **Pavle Dakić**, Igor Stupavský, Vladimir Todorović, Time and company management in cases of fake news within the automotive industry, Economic and Social Development (Book of Proceedings), 76th International Scientific Conference on Economic and Social Development (VADEA), ESD Conference Belgrade, Maj 17-18, 2023 MB University, Teodora Drajzera 27, 11000 Belgrade, Serbia; ISSN 1849-7535 (Online) https://www.esd-conference.com/

   https://www.proquest.com/docview/2822802116/20B74EB82FE4AFBPQ/6?accountid=50235

2022

1. Tomáš Golis, **Pavle Dakić**, Valentino Vranić, Creating Microservices and using infrastructure as code within the CI/CD for dynamic container creation, November 23–25, 2022 IEEE 16th International Scientific Conference on Informatics, 23–25 November 2022, Poprad, Slovakia, DOI: 10.1109/Informatics57926.2022.10083442, ISSN 979-8-3503-1034-4 (Online), 979-8-3503-1035-1 ISSN (Printed), Informatics' 2022 - IEEE Xplore.

   https://doi.org/10.1109/Informatics57926.2022.10083442

2. **Pavle Dakić**, Vladimir Todorović, World historical aspect of car development and economic influence in changing energy sources, September 16 2022, Belgrade, Serbia, MIP 2022 - 6th International Scientific Conference Management and law 2022 "Globalization and modern business".

   https://mip2022.mbuniverzitet.edu.rs/wp-content/uploads/2022/09/BOOK-OF-ABSTRACTS-MB-2022.pdf

3. Andrej Petričko, **Pavle Dakić**, Valentino Vranić, Comparison of visual occupancy detection approaches for parking lots and dedicated containerized REST-API server application, September 11-14 2022, Novi Sad, Serbia, DOI: Vol-3237 urn:nbn:de:0074-3237-8, ISSN (Online) 1613-0073, CEUR Workshop Proceedings, SQAMIA 2022 - Software Quality Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications 2022.

   http://ceur-ws.org/Vol-3237/paper-pet.pdf

4. Nikoleta Hroncová, **Pavle Dakić**, Research study on the use of CI/CD among Slovak students, Spišská Kapitula, Slovakia, September 26-28 2022;

   DOI: https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913113, 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT) - IEEE Xplore.

   https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913113

5. Roland Szarka, **Pavle Dakić**, Valentino Vranić, Cost-effective real-time parking space occupancy detection system, Spišská Kapitula, Slovakia, September 26-28 2022;

   DOI: https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913171, 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT) - IEEE Xplore.

   https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913171

6. Michael Kročka, **Pavle Dakić**, Valentino Vranić, Automatic License Plate Recognition Using OpenCV, Spišská Kapitula, Slovakia, September 26-28 2022;

   DOI: https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913168, 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT) - IEEE Xplore.

   https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913168

7. Michael Kročka, **Pavle Dakić**, Valentino Vranić, Extending Parking Occupancy Detection Model for Night Lighting and Snowy Weather Conditions, Novi Sad, Serbia, May 25-26 2022; DOI: https://doi.org/10.1109/ZINC55034.2022.9840556, 2022 IEEE Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC) - IEEE Xplore.

   https://doi.org/10.1109/ZINC55034.2022.9840556

8. **Pavle Dakić**, Vladimir Todorović, Valentino Vranić, Financial Justification for using CI/CD and Code Analysis for Software Quality Improvement in the Automotive Industry, Novi Sad, Serbia, May 25-26 2022; DOI: https://doi.org/10.1109/ZINC55034.2022.9840702, 2022 IEEE Zooming Innovation in Consumer Technologies Conference (ZINC) - IEEE Xplore.

   https://doi.org/10.1109/ZINC55034.2022.9840702

2021

1. **Pavle Dakić**, Vladimir Todorović, Biljana Petrović, Investment reasons for using standards compliance in autonomous vehicles, Economic and Social Development (Book of Proceedings), 75th International Scientific Conference on Economic and Social Development Development, ESD Conference Belgrade, 02-03 December, 2021 MB University, Teodora Drajzera 27, 11000 Belgrade, Serbia; ISSN 1849-7535 (Online)
   https://www.esd-conference.com/

2. Vladimir Todorović, **Pavle Dakić**, Marijana Aleksić, Company management using managerial dashboards and analytical software, Economic and Social Development (Book of Proceedings), 75th International Scientific Conference on Economic and Social Development Development, ESD Conference Belgrade, 02-03 December, 2021 MB University, Teodora Drajzera 27, 11000 Belgrade, Serbia; ISSN 1849-7535 (Online)
   https://www.esd-conference.com/

3. **Pavle Dakić**, Miodrag Živković, An overview of the challenges for developing software within the field of autonomous vehicles, ECBS 2021: 7th Conference on the Engineering of Computer Based System, Novi Sad, Serbia, May 26-27, 2021; DOI: 10.1145/3459960.3459972,
   https://dl.acm.org/doi/10.1145/3459960.3459972

2020

1. **Pavle Dakić**, Jelena Savić, Vladimir Todorović, Software quality control management using black-box testing, Abstract, Ziteh 2020 – Management 2020, MESTE - Faculty of Business and Law, Belgrade, Serbia, Oct 8, 2020.

2019

1. **Pavle Dakić**, Luka Filipović, Marko Starčević, Application of fundamental analysis in investment decision making example of a domestic business entity, 3rd International Scientific Conference on IT, Tourism, Economics, Management and Agriculture - ITEMA 2019 Bratislava, Slovakia, October 24, 2019.
   DOI: 10.31410/ITEMA.S.P.2019.149

2016

1. **Pavle Dakić**, Stefan Kocić, Dušanka Paspalj, Miloš Popović, Importance of responsive web design for education of students using faculty website - Sinteza 2016, Maj 2016.

2. **Pavle Dakić**, Aleksandar Todosijević, Mladen Pavlović, Značaj poslovne inteligencije za poslovanje marketinške agencije - International scientific conference ERAZ 2016 Knowledge based sustainable economic development, Jun 2016;
   DOI: 10.13140/RG.2.1.2490.3289

3. Miloš Popović, Milan Milosavljević, **Pavle Dakić**, Twitter Data Analytics in Education Using IBM Infosphere Biginsight – Sinteza 2016, Maj 2016;
   DOI: 10.15308/Sinteza-2016-74-80

2011

1. **Pavle Dakić**, Siniša Đorđević, Oblak računarstvo – Cloud Computing, Vikend pobednika, – Zbornik radova, Zlatar Novembar 2011, Beogradska poslovna škola

2. Andrea Injac, Majda Seferi, **Pavle Dakić**, Virtualne banke – Virtual Banks, Vikend Finansija, Zlatar Maj 2011, Beogradska poslovna škola

2010

1. **Pavle Dakić**, Siniša Đorđević, Menadžerske kontrolne table - Managment Dashboards, Vikend Ekonomije, Zlatar Novembar 2010, Beogradska poslovna škola;

DOI: 10.13140/RG.2.1.4920.9841 - M33

2. **Pavle Dakić**, Siniša Đorđević, Lokalni biznis, proizvodnja hrane - Local business - production of food, Vikend Ekonomije, Zlatar Maj 2010, Beogradska poslovna škola; DOI: 10.13140/RG.2.1.4396.6964 - M33

3. **Pavle Dakić**, Siniša Đorđević, Oblak računarstvo – Cloud Computing, IT vikend, Zlatar Mart 2010, Beogradska poslovna škola; DOI: 10.13140/RG.2.1.1250.9686 - M33

A.4 Kategorizacija M50

A.4.1 M53

2021

1. **Pavle Dakić**, Vladimir Todorović, Isplativost i energetska efikasnost autonomnih vozila u EU, FBIM Transactions Journal, MESTE - Faculty of Business and Law, Belgrade, Serbia, Oktobar 10, 2021; Vol 9, No 2 (2021) 10.12709/fbim.09.09.02.03, DOI: 10.12709/issn.2334-704X, ISSN 2334-704X (Online), ISSN 2334-718X (Print), https://www.meste.org/ojs/index.php/fbim/article/view/1198

2. **Pavle Dakić**, Jelena Savić, Vladimir Todorović, Software quality control management using black-box testing on an existing webshop TrinitiShop, FBIM Transactions Journal, MESTE - Faculty of Business and Law, Belgrade, Serbia, April 15, 2021; FBIM Transactions Vol. 9 (2021) No. 1 pp. 28-38 10.12709/fbim.09.09.01.03, DOI: 10.12709/issn.2334-704X, ISSN 2334-704X (Online), ISSN 2334-718X (Print), https://www.meste.org/ojs/index.php/fbim/article/view/1137

A.5 Druga didaktička sredstva (bilteni, priručnici, skripte i sl.)

1. Bilten, Trening novih Edukatora u programu prevencije trgovine ljudima, Zlatibor, 05-08.07.2016., M. Živković, P. Dakić, J. Anđelić, Crveni krst Srbije, Španski Crveni krst

2. Bilten, Trening novih Edukatora u programu prevencije trgovine ljudima, Zlatibor, 02-05.07.2016., M. Živković, M. Ružić, P. Dakić, J. Anđelić, Crveni krst Srbije, Španski Crveni krst

3. Bilten, Trening novih Edukatora u programu prevencije trgovine ljudima, Zlatibor, 20-23.05.2016., P. Dakić, M. Živković, J. Anđelić, Crveni krst Srbije, Španski Crveni krst

4. Bilten, Seminar obuke novih Edukatora u programu prevencije trgovine ljudima, Crveni krst Voždovac, Beograd, P. Dakić, S. Veselinović, Z. Parezanović, 24-25.03.2012, Crveni krst Srbije

5. Bilten, Trening obuke Trenera programa prevencije trgovine ljudima, Zlatibor, 05-09.02.2016. M. Živković, S. Veselinović, N. Aleksandrović, P. Dakić, J. Anđelić, Crveni krst Srbije

6. Bilten, The 14th International Youth Summer camp for Cultural Exchange, Respect and Tolerance Backi Monostor, 04-10.08.2014. G. Savin, B. Klipa, E. Vas, P. Dakić, D. Klipa, N. Klipa, Crveni krst Sombor
http://www.cksombor.org.rs

7. Bilten, Seminari obuke novih Edukatora u programu prevencije trgovine ljudima, za rad sa decom sa lakom intelektualnom ometenošću, Tara, P. Dakić, M. Živković, M. Slavković, B. Sekulić, M. Mitić, 10.01 - 12.01.2012. / 12.01 - 14.01.2012., Crveni krst Srbije, Španski Crveni krst

8. Bilten, Međunarodni seminar, Seminar obuke novih edukatora u programu prevencije trgovine ljudima, Sutomore, Crna Gora, P. Dakić, E. Delević, N. Milosavljević, V. Zlatić Arsenović 27.07-29.07.2011., Crveni krst Crne Gore, Crveni krst Srbije

9. Bilten, Letnja škola Baošići u okviru programa prevencije trgovine ljudima, Baošić, J. Isailović, P. Dakić, M. Janićijević, 26.06-05.07.2011., Crveni krst Srbije

10. Newsletter, Human Trafficking – Prevention Kit, International Youth Anti trafficking summer camp "Should we run away or hide" Kovin – Čardak, Serbia, P. Dakić, M. Lupšić, E. Delević, N. Milosavljević, M. Mitić, V. Zlatić Arsenović, M. Arsenov, J. Anđelić, 10-17.07.2011., Red Cross of Serbia – Crveni krst Srbije

11. Bilten, Letnja škola Baošići u okviru programa prevencije trgovine ljudima, Baošić, Z. Parezanović, S. Veselinović, P. Dakić, 17-28.06.2011., Crveni krst Srbije

12. Bilten, Trening za edukatore u programu prevencije trgovine ljudima, Crvenog krsta Srbije, P. Dakić, 01.03-02.03.2011., Crveni krst Srbije

13. Bilten, Seminar dodatne obuke sertifikovanih Trenera u programu prevencije trgovine ljudima, Crvenog krsta Srbije, P. Dakić, 28.02-03.03.2011., Crveni krst Srbije

14. Bilten, Seminar obuke novih Trenera u programu prevencije trgovine ljudima, Zlatibor, P. Dakić, M. Andrejević, M. Paležević, 13-16.01.2011., Crveni krst Srbije

A.6 Reference nacionalnog nivoa u drugim državama (samostalne ili kolektivne izložbe, umetnički nastupi na bilateralnom i međunarodnom nivou)

1. Umetnički rad, P. Dakić, S. Kocić, M. Stanojević, Izrada promotivnog video materijala, Beogradska poslovna škola Promotivni video Upis 2015/16, 2015, Pavle Dakić, Beogradska poslovna škola, Visoka škola strukovnih studija
https://www.youtube.com/watch?v=kUc-y2dyUeM

2. Umetnički rad, 19-20.06.2014. Beogradska poslovna škola, Visoka škola strukovnih studija, i Državni pedagoški Univerzitet iz Omska, Ruska Federacija - Upravljanje razvojem u evroaziskom regionu, Status, Problemi i perspektive, Beograd – Managing the development of regions of the Eurasian space, Status, Problems and Prospects, Belgrade, organizacija i tehnička podrška prilikom realizacije međunarodne konferencije u vidu dokumentovanja događaja u slici i reči; dizajniranje i priprema za štampu materijala sa konferencije, zajedno sa DVD-ijem i pakovanjem u plastičnoj kutiji.

3. Umetnički rad, P. Dakić, S. Stajić. A. Vrtača, S. Papić, M. Lupšić, V. Dakić, Izrada dokumentarnog video materijala, 12-16.11.2014., Budućnost i perspektiva studenata diplomaca medicinskih nauka, 2014, Visoka zdravstvena škola, visoka škola strukovnih studija
https://www.youtube.com/playlist?list=PLcPAFiL_0YBmvsjxRxf9moJOb20uZDVks

4. Umetnički rad, P. Dakić, S. Stajić. A. Vrtača, S. Papić, M. Lupšić, Izrada dokumentarnog video materijala, 20-24.11.2013., Budućnost i perspektiva studenata diplomaca medicinskih nauka, 2013, Visoka zdravstvena škola, visoka škola strukovnih studija
https://www.youtube.com/playlist?list=PLcPAFiL_0YBnkiIUublkpPSe0-Ots3kaR

5. Umetnički rad, P. Dakić, A. Arnuš, M. Arsenov, Izrada kratke reportaže, 22.06-24.06.2012. Seminar obuke novih edkatora u programu prevencije trgovine ljudima, za rad sa decom sa lakom Intelektualnom ometenošću, 2012, Crveni krst Srbije
https://www.youtube.com/watch?v=FXPLVnhRoLw

6. Umetnički rad, P. Dakić, Promotivni spot, Izrada promotivnog video materijala, Beogradska poslovna škola Promotivni video Upis 2012/13, 2010, Beogradska Poslovna škola, Visoka škola strukovnih studija
https://www.youtube.com/watch?v=Of6cZHJn5Bk

7. Umetnički rad, P. Dakić, J. Tolić, Izrada kratke reportaže, Marking of 18 October 2012 - TC Ušće, Kalemegdan, Železnička Stanica - Red Cross of Serbia, 2012, Crveni krst Srbije
https://www.youtube.com/watch?v=-qIpVV8WKlI

8. Umetnički rad, P. Dakić, J. Tolić, J. Anđelić, Izrada kratke reportaže, Obeležavanje 18 Oktobra, 2012, 2012, Crveni krst Srbije
https://www.youtube.com/watch?v=Oegcb7jtz-Q

9. Umetnički rad, P. Dakić, R. Blau, J. Anđelić, Izrada kratkog edukativnog multimedijalnog spota, Preventivni Paket – Prevention Kit, 2012, Crveni krst Srbije
https://www.youtube.com/watch?v=0SLSPNgZqx0

10. Umetnički rad, P. Dakić, Izrada multimedijalnog video materijala, The 12th International Youth Summer camp - Camp video - Red Cross Sombor, 2012, Crveni krst Sombor
https://www.youtube.com/watch?v=GvXdFKxYOkg

11. Umetnički rad, P. Dakić, P. Kuštra, R. Reznak, J. Giorgi, Izrada multimedijalnog video materijala, First Aid Movie Presentation, 2012, Mađarski Crveni krst
https://www.youtube.com/watch?v=5lIw4wXFf14

12. Umetnički rad, P. Dakić, S. Jović, A. Petrović, S. Šaponja, Dokumentarna emisija, 14. 02.2012. Sremska vinijada, Ocenjivanje vina i dodela nagrada, Mesna zajednica Berkasovo,

Poljoprivredni fakultet, Beograd
https://www.youtube.com/watch?v=CYaNzkh7698

13. Umetnički rad, P. Dakić, Reportaža, Reportaža o Bosutu, 2012, Pokret za negovanje reke Bosut, Zelena Patrola
https://www.youtube.com/watch?v=9jxoDYHSC7c

14. Umetnički rad, P. Dakić, Humanitarni koncert, The Frajle koncert Šid, povodom dana zaljubljenih, Kulturno obrazovni centar, Šid, 2011, Kulturno obrazovni centar, Šid
https://www.youtube.com/watch?v=cUUe651J1Js

15. Umetnički rad, P. Dakić, 2011, Izrada kratkog dokumentarnog filma o realizovanim aktivnostima, Film omladine Crvenog krsta Voždovac 2011, Crveni krst Voždovac
https://www.youtube.com/watch?v=MpTHMahkikE

16. Umetnički rad, P. Dakić, 2011, Izrada kratke reportaže o realizovanoj aktivnosti, Obeležavanje 18 Oktobra 2011, Tržni Centar Ušće, 2011, Crveni krst Srbije
https://www.youtube.com/watch?v=SQ6I3SHyXZs

17. Umetnički rad, P. Dakić, M. Mastilović, Z. Davidovac, Prof. Dr. I. Samardžić, 55 Godina postojanja Beogradske poslovne skole 1956-2011 – Film, Izrada multimedijalnog filma, video monografije o istorijatu škole u periodu od 1956-2011 godine., 2011, Beogradska Poslovna škola, Visoka škola strukovnih studija
https://www.youtube.com/watch?v=Clrt0AJ1HoM

18. Umetnički rad, S. Jović, P. Dakić, A. Petrović, S. Šaponja, Dokumentarna emisija, 11.10.2010. Sugestije za ocenjivanje vina, Sremska vinijada, Mesna zajednica Berkasovo, Poljoprivredni fakultet, Beograd
https://www.youtube.com/watch?v=l6yz6_GcIPc

19. Umetnički rad, P. Dakić, Reportaža, IT OpenDays 2010, 2010, Računarski Fakultet Beograd, Tehnička škola „Nikola Tesla“
https://www.youtube.com/watch?v=2B-Hs9UB4k8

20. Umetnički rad, P. Dakić, P. J. Stupavski, S. Stupavski, D. Stupavski, N. Kolar, B. Đijerčan, SKUS „Jednota“ Šid, Dokumentovanje svečanosti o 200 godina Slovaka u Šidu, 1810-2010, 2010, Obeležavanje 200 godina Slovaka u Šidu - Deo 2, 2010, Ambasada Republike Slovačke u Srbiji, Matica Slovačka u Srbiji
https://www.youtube.com/watch?v=ufHMwK_TtHc

21. Umetnički rad, P. Dakić, P. J. Stupavski, S. Stupavski, D. Stupavski, N. Kolar, B. Đijerčan, SKUS „Jednota“ Šid, Dokumentovanje svečanosti o 200 godina Slovaka u Šidu, 1810-2010, 2010, Obeležavanje 200 godina Slovaka u Šidu - Deo 1, 2010, Ambasada Republike Slovačke u Srbiji, Matica Slovačka u Srbiji
https://www.youtube.com/watch?v=WSzgH-ysZKA

22. Umetnički rad, P. Dakić, P. Kuštra, R. Reznak, J. Giorgi, Izrada multimedijalnog video materijala, Accident simulation First Aid Movie, 2010, Mađarski Crveni krst
https://www.youtube.com/watch?v=lma61ADvie0

23. Umetnički rad, C. Aničić, P. Dakić, Predstava/film, Zelim da se oslobodim Isecak - KOC - Bioskop Šid, Kulturno obrazovni centar, Šid, 2010, Amatersko pozorište Branislav Nušić, Šid
https://www.youtube.com/watch?v=xIuKlpQ6fr0

24. Umetnički rad, P. Dakić, Promotivni spot, Izrada promotivnog video materijala, Beogradska poslovna škola Promotivni video Upis 2010/11, 2010, Beogradska Poslovna škola, Visoka škola strukovnih studija
https://www.youtube.com/watch?v=MaKx_efXhbU

25. Umetnički rad, P. Dakić, Izrada multimedijalno video materijala, FACE 2010 Red Opening Ceremony, Cross of Serbia, 2010, Crveni krst Srbije
https://www.youtube.com/watch?v=VvLmXwpMuH0

26. Umetnički rad, P. Dakić, Izrada multimedijalno video materijala, STOP Motion, 2010, Crveni krst Sombor
https://www.youtube.com/watch?v=xz47DQxb0wk

Softver autonomnih vozila i implementacija novih metoda razvoja

ORIGINALITY REPORT

2%
SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	nardus.mpn.gov.rs Internet	108 words — < 1%
2	Oliver Udvardi, Ján Lang. "SCRUM Retrospective Discussions Support Based on Class-Diagram Redocumentation", 2022 IEEE 16th International Scientific Conference on Informatics (Informatics), 2022 Crossref	76 words — < 1%
3	link.springer.com Internet	76 words — < 1%
4	www.mdpi.com Internet	71 words — < 1%
5	www.meste.org Internet	70 words — < 1%
6	www.researchgate.net Internet	32 words — < 1%
7	www.uniag.sk Internet	32 words — < 1%
8	Paraschos Koutris, Xiating Ouyang, Jef Wijsen. "Consistent Query Answering for Primary Keys on	24 words — < 1%

Rooted Tree Queries", Proceedings of the ACM on Management of Data, 2024
Crossref

9	ceur-ws.org Internet	24 words — < 1%
10	lirias.kuleuven.be Internet	23 words — < 1%
11	elibrary.kdpu.edu.ua Internet	20 words — < 1%
12	www.slu.se Internet	16 words — < 1%
13	elar.urfu.ru Internet	15 words — < 1%
14	dione.lib.unipi.gr Internet	14 words — < 1%
15	docplayer.net Internet	11 words — < 1%
16	repositorium.uminho.pt Internet	10 words — < 1%
17	www.conferenceie.ase.ro Internet	10 words — < 1%
18	www.degruyter.com Internet	10 words — < 1%
19	"NUTRITION - HUMAN - HEALTH 2021. Peer-reviewed proceedings of scientifica papers of th	9 words — < 1%

Institute of Nutrition and Genomics FAFR SUA in Nitra", Slovak University of Agriculture in Nitra, 2021
Crossref

20	Lecture Notes in Computer Science, 2015. Crossref	9 words — < 1%
21	Prana Ugiana Gio, elly rosmaini. "Belajar Olah Data dengan SPSS, MINITAB, R, MICROSOFT EXCEL, EVIEWS, LISREL, AMOS, dan SMARTPLS", INA-Rxiv, 2018 Publications	9 words — < 1%
22	dnevnikjuga.rs Internet	9 words — < 1%
23	qdoc.tips Internet	9 words — < 1%
24	singipedia.singidunum.ac.rs Internet	9 words — < 1%
25	www.compucloud.com.mx Internet	9 words — < 1%
26	www.minedu.sk Internet	9 words — < 1%
27	Lukas Mastilak, Robert Suchy, Kristian Kostal, Ivan Kotuliak. "Blockchain-Based Sustainable Retail Loyalty Program", IEEE Access, 2023 Crossref	8 words — < 1%
28	arhe.ff.uns.ac.rs Internet	8 words — < 1%
29	dabar.srce.hr Internet	8 words — < 1%

30	export.arxiv.org Internet	8 words — < 1%
31	sming.rs Internet	8 words — < 1%
32	spectrum.library.concordia.ca Internet	8 words — < 1%
33	uclouvain.be Internet	8 words — < 1%
34	vdocuments.site Internet	8 words — < 1%
35	www.jssidoi.org Internet	8 words — < 1%
36	G.R. Karpagam, B. Vinoth Kumar, J. Uma Maheswari, Xiao-Zhi Gao. "Smart Cyber Physical Systems - Advances, Challenges and Opportunities", CRC Press, 2020 Publications	7 words — < 1%
37	hdl.handle.net Internet	7 words — < 1%
38	"Proceedings of Eighth International Congress on Information and Communication Technology", Springer Science and Business Media LLC, 2024 Crossref	6 words — < 1%
39	Joanna Domagała, Aleksandra Górecka, Monika Roman. "Sustainable Logistics - How to Address and Overcome the Major Issues and Challenges", Routledge, 2022 Publications	6 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES	ON	EXCLUDE SOURCES	OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY	ON	EXCLUDE MATCHES	OFF