

Model procjene kvalitete rada stanica za tehnički pregled vozila

Škreblin, Tomislav

Doctoral thesis / Disertacija

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:360003>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Tomislav Škreblin

**MODEL PROCJENE KVALITETE RADA
STANICA ZA TEHNIČKI PREGLED
VOZILA**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2018.



University of Zagreb

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING AND NAVAL
ARCHITECTURE

Tomislav Škreblin

**MODEL OF PTI STATIONS WORK
QUALITY ASSESSMENT**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2018



Sveučilište u Zagrebu

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Tomislav Škreblin

**MODEL PROCJENE KVALITETE RADA
STANICA ZA TEHNIČKI PREGLED
VOZILA**

DOKTORSKI RAD

Mentor: Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Zagreb, 2018.



University of Zagreb

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING AND NAVAL
ARCHITECTURE

Tomislav Škreblin

**MODEL FOR QUALITY ASSESSMENT OF
PTI STATION OPERATION**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: Prof. Nedeljko Štefanić, PhD ME

Zagreb, 2018

PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU

UDK:

Ključne riječi: Kvaliteta, stanice za tehnički pregled vozila, STP, vozila, tehničke karakteristike vozila, rezultati tehničkih pregleda, logit regresijska analiza s više varijabli, genetsko programiranje, karakteristične vjerojatnosti pojave nedostataka, usporedba

Znanstveno područje: tehničke znanosti

Znanstveno polje: strojarstvo

Znanstvena grana: proizvodno strojarstvo

Institucija gdje je rad izrađen: Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

Mentor: Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Broj stranica: XVI, rad 88, prilozi 36

Broj slika: 26

Broj tablica: 30

Broj korištenih bibliografskih jedinica: 30

Datum obrane:

Povjerenstvo: Dr. sc. Goran Đukić, izv. prof.

Dr. sc. Nedeljko Štefanić, red. prof.

Dr. sc. Marin Golub, izv. prof. Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, Republika Hrvatska

Institucija u kojoj je rad pohranjen: Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	VI
SUMMARY	VII
POPIS SLIKA	VIII
POPIS TABLICA.....	X
POPIS OZNAKA	XII
POPIS KRATICA	XIV
ŽIVOTOPIS	XV
BIOGRAPHY	XVI
1. UVOD U ISTRAŽIVANJE.....	1
1.1 Općenito o sustavima tehničkih pregleda.....	1
1.1.1 Izbor i izobrazba nadzornika.....	2
1.1.2 Tehnički pregled vozila.....	2
1.1.3 Opis poslovnog procesa tehničkog pregleda u 2012. godini.....	4
1.2 Izbor i obrazloženje teme istraživanja.....	5
1.2.1 Utjecaji na rezultate pojedinačne STP	6
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	8
2.1 Istraživanje primjenjivih metoda.....	8
2.2 Istraživanje izvora vezanih za temu ovog rada.....	9
2.3 Sintetski pregled znanstvenih istraživanja.....	12
2.4 Ciljevi, hipoteza i očekivani doprinos istraživanja.....	14
2.5 Sastavnice modela	15
3. POSTAVLJANJE ISTRAŽIVANJA	18
3.1 Opis problema	18
3.2 Određivanje podataka relevantnih za izradu modela.....	18
3.3 Podaci o vozilu i RTP-u koji neće biti uključeni u izradu modela.....	24

3.3.1	Podaci za održavanje baze podataka i šifrnika.....	24
3.3.2	Podaci koji ne opisuju svojstva vozila	24
3.3.3	Broj šasije vozila	24
3.3.4	Vrsta vozila	24
3.3.5	Marka, tip vozila	27
3.3.6	Model vozila.....	27
3.3.7	Namjena vozila.....	28
3.3.8	Tehnički podaci koji se ne upisuju i ne vode za vozila M1 kategorije	28
3.3.9	Podaci koji neće značajno pridonijeti analizi.....	29
3.4	Analiza tehničkih karakteristika vozila upotrijebljenih za logit regresijsku analizu....	33
3.4.1	Jedinstveni broj vozila.....	34
3.4.2	Godina proizvodnje vozila	34
3.4.3	Prosječni godišnje prijeđeni put	35
3.4.4	Vrsta motora i vrsta postupka ispitivanja ispušnih plinova.....	35
3.4.5	Masa	36
3.4.6	Vrsta kočnica.....	38
3.4.7	Maksimalna brzina	38
3.4.8	Snaga motora, zapremina motora.....	38
3.4.9	Duljina, širina, visina	39
3.4.10	Kuka	39
3.4.11	Sklop na kojemu je nedostatak nađen	39
3.5	Određivanje referentne grupe vozila	40
3.5.1	Podaci koje treba isključiti iz analize.....	41
3.5.2	Netipične vrijednosti	42
3.5.3	Analiza metoda za izdvajanje podataka	46
3.5.4	Detaljnija analiza metoda Box-whisker i Hempelovog identifikatora.....	49
4.	IZRADA MODELA	50

4.1	Logit regresijska analiza.....	50
4.1.1	Diskretne neovisne varijable	52
4.1.2	Istraživanje interakcija i određivanje članova višeg stupnja.....	53
4.1.3	Metoda najveće vjerodostojnosti (eng. <i>maximum likelihood method</i>).....	58
4.1.4	Procjena dobrote prilagodbe modela.....	58
4.2	Izrada inicijalnog modela	63
4.3	Optimiranje modela.....	64
4.4	Modeli dobiveni logit regresijskom analizom.....	65
4.5	Usporedba izračunatih vjerojatnosti i stvarnih prosječnih neispravnosti.....	66
4.5.1	Izravna usporedba stvarnih i izračunatih vrijednosti.....	68
4.5.2	Najmanja suma p-vrijednosti	69
4.5.3	Klizna kritična vrijednost.....	70
4.5.4	Metoda logaritmiranja.....	71
5.	VALIDACIJA MODELA	74
5.1	Osnove genetskog programiranja	74
5.1.1	Stvaranje početne populacije.....	76
5.1.2	Selekcija	76
5.1.3	Razmnožavanje	77
5.1.4	Sažetak	78
5.2	ECF (Evolutionary Computation Framework).....	78
5.2.1	Simbolička regresija.....	79
5.2.2	Parametri potrebni za podešavanje ECF-a	80
5.3	Rad ECF-a s podacima	82
5.4	Rezultati dobiveni genetskim programiranjem	83
5.5	Validacija pomoću podataka iz 2013.	84
6.	ZAVRŠNO RAZMATRANJE ISTRAŽIVANJA	89
6.1	Dokaz hipoteze	89

6.2	Zaključak o istraživanju	89
7.	POPIS LITERATURE.....	92
8.	PRILOZI.....	95
8.1	Prilog 1. Koeficijenti modela za sklopove 1 do 16 koji su dobiveni regresijskom analizom	95
8.2	Prilog 2. Vjerojatnosti po sklopovima i STP koje su izračunate pomoću dobivenog modela	98
8.3	Prilog 3. Postoci neispravnosti izračunati iz stvarnih podataka o neispravnostima po pojedinom sklopu i pojedinoj STP	102
8.4	Prilog 4. p-vrijednosti dobivene uparenim t-testom prosječnih neispravnosti i vjerojatnosti modela, po STP i sklopovima.....	106
8.5	Prilog 5. STP poredane po prosječnim logaritmiranim p-vrijednostima.....	112
8.6	Prilog 6. Koeficijenti modela za sklopove 1 do 16 koji su dobiveni regresijskom analizom pomoću podataka prikupljenih u 2013. godini	118
8.7	Prilog 7. Prikaz kôda ECF operatora simboličke regresije <i>SymbRegEvalOp.cpp</i>	121
8.8	Prilog 8. Koeficijenti modela za sklopove 1 do 16 koji su dobiveni genetskim programiranjem	123

SAŽETAK

Ovaj rad opisuje istraživanje pogodnog načina korištenja podataka o tehničkim karakteristikama vozila i rezultata tehničkog pregleda tih vozila u svrhu procjene kvalitete rada stanica za tehnički pregled vozila (dalje: STP). Metodom logit regresijske analize s više varijabli i metodom genetskog programiranja, određene su funkcije koje povezuju tehničke karakteristike vozila i vjerojatnosti pojave određene vrste nedostataka kod redovnoga tehničkog pregleda. Tako dobivenim funkcijama, određene su karakteristične vjerojatnosti pojave nedostataka za svaku pojedinačnu STP, koje se statistički uspoređuju sa stvarnim karakterističnim postocima pojave nedostataka u pripadajućim STP. Temeljem rezultata usporedbe tako dobivenih vjerojatnosti pojave nedostataka pojedinačnih STP s njihovim stvarnim rezultatima, donosi se odluka kojoj STP treba posvetiti više pozornosti u smislu obuke i nadzora.

Ključne riječi:

Kvaliteta, stanice za tehnički pregled vozila, STP, vozila, tehničke karakteristike vozila, rezultati tehničkih pregleda, logit regresijska analiza s više varijabli, genetsko programiranje, karakteristične vjerojatnosti pojave nedostataka, usporedba.

SUMMARY

The thesis describes research conducted in order to find an adequate method of applying technical specifications of vehicles and the results of periodical inspection of such vehicles for the assessment of the quality of operation of periodical technical inspection stations (PTI stations). Functions which correlate technical specifications of vehicles with the probability of detecting certain groups of defects during periodical vehicle inspection were determined by using multiple logistic regression analysis and genetic programming. These functions were then used to establish characteristic probabilities of detecting defects on vehicles for every single PTI station. The results of a statistical comparison of the above mentioned characteristic probabilities for PTI stations with the stations' actual results are used as a basis for deciding which PTI stations require extra supervision or additional training.

Keywords:

Quality, periodical technical inspection stations (PTI stations), vehicles, vehicle technical specifications, periodical vehicle inspection results, multiple logistic regression analysis, genetic programming, characteristic probabilities of detecting defects, comparison.

POPIS SLIKA

Slika 1	Hodogram poslovnog procesa tehničkog pregleda	4
Slika 2	Hodogram modela procjene kvalitete rada STP-a	17
Slika 3	Pregled 25 najzastupljenijih marki vozila na RTP-ima u 2012. godini	28
Slika 4	Udio vozila s automatiziranim mjenjačem u ukupnoj populaciji M1 vozila	30
Slika 5	Udio vozila s pogonom na obje osovine u ukupnoj populaciji vozila M1 kategorije..	30
Slika 6	Udio vozila s 2 do 9 mjesta za sjedenje, uključujući i mjesto vozača u populaciji vozila M1 kategorije	31
Slika 7	Udio vozila s 2, 3 i 4 bočnih vrata u populaciji M1 kategorije vozila	32
Slika 8	Ovisnost prosječne neispravnosti o godini proizvodnje vozila na RTP-ima u 2012. godini	34
Slika 9	Ovisnost prosječne neispravnosti o prosječnom godišnje prijeđenom putu vozila M1 kategorije na RTP-u u 2012. godini	35
Slika 10	Primjer strukture šifrnika nedostataka	40
Slika 11	Prikazi raspodjela podataka za kontinuirane varijable uključene u izradu modela ...	48
Slika 12	Primjer distribucije srednjih vrijednosti ovisne dihotomne varijable Sklop2 (Uređaj za kočenje).....	51
Slika 13	Grafički prikaz korelacija između osnovnih neovisnih varijabli modela	54
Slika 14	Primjeri Box-Whisker dijagrama korištenih za procjenu interakcija između diskretnih i kontinuiranih varijabli.....	57
Slika 15	Hodogram odabira ovisnih varijabli uz pomoć metode izbora varijabli postupnim smanjivanjem broja varijabli.....	65
Slika 16	Prikaz izravne usporedbe izračunatih vjerojatnosti i stvarnih postotaka neispravnosti za STP H-003, H-024, H-046, H-074 i H-093	68
Slika 17	Izravna usporedba izračunatih vjerojatnosti i stvarnih postotaka neispravnosti za STP H-106	68
Slika 18	Izravna usporedba izračunatih vjerojatnosti i stvarnih postotaka neispravnosti za STP H-099	69
Slika 19	Broj sklopova po rasponima p-vrijednosti	71
Slika 20	Grafički prikaz funkcije $y = \log x + 1,301$	72
Slika 21	Grafički prikaz izraza $3 + a$	75
Slika 22	Grafički prikaz izraza $2/c + a - (b + 4 \cdot d)$	75
Slika 23	Jedinke koje razmjenjuju ogranke.....	77

Slika 24 Izgled jedinki koje prikazuje slika 23 nakon razmjene ogranaka	78
Slika 25 Usporedba izračunatih vjerojatnosti i stvarno nađenih postotaka neispravnosti za STP H-022 prema podacima iz 2013. godine	86
Slika 26 Usporedba izračunatih vjerojatnosti i stvarno nađenih postotaka neispravnosti za STP H-022 prema podacima iz 2012. godine	86

POPIS TABLICA

Tablica 1 Raščlamba vozila na sklopove koje na vozilu treba pregledati prema Pravilniku o tehničkim pregledima vozila (“Narodne novine”, broj 148/08, 36/10) [3].....	3
Tablica 2 Struktura skupa podataka koji je izdvojen iz baze podataka tehničkih pregleda.....	20
Tablica 3 Kategorije vozila prema Pravilniku o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama (“Narodne novine”, broj 51/10, 84/10, 145/11 i 140/13).....	26
Tablica 4 Brojnost različitih kategorija vozila i njihov postotni udio u ukupnom broju vozila u RH na temelju podataka o redovnim tehničkim pregledima u periodu od 1. 7. 2012. do 30. 6. 2013. godine [27]	27
Tablica 5 Vrste namjena kojih mogu biti vozila kategorije M1 i njihova zastupljenost u ukupnom broju vozila kategorije M1	29
Tablica 6 Svođenje službene raspodjele vrste motora na vrste motora za potrebe logit regresijske analize i na motore koji ne podliježu ispitivanju ispušnih plinova (bez Eko testa)37	
Tablica 7 Udjeli u ukupnom broju vozila pojedinih razina varijable LogVrstaMotora.....	38
Tablica 8 Statistički pokazatelji potrebni za provedbu metoda za izdvajanje netipičnih vrijednosti.....	44
Tablica 9 Granice za određivanje netipičnih vrijednosti prema više metoda	47
Tablica 10 Usporedba vrijednosti asimetrije (eng. <i>skewness</i>) i spljoštenosti (zaobljenosti) (eng. <i>kurtosis</i>) po varijablama nakon izdvajanja netipičnih vrijednosti sukladno granicama određenim metodom Hampelovog identifikatora i Box-Whisker metodom.....	49
Tablica 11 Primjer kodiranja dvorazinske diskretne varijable Spol	53
Tablica 12 Primjer kodiranja četverorazinske diskretne varijable VrstaMotora.....	53
Tablica 13 Kodiranje diskretnih varijabli za potrebe izrade ovog modela	53
Tablica 14 Vrijednosti r kao mjera korelacije za osnovne neovisne kontinuirane varijable ...	55
Tablica 15 Podaci o JKVNV i broju vozila u njima	60
Tablica 16 Prikaz i usporedba vrijednosti procjene dobrote prilagodbe modela za modele svih sklopova kod korištenja različitih poveznih funkcija i nakon optimiranja modela.....	61
Tablica 17 Primjer Hosmer-Lemeshow tablice s podacima o grupiranju stvarnih (<i>Observed</i>) i izračunatih (<i>Expected</i>) vrijednosti za potrebe izračuna značajke C	62
Tablica 18 10 STP s najmanjim zbrojevima p-vrijednosti.....	70
Tablica 19 10 STP s najmanjim prosječnim p-vrijednostima	73
Tablica 20 Nazivi varijabli korišteni za genetsko programiranje	82
Tablica 21 Vrijednosti procjene dobrote prilagodbe modela za modele svih sklopova.....	85

Tablica 22 10 STP s najmanjim prosječnim p-vrijednostima u 2013. godini	86
Tablica 23 10 STP s najmanjim prosjekom trajanja od prijave TP do prolaza na ponovljenom TP unutar jednog dana - 2013. godina	87
Tablica 24 Koeficijenti modela dobiveni logit regresijskom analizom (prvi dio)	95
Tablica 25 Vjerojatnosti po sklopovima i STP dobivene modelom.....	98
Tablica 26 Postoci neispravnosti nađeni u pojedinim STP, po sklopovima	102
Tablica 27 p-vrijednosti dobivene uparenim t-testom prosječnih neispravnosti i vjerojatnosti modela, po STP i sklopovima	106
Tablica 28 STP poredane po prosječnim logaritmiranim p-vrijednostima od STP s najlošijim rezultatima prema STP s najboljim rezultatima	112
Tablica 29 Koeficijenti modela dobiveni logit regresijskom analizom pomoću podataka prikupljenih u 2013. godini (prvi dio).....	118
Tablica 30 Koeficijenti modela dobiveni genetskim programiranjem (prvi dio).....	123

POPIS OZNAKA

$\bar{\delta}_{tk}$	srednja vrijednost razlika izračunatih vjerojatnosti sklopova i prosječnih neispravnosti stvarno nađenih u STP, po svakoj STP i po svakom sklopu,
$\bar{\delta}_k$	srednja vrijednost razlika izračunatih vjerojatnosti sklopova i prosječnih neispravnosti stvarno nađenih u STP, za cijelu populaciju, po svakom sklopu,
x_k	svaka vrijednost iz promatranog niza podataka
x_0	referentna vrijednost kod metoda određivanja netipičnih vrijednosti
ζ	mjera varijacije podataka kod metoda određivanja netipičnih vrijednosti
t	parametar za određivanje praga iznad kojeg se vrijednosti proglašavaju netipičnim vrijednostima
σ	(grč. <i>sigma</i>) standardno odstupanje (devijacija) populacije
\bar{x}	srednja vrijednost
\tilde{x}	medijan
S	skalirano apsolutno odstupanje od medijana u metodi Hampelovog identifikatora netipičnih vrijednosti
Q	razlika između vrijednosti gornjeg i donjeg kvartila
x_U	gornji kvartil
x_L	donji kvartil
β_0	konstanta u jednadžbi modela dobivenog logit regresijskom analizom
β_{ij}	koeficijenti uz pripadajuće varijable u jednadžbi modela dobivenog logit regresijskom analizom
y_i	ovisne varijable
x_{ij}	neovisne varijable
D_{it}	zamjenske varijable diskretnih varijabli u jednadžbi modela dobivenog logit regresijskom analizom
J	broj jedinstvenih kombinacija vrijednosti neovisnih varijabli
m_j	broj promatranih subjekata koji sadrže istu kombinaciju vrijednosti neovisnih varijabli
D	devijanca
W_j	<i>Wald</i> -ova značajka
$\widehat{SE}(\hat{\beta}_j)$	standardna pogreška procijenjenih koeficijenata uz varijable modela
$\bar{\delta}_{tk}$	prosječna razlika između postotaka neispravnosti za svaki sklop u svakoj STP i izračunatih vjerojatnosti za svaki sklop svakog vozila pregledanog u pojedinoj STP
n_t	broj vozila pregledanih u pojedinoj STP
t	indeks rednog broja stanice za tehnički pregled, $t = 1$ do 157
k	indeks rednog broja sklopa, za Sklop1, $k = 1$, za Sklop2, $k = 2$, itd., $k = 1$ do 16

POPIS OZNAKA

δ_{itk}	razlika između postotaka neispravnosti za svaki sklop u svakoj STP i izračunatih vjerojatnosti za svaki sklop svakog vozila pregledanog u pojedinoj STP
p_{tk}	postoci neispravnosti pojedinog sklopa u pojedinoj STP, izračunati iz statusa neispravnosti tog sklopa r_{itk} na svakom vozilu pregledanom pojedinoj STP
r_{itk}	statusi neispravnosti nađen kod pojedinog sklopa, „ispravno“(0) ili „neispravno“(1)
v_{itk}	vjerojatnosti izračunate dobivenim modelom za svaki sklop na svakom vozilu pregledanom u pojedinoj STP
s_{Dtk}	standardna odstupanja za svaki sklop po pojedinoj STP
z_{tk}	statističke značajke za upareni t-test
r	<i>Pearson</i> -ov koeficijent korelacije

POPIS KRATICA

STP	stanica za tehnički pregled vozila
NEDC	New European Driving Cycle - standardizirani način vožnje za vrijeme kojeg se mjere emisije ispušnih plinova vozila koji se obično vozi na posebnoj ispitnoj napravi s valjcima koja simulira stvarne uvjete vožnje.
COPERT	programski paket kojim se izračunavaju emisije ispušnih plinova u cestovnom prometu, a koji je razvijen pod okriljem Europske agencije za okoliš.
nadzornik	nadzornik tehničke ispravnosti vozila
RTP	redovni tehnički pregled
TP	tehnički pregled općenito
Funkcije	funkcijske povezanosti između tehničkih karakteristika vozila i vjerojatnosti pojave određene skupine nedostataka na RTP-u
AZOP	Agencija za zaštitu osobnih podataka
EU	Europska unija
Eko test	postupak ispitivanja ispušnih plinova na motornim vozilima
RH	Republika Hrvatska
NO _x	skupna kratica za dušikove okside NO i NO ₂
Sklop1	Uređaj za upravljanje
Sklop2	Uređaj za kočenje
Sklop3	Uređaji za osvjetljavanje i svjetlosnu signalizaciju
Sklop4	Uređaji koji omogućuju normalnu vidljivost
Sklop5	Samonosiva karoserija te šasija s kabinom i nadogradnjom
Sklop6	Elementi ovjesa, osovine i kotači
Sklop7	Motor
Sklop8	Buka vozila
Sklop9	Elektrouređaji i elektroinstalacije
Sklop10	Prijenosni mehanizam
Sklop11	Kontrolni i signalni uređaji
Sklop12	Ispitivanje ispušnih plinova motornih vozila (Eko test)
Sklop13	Uređaj za spajanje vučnog i priključnog vozila
Sklop14	Ostali uređaji i dijelovi vozila
Sklop15	Oprema vozila
Sklop16	Registracijske pločice i oznake
JKVNV	Jedinstvene kombinacije vrijednosti neovisnih varijabli
GP	Genetsko programiranje

ŽIVOTOPIS

Tomislav Škreblin rođen je 20. lipnja 1975. u Zagrebu. Osnovnu školu „Braća Horvat“ i „Franjo Ogulinac - Seljo“ završio je u Zagrebu. Srednju elektrotehničku školu „Ruđer Bošković“ u Zagrebu upisao je 1990. godine i završio je 1994. godine. Godine 1994. započinje sa studijem na Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, smjer Strojarske konstrukcije, gdje je diplomirao 2000. godine. Nakon odsluženog vojnog roka zapošljava se u Tvornici željezničkih vozila „Janko Gredelj“ gdje radi do 2002. godine kada prelazi u Centar za vozila Hrvatske. Od 2002. do 2007. godine radi na mjestu „Stručnog suradnika za tehničke preglede“ gdje se bavi razvojem metoda tehničkih pregleda vozila, obukom nadzornika tehničke ispravnosti vozila i održavanjem uređaja i opreme u stanicama za tehnički pregled. 2007. godine postaje Rukovoditelj tehničkog odjela Centra za vozila Hrvatske.

Napisao je i priredio više od 10 različitih stručnih biltena iz područja tehničkih pregleda vozila, te sudjelovao u izradi i recenziji više od 20 izdanja koje koriste nadzornici tehničke ispravnosti u stanicama za tehnički pregled u cijeloj RH.

Sudjelovao je radu više međunarodnih tehničkih odbora CITA-e u razvoju i pripremi tehnologija i metoda primjenjivih u tehničkom pregledu, te trenutno sudjeluje u SET II projektu, također u organizaciji CITA-e.

Oženjen je i otac troje osnovnoškolske djece.

Objavljeni radovi:

1. Gašljević, Gordan; Škreblin, Tomislav: „*Opacity Transfer Standard Calibration*“, *Suvremeni promet: Časopis za pitanja teorije i prakse prometa*. 28 (2008) ; str. 71-77 (pregledni rad).
2. Mikulić, Iva; Pejić, Goran; Škreblin, Tomislav: „*Improvement of the Roller Brake Tester Calibration Process*“, *LEAN Spring Summit 2017 Book of Proceedings*, Šibenik 1. - 2. June 2017., page 35-45.
3. Škreblin, Tomislav: „*Elements of Calculation of Average Annual Mileage for Motor Vehicles*“, *LEAN Spring Summit 2018 Book of Proceedings*, Opatija 24. - 25. May 2018., page 59-71, conference paper.
4. Pejić, Goran, Škreblin, Tomislav, Presečki, Janko: „*Certification of the equipment for carriage of perishable foodstuffs - procedure for measuring the coefficient of heat transfer k of the insulated transport body*“, *Technical Gazette* 25, 3(2018), ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online), page 948-955 (professional paper).
5. Projekt preuzimanja poslova registracije i srodnih poslova u stanice za tehnički pregled, razvojni projekt za industriju.

BIOGRAPHY

Tomislav Škreblin was born in Zagreb, Republic of Croatia, on June 20th, 1975. He finished elementary schools „Braća Horvat“ and „Franjo Oguinac - Seljo“ in Zagreb. He started his studies in high school for electronic and electrotechnics “Ruđer Bošković” in 1990 and finishes it in 1994. In year 1994 he starts his studies at Faculty of Machine Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, where he graduated in 2000. After finishing his military service, he starts to work at Railway Vehicles Factory “Janko Gredelj” until 2002. when he leaves to Center for Vehicles of Croatia. From 2002 until 2007 he performs his duties as Periodical Technical Inspections Expert Associate where he deals with development of vehicle technical inspection methods, training of inspectors and maintenance of equipment in technical inspection stations all over Republic of Croatia. In 2007 he is promoted to Head of Technical Department of Center for Vehicles of Croatia.

He wrote and has prepared more than 10 various expert bulletins which cover technical inspections of vehicles, and has participated in preparation and reviewing of more than 20 various publications used by inspectors in technical inspection stations.

He participated in many international CITA technical committees dealing with development and preparation of technologies and methods applicable in vehicle technical inspection. Currently, he participates in SET II CITA project.

He is married and has three elementary school children.

Published papers:

1. Gašljević, Gordan; Škreblin, Tomislav: „*Opacity Transfer Standard Calibration*“, Moden Traffic: Journal for transport theory and practices. 28 (2008) ; pp. 71-77 (Review).
2. Mikulić, Iva; Pejić, Goran; Škreblin, Tomislav: „*Improvement of the Roller Brake Tester Calibration Process*“, LEAN Spring Summit 2017 Book of Proceedings, Šibenik 1. - 2. June 2017., page 35-45.
3. Škreblin, Tomislav: „*Elements of Calculation of Average Annual Mileage for Motor Vehicles*“, LEAN Spring Summit 2018 Book of Proceedings, Opatija 24. - 25. May 2018., page 59-71, conference paper.
4. Pejić, Goran, Škreblin, Tomislav, Presečki, Janko: „*Certification of the equipment for carriage of perishable foodstuffs - procedure for measuring the coefficient of heat transfer k of the insulated transport body*“, Technical Gazette 25, 3(2018), ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online), page 948-955 (professional paper).
5. Project of the takeover of registration procedures and related activities in PTI stations, development project for the industry.

1. UVOD U ISTRAŽIVANJE

Institucija tehničkih pregleda vozila je, u uređenim društvima, uspostavljena radi nadzora nad tehničkom ispravnošću voznog parka, kako bi ista bila u granicama koje su dovoljne za sigurno prometovanje na cestama.

Modeli sustava tehničkih pregleda diljem svijeta su u načelu jednaki: vozila se periodično, po sili zakona, podvrgavaju tehničkom pregledu, na kojem moraju zadovoljiti zakonske minimume tehničke ispravnosti. Ako vozilo zadovolji propisane kriterije, dozvoljava mu se daljnje sudjelovanje u prometu, a ako ne zadovolji, daje mu se određeni rok za otklanjanje nedostataka, te za ponovno podvrgavanje tehničkom pregledu na kojem bi se trebalo utvrditi da su nedostaci otklonjeni.

Razlike među sustavima tehničkih pregleda svode se na veličinu perioda između dva tehnička pregleda, manje razlike u kriterijima koje treba zadovoljiti, status tijela koje provodi tehnički pregled, itd., ali svim su tim sustavima jednake brige koje se tiču kvalitete i ujednačenosti provedbe tehničkog pregleda bez obzira na to tko, gdje i na čemu provodi tehnički pregled.

Svaki sustav tehničkih pregleda vozila je nadziran, a za tijelo koje ga nadzire bilo bi dobro da osmisli učinkovit sustav tog nadzora, kako bi se razina kvalitete i ujednačenosti provedbe mogla održati na zadovoljavajućoj razini.

U ovom se radu predlaže model nadzora nad radom stanica za tehnički pregled vozila putem analize rezultata tehničkih pregleda, koji može biti primjenjiv na bilo kojem sustavu tehničkih pregleda vozila.

1.1 Općenito o sustavima tehničkih pregleda

Sustave tehničkih pregleda vozila uspostavlja država, ili, kod većih država (Njemačka, SAD, Španjolska), visoko tijelo regionalne uprave, u cilju održavanja sigurne tehničke razine ispravnosti na njihovom teritoriju. Sustavi tehničkih pregleda sastoje se obično od stanica za tehnički pregled u kojima se provode pregledi vozila. Stanice za tehnički pregled opremljene su opremom koja pomaže nadzorniku u donošenju odluke o tome je li pregledavano vozilo ispravno ili neispravno.

Nadzornici su posebno obučeno osoblje odgovarajućeg znanja i iskustva koje pregledava vozila i na njima pokušava naći nedostatke.

1.1.1 Izbor i izobrazba nadzornika

Osobe koje žele raditi u sustavu tehničkog pregleda vozila kao nadzornici moraju zadovoljiti neke početne uvjete koji se tiču njihovoga prethodnog znanja i izobrazbe. Ti uvjeti obično zahtijevaju da osoba vlada znanjima iz područja načela funkcioniranja cestovnih vozila, a dodatnom izobrazbom se te osobe upućuju u znanja potrebna za procjenu neispravnosti na vozilu te u poznavanje propisanog postupka tehničkog pregleda. Uspješnim zadovoljavanjem početnih uvjeta i početne izobrazbe, osoba dobiva formalno odobrenje za rad u sustavu tehničkog pregleda, koji počinje probnim periodom ili periodom vježbeništva, sve dok se osoba ne osamostali u radu.

S obzirom na stalan napredak tehnike i tehnologije cestovnih vozila, te na promjene i prilagodbe propisa tom napretku, nužno je da nadzornicima bude omogućena kontinuirana izobrazba i pružanje informacija koje im pomažu u radu i donošenju ispravnih odluka. Znanja pružena kroz kontinuiranu izobrazbu imaju svoju vrijednost samo ako su ispravno i u cijelosti usvojena. Iako mnogi sustavi tehničkog pregleda u svojoj organizaciji provode i periodične provjere znanja nadzornika, izobrazba kroz pojedinačnu komunikaciju instruktora i nadzornika pokazala se kao najbolja tehnika prijenosa znanja.

Međutim, takav način izobrazbe zahtijeva značajno angažiranje resursa, stoga se ovako treba pristupati samo STP-ima koji kroz svoje rezultate pokazuju da imaju poteškoća u radu.

Pitanje koje se postavlja je kako izgledaju rezultati koji bi trebali alarmirati stručnu organizaciju koja obavlja izobrazbe nadzornika?

1.1.2 Tehnički pregled vozila

Tehnički pregled vozila se obavlja temeljem propisa koji reguliraju to područje. U RH je to Zakon o sigurnosti prometa na cestama ("Narodne novine", broj 67/08, 48/10, 74/11 i 80/13) [1] kojim je propisano da vozila koja sudjeluju u prometu na cestama moraju biti registrirana. Vozila koja su registrirana dobivaju prometnu dozvolu i bivaju označena registracijskim pločicama. Jedan od uvjeta koji vozilo mora ispuniti da bi bilo registrirano ili da bi mu se produžilo važenje prometne dozvole je da bude tehnički ispravno, što se dokazuje kroz postupak tehničkog pregleda. Tehnički pregled se obavlja u stanicama za tehnički pregled. Stanice za tehnički pregled su posebne ustanove koje moraju ispunjavati uvjete koji su propisani Pravilnikom o uvjetima koje mora ispunjavati stanica za tehnički pregled vozila ("Narodne novine", broj 33/09) [2] kako bi se u njima na pravilan i profesionalan način mogao obavljati tehnički pregled vozila.

Tehnički pregled vozila se redovito obavlja po propisanom postupku koji redovito uključuje raščlambu vozila na sklopove koje na njemu obavezno treba pregledati. Postupak tehničkog pregleda obično bude propisan nekim lokalnim propisom, kao što je to, npr., u RH, Pravilnik o tehničkim pregledima vozila (“Narodne novine”, broj 148/08 i 36/10) [3], unutar kojega je opisana i raščlamba vozila na sklopove koji se moraju provjeriti (Tablica 1).

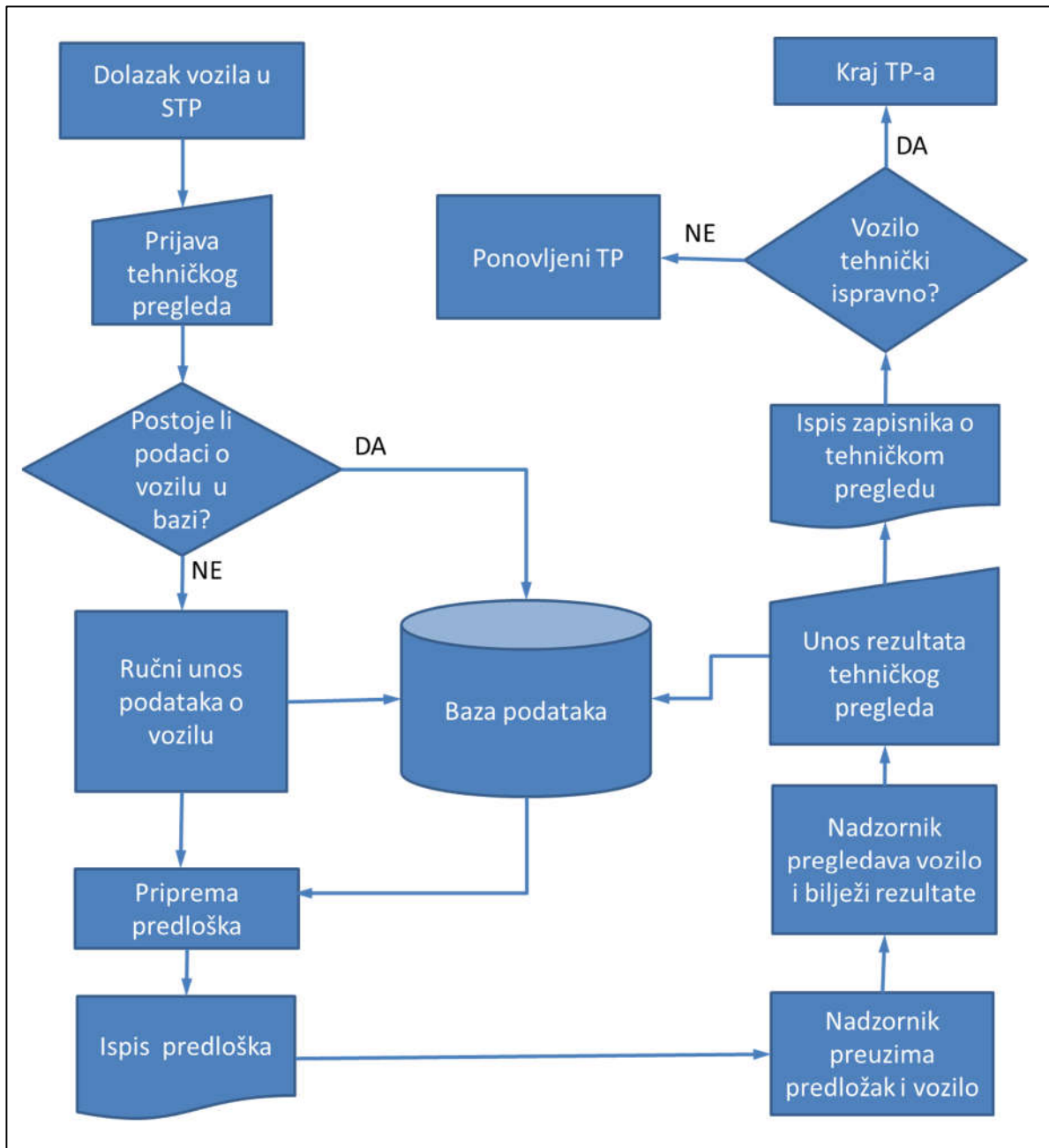
Tablica 1 Raščlamba vozila na sklopove koje na vozilu treba pregledati prema Pravilniku o tehničkim pregledima vozila (“Narodne novine”, broj 148/08, 36/10) [3].

1.	Uređaj za upravljanje
2.	Uređaj za kočenje
3.	Uređaji za osvjetljavanje i svjetlosnu signalizaciju
4.	Uređaji koji omogućuju normalnu vidljivost
5.	Samonosiva karoserija te šasija s kabinom i nadogradnjom
6.	Elementi ovjesa, osovine i kotači
7.	Motor
8.	Buka vozila
9.	Elektrouređaji i elektroinstalacije
10.	Prijenosni mehanizam
11.	Kontrolni i signalni uređaji
12.	Ispitivanje ispušnih plinova motornih vozila (Eko test)
13.	Uređaj za spajanje vučnog i priključnog vozila
14.	Ostali uređaji i dijelovi vozila
15.	Oprema vozila
16.	Registracijske pločice i oznake
17.	Plinska instalacija

Na temelju takvih podjela građene su nomenklature nedostataka, pomoću kojih se nedostaci bilježe u sklopu tehničkog pregleda u bazu podataka. Dakle, uobičajeno je da se nađeni nedostaci na vozilima sortiraju prema nekoj raščlambi, kao što je to na primjer raščlamba koju prikazuje Tablica 1, a takva podjela će za potrebe ovog rada biti jedna od temelja analize podataka o vozilima i tehničkim pregledima.

1.1.3 Opis poslovnog procesa tehničkog pregleda u 2012. godini

Kako bi postupak punjenja baze podataka podacima o vozilima i rezultatima tehničkog pregleda bio što jasniji, u nastavku će biti opisan uobičajeni oblik poslovnog procesa tehničkog pregleda.



Slika 1 Hodogram poslovnog procesa tehničkog pregleda u 2012. godini

Vlasnik vozila dovozi vozilo u STP i prijavljuje ga za tehnički pregled. Administrativno osoblje u STP zaprima potrebnu dokumentaciju i u informacijskom sustavu otvara predmet tehničkog pregleda. Prvo upisuje potrebne podatke o vozilu, ali samo iz dozvoljenih relevantnih izvora (npr. homologacijska dokumentacija) ili povlači već postojeće podatke iz baze, ako isti za

predmetno vozilo postoje. Na predložak, koji služi kao podsjetnik za ručno zapisivanje nađenih nedostataka, ispisuju se podaci o vozilu koje je u sklopu tehničkog pregleda potrebno provjeriti. Predložak se predaje nadzorniku koji će vozilo pregledati. Nadzornik preuzima vozilo i pregledava ga na tehnološkoj liniji redosljedom koji mu diktiraju položaji uređaja za ispitivanje na tehnološkoj liniji i karakterističnosti sklopova i stavki na vozilu koje treba pregledati. Nadzornik detaljno pregledava vozilo i svaki nađeni nedostatak bilježi na predložak. Rezultate koji se dobiju na uređajima za ispitivanje prepisuje na predložak ili radi ispis iz uređaja koji prilaže uz predložak. Po završetku pregleda i ispitivanja nadzornik unosi rezultate u informacijski sustav, a svaki uneseni nedostatak razvrstava se na stavke i sklopove koje diktira raščlamba vozila.

U skladu s ozbiljnošću nađenih nedostataka vozilo se proglašava ispravnim, neispravnim, ili mu se čak, za vrlo ozbiljne nedostatke, može zabraniti uključivanje u promet.

Ukoliko je vozilo proglašeno tehnički neispravnim, vlasnik je dužan u propisanom roku otkloniti nađene nedostatke i vratiti se u STP na ponovljeni tehnički pregled na kojem se treba utvrditi da su ti nedostaci otklonjeni.

Osnovna činjenica koja ostaje iza svakog ovako obavljenog tehničkog pregleda je da u bazi podataka ostaje zapisan redak s podacima o vozilu kojemu su pridruženi redci s pripadajućim nedostacima, a to je skup podataka koji će se u ovom radu koristiti za izradu modela procjene kvalitete rada STP.

1.2 Izbor i obrazloženje teme istraživanja

Svaki sustav tehničkih pregleda želi postići ujednačenost kriterija pregleda u svakoj STP. Ujednačenost kriterija pregleda znači da će određeno vozilo u svim STP na jednak način biti pregledano i da će pojedine nesukladnosti nađene na njemu na jednak način biti proglašavane nedostacima. Ujednačenost kriterija ne znači da svaka STP mora imati približno iste prosječne rezultate tehničkih pregleda, već da rezultati odražavaju stvarno stanje vozila koja su prošla kroz TP u promatranjoj STP. Dakle, ako se rezultati neke STP razlikuju od prosjeka ili od rezultata STP-a iz susjedne regije, to ne mora nužno značiti da je ujednačenost kriterija narušena.

Stoga se postavlja pitanje kako procijeniti razinu ujednačenosti kriterija među STP ako se samo na rezultate tehničkih pregleda nije moguće osloniti?

Da bi dobili odgovor na ovo pitanje, potrebno je razmotriti što sve utječe na rezultate tehničkih pregleda. Intuitivno je vrlo lako zaključiti da će rezultati TP-a ovisiti o starosti vozila: što je

vozilo starije, podložnije je kvarovima i nedostacima. Zatim, što je vozilo korištenije, veća je vjerojatnost kvarova, itd. Dakle, može se reći da rezultati ovise o nekim tehničkim karakteristikama vozila. Nadalje, ekonomsko stanje vlasnika vozila i razina njegove tehničke kulture značajno utječu na kvalitetu održavanja vozila pa stoga i na pojavu neispravnosti na njemu. Motivacija i izobrazba radnika, kao i kvaliteta opreme kojom se obavlja neki posao, kao i u svakom drugom proizvodnom ili uslužnom procesu, utječu na njegovu kvalitetu. I na kraju, ukoliko su međuljudski odnosi u kolektivu poremećeni, to će također utjecati na rezultate TP-a.

1.2.1 Utjecaji na rezultate pojedinačne STP

Utjecaji na rezultate tehničkih pregleda pojedine STP moguće je razdvojiti na vanjske:

- tehničke karakteristike vozila (starost, prosječni godišnje prijeđeni put, snaga motora, itd.)
- kvaliteta održavanja vozila

i na unutarnje:

- stručnost nadzornika
- organizacija poslovnih procesa unutar STP
- kvaliteta opreme za ispitivanje
- međuljudski odnosi
- motivacija nadzornika.

Tehničke karakteristike vozila su podaci koji se pohranjuju u bazu podataka o tehničkim pregledima zajedno s rezultatima tehničkih pregleda što predstavlja izvor lako dobavljivih i mjerljivih podataka koje je moguće obraditi i njihovom obradom dobiti određene rezultate. Tehničke karakteristike vozila posredno predstavljaju i kvalitetu voznog parka u smislu održavanja njihove tehničke ispravnosti koji se pregledava u pojedinoj STP. Primjerice, starost vozila (mlađa vozila obično su ispravnija), prijeđeni put (vozila koja su prešla manje kilometara su ispravnija), zapremina motora (vozila s motorima veće zapremine su skuplja, vlasnici ih zbog toga radije i bolje održavaju), duljina, visina i širina vozila (veća vozila su skuplja, vlasnici ih zbog toga radije i bolje održavaju), itd.

Kvaliteta održavanja vozila ovisi o ekonomskom stanju vlasnika vozila i razini njegove tehničke kulture [6], što je teško mjerljivo i izvan je opsega ovog rada. Međutim, intuitivno je moguće zaključiti da je kvaliteta održavanja u čvrstoj korelaciji sa starošću vozila: vlasnici

vozila boljeg ekonomskog stanja posjeduju novija vozila s kojima posjećuju ovlaštene servise, a što je vozilo starije, odnosno kako se odnos troškova održavanja i vrijednosti vozila povećava, veća je vjerojatnost da će se vozilo rjeđe održavati, i ako će se održavati, to će biti u servisima koji ne moraju biti ovlašteni. Stoga se može očekivati da će utjecaj kvalitete održavanja vozila odraziti u koeficijentu uz neovisnu varijablu koja predstavlja starost vozila.

Unutarnji utjecaji su zapravo ono čemu se želi posvetiti veća pozornost u onim STP koje pokazuju značajno odstupanje od ujednačenosti kriterija. Dakle, ako se kroz rezultate modela koji će biti opisan ovim radom utvrdi da STP svojim rezultatima odstupa od rezultata koji predstavljaju ujednačeni kriterij, u toj STP je potrebno posebno proučiti unutarnje utjecaje i poduzeti mjere kako bi ih se dovelo u stanje koje omogućava ujednačenost kriterija.

Kako tehnički podaci vozila koji se prikupljaju tijekom njihovog tehničkog pregleda posredno predstavljaju kvalitetu voznog parka u smislu stanja njihove tehničke ispravnosti, očekuje se da će STP s kvalitetnijim voznim parkom pronalaziti manje nedostataka na tim vozilima od STP s manje kvalitetnim voznim parkom, te da će njihovi rezultati unatoč jednakim kriterijima biti različiti. Imajući na umu tu činjenicu, ovim se radom želi predložiti model kojim će se ocjenjivati kvaliteta rada pojedine STP u ovisnosti o tehničkim karakteristikama vozila koja tamo obavljaju tehnički pregled kako bi se postiglo preciznije i pravednije ocjenjivanje kvalitete njihovog rada.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Prema opisu i obrazloženju teme istraživanja, pregledano je više desetaka naslova članaka i znanstvene literature čija se tematika bavi tehničkim pregledima vozila, ispitivanjima vozila, statističkom analizom podataka i općenito industrijskim inženjerstvom i menadžmentom. Znanstvena literatura koja se bavi tehničkim pregledima vozila je, nažalost, vrlo rijetka. O ovoj se tematici većinom mogu naći sporadični članci objavljeni u različitim stručnim časopisima. Pregled znanstvene literature i članaka dan je u nastavku redoslijedom kako su obrađivani, a nakon toga daje se kratak pregled zaključaka koji proizlaze iz pregledane literature i članaka.

2.1 Istraživanje primjenjivih metoda

Knjiga autora David W. Hosmer, Jr., Stanley Lemeshow, Rodney X. Sturdivant: "Applied Logistic Regression", 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2013 [7], detaljno opisuje primjenu logit regresijske analize s više varijabli i načine uspostave modela pomoću kojih je moguće doći do zaključaka iz podataka koji sadrže diskretne varijable. U knjizi je opisan svrhovit način odabira varijabli radi uspostave racionalnog modela koji u pravilu daje stabilnije i kvalitetnije rezultate. Opisan je način tumačenja koeficijenata tako uspostavljenog modela.

S obzirom na to da će se u ovom radu koristiti statističke usporedne rezultata dobivenih modelom i stvarnih rezultata STP, iscrpan opis metoda statističke usporedbe dan je u knjizi autora Douglas C. Montgomery i George C. Runger: "Applied Statistics and Probability for Engineers", Fifth ed., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2011 [8]. Knjiga je koncipirana kao pregled osnovnih statističkih metoda koje su opisane kroz praktične primjere te se može koristiti kao udžbenik. Neki primjeri rješavani su programskim rješenjem Minitab, te autori za rezultate dobivene na taj način daju objašnjenja i način tumačenja rezultata.

Kvaliteta podataka uz pomoć kojih će se raditi regresijska analiza vrlo je važna za konačan rezultat regresijske analize. Posebno na rezultat mogu utjecati netipične vrijednosti (eng. *outliers*), zbog čega skup podataka treba analizirati i iz njega takve vrijednosti izdvojiti. Knjiga autora RONALD K. PEARSONA: "Mining Imperfect Data - Dealing with Contamination and Incomplete Records", Society for Industrial and Applied Mathematics, 2005 [9] daje izvrstan uvid u više metoda kojima se netipične vrijednosti mogu prepoznati i izdvojiti, međutim opisuje i prednosti i mane svake od tih metoda s obzirom na njihovu preciznost u prepoznavanju *outliera*. Jedan od zadataka ovog rada je istražiti koja će od metoda za prepoznavanje netipičnih vrijednosti polučiti najbolje rezultate s obzirom na karakteristike strukture skupa podataka kojeg čine podaci o vozilima skupljeni kroz tehničke preglede vozila.

Jedan od načina validacije modela bit će i izrada modela pomoću genetskog programiranja (vidi Poglavlje 5.). Podroban opis načela i detalja o kojima treba voditi računa kod izrade modela genetskim programiranjem dan je u knjizi John R. Koza: „Genetic programming - On the Programming of Computers by Means of Natural Selection“, A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, Sixth printing, 1998.[28]

2.2 Istraživanje izvora vezanih za temu ovog rada

U godišnjim analizama i prikazima rezultata tvrtke VOSA - stručne organizacije koja organizira i provodi tehničke preglede u Velikoj Britaniji, svake godine objavljuje tzv. *VOSA Effectiveness Report* (2011-2012 *VOSA Effectiveness Report*, VOSA, 2012 [10]), godišnje izvješće u kojem se donose prosjeci nađenih neispravnosti na vozilima u protekloj godini i najčešće neispravnosti nađene na različitim grupama vozila. Sličan primjer može se naći i kod švedskog Bilprovningena, stručne organizacije koja organizira i provodi tehničke preglede u Kraljevini Švedskoj, koja u svojem godišnjem izvješću za 2012. godinu "Besiktningstatistik per fordonsslag och län 2012" [11], daje pregled nađenih neispravnosti po vrstama vozila i po švedskim županijama, gdje se može vidjeti jasna razlika među nekim županijama, što ukazuje na karakterističnost voznog parka regije ili razlike u kriterijima.

Nadalje, važna je tema prikupljanje podataka iz kojih će se adekvatnom analizom moći doći do zaključaka o predmetima inspeksijskog nadzora, u ovom slučaju automobila.

Tako se u članku autora [12] Petera de Haana i Maria Kellera, "Emission factors for passenger cars: application of instantaneous emission modeling", *Atmospheric Environment* 34 (2000) pages 4629-4638, pokušava rezultatima mjerenja ispušnih plinova na ispitivalištu snage odrediti ili predvidjeti stvarna emisija ispušnih plinova naspram one dobivene standardnim ispitivanjima (NEDC). Pokazano je da su emisije ispušnih plinova snimljene kod tzv. "stvarnih" režima vožnje kojima su vozila vožena na ispitivalištima snage veće od onih koje su dobivene primjenom standardnih režima vožnje.

Članak autora Davida C. Carslawa i Glyn Rhys-Tyler, "New insights from comprehensive on-road measurements of NO_x, NO₂ and NH₃ from vehicle emission remote sensing in London", UK, *Atmospheric Environment* 81 (2013) 339-347 [13] opisuje metodu mjerenja sastava ispušnih plinova pri prolazu vozila. Dakle, radi se o uređaju koji je stacioniran uz prometnicu i koji ima mogućnost ispitivanja sastava ispušnih plinova vozila koje prošlo kraj njega. Istraživanje je posebno težište dalo na količine ispuštenoga dušikovog dioksida (NO₂) i amonijaka (NH₃). Dobiveni rezultati pridruženi su pripadajućim vozilima, odnosno njihovim

tehničkim karakteristikama, te se analizom tako uparenih podataka došlo do zaključka da je kod vozila pogonjenih Dieselovim motorom malo dokaza o realnom smanjenju emisije NO_x unutar proteklih 15-20 godina!

Također, članak autora Thomasa N. Hubbarda, "Using inspection and maintenance programs to regulate vehicle emissions", *Contemporary Economic Policy*, Vol. XV, April 1997 [14], daje prijedlog korištenja rezultata daljinskih mjerenja ispušnih plinova kao mjeru poboljšanja sustava tehničkih pregleda u SAD.

S druge pak strane, u članku autora Huan Liua i Matthewa Bartha, "Identifying the effect of vehicle operating history on vehicle running emissions", *Atmospheric Environment* 59 (2012) 22-29 [15] koristi se klasično laboratorijsko ispitivanje na ispitivalištu snage kako bi se ukazalo na to da je kod mjerenja emisije ispušnih plinova potrebno uzeti u obzir 10 - 20 sekundi rada motora prije nego što se zabilježe rezultati ispitivanja.

Članak autora Marina Kousoulidou, Georgios Fontaras, Leonidas Ntziachristos, Pierre Bonnel, Zissis Samaras, Panagiota Dilara: "Use of portable emissions measurement system (PEMS) for the development and validation of passenger car emission factors", *Atmospheric Environment*, vol. 64, 329-338, 2013 [16] opisuje istraživanje emisijskih faktora vozila pomoću prenosivih sustava za mjerenje emisije ispušnih plinova (*Portable emissions measurement system - PEMS*) i njihovu usporedbu s rezultatima koje daje model za predviđanje državne emisije ispušnih plinova COPERT. To su mjerni sustavi koji se postavljaju u i na vozilo i koji mjere i snimaju dobivene rezultate emisije ispušnih plinova dok je vozilo u vožnji na stvarnim cestama. COPERT je model koji kao ulazne varijable uzima tehničke karakteristike vozila i prosječnu potrošnju goriva kako bi za izlazne varijable dao procjene emisija CO, NO_x, HC i čestica. Rezultati dobiveni takvim mjerenjima pokazali su značajnu razliku između rezultata COPERT-a i rezultata dobivenih u realnim uvjetima vožnje EURO 5 osobnog automobila pogonjenog Dieselovim motorom.

Istraživanje opisano u članku Anilovich, I.; Hakkert, AS., "Survey of vehicle emissions in Israel related to vehicle age and periodic inspection", *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT* Vol.: 189, Pages: 197-203, 1996 [17], dokazuje snažnu povezanost pogoršanja emisije ispušnih plinova i starosti vozila, ali za to ne koristi rezultate ispitivanja ispušnih plinova dobivene kroz tehnički pregled, već rezultate dobivene mjerenjima na uzorku motornih vozila koja se u sličnom obliku provode i na tehničkim pregledima. S obzirom na to da su se u ovom istraživanju koristile samo kontinuirane varijable, za dokazivanje ovisnosti emisije CO i HC o starosti vozila korištena je linearna regresijska analiza.

Znanstveni članak autora Sumarni Hamid Aly, Muhammad Isran Ramli, Mary Selintung, Tomonori Sumi : "Study on Emission Measurement of Vehicle on Road Based on Binomial Logit Model", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.9, 2011 [18], koristi podatke sakupljene stvarnim mjerenjima na vozilima zaustavljenim na dvije kontrolne točke u gradu Makassaru na indonezijskom otoku Sulawesiju. Podaci o vozilima na kojima su ispitivanja ispušnih plinova izvedena, povezani su s rezultatima zadovoljavanja granične razine ispušnih plinova u smislu je li vozilo zadovoljilo ili nije zadovoljilo granične vrijednosti. Na osnovi tih podataka izrađen je model pomoću binominalne logit regresijske analize koji je, na osnovi tehničkih podataka o vozilu kao što su starost vozila, zapremina motora, prijedeni put, marka vozila, itd., izračunavao vjerojatnost nezadovoljavanja graničnih vrijednosti komponenata ispušnih plinova.

Autori Sangho Choo, Kevan Shafizadeh, Deb Niemeier: "The development of a prescreening model to identify failed and gross polluting vehicles", Transportation Research Part D 12, 208–218, 2007 [19], Venkataraman Shankar, Fred Manner: "An Exploratory Multinomial Logit Analysis of Single-Vehicle Motorcycle Accident Severity", Journal of Safety Research, Vol. 27, No. 3. pp. 183-194, 1996. [20], opisuje uspostavu multinominalnog logit regresijskog modela i njegovu usporedbu s važećim modelom procjene emisije motornih vozila u Kaliforniji u Sjedinjenim Američkim Državama. Model je izrađen na temelju 837 892 ispitivanja ispušnih plinova i sadrži 92 neovisne varijable. Model kao rezultat daje (a) vjerojatnost da će vozilo zadovoljiti na ispitivanju, (b) da neće zadovoljiti, (c) da će biti proglašeno velikim zagađivačem ili (d) da će ispitivanje iz nekog razloga biti prekinuto.

Stefano Caserini, Cinzia Pastorello, Pietro Gaifami, Leonidas Ntziachristos: "Impact of the dropping activity with vehicle age on air pollutant emissions", Atmospheric Pollution Research Volume 4, pages: 282-289, 2013. [20] i Christian Brand, Anna Goodman, Harry Rutter, Yena Song, David Ogilvie: "Associations of individual, household and environmental characteristics with carbon dioxide emissions from motorised passenger travel", Applied Energy, Vol. 104 158–169, 2013. [22], opisuju ovisnost godišnje prijeđenog puta u ovisnosti o starosti vozila binomnom krivuljom, gdje pokazuju da je pad godišnje prijeđenog puta, i za vozila pogonjena benzinskim i za vozila pogonjena Dieselovim motorom, 50 % nakon što vozilo napuni 8 godina starosti.

Članak autora Beydoun, M, Guldmann, JM: "Vehicle characteristics and emissions: Logit and regression analyses of I/M data from Massachusetts, Maryland, and Illinois", TRANSPORTATION RESEARCH PART D-TRANSPORT AND ENVIRONMENT, Volume: 11, Issue: 1, Pages: 59-76, 2006. [23], opisuje istraživanje u kojem se na temelju

gotovo 4 milijuna zapisa dobivenih iz programa inspekcije i održavanja u tri američke države, formira model pomoću logit regresijske analize. Tim modelom moguće je dobiti procjene vjerojatnosti prolaza na ispitivanju ispušnih plinova. Dodatnim regresijskim modelom opisana je predviđena emisija ispušnih plinova u ovisnosti o određenim tehničkim karakteristikama vozila. Tehničke karakteristike vozila koje su se pokazale ključnima za izradu gore spomenutih modela su starost vozila, potrošnja goriva, prijeđeni put, težina, marka, opće održavanje i doba godine.

Članak autora Bin, O: "A logit analysis of vehicle emissions using inspection and maintenance testing data", TRANSPORTATION RESEARCH PART D-TRANSPORT AND ENVIRONMENT Volume: 8, Issue: 3, Pages: 215-227, 2003.[24] opisuje izradu modela logit regresijskom analizom iz podataka dobivenih iz programa inspekcije i održavanja. Svrha tog modela je selektivno izdvajanje vozila za koja taj model, s velikom vjerojatnošću, pokaže da bi mogla svojim emisijama ispušnih plinova prekoračiti propisane zakonske granice. Tehničke karakteristike vozila navedene u ovom članku, za koja se pokazalo da imaju veliki utjecaj na prekoračenje emisije su starost vozila, zapremina motora i prijeđeni put.

2.3 Sintetski pregled znanstvenih istraživanja

Pregledom i istraživanjem znanstvenih članaka i znanstvene literature iz područja mjerenja i modeliranja podataka o vozilima i pripadajućih rezultata tehničkih pregleda, te temeljem vlastitih iskustava stečenih u području poslova tehničkih pregleda vozila, mogu se utvrditi spoznaje i činjenice kako slijedi:

1. Uobičajeno se kod jednostavnih prikaza rezultata tehničkih pregleda vozila koriste pojednostavljene analize koje uglavnom sadrže rezultate prezentirane srednjim vrijednostima podgrupa (sklopova na vozilu) na koje su prikupljeni podaci razvrstani. Praćenjem i uspoređivanjem tih srednjih vrijednosti tijekom godina i usporedbom sa srednjom vrijednošću, donose se zaključci o kvaliteti voznog parka i kvaliteti rada nadzornika.
2. Velika većina istraživanja koja se obavljaju na vozilima bave se ispitivanjem emisije njihovih ispušnih plinova. Posebno se naglašava štetnost pojedinih ispušnih plinova kao npr. dušikovih oksida (NO_x) i čestica u ispuhu Diesellovog motora, te interes javnosti za kontrolu emisije ispušnih plinova iz motornih vozila.

3. Postavljaju se modeli emisije koji na osnovi tehničkih karakteristika vozila daju procjene emisija različitih ispušnih plinova. Ti modeli se oblikuju logit regresijskom analizom, uobičajenom regresijskom analizom ili korištenjem različitih krivulja poznatih oblika za koje se procjenjuje koliko precizno opisuju model.
4. Dio istraživanja provodi se na podacima koji su sakupljeni kroz programe održavanja i inspekcije vozila, a za dio se rezultati pribavljaju stvarnim mjerenjima, kako u laboratorijskim uvjetima, tako i u stvarnim uvjetima vožnje po cesti.
5. Radovi koji se bave istraživanjem povezanosti tehničkih podataka vozila s različitim izlaznim varijablama, uglavnom kao središte interesa postavljaju emisije ili sastav ispušnih plinova.
6. Pri postavljanju modela koji povezuju tehničke karakteristike vozila i emisije ispušnih plinova, koristi se logit regresijska analiza zbog upotrebe diskretnih ovisnih i neovisnih varijabli. Ovi radovi daju koristan uvid u primjenu logit regresijske analize na podatke koji uključuju diskretne i kontinuirane podatke o automobilima i rezultatima različitih ispitivanja na njima, te daju zaključke koji će se moći primijeniti u ovom radu. Ukoliko se pri postavljanju modela koriste samo kontinuirane varijable, koristi se linearna regresijska analiza.

Sukladno izvršenom istraživanju znanstvenih članaka i literature, mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- a) Uspoređivanje srednjih vrijednosti može dovesti do zablude ako se u obzir ne uzme veličina uzorka i rasipanje vrijednosti. Zato jednostavno uspoređivanje srednjih vrijednosti radi donošenja bilo kakvih zaključka neće davati dovoljno pouzdane rezultate. Rezultate tehničkih pregleda treba uspoređivati provjerom statističke signifikantnosti razlika vrijednosti koje se uspoređuju.
- b) Osim emisija ispušnih plinova, za procjenu opće sigurnosti voznog parka na nekom području, važan je i podatak o očekivanoj prosječnoj neispravnosti vozila, jer ta neispravnost izravno utječe na sigurnost prometa na cestama. Znanstveni članci, a pogotovo znanstvena literatura, ne opisuju oblikovanje modela koji bi za određene tehničke karakteristike davao vjerojatnost prosječne neispravnosti vozila ili vjerojatnost pojave nedostataka na pojedinom sklopu ili dijelu vozila.
- c) S obzirom na to da su rezultati TP-a jednim dijelom diskretne varijable (npr. vozilo je proglašeno tehnički ispravnim ili neispravnim), te da su i neke tehničke karakteristike vozila također diskretne varijable, logit regresijska analiza nameće se kao logičan izbor

metode koja će se koristiti za oblikovanje modela povezanosti tehničkih karakteristika vozila s vjerojatnostima rezultata tehničkih pregleda.

- d) Provođenje mjerenja na uzorku vozila radi prikupljanja rezultata na temelju čije će se analize donositi nekakvi zaključci zahtijeva dodatne resurse u obliku vremena, ljudi, uređaja i, naravno, financija. Podaci zabilježeni tijekom tehničkih pregleda su izdašan izvor velikog broja tehničkih podataka o vozilu i rezultata provedenih ispitivanja i testiranja koji je odmah spreman za obradu i analizu uz minimalne dodatne troškove.

2.4 Ciljevi, hipoteza i očekivani doprinos istraživanja

Cilj istraživanja je oblikovati model kojim se:

1. određuje referentna grupa vozila na temelju koje će se određivati funkcije iz točke 2,
2. određuju funkcije koje povezuju tehničke karakteristike vozila s vjerojatnošću pojave određenih skupina nedostataka na tehničkom pregledu,
3. određuju karakteristične vjerojatnosti pojave nedostataka za svaku STP pomoću funkcija iz točke 2,
4. uspoređuju karakteristični rezultati dobiveni funkcijom iz točke 2. sa stvarnim rezultatima pripadajuće STP.

Gore navedeno nudi se u hipotezi:

Koristeći podatke o vozilima i o nađenim nedostacima kod tehničkih pregleda vozila, moguće je uspostaviti model procjene kvalitete rada STP-a kojim će se pouzdano izdvojiti one STP kojima se treba pristupiti dodatnom izobrazbom ili nadzorom.

Očekivani znanstveni doprinos je model procjene kvalitete rada STP-a koji će u obzir uzeti povezanost tehničkih karakteristika vozila s očekivanom prosječnom neispravnošću vozila, što je novi iskorak u smjeru stvarnijeg i sustavnijeg pristupa procjeni rada STP, umjesto konzervativnog pristupa koji uglavnom koristi usporedbe prosječnih neispravnosti nađenih na vozilima u nekoj STP s prosječnim neispravnostima ostalih STP. Znanstveni doprinos se iskazuje i u upotrebi genetskog programiranja, metode za koju u literaturi nije nađeno da se upotrebljava u analizi podataka dobivenih kroz redovni tehnički pregled.

Također, znanstveni doprinos bit će iskazan u utvrđenim kriterijima i mjerilima koja će biti primijenjena na analizu podataka o vozilima i tehničkim pregledima koji se prikupljaju u STP, dakle na podatke koji već postoje i za čije prikupljanje nije potrebno angažirati dodatne resurse u obliku opreme, ljudi, vremena, financija i sl., što je velika prednost naspram istraživanja koja zahtijevaju dodatan angažman tih resursa.

S obzirom na to da podaci o vozilima prikupljeni u STP imaju određenu svojstvenu strukturu, u ovom radu će se dati doprinos u određivanju najboljih načina analize tih podataka radi uklanjanja netipičnih vrijednosti iz tehničkih podataka o vozilima i rezultata tehničkih pregleda, a kako bi se pronašla stabilna i pouzdana funkcionalna povezanost između pojedinih tehničkih podataka vozila i vjerojatnosti pojave nedostataka na nekim od sklopova vozila.

Dodatni znanstveni doprinos pokazat će se u opisanim postupcima dobivanja odnosa pojedinih tehničkih karakteristika vozila i vjerojatnosti pojava neispravnosti na nekim od sklopova vozila izradom funkcija koje povezuju te dvije grupe podataka pomoću logit regresijske analize, ističući probleme i stranputice na koje, pri izradi ovakvog modela, treba obratiti pozornost. Dakle, model će sadržavati funkcije koje će povezivati tehničke karakteristike vozila s rezultatima pregleda svih sklopova na vozilu, a ne samo s rezultatima ispitivanja ispušnih plinova.

Istraživanjem utjecaja svakog pojedinog koeficijenta uz neovisne varijable gore spomenutih funkcija, dobit će se uvid u utjecaje koje pojedine tehničke karakteristike vozila imaju na pojavu određenih nedostataka. Saznanja dobivena ovim istraživanjem dat će uvid u očekivane neispravnosti vozila određenih tehničkih karakteristika, čime se posebna pozornost pri tehničkom pregledu može, u interesu sigurnosti prometa, usmjeriti baš na ovaj način utvrđene kritične sklopove vozila točno određenih tehničkih karakteristika.

Model će biti tako oblikovan i opisan da se može primijeniti na doslovno svaki autoru poznat sustav tehničkih pregleda, uz manje korekcije zbog različitosti u podjeli vozila na sklopove koje je na tehničkom pregledu potrebno pregledati.

Iskustva stečena oblikovanjem ovog modela bit će upotrijebljena za buduća istraživanja zakonitosti koje povezuju neispravnost vozila s određenim tehničkim parametrima vozila.

2.5 Sastavnice modela

Model procjene kvalitete rada STP-a čine sljedeće sastavnice (slika 2):

1. Određivanje podataka relevantnih za izradu modela

Podaci koji se prikupljaju kroz sustave tehničkih pregleda prikupljaju se zbog različitih namjena (naplata različitih davanja, određivanje referentnih vrijednosti, statistička analiza, itd.), međutim svi ti podaci neće ili neće na jednak način doprinijeti modelu. Stoga će se kroz postupak određivanja podataka relevantnih za izradu modela, predložiti i obrazložiti načini određivanja koji će podaci biti, a koji neće biti relevantni za oblikovanje modela.

2. Metoda određivanja netipičnih vrijednosti.

Svaki skup podataka sadrži netipične vrijednosti koje mogu značajno utjecati na krajnji ishod neke analize. Na skupu podataka, za koje se kroz prethodni postupak utvrdi da su relevantni za model, potrebno je odrediti kriterije za određivanje netipičnih vrijednosti, kako bi se osigurala preciznost modela u najvećoj mogućoj mjeri. Nakon izbacivanja netipičnih vrijednosti, dobije

se referentna grupa vozila s pripadajućim tehničkim podacima koji se koriste za logit regresijsku analizu.

3. Izrada modela pomoću logit regresijske analize

Ovdje se, koristeći neku od uvriježenih metoda, provodi logit regresijska analiza i određivanje signifikantnosti pojedinih neovisnih varijabli za svaki pojedini sklop i izraza funkcija kojima se povezuju tehničke karakteristike vozila s vjerojatnošću pada na tehničkom pregledu zbog neispravnosti na sklopu za koji je ta funkcija određena.

4. Proračun vjerojatnosti pomoću funkcija modela

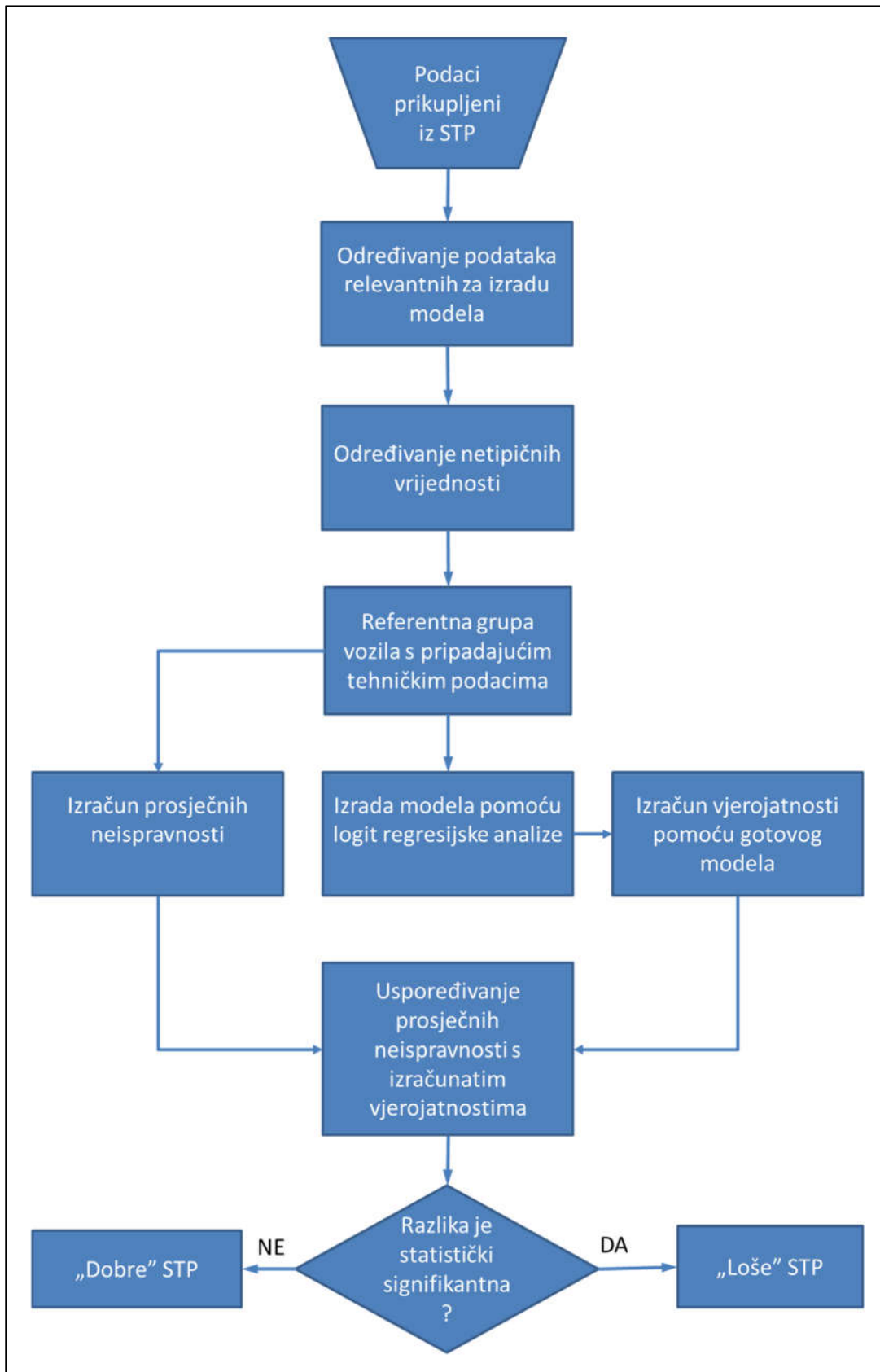
Izračunavaju se vjerojatnosti za sve sklopove po svim STP pomoću funkcija dobivenih u prethodnom koraku i pomoću podataka o vozilima koji su korišteni za izradu funkcija logit regresijskom analizom.

5. Proračun prosječnih neispravnosti

Izračunavaju se prosječne neispravnosti iz podataka o nedostacima nađenim na vozilima čiji su podaci korišteni za izradu funkcija logit regresijskom analizom.

6. Usporedba vjerojatnosti i prosječnih neispravnosti

Rezultati dobiveni modelom uspoređuju se sa stvarnim rezultatima postignutim u STP-ima. Razlike između vjerojatnosti izračunatih modelom i prosječnih neispravnosti izračunatih iz stvarnih podataka, za koje se utvrdi da su statistički signifikantne, predstavljaju anomaliju kojoj se treba pridati više pozornosti u smislu dodatnog nadzora ili izobrazbe.



Slika 2 Hodogram modela procjene kvalitete rada STP-a

3. POSTAVLJANJE ISTRAŽIVANJA

3.1 Opis problema

Osnovni princip rada kojeg se moraju držati sve STP je ujednačenost kriterija pri pregledu svakog vozila. Na prvi pogled, to bi značilo da, npr. prosječna neispravnost, kao rezultat TP-a, treba biti približno jednaka u svim STP. To bi bilo moguće samo kada bi u sve STP dolazila vozila približno jednakih tehničkih karakteristika. Međutim, u stvarnosti nije tako.

U STP koje su smještene u ekonomski bolje razvijenim regijama dolaze vozila manje prosječne starosti, dok u STP koje su smještene u slabije razvijenim ili izoliranim regijama, dolaze vozila veće prosječne starosti na kojima je vjerojatnost pojave nedostataka na tehničkom pregledu veća (slika 8).

Također, vozila koja godišnje prelaze veći put sklonija su nedostacima (slika 9), pa ako su u nekoj STP u ukupnom broju vozila u većoj mjeri zastupljena vozila koja godišnje prelaze put veći od prosječnog, za očekivati je da će u toj STP nađena neispravnost vozila biti veća.

Zbog svega gore navedenog, ujednačenost kriterija se ne može promatrati samo kroz usporedbu neispravnosti nađenih u STP s prosječnom neispravnošću vozila u RH, već treba uzeti u obzir i prosječne tehničke karakteristike vozila koja su u promatranoj STP pregledana. Zbog toga i model ocjenjivanja rezultata TP-a mora uzeti u obzir razlike u tehničkim karakteristikama vozila kako bi se sa sigurnošću mogle utvrditi eventualna odstupanja od primjene ujednačenih kriterija pri pregledu vozila.

S obzirom na to da većina STP provodi tehničke preglede prema ujednačenim kriterijima, model koji će se formirati na takvim podacima će, unatoč pojedinim ekstremima koji se modelom žele pronaći, dati povezanost rezultata tehničkih pregleda s tehničkim karakteristikama vozila.

3.2 Određivanje podataka relevantnih za izradu modela

U postupku redovnog tehničkog pregleda (RTP), bilježe se i vode određeni podaci o vozilu koji su nužni za popunjavanje prometne dozvole, naplatu nekih davanja, ili za samu tehnologiju provedbe tehničkog pregleda. Kako analiza podataka na računalu ne bi postala prezahtjevna i kako ne bi za nju bilo potrebno angažirati prevelike resurse u obliku skupih računala i/ili utrošenog vremena na računalu, potrebno je u početku izdvojiti grupu podataka o vozilima uz pomoć kojih će se logit regresijska analiza provesti. To moraju biti podaci od kojih se očekuje

da će signifikantno doprinijeti logit regresijskoj analizi, a zanemariti treba podatke koji vozilo opisuju estetski, koji se ne upisuju za svako vozilo, te koji nisu bitni za eksploataciju vozila.

Općenito govoreći, podatke koji opisuju tehničke karakteristike vozila bitne za njegovu eksploataciju, koristit će se za izradu modela predstavljenog u ovom radu. Detaljniji opis i razlozi uključivanja ili odbacivanja podataka, navest će se u nastavku teksta.

Podaci koji će se koristiti za logit regresijsku analizu, izdvojeni su iz baze podataka u sljedećim koracima:

1. Izdvojeni su podaci o svim tehničkim pregledima koji su obavljani u STP od 1. 1 .2012. do 31. 12. 2012. godine. Izdvajaju se podaci za period od jedne godine, jer u tom periodu velika većina vozila voznog parka RH prođe kroz sustav tehničkog pregleda, što zapravo predstavlja populaciju vozila na temelju čijih će se podataka model izrađivati.
2. Iz grupe podataka pod 1. izdvojeni su samo RTP-i. U RH propisane su različite vrste tehničkog pregleda za različite eksploatacijske grupe vozila. Primjerice izvanredni i periodični tehnički pregledi vozila obavljaju se na manjem dijelu vozila (oko 120 000) i tehnologija njihovog provođenja se razlikuje od RTP koji se provodi na svim vozilima i zato je upravo RTP pogodan kao izvor tehničkih podataka i podataka o tehničkoj ispravnosti vozila.
3. Iz grupe podataka pod 2 izdvojeni su podaci samo za vozila M1 kategorije. To je najveća grupa vozila koja se u dovoljnom broju pojavljuje u svim STP u RH što je vrlo važno za kasniju pojedinačnu analizu po pojedinačnim STP.
4. Iz grupe podataka pod 3. izdvojeni su podaci za samo osnovne RTP-e. Ukoliko je vozilo RTP-u bilo podvrgnuto više puta u toku 2012. godine, koristit će se samo kronološki prvi RTP, zato jer ako vozilo više puta dođe na TP i više puta padne, pogoršat će statistiku te vrste vozila, što u najvećem broju slučajeva neće imati veze sa stvarnom tehničkom sklonošću vozila kvarovima već sklonošću vlasnika da kvarove otklanja površno.
5. Iz grupe podataka pod 4. izdvojeni su samo osnovni RTP-i koji su završeni u 2012. godini zbog jednostavnosti postavljanja algoritma za izdvajanje podataka iz baze. Uvijek postoji neki vrlo mali broj vozila kojima se RTP prijavi u prethodnoj godini, a završi u sljedećoj, međutim, broj tih vozila toliko je malen da se usložnjavanje algoritma za izdvajanje tih podataka ne isplati.
6. Iz grupe podataka pod 5. izdvojeni su samo RTP-i koji nisu stornirani, jer stornirani RTP je najčešće rezultat nepravilnog rada ili unosa podataka, zbog čega bi nam ti RTP-i unosili smetnju kod analize.

Tablica 2 prikazuje strukturu skupa podataka koji je izdvojen iz baze podataka. Dio tih podataka neće se koristiti s obzirom na to da je već u ovoj fazi moguće odrediti koji od tih podataka neće imati utjecaja na logit regresijsku analizu.

Tablica 2 Struktura skupa podataka koji je izdvojen iz baze podataka tehničkih pregleda

Naziv polja	Type	Format	Opis polja
ID	Number	Long Integer	Redni broj zapisa nastalog u pojedinoj STP. Zajedno s LID-om čini jedinstveni identifikator retka u cijeloj tablici dbo_DokumentiVozila
LID	Number	Long Integer	Jedinstvena oznaka STP u kojoj je nastao redak u tablici dbo_DokumentiVozila.
VoziloID	Number	Long Integer	Dio jedinstvenog identifikatora u tablici dbo_Vozila
VoziloLID	Number	Long Integer	Dio jedinstvenog identifikatora u tablici dbo_Vozila
JedinstveniIDvozila	Text	255	Jedinstveni broj koji će biti korišten za razlikovanje svakog pojedinačnog vozila
BrojSasije	Text	30	Broj šasije
RegOznaka	Text	10	Registracijska oznaka
DatumPrveRegistracijeRH	Date/Time		Datum prve registracije u RH
DatumRegistracijeKV	Date/Time		Datum registracije s trenutnom registracijskom oznakom
RegistarskaOznakaKV	Text	10	Trenutna registracijska oznaka
VrstaVozilaID	Number	Long Integer	Identifikator retka u šifrniku/tablici dbo_VrsteVozila
VrstaVozilaOznaka	Text	2	Oznaka svake pojedine vrste vozila
VrstaVozilaNaziv	Text	30	Naziv vrste vozila
MarkaVozilaID	Number	Long Integer	Identifikator retka u šifrniku/tablici dbo_MarkeVozila
MarkaVozilaOznaka	Text	4	Oznaka svake pojedine marke vozila
MarkaVozilaNaziv	Text	25	Naziv marke vozila
TipVozilaID	Number	Long Integer	Identifikator retka u šifrniku/tablici dbo_TipoviVozila
TipVozilaOznaka	Text	10	Oznaka svakog pojedinog tipa vozila
TipVozilaNaziv	Text	50	Naziv tipa vozila
Model	Text	50	Model vozila
GodinaProizvodnje	Number	Long Integer	Godina proizvodnje vozila
StanjePutomjera	Number	Long Integer	Stanje putomjera zabilježeno na RTP

Tablica 2 Struktura skupa podataka koji je izdvojen iz baze podataka tehničkih pregleda

Naziv polja	Type	Format	Opis polja
ProizvodjacVozilaID	Number	Long Integer	Identifikator retka u šifrniku/tablici dbo_ProizvodjaciVozila
ProizvodjacVozilaOznaka	Text	3	Oznaka svake pojedine vrste vozila
ProizvodjacVozilaNaziv	Text	50	Naziv vrste vozila
DrzavaProizvodnjeID	Number	Long Integer	Identifikator retka u šifrniku/tablici dbo_DrzaveProizvodnje
DrzavaProizvodnjeOznaka	Text	3	Oznaka svake države proizvodnje
DrzavaProizvodnjeNaziv	Text	50	Naziv države proizvodnje
OblikKaroserijeID	Number	Long Integer	Identifikator retka u šifrniku/tablici dbo_ObliciKaroserije
OblikKaroserijeOznaka	Text	3	Oznaka svakog pojedinog oblika karoserije
OblikKaroserijeNaziv	Text	50	Naziv oblika karoserije
NamjenaVozilaID	Number	Long Integer	Identifikator retka u šifrniku/tablici dbo_Namjene
NamjenaVozilaOznaka	Text	3	Oznaka svake pojedine namjene vozila
NamjenaVozilaNaziv	Text	50	Naziv namjene
BrojMjestaSjedenje	Number	Long Integer	Broj sjedećih mjesta s vozačkim mjestom
BrojMjestaStajanje	Number	Long Integer	Broj mjesta za stajanje
BrojMjestaLezanje	Number	Long Integer	Broj mjesta za ležanje
BrojBocnihVrata	Number	Long Integer	Broj bočnih vrata
VrstaMotorID	Number	Long Integer	Identifikator retka u šifrniku/tablici dbo_VrsteMotora
VrstaMotoraOznaka	Text	2	Oznaka svake pojedine vrste motora
VrstaMotoraNaziv	Text	50	Naziv vrste motora
OznakaMotora	Text	25	Proizvođačka oznaka motora
VrstaMjenjacaID	Number	Long Integer	Identifikator retka u šifrniku/tablici dbo_VrsteMjenjaca
VrstaMjenjacaOznaka	Text	2	Oznaka svake vrste mjenjača
VrstaMjenjacaNaziv	Text	50	Naziv vrste mjenjača
VrstaOvjesaID	Number	Long Integer	Identifikator retka u šifrniku/tablici dbo_VrsteOvjesa
VrstaOvjesaOznaka	Text	2	Oznaka svake pojedine vrste ovjesa
VrstaOvjesaNaziv	Text	50	Naziv vrste ovjesa
EkoProgramOznaka	Text	2	Oznaka vrste postupka ispitivanja ispušnih plinova
EkoProgramNaziv	Text	10	Naziv vrste postupka ispitivanja ispušnih plinova
KatalogMotorID	Number	Long Integer	Identifikator retka u katalogu motora

Tablica 2 Struktura skupa podataka koji je izdvojen iz baze podataka tehničkih pregleda

Naziv polja	Type	Format	Opis polja
Masa	Number	Long Integer	Masa praznog vozila u stanju spremnom za vožnju
MasaPrikoliceKocene	Number	Long Integer	Najveća dopuštena masa priključnog vozila opremljenog sustavom radnog kočenja kojeg predmetno vučno vozilo smije vući.
MasaPrikoliceNekocene	Number	Long Integer	Najveća dopuštena masa priključnog vozila bez kočnica kojeg predmetno vučno vozilo smije vući.
Nosivost	Number	Long Integer	Razlika mase vozila i najveće dopuštene mase
NDM	Number	Long Integer	Najveća dopuštena masa vozila
BrojOsovina	Number	Long Integer	Broj osovina na vozilu
BrojPogonskihOsovina	Number	Long Integer	Broj pogonskih osovina na vozilu
BrojKotaca	Number	Long Integer	Broj kotača na vozilu
BrojPogonskihKotaca	Number	Long Integer	Broj pogonskih kotača
NosivostOsovina1 do NosivostOsovina9	Number	Long Integer	Najveće dopušteno osovinsko opterećenje svake osovine
RazmakOsovina12 do RazmakOsovina89	Number	Long Integer	Razmak između svake osovine
DimenzijeGuma1 do DimenzijeGuma9	Text	20	Dimenzije pneumatika na svakoj osovini
DimenzijeGumaDodatne	Text	35	Dodatne dimenzije pneumatika
VrstaKocnicaID	Number	Long Integer	Identifikator retka u šifrniku/tablici dbo_VrsteMotora
VrstaKocnicaOznaka	Text	2	Oznaka svake pojedine vrste motora
VrstaKocnicaNaziv	Text	50	Naziv vrste motora
MaksimalnaBrzina	Number	Long Integer	Najveća brzina koju vozilo može postići
SnagaMotora	Number	Long Integer	Deklarirana snaga motora
OkretajiMaksSnaga	Number	Long Integer	Broj okretaja kod kojih je izmjerena deklarirana snaga motora
ObujamMotora	Number	Long Integer	Zapremina motora
Duljina	Number	Long Integer	Duljina vozila
Sirina	Number	Long Integer	Širina vozila
Visina	Number	Long Integer	Visina vozila
Volumen	Number	Long Integer	Volumen cisterne ako se radi o vozilu kojemu je nadogradnja cisterna
BojaID	Number	Long Integer	Identifikator retka u šifrniku/tablici dbo_Boje

Tablica 2 Struktura skupa podataka koji je izdvojen iz baze podataka tehničkih pregleda

Naziv polja	Type	Format	Opis polja
BojaOznaka	Text	5	Oznaka svake boje
BojaNaziv	Text	50	Naziv boje
Kuka	Number	Long Integer	Indikator je li vozilo opremljeno kukom ili nije.
Gusjenice	Number	Long Integer	Indikator je li vozilo opremljeno gusjenicama ili nije
KapacitetSpremnika	Number	Long Integer	Volumen spremnika goriva
HomPotvrda	Text	30	Broj homologacijskog dokumenta na osnovi kojeg je prijavljen nulti tehnički pregled
HomBukaStac	Number	Decimal	buka vozila mjerene u stacionarnim uvjetima
HomBukaStacOkrMin	Number	Long Integer	Broj okretaja motora kod kojih se mjeri emisija buke u stacionarnim uvjetima
HomBukaVoznja	Number	Decimal	Emisija buke mjerena u vožnji
HomCO	Number	Decimal	Emisija CO
HomHC	Number	Decimal	Emisija HC
HomNOx	Number	Decimal	Emisija NOx
HomHC_NOx	Number	Decimal	Emisija HC i NOx
HomK	Number	Decimal	Zamućenost ispušnih plinova kod Diesellovih motora
HomCestice	Number	Decimal	Zacrnjenost ispušnih plinova kod Diesellovih motora
HomCO2	Number	Decimal	Emisija CO2
HomPotrosnja	Text	25	Potrošnja goriva u kombiniranom ciklusu vožnje
SnagaPoMasi	Number	Decimal	Snaga po jedinici mase za motorno vozilo
Napomena1	Text	50	Prostor za napomene u registracijskim listovima i prometnim dokumentima.
Napomena2	Text	50	
Napomena3	Text	50	
KorisnikID	Number	Long Integer	ID nadzornika ili referenta koji je zatvorio postupak u kojem su se koristili podaci o vozilu iz predmetnog retka
VrijemeUnosa	Date/Time		Vrijeme završetka postupka u kojem je ovaj redak kreiran
VrstaMotoraMijenjana	Number	Long Integer	Kontrolno polje
BrojPotvrdeIspitivanja	Text	20	Broj potvrde o ispitivanju vozila
OldtimerBrojIdIsprave	Text	20	Broj identifikacijske isprave za starodobno vozilo
OldtimerValjanostDatumIdIsprave	Date/Time		Datum do kada identifikacijska isprava starodobnog vozila vrijedi.
SklopID	Number	long Integer	Šifra sklopa na kojemu je nađen nedostatak

3.3 Podaci o vozilu i RTP-u koji neće biti uključeni u izradu modela

3.3.1 Podaci za održavanje baze podataka i šifrnika

Kao podaci za izradu modela u prvom redu neće biti uključeni pomoćni podaci koji se koriste za održavanje baze podataka i šifrnika kao što su ID, LID, VoziloID, VoziloLID, VrstaVozilaOznaka, VrstaVozilaID, MarkaVozilaID, MarkaVozilaOznaka, itd.

3.3.2 Podaci koji ne opisuju svojstva vozila

Druga grupa podataka koja neće biti uključena u podatke potrebne za logit regresijsku analizu su podaci koji nisu tehničke karakteristike vozila kao što su: RegOznaka, DatumPrveRegistracijeRH, DatumRegistracijeKV, RegistarskaOznakaKV, podaci o proizvođaču i državi proizvodnje, boji vozila, napomene, KorisnikID, VrijemeUnosa, VrstaMotoraMijenjana, BrojPotvrdeIspitivanja, OldtimerBrojIdIsprave, OldtimerValjanostDatumIdIsprave.

3.3.3 Broj šasije vozila

Broj šasije vozila neće biti korišten jer se, sukladno tumačenju Agencije za zaštitu osobnih podataka (dalje: AZOP) od 15. 3. 2007. godine [25], radi o osobnom podatku. Broj šasije vozila bit će nadomješten jedinstvenim brojem vozila (Jbr) koji je za potrebe ovakve analize sačinjen od identifikacijskih polja (ID, LID) jedinstvenih zapisa za RTP.

3.3.4 Vrsta vozila

Vozila koja se registriraju i koriste na prometnicama uobičajeno se dijele na kategorije, najčešće sukladno njihovoj predviđenoj uporabi. Kolokvijalni nazivi kategorija vozila koji se najčešće koriste su osobni automobili, motocikli, teretni automobili, traktori, prikolice, poluprikolice, itd.

U ovom radu će se redovito koristiti osnovna podjela opisana Pravilnikom o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama ("Narodne novine", broj 51/10, 84/10, 145/11 i 140/13) [5] koja je djelomično preuzeta iz Direktive 2007/46/EC [26], a koju prikazuje tablica 3.

Različita uporaba vozila implicira i različite uvjete eksploatacije tih vozila. Npr. najmanje eksploatirana vozila su motocikli, s obzirom da se koriste samo u onim dijelovima godine kada to vremenske prilike dopuštaju, dok su najviše eksploatirana teretna motorna i priključna vozila, od kojih vlasnici očekuju da im donose profit. Što je vozilo eksploatiranije, veća je vjerojatnost da će se na njemu pojaviti neki nedostaci, stoga je važna struktura vrsta vozila koja su

pregledana u STP. Ako je u pregledanim vozilima u STP veći udio teretnih vozila, može se očekivati da će rezultati te STP pokazivati tendenciju veće prosječne neispravnosti vozila.

Kako bi se utjecaj vrste vozila isključio, za potrebe izrade ovog modela koristit će se samo kategorija vozila M1 (kolokvijalno: osobni automobili).

Osnovna prednost korištenja samo osobnih automobila za analizu podataka je to što se radi o najbrojnijoj vrsti vozila (tablica 4), i za nju je najveća vjerojatnost da će se pojaviti u svakoj promatranoj STP u uzorku dovoljne veličine, obradom kojega će se dobiti dovoljno pouzdani rezultati.

Tablica 3 Kategorije vozila prema Pravilniku o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama (“Narodne novine”, broj 51/10, 84/10, 145/11 i 140/13)

Oznaka kategorije	Opis kategorije
L1	Motorna vozila s 2 kotača (mopedi), radnog obujma motora $\leq 50 \text{ cm}^3$, ili kod elektromotora najveće trajne nazivne snage $\leq 4\text{kW}$ i brzine $\leq 50 \text{ km/h}$
L2	Motorna vozila s 3 kotača (mopedi), radnog obujma motora $\leq 50 \text{ cm}^3$, ili kod elektromotora najveće trajne nazivne snage $\leq 4\text{kW}$ i brzine $\leq 50 \text{ km/h}$
L3	Motorna vozila s 2 kotača (motocikli), radnog obujma motora $> 50 \text{ cm}^3$ ili brzine $> 50 \text{ km/h}$
L4	Motorna vozila s 2 kotača i bočnom prikolicom (motocikli s bočnom prikolicom), radnog obujma motora $> 50 \text{ cm}^3$ ili brzine $> 50 \text{ km/h}$
L5	Motorna vozila s 3 kotača, simetrično postavljena s obzirom na uzdužnu os vozila (motorni tricikli), radnog obujma motora $> 50 \text{ cm}^3$ ili brzine $> 50 \text{ km/h}$
L6	Motorna vozila s 4 kotača (laki četverocikli), čija je masa praznog vozila $\leq 350 \text{ kg}$ što ne uključuje masu baterija kod električnih vozila čija je najveća konstrukcijska brzina $\leq 45 \text{ km/h}$
L7	Motorna vozila s 4 kotača osim lakih četverocikla (četverocikli), čija je masa praznog vozila $\leq 400 \text{ kg}$ (550 kg za vozila za prijevoz tereta), što ne uključuje masu baterija kod električnih vozila i čija najveća neto snaga motora je $\leq 15 \text{ kW}$.
M1	Motorna vozila za prijevoz osoba koja osim sjedala za vozača imaju još najviše 8 sjedala
M2	Motorna vozila za prijevoz osoba koja osim sjedala za vozača imaju više od 8 sjedala i najveće dopuštene mase $\leq 5000 \text{ kg}$
M3	Motorna vozila za prijevoz osoba koja osim sjedala za vozača imaju više od 8 sjedala i najveće dopuštene mase $> 5000 \text{ kg}$
N1	Motorna vozila za prijevoz tereta najveće dopuštene mase $\leq 3500 \text{ kg}$
N2	Motorna vozila za prijevoz tereta najveće dopuštene mase $> 3500 \text{ kg}$ ali $\leq 12000 \text{ kg}$
N3	Motorna vozila za prijevoz tereta najveće dopuštene mase $> 12000 \text{ kg}$
O1	Priključna vozila najveće dopuštene mase $\leq 750 \text{ kg}$
O2	Priključna vozila najveće dopuštene mase $> 750 \text{ kg}$ ali $\leq 3500 \text{ kg}$
O3	Priključna vozila kojima je najveća dopuštena masa $> 3500 \text{ kg}$ ali $\leq 10000 \text{ kg}$
O4	Priključna vozila kojima je najveća dopuštena masa $> 10000 \text{ kg}$
T1	Traktori s kotačima, konstrukcijske brzine od 6 do 40 km/h, s razmakom kotača barem na jednoj osovini većim od 1150 mm, mase (praznog traktora u voznom stanju) veće od 600 kg i razmakom do tla manjim od 1000 mm.
T2	Traktori s kotačima, konstrukcijske brzine od 6 do 40 km/h, s razmakom kotača manjim od 1150 mm, mase (praznog traktora u voznom stanju) veće od 600 kg i razmakom do tla manjim od 600 mm. Kada je odnos visine i težišta traktora (mjereno od tla) i razmaka kotača svake osovine veći od 900 mm najveća dopuštena (konstrukcijska) brzina ne smije iznositi više od 30 km/h.
T3	Traktori na kotačima, najveće konstrukcijske brzine koja nije veća od 40 km/h i mase neopterećenoga traktora u voznom stanju koja nije veća od 600 kg.
T4	Traktori na kotačima posebne namjene, najveće konstrukcijske brzine koja nije veća od 40 km/h
T5	Traktori na kotačima konstrukcijske brzine veće od 40 km/h

Tablica 4 Brojnost različitih kategorija vozila i njihov postotni udio u ukupnom broju vozila u RH na temelju podataka o redovnim tehničkim pregledima u periodu od 1. 7. 2012. do 30. 6. 2013. godine [27]

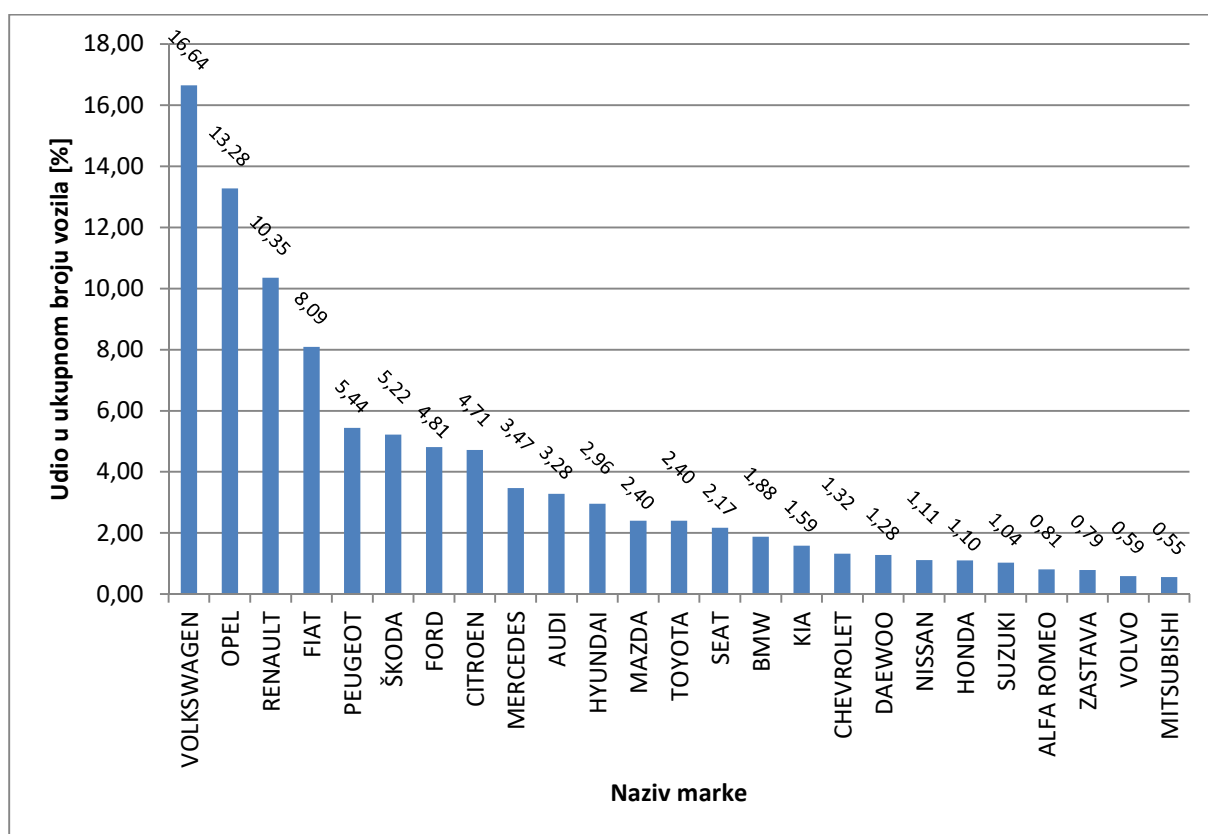
Kategorija vozila	Broj vozila u 2013. godini	Postotni udio pojedine kategorije [%]
L kategorija (mopedi, motocikli, četverocikli,...)	147.326	7,88
M1- Osobni automobil	1.400.337	74,87
M2 - Autobus	582	0,03
M3 - Autobus	4.221	0,23
N1 - Teretni automobil	95.849	5,12
N2 - Teretni automobil	17.370	0,93
N3 – Teretni automobil	23.847	1,28
O1 – Priključno vozilo	20.299	1,09
O2 – Priključno vozilo	6.167	0,33
O3 – Priključno vozilo	9.248	0,49
O4 – Priključno vozilo	16.465	0,88
T – Traktor	107.423	5,74
UKUPNO	1.870.301	100,00
Ukupno ispravnih	1.470.069	78,60
Ukupno neispravnih	400.232	21,40

3.3.5 Marka, tip vozila

Od 148 marki vozila koje su se pojavile na redovnim tehničkim pregledima u 2012. godini, čak 138 njih je na tehničkom pregledu zastupljeno sa manje od 3% vozila (slika 3). Na slici je, radi preglednosti, prikazano samo, po zastupljenosti, prvih 25 marki. Sve ostale marke koje na ovom grafu nisu prikazane, zastupljene su sa manje od 0,55% u ukupnom broju vozila koja su prošla kroz RTP. Uključivanjem parametara marke i tipa vozila, analiza se značajno usložnjava. Uz to, zbog male zastupljenosti navedenih marki i tipova vozila, u nekim STP se iste neće niti pojavljivati, odnosno činit će vrlo mali uzorak koji neće biti dostatan, što bi moglo dovesti do krivog tumačenja rezultata kod procjene kvalitete rada STP-a.

3.3.6 Model vozila

Unos modela vozila u informacijski sustav je slobodan, odnosno nadzornici ga unose ručno. Svrha modela vozila je pobliže opisati vozilo unosom komercijalnih oznaka vozila i nekih karakteristika motora kako bi se službama koje koriste podatke iz prometne dozvole (policija, osiguranja, porezna tijela,...) omogućila lakša identifikacija vozila. Kako se radi o slobodnom unosu podatka u sustav, njegova informacijska vrijednost je mala, stoga neće biti korišten za analizu.



Slika 3 Pregled 25 najzastupljenijih marki vozila na RTP-ima u 2012. godini

3.3.7 Namjena vozila

Kod vozila kategorije M1 moguće je odabrati namjene koje prikazuje tablica 5.

Namjena vozila pobliže opisuje način eksploatacije vozila. Namjena stavke "HITNA MEDICINSKA POMOĆ" ili "TAXI PRIJEVOZ" je označavanje vozila koja su podvrgnuta jačem intenzitetu eksploatacije od vozila koje uobičajeno koriste obitelji ili pojedinci. Međutim, s obzirom na mali postotak tih vozila u ukupnoj populaciji M1, polje NAMJENA VOZILA neće biti uzeto u analizu jer zbog male zastupljenosti navedenih namjena, u nekim STP se iste neće niti pojavljivati, odnosno činit će vrlo mali uzorak koji neće biti dostatan, što bi moglo dovesti do krivog tumačenja rezultata kod procjene kvalitete rada STP-a.

3.3.8 Tehnički podaci koji se ne upisuju i ne vode za vozila M1 kategorije

Četvrta grupa podataka su tehnički podaci o vozilima koji se ne upisuju i ne vode kao tehnički podaci za vozila M1 kategorije: broj mjesta za stajanje, vrsta ovjesa, najveće dopušteno osovinsko opterećenje, volumen cisterne, opremljenost gusjenicama.

Ovo su tehnički podaci koji se bilježe npr., za vozila kategorije M2, M3, N2, N3, T, itd.

Tablica 5 Vrste namjena kojih mogu biti vozila kategorije M1 i njihova zastupljenost u ukupnom broju vozila kategorije M1

Namjena	Broj vozila	Zastupljenost [%]
- (bez posebne namjene)	1.387.632	99,73
TAXI PRIJEVOZ	1.534	0,11
HITNA MEDICINSKA POMOĆ	506	0,04
ZA VATROGASNE POTREBE	459	0,03
SANITETSKI PRIJEVOZ	394	0,03
ZA POTREBE MUP-A	297	0,02
STARODOBNO VOZILO (OLDTIMER)	214	0,02
ZA MEDICINSKE POTREBE	199	0,01
ZA KAMPIRANJE-STANOVANJE	121	0,0087
ZA PRIJEVOZ INVALIDA	15	0,0011
ZA PRIJEVOZ POKOJNIKA	12	0,0009
ZA POSEBNE NAMJENE	8	0,0006

3.3.9 Podaci koji neće značajno pridonijeti analizi

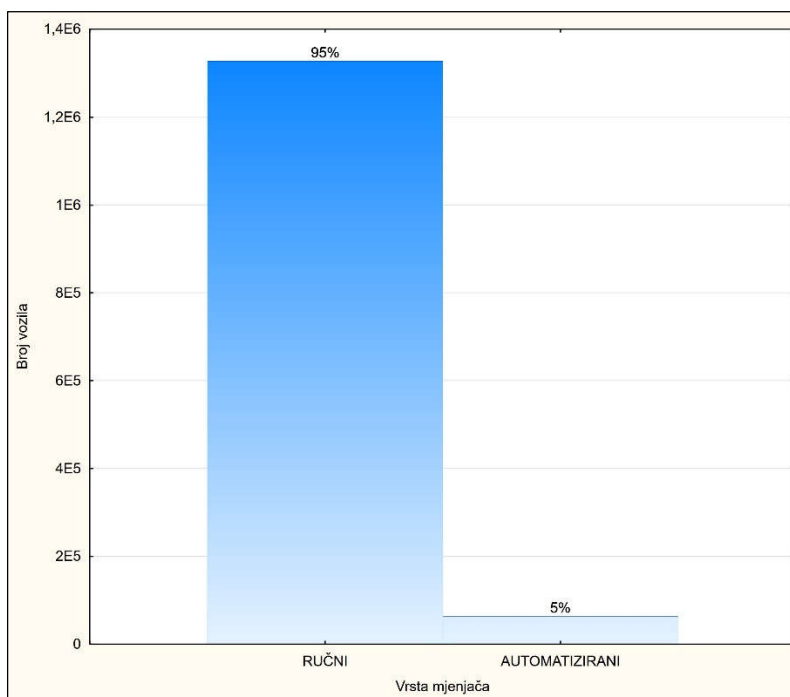
Podaci koji se bilježe za vozila M1 kategorije, ali za koje se već prije same analize može tvrditi da neće značajno pridonijeti analizi su:

Oblik karoserije

Oblik karoserije se kod vozila M1 kategorije može bilježiti samo kao "ZATVORENI" i "OTVORENI". "OTVORENI" oblik karoserije bilježi se za vozila bez čvrstog krova, dakle radi se o "kabriolet" vozilima, dok se za sva ostala vozila bilježi "ZATVORENI" oblik karoserije. Također, s obzirom na to da broj vozila s upisanim oblikom karoserije "OTVORENI" čini manje od 1% od ukupnog broja promatranih vozila, u nekim STP se ista neće niti pojavljivati, odnosno činit će vrlo mali uzorak koji neće biti dostatan, što bi moglo dovesti do krivog tumačenja rezultata kod procjene kvalitete rada STP-a.

Vrsta mjenjača

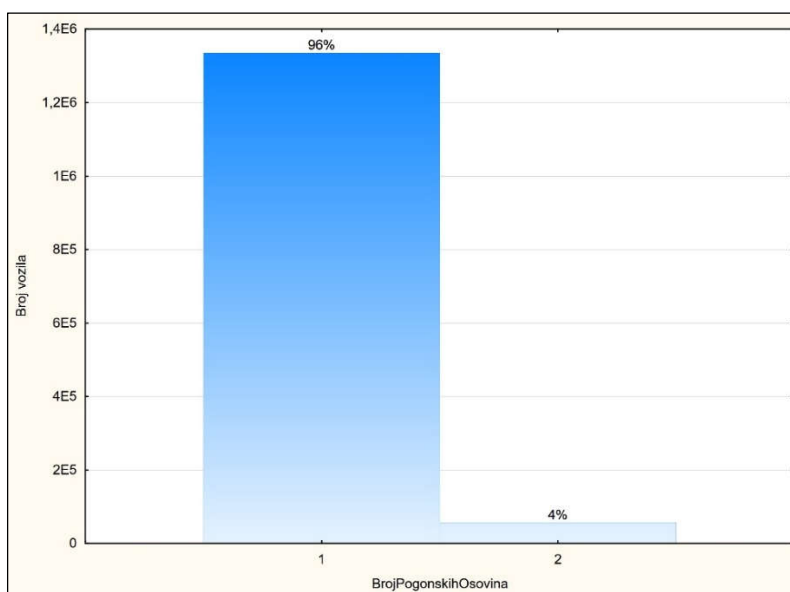
Vozila opremljena automatiziranim mjenjačem čine 5% (slika 4) od ukupnog broja promatranih vozila. Kako se radi o vrlo malom udjelu, vrlo je vjerojatno da se u nekim STP ista neće niti pojavljivati, odnosno činit će vrlo mali uzorak koji neće biti dostatan, što bi moglo dovesti do krivog tumačenja rezultata kod procjene kvalitete rada STP-a.



Slika 4 Udio vozila s automatiziranim mjenjačem u ukupnoj populaciji M1 vozila

Broj pogonskih osovina

Dodatni diferencijali te spojke "Visco" ili "Haldex" čine dodatne dijelove na kojima se može, pri tehničkom pregledu, naći nedostatak. Međutim, s obzirom na to da broj vozila s pogonom na obje osovine čini 4% (slika 5) od ukupnog broja promatranih vozila, u nekim STP se ista neće niti pojavljivati, odnosno činit će vrlo mali uzorak koji neće biti dostatan, što bi moglo dovesti do krivog tumačenja rezultata kod procjene kvalitete rada STP-a.



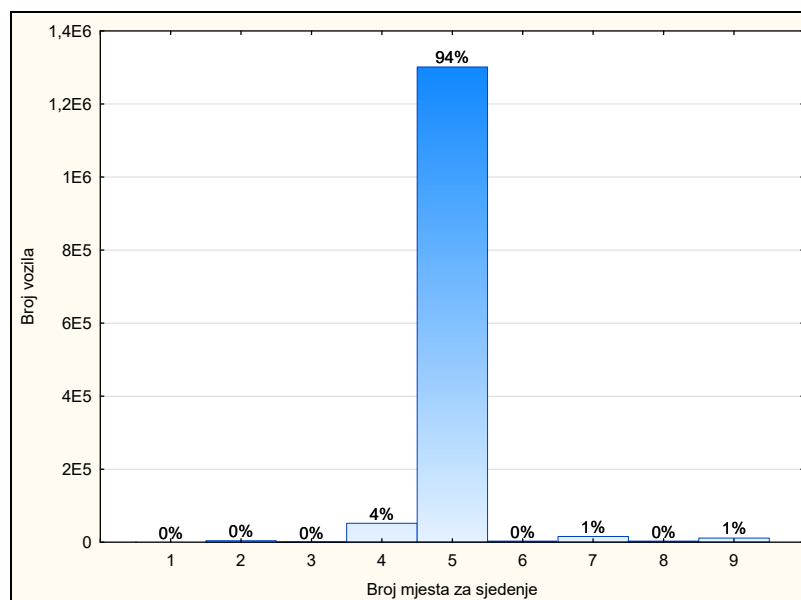
Slika 5 Udio vozila s pogonom na obje osovine u ukupnoj populaciji vozila M1 kategorije

Broj mjesta za ležanje

Broj mjesta za ležanje upisuje se za osobne automobile s namjenom "HITNA MEDICINSKA POMOĆ" ili "SANITETSKI PRIJEVOZ". S obzirom na to da će namjena vozila biti upotrebljavana u analizi, ovaj podatak neće trebati uzeti u obzir jer će već biti sadržan u namjeni vozila. Također, s obzirom na to da broj vozila s upisanim brojem mjesta za ležanje čini manje od 1% od ukupnog broja promatranih vozila, u nekim STP se ista neće niti pojavljivati, odnosno činit će vrlo mali uzorak koji neće biti dostatan, što bi moglo dovesti do krivog tumačenja rezultata kod procjene kvalitete rada STP-a.

Broj mjesta za sjedenje

Broj mjesta za sjedenje je mjera mogućnosti opterećenja osobnog automobila. Broj mjesta za sjedenje je u izravnoj vezi s najvećom dopuštenom masom i nosivošću vozila što su podaci koje, nažalost, nije moguće upotrijebiti jer nisu zabilježeni za sva vozila. Vozila M1 kategorije mogu biti opremljena s najviše 9 mjesta za sjedenje, uključujući mjesto vozača. Slika 6 prikazuje udjele vozila u populaciji M1 vozila s obzirom na broj mjesta za sjedenje. Vidljivo je da je najveći dio vozila opremljen s 5 mjesta za sjedenje, dok je udio ostalih vozila vrlo malen, stoga se ovo polje neće koristiti u analizi kako model ne bi bio pretjerano složen.

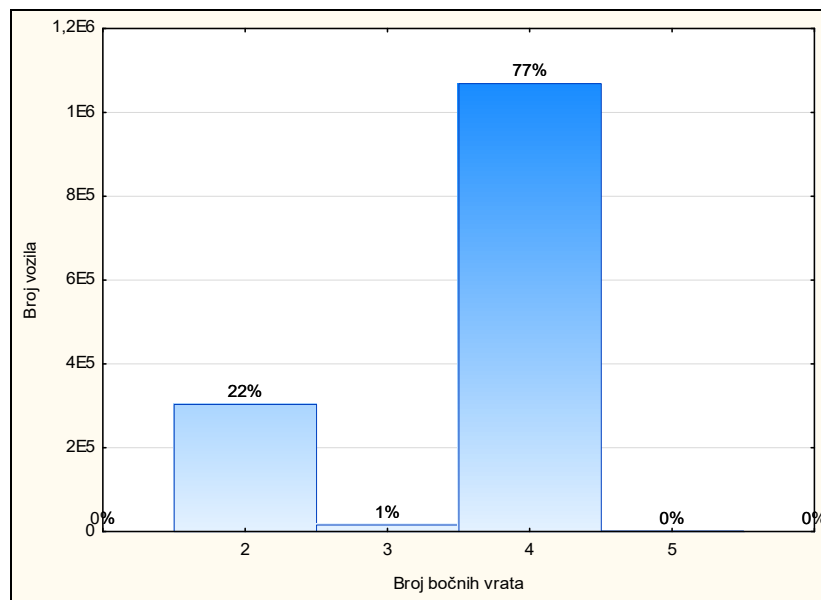


Slika 6 Udio vozila s 2 do 9 mjesta za sjedenje, uključujući i mjesto vozača u populaciji vozila M1 kategorije

Broj bočnih vrata

Broj bočnih vrata utječe na krutost samonosive karoserije. Vozilima s manjim brojem bočnih vrata samonosiva karoserija je kruća, stoga se pretpostavlja da će broj bočnih vrata utjecati na vjerojatnost pojave nedostataka na tehničkom pregledu.

Međutim, uočeno je da je vrlo mali broj vozila s 3 bočnih vrata, što dodatno pruža mogućnost pojednostavljivanja modela.



Slika 7 Udio vozila s 2, 3 i 4 bočnih vrata u populaciji M1 kategorije vozila

Vozila koja su opremljena s 3 bočnih vrata čine samo 1% ukupne populacije M1 kategorije vozila (slika 7), stoga će vozila biti isključena iz analize jer se u nekim STP ista neće niti pojavljivati, odnosno činit će vrlo mali uzorak koji neće biti dostatan, što bi moglo dovesti do krivog tumačenja rezultata kod procjene kvalitete rada STP-a.

Oznaka motora

Oznaka motora koristi se za određivanje graničnih vrijednosti komponenti ispušnih plinova za potrebe ispitivanja ispušnih plinova, stoga se neće koristiti u ovoj analizi.

Masa kočene i nekočene prikolice

Tehnički podatak koji ne određuje činjenicu da je vozilo opremljeno kukom i da u toku svoje eksploatacije vuče priključno vozilo, već samo tehničku mogućnost vozila za vuču, zbog čega se neće upotrebljavati u analizi.

Broj osovina

Za sva vozila M1 kategorije koja su uključena u analizu, broj osovina iznosi 2, zbog čega neće biti uključen u analizu.

Broj kotača i broj pogonskih kotača

Broj kotača za sva vozila M1 kategorije koja su uključena u analizu iznosi 4, zbog čega neće biti uključen u analizu. Broj pogonskih kotača neće biti uključen u analizu iz istog razloga kao i broj pogonskih osovina.

Razmak osovina

Obavezan unos ovog podatka je samo za nova vozila, stoga ti podaci ne postoje za sva vozila zbog čega nisu upotrebljivi za analizu.

Dimenzije guma (pneumatika) i dodatne dimenzije guma (pneumatika)

Podaci o dimenzijama pneumatika koje su odobrene za promatrano vozilo upisuju se u prometnu dozvolu kako bi vlasnik imao izbor dimenzija koje smije postavljati na svoje vozilo. Međutim, ne postoji podatak o tome koji je od upisanih pneumatika doista postavljen na vozilo, pa nije moguće napraviti analizu utjecaja masa i dinamičkih momenata inercije različitih dimenzija kotača na sklopove vozila.

Kapacitet spremnika i homologacijski podaci

Obavezan unos ovih podataka je samo za nova vozila, stoga ti podaci ne postoje za sva vozila zbog čega nisu upotrebljivi za analizu.

3.4 Analiza tehničkih karakteristika vozila upotrijebljenih za logit regresijsku analizu

Pod tehničkim karakteristikama vozila će se kroz cijeli rad, uz uobičajene tehničke specifikacije vozila kao što su snaga, zapremina motora, duljina, širina, itd., podrazumijevati i godine starosti vozila u trenutku istraživanja (ili jednakovrijedan podatak: godina proizvodnje), te prosječni, godišnje prijeđeni, broj kilometara. Ova dva dodatna podatka pridružena su tehničkim specifikacijama vozila zbog njihovog nedvojbenog utjecaja na ispravnost vozila, kao što na to upućuju znanstveni članci i iskustvo.

Zbog toga će se pod pojmom "tehničke karakteristike vozila" u ovom radu uvijek, uz ostale uobičajene karakteristike (npr. masa vozila, snaga motora, itd.) podrazumijevati godine starosti

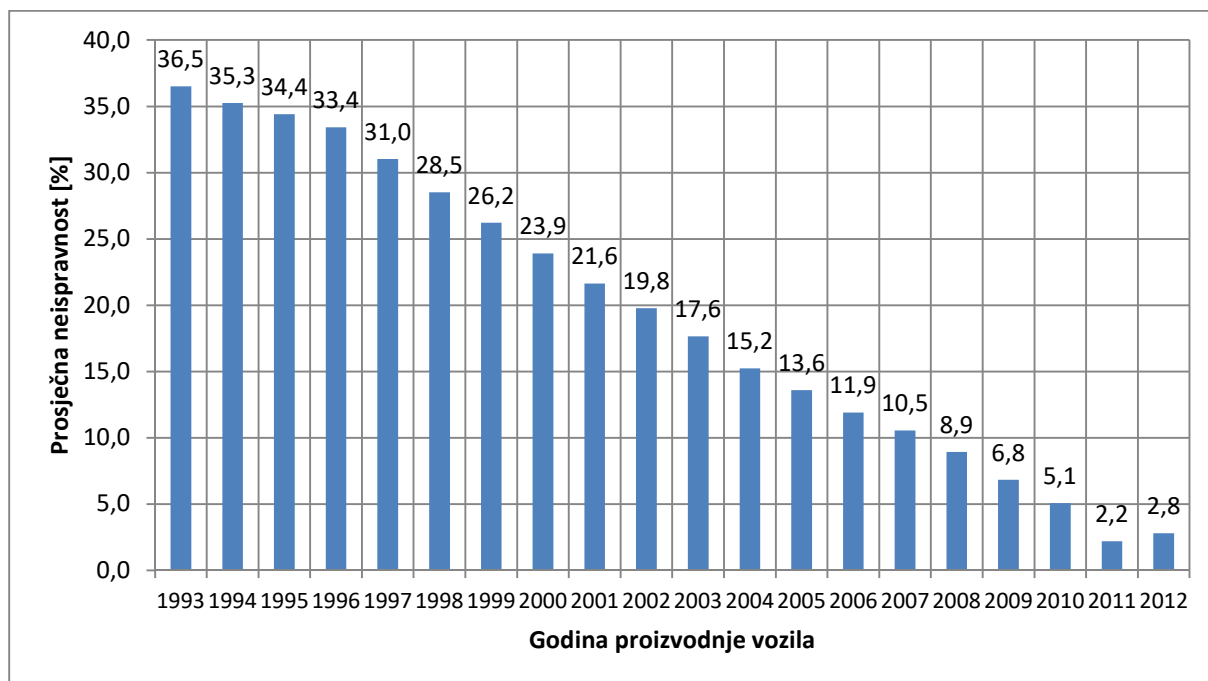
vozila i prosječni, godišnje prijeđeni, broj kilometara kako bi se tekst učinio razumljivijim i lakše čitljivim.

3.4.1 Jedinstveni broj vozila

Jedinstveni broj vozila (Jbr) je jedinstveni identifikator koji je sastavljen od ID i LID polja kojima se označavaju jedinstveni tehnički pregledi. Taj broj zamjenjuje broj šasije s obzirom na to da je isti tumačenjem AZOP [25] proglašen osobnim podatkom, i poslužit će za određivanje jedinstvenog vozila i njegovih tehničkih karakteristika.

3.4.2 Godina proizvodnje vozila

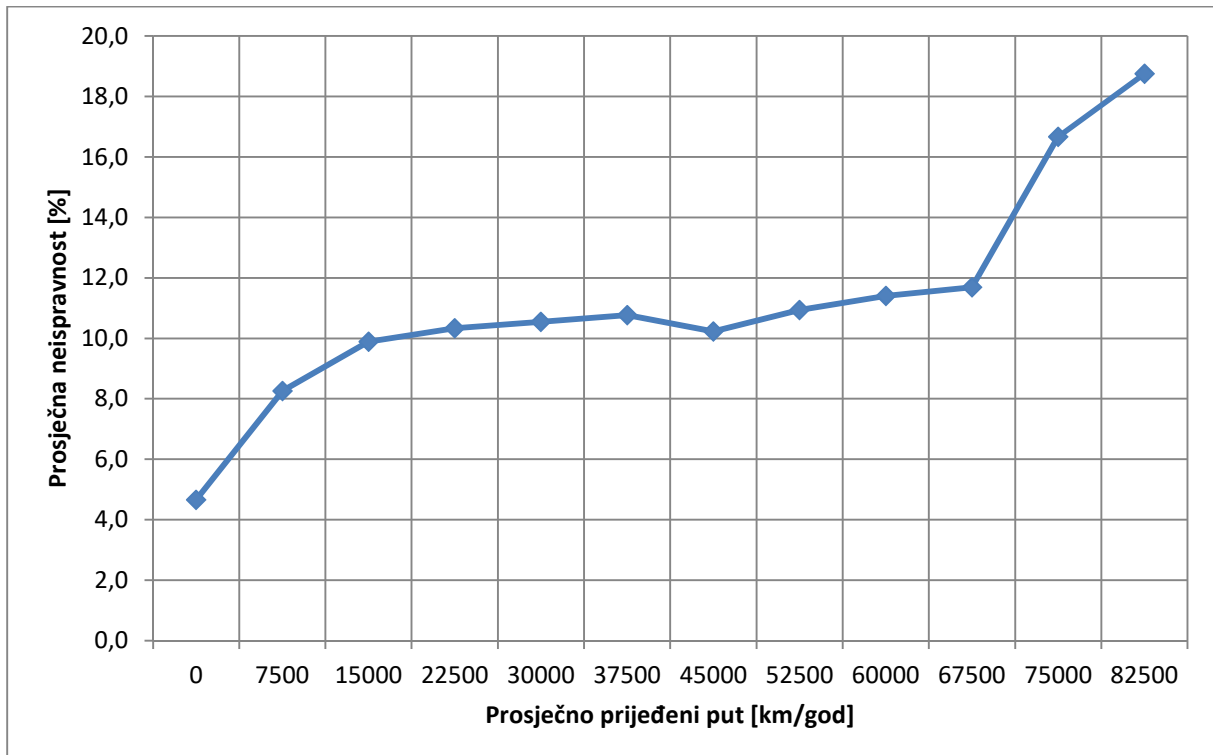
Kao i bilo koji složeni mehanički sustav, i vozilo podliježe starenju i s vremenom njegova pouzdanost opada, odnosno učestalost pojave nedostataka na njemu raste. U prilog toj tvrdnji, slika 8 prikazuje ovisnost prosječne neispravnosti vozila u odnosu na godinu proizvodnje vozila odakle se može zaključiti da, što su vozila starija, na njima se na TP-u pronalazi više nedostataka. Veći broj starijih vozila u STP može prouzročiti rezultate tehničkih pregleda s većom prosječnom neispravnošću, stoga je godina proizvodnje vozila važna varijabla koja mora biti uključena u izradu modela opisanog u ovom radu. Analizom metoda za izdvajanje netipičnih vrijednosti, utvrdit će se kojom će se metodom odrediti do koje će se najstarije godine proizvodnje godine vozila isključiti iz grupe podataka za regresijsku analizu.



Slika 8 Ovisnost prosječne neispravnosti o godini proizvodnje vozila na RTP-ima u 2012. godini

3.4.3 Prosječni godišnje prijeđeni put

Prosječni godišnje prijeđeni put vozila izračunava se dijeljenjem ukupnog broja prijeđenih kilometara od puštanja tog vozila u promet s godinama starosti vozila. To je najizravnija mjera eksploatacije vozila s kojom je moguće, iz dostupnih podataka TP-a, raspolagati. Što je vozilo u svom životnom vijeku prošlo više kilometara, razumno je pretpostaviti da su njegovi dijelovi i sklopovi bili više izvrgnuti oštećivanju, trošenju, koroziji i umaranju materijala, pa se može očekivati veća učestalost pojave nedostataka na tehničkom pregledu. Slika 9 prikazuje ovisnost prosječne neispravnosti vozila, godine proizvodnje 2007. i mlađe, utvrđene na redovnom tehničkom pregledu vozila u 2012. godini i njihovog prosječnog godišnje prijeđenog puta.



Slika 9 Ovisnost prosječne neispravnosti o prosječnom godišnje prijeđenom putu vozila M1 kategorije na RTP-u u 2012. godini

3.4.4 Vrsta motora i vrsta postupka ispitivanja ispušnih plinova

S obzirom na to da se želi procijeniti kvaliteta rada STP, poželjno je da se u model uključi što više postupaka pomoću čijih će se rezultata ostvariti što bolja regresijska analiza. Kako bi model učinili primjenjivim na različite sustave prikupljanja podataka i kako model ne bi bio presložen, skup vozila čiji će se podaci koristiti za regresijsku analizu će se stoga ograničiti na ona vozila koja su opremljena vrstom motora koji podliježu ispitivanju ispušnih plinova, a ostale vrste motora će biti isključene iz populacije.

Sustavi tehničkih pregleda u različitim državama mogu primjenjivati različite razdiobe vrsta motora, a kako bi model predstavljen u ovom radu bio univerzalno primjenjiv na bilo koji sustav tehničkog pregleda, koristit će se jednostavna podjela na REG-KAT (Ottov motor koji je opremljen reguliranim katalizatorom), BEZ-KAT (Ottov motor koji nije opremljen katalizatorom ili je opremljen nereguliranim katalizatorom), DIESEL-PRED (vrsta motora u kojem sagorijeva plinsko ulje i koji je opremljen sustavom za prednabijanje motora) i DIESEL-ATMO (vrsta motora u kojem sagorijeva plinsko ulje i koji nije opremljen sustavom za prednabijanje motora) motore jer se radi o četiri vrste motora koje se uobičajeno pojavljuju u svim voznim parkovima. Također, ovakva podjela, osim što vozila razvrstava po osnovnim vrstama motora

(DIESEL i OTTO), razvrstava ih i po različitim vrstama postupaka provedbe ispitivanja ispušnih plinova (REG-KAT, BEZ-KAT, ATMO, PRED).

Tablica 6 prikazuje primjer razvrstavanja službene nomenklature vrste motora na REG-KAT, BEZ-KAT, DIESEL-PRED i DIESEL-ATMO, koji treba primjenjivati pri logit regresijskoj analizi s više varijabli. Ovako određene vrste motora čine 4 razine varijable LogVrstaMotora koja bi se trebala koristiti u regresijskoj analizi.

Međutim, u toku provedbe regresijske analize, pokazalo se da koristeći varijablu LogVrstaMotora s 4 razine, nije bilo moguće dobiti stabilne rezultate regresijske analize, stoga je, nakon analize udjela pojedinih vrsta motora (tablica 7), odlučeno ne koristiti razine BEZ-KAT i DIESEL-ATMO s obzirom na njihove relativno male udjele u ukupnom broju vozila. Korištenje samo razina REG-KAT i DIESEL-PRED polučilo je puno stabilnije i realnije rezultate.

3.4.5 Masa

Iako se kod konstrukcije vozila vodi računa o masi vozila, odnosno sklopovi i dijelovi se dimenzioniraju sukladno vlastitoj masi i NDM, analizom će se istražiti utjecaj mase vozila na vjerojatnost neispravnosti na RTP-u.

Tablica 6 Svođenje službene raspodjele vrste motora na vrste motora za potrebe logit regresijske analize i na motore koji ne podliježu ispitivanju ispušnih plinova (bez Eko testa)

Službena nomenklatura vrsta motora	Vrsta motora za potrebe logit regresijske analize
OTTO - 2 TAKTA	bez Eko testa
OTTO – BEZ-KAT	BEZ-KAT
OTTO – BEZ-KAT + LPG	bez Eko testa
OTTO – BEZ-KAT + CNG	bez Eko testa
OTTO – REG-KAT	REG-KAT
OTTO – REG-KAT – EURO II	REG-KAT
OTTO – REG-KAT – EURO III	REG-KAT
OTTO – REG-KAT – EURO IV	REG-KAT
OTTO – REG-KAT – EURO V	REG-KAT
OTTO – REG-KAT – EURO VI	REG-KAT
OTTO – REG-KAT + LPG	bez Eko testa
OTTO – REG-KAT + CNG	bez Eko testa
WANKEL – BEZ-KAT	bez Eko testa
WANKEL – REG-KAT	bez Eko testa
WANKEL – REG-KAT-EURO II	bez Eko testa
WANKEL – REG-KAT-EURO III	bez Eko testa
WANKEL – REG-KAT-EURO IV	bez Eko testa
WANKEL – REG-KAT-EURO V	bez Eko testa
WANKEL – REG-KAT + LPG	bez Eko testa
WANKEL – REG-KAT + CNG	bez Eko testa
DIESEL	DIESEL-ATMO ili DIESEL-PRED
DIESEL – EURO II	DIESEL-ATMO ili DIESEL-PRED
DIESEL – EURO III	DIESEL-ATMO ili DIESEL-PRED
DIESEL – EURO IV	DIESEL-ATMO ili DIESEL-PRED
DIESEL – EURO V	DIESEL-ATMO ili DIESEL-PRED
DIESEL – EURO V / EEV	DIESEL-ATMO ili DIESEL-PRED
DIESEL – EURO VI	DIESEL-ATMO ili DIESEL-PRED
ELEKTROMOTORNI POGON	bez Eko testa
KOMBINIRANI POGON (ELEKTRO + OTTO)	bez Eko testa
KOMBINIRANI POGON (ELEKTRO + WANKEL)	bez Eko testa
KOMBINIRANI POGON (ELEKTRO + DIESEL)	bez Eko testa
KOMBINIRANI POGON (ELEKTRO + OTTO)	bez Eko testa
KOMBINIRANI POGON (ELEKTRO + WANKEL)	bez Eko testa
KOMBINIRANI POGON (ELEKTRO + DIESEL)	bez Eko testa
KOMBINIRANI POGON (DIESEL + LPG)	DIESEL-ATMO ili DIESEL-PRED

Tablica 7 Udjeli u ukupnom broju vozila pojedinih razina varijable LogVrstaMotora

Razina varijable LogVrstaMotora	Udio
REG-KAT	63,68%
BEZ-KAT	3,16%
DIZEL-PRED	23,35%
DIZEL-ATMO	9,81%

3.4.6 Vrsta kočnica

Opremljenost vozila sustavima ESP i ABS ili običnom hidrauličnom kočnicom utječu na razinu aktivne sigurnosti vozila. Može se pretpostaviti da će vozila opremljena modernijim sustavima kočenja u manjem broju sudjelovati u prometnim nezgodama, stoga će se na njima nalaziti manje nedostataka koji bi bili posljedica neotklonjenih oštećenja nakon istih. Ipak, analiza će pokazati signifikantnost ove tehničke karakteristike u izradi modela. Za potrebe regresijske analize osnovana je varijabla VrstaKočnicaKorigirana koja se sastoji od dvije razine: DVOKRUŽNA HIDRAULIČNA+ER (dvokružne hidraulične kočne instalacije opremljene nekim vidom elektroničke regulacije kao što su ABS ili ESP) i DVOKRUŽNA HIDRAULIČNA (dvokružna hidraulična kočna instalacija koja nije opremljena niti jednim vidom elektroničke nadogradnje)

3.4.7 Maksimalna brzina

Što je veća maksimalna brzina vozila, to su sklopovi prijenosa i motor izloženi većem naprezanju. Naravno, neki vlasnici vozila vrlo rijetko koriste krajnje mogućnosti vozila, tako da će analiza pokazati signifikantnost ove tehničke karakteristike u izradi modela.

3.4.8 Snaga motora, zapremina motora

Snaga i zapremina motora su varijable koje su sigurno u određenoj korelaciji jer, u pravilu, ako se izuzme trend "downsizinga"¹ u autoindustriji, veća snaga motora zahtijeva i veću zapreminu motora. Iako se to odnosi samo na rezultate analize ispušnih plinova, članak [18] navodi

¹ downsizing - korištenje motora manje zapremine koji daju snagu motora većih zapremina. Manji motori sadrže pokretne dijelove manjih masa, smanjuju se toplinski gubici, gubici zbog trenja, itd., a snaga motora povećava se najčešće prednabijanjem. Takvi motori odlikuju se malom potrošnjom i malom emisijom CO₂.

funkcijsku povezanost zapremine motora s količinom ugljikovog monoksida i neizgorenih ugljikovodika, što se očekuje i u ovom radu. Analiza koeficijenata dobivenih logit regresijskom analizom će pokazati kolika je signifikantnost ovih varijabli te ima li potrebe zadržati ih obje u dobivenim Funkcijama².

3.4.9 Duljina, širina, visina

Duljina, širina i visina vozila su parametri za koje nisu nađene studije o njihovom utjecaju na eksploataciju vozila, ali od kojih se očekuje određeni utjecaj jer opisuju položaj težišta vozila i raspored opterećenja na osovine i pojedinačne kotače. Može se pretpostaviti, primjerice, da će vozila veće visine više opterećivati prednju osovinu pri kočenju, a da će vozila veće širine manje dinamički opterećivati ovjes pri gibanju u zavoju.

3.4.10 Kuka

Za vozila opremljena kukom pretpostavlja se da će vući adekvatna priključna vozila, dakle da će vozilo biti dodatno opterećivano, a prvenstveno se tu misli na stražnju osovinu. Osim toga, kao dodatan dio na vozilu, kuka je također podložna kvarovima i nedostacima koji će biti detektirani na RTP-u.

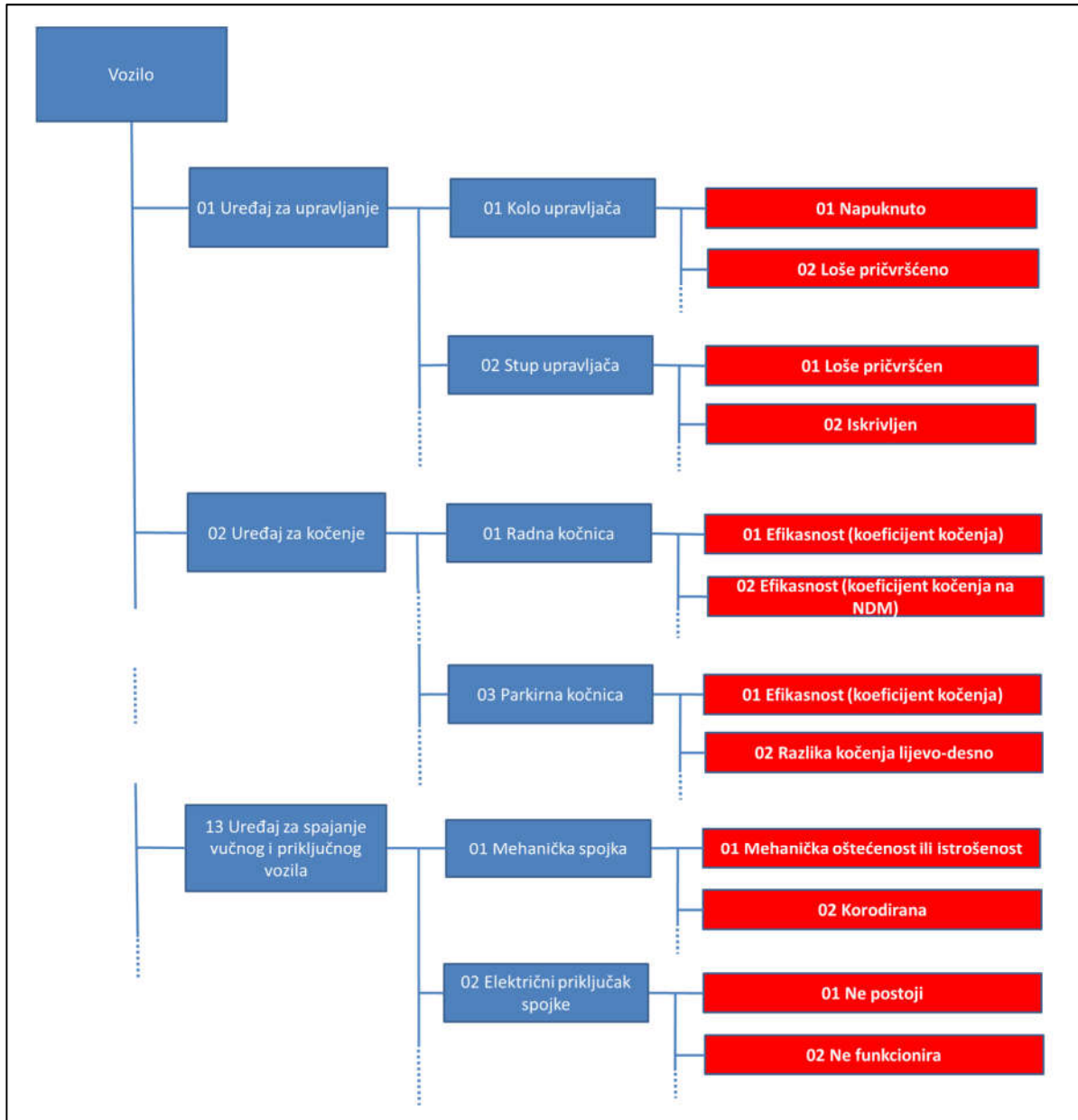
3.4.11 Sklop na kojemu je nedostatak nađen

Podatak koji će biti ovisna varijabla u logit regresijskoj analizi je sklop na kojemu je nedostatak nađen, a koji se nalazi u polju SklopID. Šifarnik nedostataka podijeljen je na 17 glavnih sklopova kao što prikazuje slika 10, a svaki od sklopova se dijeli na dijelove, gdje je za svaki dio moguće odrediti konkretan nedostatak (slika 10). Korištenje dijelova i konkretnih nedostataka u logit regresijskoj analizi, s obzirom na njihov broj, ne bi bio racionalan, niti je potreban za procjenu kvalitete rada STP, stoga će se za analizu koristiti samo razina sklopova na kojima su nedostaci nađeni.

Također, sklop 17, „Plinska instalacija“ neće biti korišten, jer se radi o nedostacima koje je moguće dodijeliti samo posebnoj grupi vozila čiji je motor „dograđen“ za pogon na ukapljeni naftni plin ili na stlačeni prirodni plin. Osim toga, prema [5] takva vozila ne podliježu ispitivanju ispušnih plinova, što znači da, sukladno odluci u potpoglavlju 3.4.4., neće biti

² funkcijske povezanosti između tehničkih karakteristika vozila i vjerojatnosti pojave određene skupine nedostataka na RTP-u, vidi popis kratica.

uključena u analizu. Dakle, sklop 17 „Plinska instalacija“ neće se koristiti jer se ti nedostaci mogu dodijeliti samo određenoj grupi vozila koja će iz analize biti isključena jer se na njoj ne provodi ispitivanje ispušnih plinova.



Slika 10 Primjer strukture šifrnika nedostataka

3.5 Određivanje referentne grupe vozila

Referentnom grupom vozila će se u daljnjem tekstu nazivati grupa vozila koja će biti posebno pripremljena za obradu kojom će se logit regresijskom analizom doći do funkcijske povezanosti između tehničkih karakteristika vozila i vjerojatnosti pojave određene skupine nedostataka na

RTP-u. Cilj određivanja referentne grupe je stvoriti uzorak vozila s pripadajućim tehničkim karakteristikama, pomoću kojeg će se logit regresijskom analizom s više varijabli moći dobiti Funkcije s minimalnim brojem neovisnih varijabli koje će davati stabilne rezultate sa što užim intervalima povjerenja.

Da bi obrada podataka referentne grupe vozila dala što kvalitetnije rezultate, ona mora sadržavati dovoljan broj vozila koji će u promatranim STP jamčiti uzorke dovoljne veličine da bi se na njima mogla provesti statistička analiza koja će dati rezultate velike pouzdanosti, te istovremeno, da su iz tehničkih podataka tih vozila isključeni bilo kakvi ekstremi koji bi mogli utjecati na kvalitetan ishod regresijske analize.

Kako se vozni park u RH velikom većinom sastoji od osobnih automobila (1.400.337, tablica 4), razumno je za zaključiti da bi temelj referentne grupe trebali činiti samo osobni automobili, jer je teretnih vozila i motorkotača premalo i njihova raspodjela može biti vrlo nejednolika po različitim STP-ima, te se čak može dogoditi da se, npr., u pojedinim STP ima nađe vrlo malo ili niti jedno teretno vozilo. Nadalje, motocikli i teretna vozila se po svojim osnovnim tehničkim karakteristikama (masa, zapremina motora, dimenzije, itd.) značajno razlikuju od osobnih automobila, pa bi njihovo uvrštavanje u referentnu grupu predstavljalo veliku opasnost od pojave "outliera³" koji bi značajno mogli utjecati na izgled funkcija koje povezuju tehničke karakteristike vozila s vjerojatnostima pojave određenih grupa nedostataka.

Stoga će se za referentnu grupu vozila koristiti samo osobni automobili koji su pristupili RTP-u u periodu od 1. 1. 2012 do 31. 12. 2012. godine.

3.5.1 Podaci koje treba isključiti iz analize

Primarna svrha analize podataka redovnih tehničkih pregleda je analiza kvalitete rada pojedinih stanica za tehnički pregled vozila, a tek nakon toga i analiza utjecaja pojedinih tehničkih karakteristika na ishod tehničkog pregleda. Shodno tome, pri odabiru podataka koji će se koristiti za izradu modela praćenja kvalitete rada stanica za tehnički pregled, treba se voditi pravilom da je primarno potrebno koristiti takve podatke koji će osigurati pouzdanu regresijsku analizu. U analizi podataka koji se unose u toku redovnoga tehničkog pregleda, a koja je dana u prethodnim poglavljima, za potrebe izrade ovakvog modela treba se voditi sljedećim pravilima:

³ outliers ili netipične vrijednosti su, prema [9], vrijednosti unutar skupa podataka koje su neuobičajene u odnosu na trendove koje je moguće zamijetiti na većini ostalih vrijednosti u skupu podataka.

1. Kako model ne bi bio presložen, treba odabrati najbrojniju grupu vozila za analizu i to će najčešće biti kategorija M1, osobni automobili.
2. Od redovnih tehničkih pregleda osobnih automobila treba promatrati samo osnovne redovne tehničke preglede, ponovljeni tehnički pregledi nisu relevantni za ovu analizu s obzirom na to da se radi o pregledima koji u velikoj većini slučajeva završavaju s prolazom jer vlasnici svoja vozila popravljaju nakon što nisu prošla na osnovnom tehničkom pregledu.
3. Iz analize treba isključiti sva polja koja nisu relevantna za regresijsku analizu kao što je pokazano u poglavlju 3.3.
4. Iz analize treba isključiti sva vozila s malim udjelom u populaciji koja podliježu ili ne podliježu nekom specifičnom postupku unutar tehničkog pregleda (kao što su to vozila oslobođena ispitivanja ispušnih plinova, vozila s BEZ-KAT i DIESEL-ATMO motorom) s obzirom na to da uvrštavanjem takvih vozila u analizu usložnjavamo model, ali bez značajnog dobitka na preciznosti modela.
5. Iz analize treba isključiti sva vozila koja u poljima koja su relevantna za regresijsku analizu nemaju upisan nikakav podatak, odnosno imaju Null vrijednosti jer će takva polja zasigurno imati utjecaj na ishod analize, a čak je i moguće da takva polja onemoguće rad softverskih paketa pri regresijskoj analizi.

3.5.2 Netipične vrijednosti

Netipične vrijednosti su, prema [9], vrijednosti unutar skupa podataka koje su neuobičajene u odnosu na trendove koje je moguće zamijetiti na većini ostalih vrijednosti u skupu podataka. Istraživanje načina izdvajanja netipičnih vrijednosti provodi se samo za kontinuirane varijable koje će biti uključene u logit regresijsku analizu, a to su:

- godina proizvodnje vozila
- prosječni godišnje prijeđeni put
- masa
- maksimalna brzina
- snaga motora
- zapremina motora
- duljina
- širina
- visina.

S obzirom na to da se ovdje radi o varijablama koje zapravo predstavljaju niz vrijednosti (dobivenih od vozila, kako je koje pristupalo RTP-u), njihove ekstremne vrijednosti će se manifestirati kao tzv. jednovarijabilne netipične vrijednosti, stoga će se za njihovo određivanje predložiti metode predviđene za jednovarijabilne netipične vrijednosti.

Netipične vrijednosti (eng. *outliers*) izdvajane su iz ukupnih podataka osobnih automobila o njihovim pojedinačnim tehničkim karakteristikama. Vozilo koje u svojim tehničkim karakteristikama sadrži barem jednu netipičnu vrijednost, ne ulazi u referentnu grupu.

Za izdvajanje netipičnih vrijednosti istražene su tri metode: 3σ , Hampelov identifikator i uobičajena Box-Whisker analiza.

Svaka od tri gore navedene metode za pronalaženje netipičnih vrijednosti, koje će biti opisane u nastavku, zasnovane su na sljedećem modelu [9]:

$$\text{ako je } |x_k - x_0| > t\zeta \Rightarrow x_k \text{ je netipična vrijednost}$$

gdje je x_k svaka vrijednost iz promatranog niza podataka, x_0 je referentna vrijednost, ζ je mjera varijacije podataka i t je parametar za određivanje praga vrijednosti iznad kojeg se pojedini x_k -ovi proglašavaju netipičnim vrijednostima. Svaka od sljedeće tri metode daje svoje odgovore na pitanje kako odrediti x_0 , ζ i t . Uvjet koji treba ispuniti da bi ove metode pravilno funkcionirale je da su vrijednosti iz promatranog niza podataka x_k barem približno simetrično raspoređene oko referentne vrijednosti x_0 . U nastavku daje se kratak opis svake od metoda.

Za svaku od navedenih varijabli, pomoću programskog paketa STATISTICA, izračunati su statistički pokazatelji potrebni za primjenu metoda utvrđivanja netipičnih vrijednosti (tablica 8) koje će detaljnije biti opisane u nastavku.

Postupci izdvajanja netipičnih vrijednosti provedeni su pomoću programskog paketa Microsoft Access koristeći statističke pokazatelje koje navodi tablica 8.

Tablica 8 Statistički pokazatelji potrebni za provedbu metoda za izdvajanje netipičnih vrijednosti

	Srednja vrijednost	Median	Min. vrijednost	Max. vrijednost	Donji kvartil	Gornji kvartil	Među kvart. udaljenost	Stand. devijacija
Godina proizvodnje	1999,89	2000	1916	2012	1996	2005	9	6,46
Stanje putomjera	147067,67	136064	0	999999	74482	204680	130198	94491,08
Masa	1151,85	1115	101	4275	960	1295	335	263,01
Maksimalna brzina	171,44	170	10	400	157	182	25	20,61
Snaga motora	64,02	55	9	920	47	74	27	25,14
Okretaji Maks.Snaga	5025,73	5200	10	15000	4400	5600	1200	753,05
Zapremina motora	1593,43	1586	0	8290	1324	1896	572	424,84
Duljina	4138,34	4137	100	11114	3839	4430	591	371,94
Sirina	1696,06	1695	100	3000	1646	1742	96	83,88
Visina	1468,13	1435	100	4953	1415	1480	65	126,29
God. prosj. prijeđeni km	13249,79	12466	0	604241	8481	16800	8318	8108,57

Pravilo 3 σ

Metoda 3 σ najjednostavnija je metoda pronalaženja jednovarijabilnih netipičnih vrijednosti. Kod nje se koristi uobičajena pretpostavka da je niz vrijednosti koji se njome obrađuje, približno normalno raspodijeljen i da su vrijednosti koje su od aritmetičke sredine udaljene za više od tri standardne devijacije zapravo netipične vrijednosti. Iako intuitivna i jednostavna, ova metoda često ne prepoznaje netipične vrijednosti, iako one u nizu podataka postoje. To je stoga što se u izračunu aritmetičke sredine i standardne devijacije koriste i netipične vrijednosti, zbog čega standardna devijacija bude precijenjena, što smanjuje vjerojatnost pronalaska netipičnih vrijednosti.

Kod 3 σ metode

- za referentnu vrijednost x_0 , uzeta je srednja vrijednost \bar{x}
- za mjeru varijacije podataka ζ , uzeta je procijenjena standardna devijacija $\hat{\sigma}$
- za parametar praga uzeto je $t = 3$.

Izdvajanje netipičnih vrijednosti provedeno je prema izrazu:

$$\text{ako je } |x_k - \hat{x}| > 3\sigma \Rightarrow x_k \text{ je netipična vrijednost}$$

Parametar praga "3" odabran je zato jer se pretpostavlja da će, ako promatrani niz podataka dovoljno dobro aproksimira normalnu razdiobu srednje vrijednosti μ i standardne devijacije σ ,

vjerojatnost da se neki od članova niza x_k nađe izvan područja omeđenog s tri standardne devijacije biti manji od 0,3 %. Međutim u ovom radu, umjesto parametra praga 3 uzet će se parametar praga 2, zato jer, kako je već rečeno, primarna svrha izrade ovog modela je utvrđivanje kvalitete rada STP-a, a ne precizno određivanje međusobnih utjecaja pojedinih neovisnih varijabli i njihov pojedinačni utjecaj na ovisnu varijablu. Korištenjem parametra praga 3, za mnoge varijable dobiju se nerealne granice kao npr. za varijable OkretajiMaksSnaga, Duljina, ProsGodPrijPut, itd. koje bi samo unosile „šum“ u oblikovanje modela koji će se primarno koristiti za određivanje kvalitete rada STP-a. Stoga će se za svrhu ovog rada koristiti parametar praga 2, koji će davati realnije granice varijabli, a naziv metode koji će se koristiti u nastavku teksta će biti „2sigma“.

Hampelov identifikator

Zamjenom aritmetičke sredine i standardne devijacije referentnom vrijednošću i mjerom varijacije podataka čiji je izračun manje osjetljiv na netipične vrijednosti, dobiva se učinkovitiji mehanizam detekcije netipičnih vrijednosti.

Kod metode Hampelovog identifikatora

- za referentnu vrijednost x_0 , uzet je medijan \tilde{x}
- za mjeru varijacije podataka ζ , uzeto je skalirano apsolutno odstupanje od medijana S
- za parametar praga uzeto je $t = 3$ kako bi S bio nepristrani procjenjivač od σ

Skalirano apsolutno odstupanje od medijana S izračunava se prema formuli

$$S = 1,4826 \text{ median } \{|x_k - \tilde{x}|\}$$

Dakle, radi se o medijanu niza izračunatih apsolutnih odstupanja vrijednosti x_k od medijana \tilde{x} , koji je pomnožen s 1,4826 (1/0,6745) kako bi S postao nepristrani procjenjivač standardne devijacije σ ako x_k čine normalnu vjerojatnosnu raspodjelu.

Izdvajanje netipičnih vrijednosti provedeno je prema izrazu:

$$\text{ako je } |x_k - \tilde{x}| > 3S \Rightarrow x_k \text{ je netipična vrijednost}$$

Ova je metoda ponekad previše agresivna⁴, ali puno učinkovitija od 3σ metode.

⁴ metoda je agresivna ako osim netipičnih vrijednosti izdvaja i veći broj vrijednosti koje se ponašaju u skladu s trendovima koje je moguće zamijetiti u promatranom skupu podataka.

Box-whisker analiza

Uobičajena Box-whisker analiza još je jedna metoda gdje se aritmetička sredina i standardna devijacija 3σ metode mijenjaju ponovo s medijanom i, ovoga puta, međukvartilnom udaljenošću.

Kod Box-whisker metode

- za referentnu vrijednost x_0 , uzet je medijan \tilde{x}
- za mjeru varijacije podataka ζ , uzet je Q ,

gdje je Q razlika između vrijednosti gornjeg i donjeg kvartila vjerojatnosne raspodjele koju čine x_k :

$$Q = x_U - x_L$$

Ako se radi o simetričnoj raspodjeli, koristi se izraz

$$|x_k - \tilde{x}| > tQ \Rightarrow x_k \text{ je netipična vrijednost}$$

pa ako se uzme da je kod simetrične raspodjele uvjet da je neka vrijednost netipična vrijednost

$$|x_k - \tilde{x}| > 2Q$$

s obzirom na to da se Q mora dijeliti s 1,35 kako bi postao nepristrani procjenjivač standardne devijacije, uvjet $2Q$ zapravo odgovara $\approx 2,7\sigma$ što približno odgovara uvjetu metode 3σ .

Ako se radi o nesimetričnoj raspodjeli, koristi se formula

$$x_k > x_U + tQ \Rightarrow x_k \text{ je gornja netipična vrijednost}$$

$$x_k < x_L - tQ \Rightarrow x_k \text{ je donja netipična vrijednost}$$

gdje je x_U gornji, a x_L donji kvartil.

S obzirom na to da su za gotovo sve kontinuirane varijable, raspodjele nesimetrične (slika 11), korištene su formule za nesimetrične raspodjele uz $t=1$, čime se opet postiže da se sa svake strane medijana zahvaćaju podaci unutar $2Q$.

3.5.3 Analiza metoda za izdvajanje podataka

Načinjeni su izračuni potrebni za određivanje granica izvan kojih će sve vrijednosti biti proglašene netipičnim vrijednostima i odbačene iz analize. U tablici 9 prikazani su rezultati za gornje i donje granice podataka, izvan kojih će sve ostale vrijednosti biti proglašavane netipičnim vrijednostima. Nazivi u zaglavljima kolumni predstavljaju rezultate za sljedeće metode:

2sigma - granica određena 2sigma metodom

Hempel - granica određena metodom Hempelovog identifikatora

BW - granica određena Box-whisker analizom

Ukoliko naziv kolumne počinje sa slovom „L“, to označava donju (eng. „low“) granicu podataka nađenu za pripadajuće varijable (npr. L2sigma), a ukoliko naziv kolumne počinje sa slovom „H“, radi se o gornjoj (eng. „high“) granici podataka za pripadajuće varijable (npr. H2sigma).

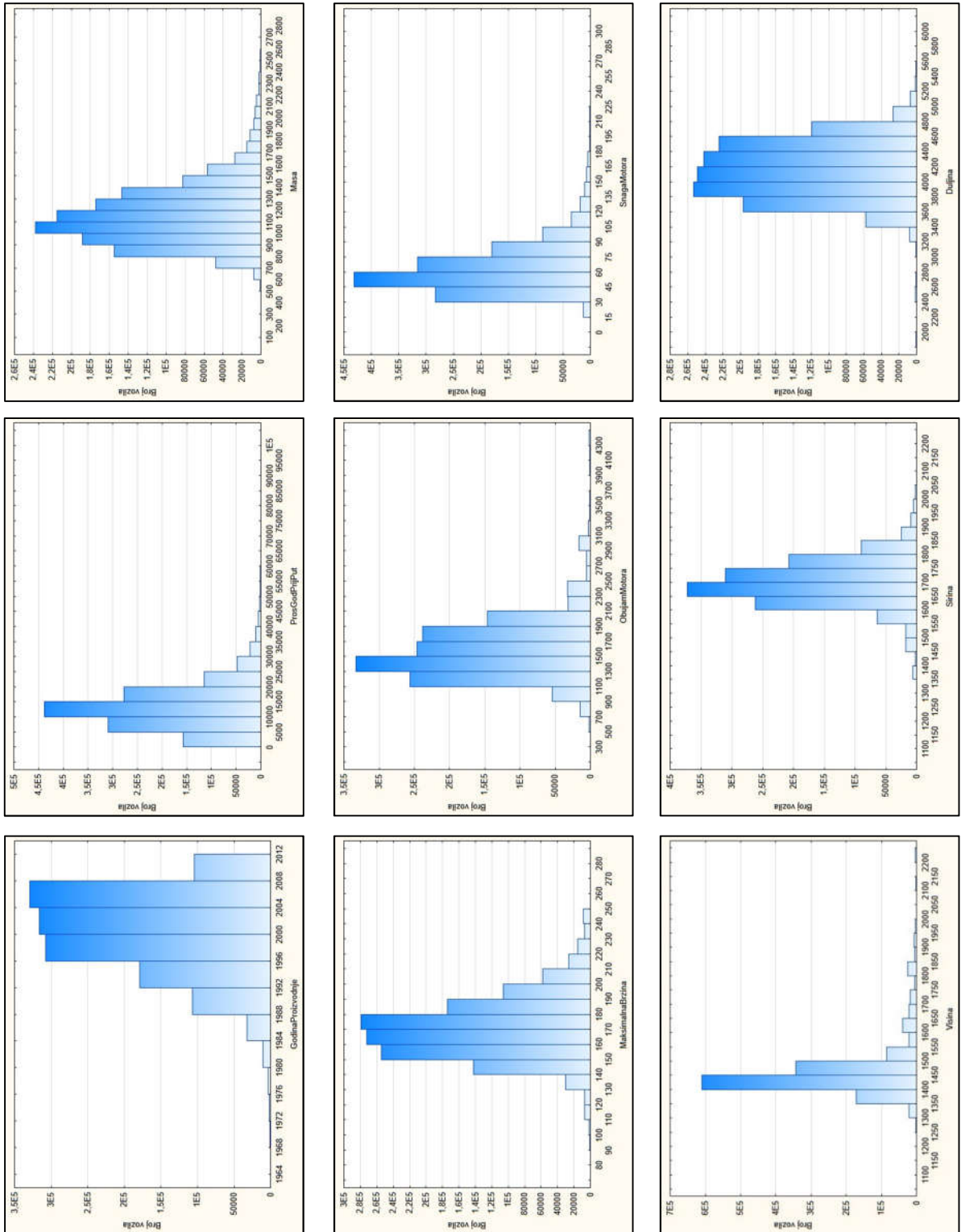
Uz rezultate dane za opisane tri metode, radi orijentacije, tablica 9 prikazuje i granice koje određuju percentili 2,5% i 97,5%.

Tablica 9 Granice za određivanje netipičnih vrijednosti prema više metoda

	Percentile 2,5%	L2sigma	LHempel	LBW	HBW	HHempel	H2sigma	Percentile 97,5%
GodinaProizvodnje	1987	1987,9	1989,1	1988	2015	2012,9	2013,3	2010
ProsGodPrijPut	416,8	-3182,7	1,5	24,9	25519,8	25077,1	30034,6	32131
Masa	770	635,4	628,9	641	1646	1631,1	1697,3	1815
MaksimalnaBrzina	140,0	131,2	134,4	136	208	205,6	213,9	220
SnagaMotora	33,0	13,7	14,5	20	104	103,5	117	130
ObujamMotora	995,0	737,1	666,8	786	2451	2505,2	2464,6	2656
Duljina	3490	3401,7	3274,3	3250	5020	5023	4893,8	4810
Sirina	1535	1533,1	1546,8	1544	1850	1849	1867,6	1856
Visina	1360	1221,4	1358,9	1354	1543	1519,1	1721,8	1819

Pregledom tablice 9 moguće je utvrditi sljedeće:

1. Sve tri metode približno jednako određuju granice za varijablu GodinaProizvodnje.
2. Prosječno godišnje prijeđeni put ne može biti negativan, stoga je metoda 2sigma ovdje pokazala svoju manjkavost. Gornje granice varijable ProsGodPrijPut daju približno realne godišnje kilometraže za sve tri metode.
3. Za varijablu Masa, sve tri metode daju realne gornje i donje granice.
4. Za varijablu MaksimalnaBrzina, sve tri metode daju realne gornje i donje granice.
5. Snaga motora manja od 20 kW i obujam motora manji od 900 cm³ može se naći uglavnom kod manjih vozila starijih od 20 godina (FIAT 126 PGL, FIAT 500, TRABANT 601, RENAULT R4, itd.) koja će većinom biti izbačena već temeljem kriterija godine proizvodnje, stoga se može reći da sve tri metode dovoljno dobro određuju i gornju i donju granicu ovih varijabli.
6. Za varijable Duljina i Sirina, sve tri metode daju realne gornje i donje granice.
7. Za varijablu Visina, sve tri metode, uvjetno rečeno, daju prenisku gornju granicu, čime će se iz referentne grupe vozila izbaciti „visoka“ vozila kao što su terenska vozila (NISSAN PATROL, MITSUBISHI PAJERO,...) i neki monovolumeni (FORD KUGA, VW TIGUAN,...), te veliki monovolumeni (nekada zvani KOMBINIRANI AUTOMOBIL kao npr, VW TRANSPORTER, RENAULT TRAFFIC, ...). Međutim, kao što je već rečeno, kako je primarna svrha ovog modela određivanje kvalitete rada u STP, a i vozila koja su na ovaj način izdvojena čine grupu vozila posebne konstrukcije, moguće je prihvatiti granice sve tri metode.



Slika 11 Prikazi raspodjela podataka za kontinuirane varijable uključene u izradu modela

Iz gore navedenog, moguće je zaključiti da metoda 2sigma ne daje dovoljno dobre rezultate jer, očito, zahtjev o približno normalnoj raspodjeli podataka nije ispunjen kod varijabli kao što je GodinaProizvodnje, Masa ili SnagaMotora, što daje nerealne rezultate. Promatrajući raspodjele svih varijabli (slika 11), vidljivo je da većina nema približno normalnu raspodjelu, stoga se zaključuje da bi metoda 2sigma vrlo vjerojatno bila neučinkovita za podatke koji su skupljeni kroz postupke tehničkih pregleda, stoga njeni rezultati u ovom radu neće biti korišteni.

3.5.4 Detaljnija analiza metoda Box-whisker i Hampelovog identifikatora

Tablica 10 Usporedba vrijednosti asimetrije (eng. *skewness*) i spljoštenosti (zaobljenosti) (eng. *kurtosis*) po varijablama nakon izdvajanja netipičnih vrijednosti sukladno granicama određenim metodom Hampelovog identifikatora i Box-Whisker metodom

	Asimetrija		Spljoštenost	
	Hampel	BW	Hampel	BW
GodinaProizvodnje	0,010651	-0,153894	-0,742019	-0,680807
ProsGodPriPut	0,019040	0,058628	-0,320860	-0,329386
Masa	0,243292	0,271859	-0,566897	-0,522199
MaksimalnaBrzina	0,183230	0,262717	-0,664878	-0,574876
SnagaMotora	0,583829	0,639691	-0,238151	-0,142814
ObujamMotora	0,351301	0,267838	-0,627372	-0,870036
Duljina	0,153503	0,157178	-0,704889	-0,729811
Sirina	0,111873	0,087376	-0,271427	-0,238270
Visina	0,299241	0,480512	-0,370348	-0,060404

Analizom vrijednosti u tablici 10, te vizualnom analizom histograma varijabli nakon izdvajanja netipičnih vrijednosti sukladno granicama dobivenim metodom Hampelovog identifikatora i Box-whisker metodom, nisu uočene posebne prednosti jedne ili druge metode.

Međutim, Box-whisker metoda ima nekoliko komparativnih prednosti nad metodom Hampelovog identifikatora:

- dopušta zadržavanje većeg broja podataka (BW 961029 naspram Hampela 938846),
- jednostavniji izračun,
- veća prilagodljivost na nesimetrične raspodjele podataka.

S obzirom na gore navedeno, za potrebe ovog rada, koristit će se granice dobivene BW metodom.

4. IZRADA MODELA

4.1 Logit regresijska analiza

S obzirom na to da se u ovom radu koriste podaci koji predstavljaju i kontinuirane i diskretne varijable, a pogotovo zato jer ovisna varijabla dolazi u dvije diskretne vrijednosti (vozilo je proglašeno ispravnim ili neispravnim na tehničkom pregledu), logit regresijska analiza se nameće kao logičan izbor za obradu tih podataka. U ovom potpoglavlju se stoga daje kraći pregled logit funkcije na kojoj se temelji logit regresijska analiza.

Logit regresijska analiza, kao i svaka druga regresijska analiza nastoji naći odnose između ovisne varijable i skupa neovisnih varijabli. Međutim, ono što razlikuje logit regresijsku analizu od uobičajene (linearne) regresijske analize je da je ovisna varijabla binarna ili dihotomna, odnosno da može poprimiti samo dvije diskretne vrijednosti.

Također, razlika je i u prirodi odnosa između ovisne i neovisnih varijabli. U svakom regresijskom problemu ključna veličina je srednja vrijednost ovisne varijable, s obzirom na vrijednost neovisne varijable. Takva se vrijednost naziva uvjetovana srednja vrijednost i izražava se kao

$$E(Y|x)$$

gdje Y označava ovisnu varijablu, a x označava vrijednosti neovisne varijable.

U linearnoj regresijskoj analizi, može se pretpostaviti da se ovakva srednja vrijednost može izraziti pomoću jednadžbe koja je linearna u x , kao npr.:

$$E(Y|x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots$$

gdje ovakav izraz implicira da vrijednost $E(Y|x)$ može poprimiti bilo koju vrijednost za x čija se vrijednost pak može kretati od $-\infty$ do $+\infty$.

Kod dihotomne ovisne varijable, s obzirom na to da se njena pojedinačna vrijednost može kretati samo između „0“ i „1“, srednja vrijednost za dani x se također nalazi u tom području, odnosno:

$$0 \leq E(Y|x) \leq 1$$

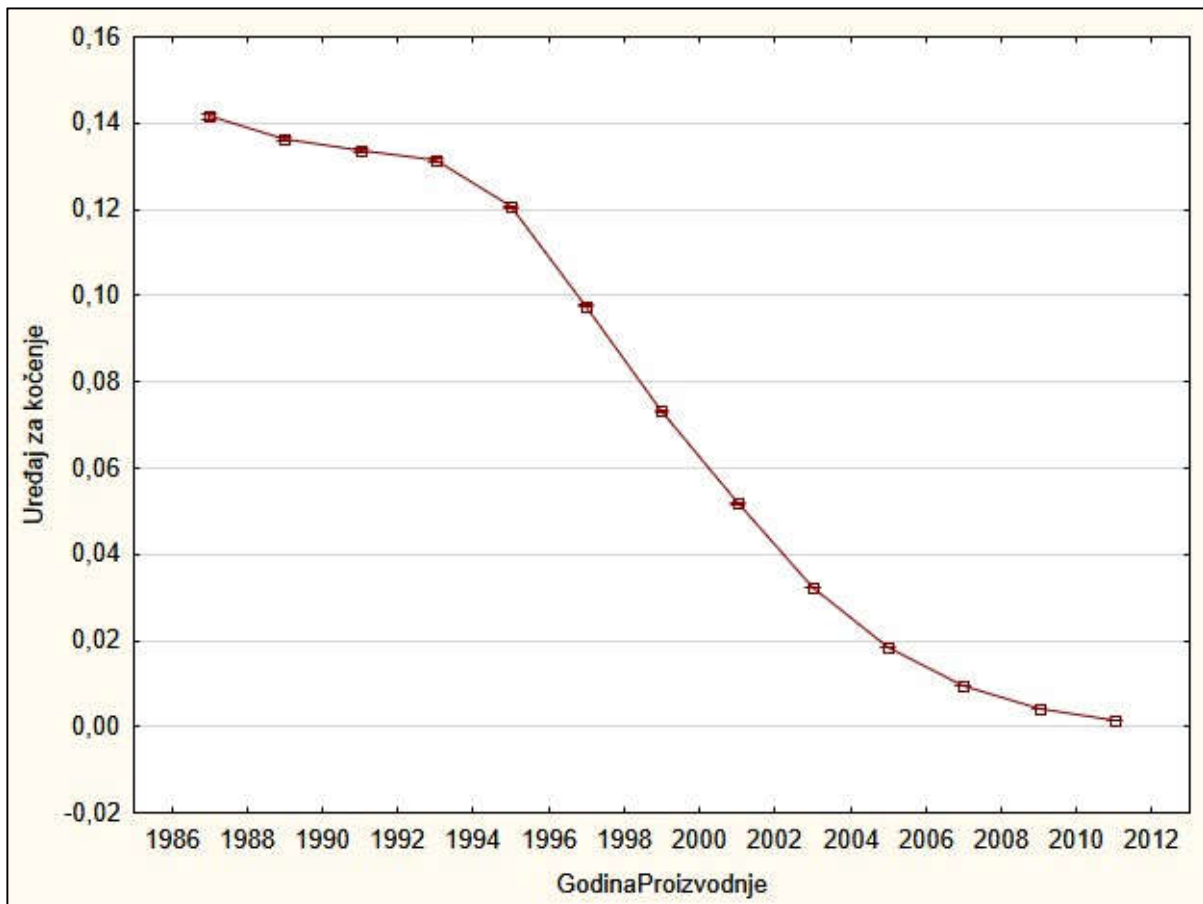
S obzirom na to da dihotomna ovisna varijabla može poprimiti samo dvije vrijednosti, klasična linearna regresijska analiza ne može uspostaviti odgovarajuće odnose između ovisne i neovisnih varijabli, pa se stoga koristi logit regresijska analiza.

Neka su za potrebe ove analize

- vektor ovisne varijable $y_i = (y_1, y_2, \dots, y_n)$,
- vektori neovisnih varijabli $x_{ij} = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$ koji postoje za svaki y_i ,

- vektori koeficijenata uz neovisne varijable $\beta_{ij} = (\beta_{i0}, \beta_{i1}, \dots, \beta_{ip})$ koji također postoje za svaki y_i .

Analiza počinje sa skupom vrijednosti ovisne varijable y_i , koji je npr. dobiven snimanjem nekog procesa ili eksperimentom, i vrijednostima neovisnih varijabli x_{ij} koje su snimljene/zabilježene za svaku vrijednost (y_1, y_2, \dots, y_n) ovisne varijable.



Slika 12 Primjer distribucije srednjih vrijednosti ovisne dihotomne varijable Sklop2 (Uređaj za kočenje)

Ako se ovisne varijable grupiraju po intervalima koji su određeni za neovisnu varijablu, i ako se iz vrijednosti ovisnih varijabli svake grupe izračuna srednja vrijednost, dobit će se srednje vrijednosti varijabli koje će odražavati neku funkcijsku ovisnost o intervalima ovisne varijable. Srednja vrijednost dobivena iz grupe vrijednosti ovisne varijable predstavlja grubu procjenu vjerojatnosti pojave jedne od vrijednosti ovisne varijable, a njihova ovisnost o intervalima neovisne varijable predstavlja grub prikaz funkcijske ovisnosti o tim intervalima. Grafički prikaz jednog takvog primjera prikazuje slika 12 iz koje se može vidjeti kako su srednje vrijednosti ovisne varijable Sklop2, Uređaj za kočenje, distribuirane u odnosu na vrijednosti neovisne varijable GodinaProizvodnje.

Logit regresijska analiza omogućava da se, umjesto grube procjene koju prikazuje slika 12, dođe do kontinuirane funkcijske ovisnosti vjerojatnosti pojave neke od vrijednosti ovisne varijable o bilo kojoj vrijednosti neovisne varijable ili više neovisnih varijabli.

Dakle, osnovni oblik logit funkcije je

$$\pi(x_{ij}) = \frac{e^{g(x_{ij})}}{1+e^{g(x_{ij})}} \quad (4.1)$$

gdje je

$$g(x_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \sum_{l=1}^{k_p-1} \beta_{il} D_{il} + \beta_n x_n, \quad (4.2)$$

a gdje su:

β_n - koeficijenti uz neovisne varijable

x_n - neovisne varijable

$\sum_{l=1}^{k_p-1} \beta_{il} D_{il}$ - suma zamjenskih varijabli i njihovih koeficijenata (vidi poglavlje 4.1.2)

Funkcija $g(x_{ij})$ predstavlja logit vrijednost koju treba uvrstiti u funkciju $\pi(x_{ij})$ kako bi se konačno dobila tražena vrijednost vjerojatnosti pojave promatranog događaja.

4.1.1 Diskretne neovisne varijable

Neki od podataka koji se koriste za izradu ovog modela čine diskretne neovisne varijable. Da bi u logit regresijskoj analizi mogli upotrijebiti, diskretne se varijable mora na poseban način pripremiti i uvrstiti u analizu što je opisano u nastavku ovog potpoglavlja.

Diskretne neovisne varijable koje ne predstavljaju kontinuirane vrijednosti, kao npr. duljina, širina i visina vozila, već sadržavaju diskretne razine, kao npr. varijabla VrstaMotora koja sadrži samo razine DIESEL-PRED i OTTO-REGKAT, nije prikladno uvrstiti u model kao da se radi o kontinuiranim varijablama. Stoga se diskretne varijable rastavljaju na zamjenske varijable koje se uvrštavaju u funkciju $g(x_{ij})$. Kako se diskretne varijable rastavljaju na zamjenske varijable, ovisi o broju razina i zaključcima o modelu koji se žele polučiti, o čemu se više može pročitati u [7].

Ako diskretna varijabla ima k razina, ona se uvijek rastavlja na $k-1$ zamjenskih varijabli. Najjednostavniji slučaj je kod dvorazinskih diskretnih varijabli koje imaju samo jednu zamjensku varijablu. S druge strane, kod višerazinskih varijabli, kodiranje zamjenskih varijabli je malo složenije. Tablica 11 i tablica 12 prikazuju primjere kodiranja dvorazinske i četverorazinske diskretne varijable.

Dakle, izraz $\sum_{l=1}^{k_p-1} \beta_{il} D_{il}$ predstavlja sumu umnožaka zamjenskih varijabli diskretne varijable x_p s pripadajućim koeficijentima određenim logit regresijskom analizom.

Tablica 11 Primjer kodiranja dvorazinske diskretne varijable Spol

Spol	D1
Ženski	0
Muški	1

Tablica 12 Primjer kodiranja četverorazinske diskretne varijable VrstaMotora

VrstaMotora	D1	D2	D3
OTTO-REGKAT	0	0	0
OTTO-BEZKAT	1	0	0
DIESEL-PRED	0	1	0
DIESEL-ATMO	0	0	1

U modelu koji je predviđen ovim radom, sve diskretne varijable su dvorazinske i kodirane su na sljedeći način:

Tablica 13 Kodiranje diskretnih varijabli za potrebe izrade ovog modela

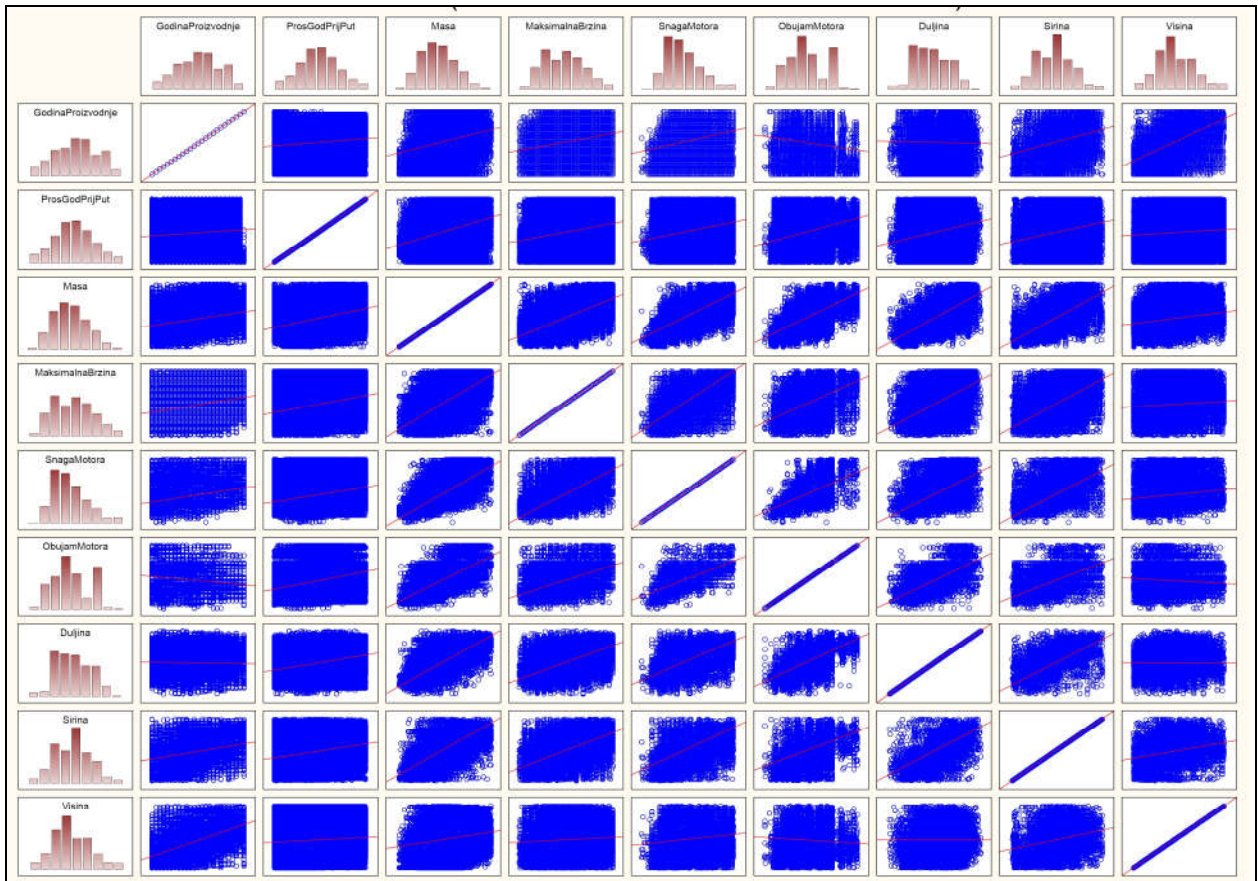
Kôd:	1	-1
BrojBocnihVrata	2	4
LogVrstaMotora	REG-KAT	DIESEL-PRED
Kuka	0	1
VrstaKocnicaKorigirana	DVOKRUŽNA-HIDR.	DVOKRUŽNA-HIDR.+ER

4.1.2 Istraživanje interakcija i određivanje članova višeg stupnja

Interakcije između varijabli također mogu doprinosti modelu, stoga je potrebno odrediti koje će varijable biti korištene u ovom modelu u smislu interakcija. S obzirom na veličinu i složenost modela, tj. veliki broj osnovnih varijabli, varijable koje predstavljaju interakcije ograničit će se samo na varijable drugog stupnja. To znači da će se u modelu koristiti samo varijable interakcija koje će predstavljati umnošci dviju varijabli za koje se tvrdi da su u interakciji, a koji će pak biti množeni s pripadajućim koeficijentima. U nastavku je opisan način određivanja varijabli interakcija.

Interakcije je moguće određivati vizualno pomoću prikladnog grafičkog prikaza (slika 13) ili pomoću Pearson-ovih koeficijenata korelacije koje prikazuje tablica 14, a koje su izračunate pomoću STATISTICA softverskog paketa.

Sukladno preporukama iz [7], za izradu ovog modela odabrane su interakcije između kontinuiranih neovisnih varijabli kojima su vrijednosti *Pearson*-ovih koeficijenata korelacije r veće od 0,7.



Slika 13 Grafički prikaz korelacija između osnovnih neovisnih varijabli modela

Interakcije između diskretnih i kontinuiranih neovisnih varijabli analizirane su pomoću Box-whisker dijagrama, primjer kojih prikazuje slika 14. Procjena interakcija obavljena je tako da su se u model preuzimale one interakcije kojima je na Box-whisker dijagramu mogla uočiti značajna razlika u razinama medijana i interkvartilne udaljenosti.

Što se tiče interakcija između diskretnih varijabli, s obzirom na to da se radi samo o 4 diskretne varijable, u modelu su korištene svih 6 interakcija među diskretnim varijablama.

Tablica 14 Vrijednosti r kao mjera korelacije za osnovne neovisne kontinuirane varijable

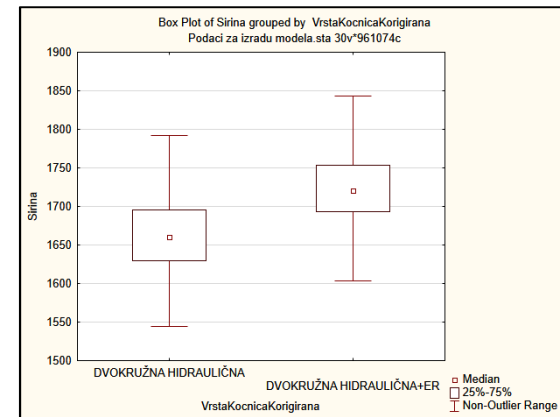
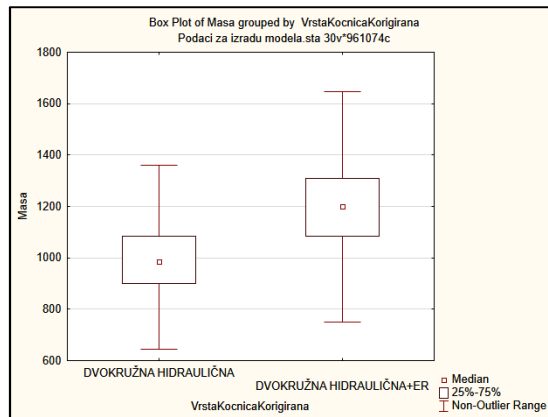
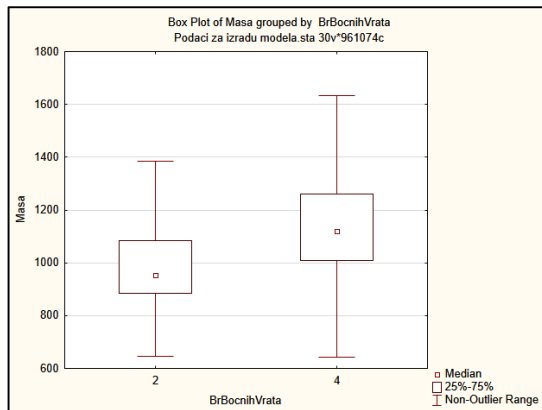
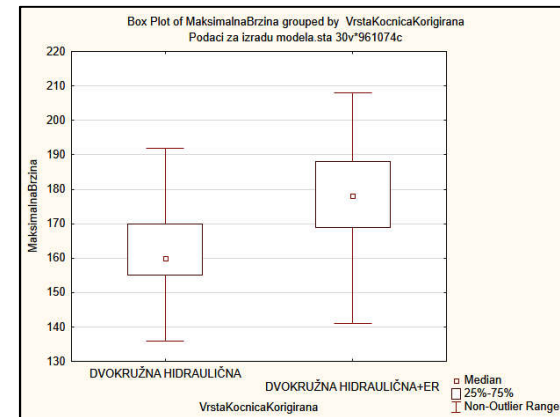
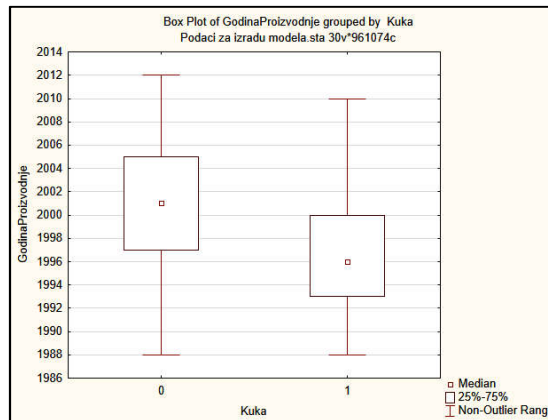
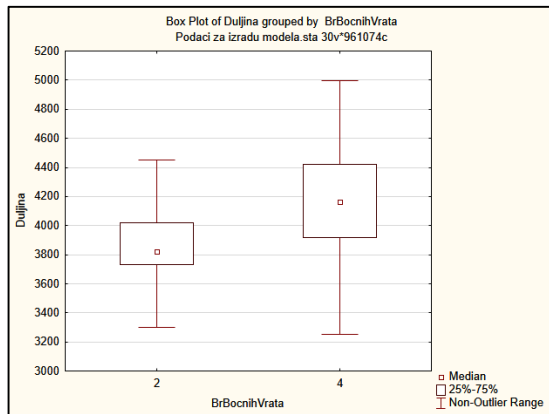
	Godina Proizvodnje	ProsGod PrijPut	Masa	Maksi malna Brzina	Snaga Motora	Obujam Motora	Duljina	Sirina	Visina
GodinaProizvodnje	1,000	0,108	0,285	0,252	0,273	-0,170	-0,025	0,311	0,584
ProsGodPrijPut	0,108	1,000	0,367	0,268	0,261	0,336	0,287	0,264	0,085
Masa	0,285	0,367	1,000	0,716	0,776	0,715	0,804	0,811	0,205
MaksimalnaBrzina	0,252	0,268	0,716	1,000	0,851	0,551	0,632	0,660	0,086
SnagaMotora	0,273	0,261	0,776	0,851	1,000	0,600	0,670	0,717	0,148
ObujamMotora	-0,170	0,336	0,715	0,551	0,600	1,000	0,686	0,554	-0,085
Duljina	-0,025	0,287	0,804	0,632	0,670	0,686	1,000	0,747	-0,003
Sirina	0,311	0,264	0,811	0,660	0,717	0,554	0,747	1,000	0,277
Visina	0,584	0,085	0,205	0,086	0,148	-0,085	-0,003	0,277	1,000

Model za logit regresijsku analizu koji je uzet kao početni model za sve ovisne varijable SklopX, a koji uključuje sve osnovne varijable, te odabrane interakcijske varijable drugog stupnja, u konačnici izgleda ovako:

```
"GodinaProizvodnje" +
"ProsGodPrijPut" +
Masa +
"MaksimalnaBrzina" +
"SnagaMotora" +
"ObujamMotora" +
Duljina +
Sirina +
Visina +
"BrBocnihVrata" +
"LogVrstaMotora" +
"VrstaKocnicaKorigirana" +
Kuka +
Masa*"MaksimalnaBrzina" +
Masa*"SnagaMotora" +
"MaksimalnaBrzina"*"SnagaMotora" +
Masa*"ObujamMotora" +
Masa*Duljina +
Masa*Sirina +
"SnagaMotora"*Sirina +
Duljina*Sirina +
```

"BrBocnihVrata"*"LogVrstaMotora" +
 "BrBocnihVrata"*"VrstaKocnicaKorigirana" +
 "BrBocnihVrata"*Kuka +
 "LogVrstaMotora"*"VrstaKocnicaKorigirana" +
 "LogVrstaMotora"*Kuka +
 "VrstaKocnicaKorigirana"*Kuka +
 "BrBocnihVrata"*Masa +
 "BrBocnihVrata"*"MaksimalnaBrzina" +
 "BrBocnihVrata"*"SnagaMotora" +
 "BrBocnihVrata"*"ObujamMotora" +
 "BrBocnihVrata"*Duljina +
 "BrBocnihVrata"*Sirina +
 "LogVrstaMotora"*"GodinaProizvodnje" +
 "LogVrstaMotora"*"ProsGodPriyPut" +
 "LogVrstaMotora"*Masa +
 "LogVrstaMotora"*"MaksimalnaBrzina" +
 "LogVrstaMotora"*"SnagaMotora" +
 "LogVrstaMotora"*"ObujamMotora" +
 "LogVrstaMotora"*Duljina +
 "LogVrstaMotora"*Sirina +
 "LogVrstaMotora"*Visina +
 "VrstaKocnicaKorigirana"*"GodinaProizvodnje" +
 "VrstaKocnicaKorigirana"*Masa +
 "VrstaKocnicaKorigirana"*"MaksimalnaBrzina" +
 "VrstaKocnicaKorigirana"*"SnagaMotora" +
 "VrstaKocnicaKorigirana"*Sirina +
 Kuka*"GodinaProizvodnje"

S ovakvim modelom je započinjana analiza za svaki sklop, a postupcima odabira varijabli i optimiranja modela koji će biti opisani u nastavku ovog rada, neke od varijabli su morale biti odbačene.



Slika 14 Primjeri Box-whisker dijagrama korištenih za procjenu interakcija između diskretnih i kontinuiranih varijabli

4.1.3 Metoda najveće vjerodostojnosti (eng. *maximum likelihood method*)

U ovom radu je kod određivanja modela logit regresijskom analizom, u programskom paketu STATISTICA, korištena metoda najveće vjerodostojnosti za dobivanje procjena koeficijenata β_n iz jednadžbe 4.2. U nastavku su ukratko opisani koraci ove metode.

Ako je ovisna varijabla kodirana s „0“ i „1“, onda jednadžba (1), za proizvoljne vrijednosti β daje vjerojatnost da je ovisna varijabla „1“ u iznosu $\pi(x)$, odnosno $1 - \pi(x)$ ukoliko se radi o vjerojatnosti da je ovisna varijabla „0“. Zbog toga će doprinos funkciji najveće vjerodostojnosti (eng. *maximum likelihood function*) za ovisnu varijablu „1“ iznositi $\pi(x)$, za ovisnu varijablu „0“, $1 - \pi(x)$ što se, za svaki set podataka (x_{ij}, y_i) može izraziti formulom

$$\pi(x_{ij})^{y_i} (1 - \pi(x_{ij}))^{1-y_i} \quad (4.3)$$

Ako se prepostavi da su zapažanja neovisna, tada se funkcija najveće vjerodostojnosti dobiva kao produkt izraza (4.3):

$$l(\beta) = \prod_{i=1}^n \pi(x_{ij})^{y_i} (1 - \pi(x_{ij}))^{1-y_i} \quad (4.4)$$

Kako je matematički lakše raditi sa logaritmom jednadžbe (4.4), nakon logaritmiranja se dobije:

$$L(\beta) = \ln[l(\beta)] = \sum_{i=1}^n \{y_i \ln[\pi(x_{ij})] + (1 - y_i) \ln[1 - \pi(x_{ij})]\} \quad (4.5)$$

Kako bi iz (4.5) našli β koji maksimizira $L(\beta)$, diferenciramo jednadžbu (4.5), redom, po $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ nakon čega se dobije niz, tzv. jednadžbi vjerodostojnosti (eng. *likelihood equations*):

$$\sum_{i=1}^n [y_i - \pi(x_i)] = 0 \quad (4.6)$$

i

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} [y_i - \pi(x_i)] = 0 \quad (4.7)$$

Kako se radi o izrazima koji su nelinearni, moguće ih je rješavati samo iterativnim metodama koje se u ovom radu neće objašnjavati, s obzirom na to da softverski paketi koji sadrže logit regresijsku analizu redovito sadrže i algoritme za rješavanje ovakvih problema.

Rješavanjem jednadžbi (4.6) i (4.7), dobivaju se procjene koeficijenata $\widehat{\beta}_{ij}$ uz pomoć kojih se izračunavaju vrijednosti modela $\widehat{\pi}(x_{ij})$.

4.1.4 Procjena dobrote prilagodbe modela

U izradi ovog modela korišten je programski paket STATISTICA koji pruža mogućnost izračuna različitih značajki pomoću kojih se može procijeniti dobrota prilagodbe nekog modela.

U ovom potpoglavlju opisan je Hosmer-Lemeshov test i dani su razlozi zašto je upravo pomoću njega procjenjivana dobrota prilagodbe modela iz ovog rada.

Mnoge metode procjene dobrote prilagodbe modela, koje indiciraju ukupnu dobrotu prilagodbe modela, dostupne su kao rutinski izračuni kroz različite statističke programske pakete. Međutim, male vrijednosti značajki dobivenih nekom od tih metoda ne mogu isključiti postojanje značajnog odstupanja od modela, dok velike vrijednosti tih značajki jasno pokazuju da model ne simulira stvarno ponašanje promatranog procesa.

Kod logit regresijske analize, procjenu dobrote prilagodbe modela (eng. *goodness of fit*) moguće je procijeniti izračunom Pearsonove χ^2 značajke, devijancom D i Hosmer-Lemeshov testom.

Prije analize navedenih metoda potrebno je pojasniti pojam jedinstvena kombinacija vrijednosti neovisnih varijabli (eng. *covariate pattern*) koji opisuje jedinstvenu konfiguraciju vrijednosti neovisnih varijabli u modelu. Npr. u modelu koji sadrži varijable GodinaProzvodnje, Duljina, Sirina, Visina, VrstaMotora, VrstaKocnica, jedinstvenih kombinacija vrijednosti može biti koliko je i promatranih vozila, ali u modelu koji sadrži samo diskretne dvorazinske varijable VrstaMotora (npr. DIESEL i OTTO) i VrstaKočnica (npr. HIDRAULIČNA i HIDRAULIČNA+ABS), moguće su samo četiri jedinstvene kombinacije vrijednosti neovisnih varijabli. Npr. neka neki model sadrži p neovisnih varijabli

$$x_i = (x_1, x_2, \dots, x_p)$$

i neka J označava broj jedinstvenih kombinacija vrijednosti tih neovisnih varijabli. Ako m_j promatranih subjekata sadrže istu kombinaciju vrijednosti neovisnih varijabli, tada je $J < n$, gdje je $\sum_{j=1}^J m_j = n$.

Međutim, kod izračuna Pearsonove χ^2 značajke i devijance D , ključan podatak na koji se oslanja njihov izračun je pretpostavka da u populaciji postoji m_j grupa subjekata s jednakim kombinacijama vrijednosti neovisnih varijabli. Također, za značajke Pearson χ^2 i D , pod pretpostavkom da je model dobro oblikovan, pretpostavlja se Hi-kvadrat vjerojatnosna raspodjela s $J - (p + 1)$ stupnjeva slobode. U strukturi podataka koji su korišteni za izradu ovog modela nađeno je 857 jedinstvenih kombinacija vrijednosti neovisnih varijabli (dalje: JKVNV), od čega 856 JKVNV-a sadrži 2 do 7 vozila, a ostalih 834644 vozila su međusobno potpuno različita s obzirom na svoje tehničke podatke. Dakle za ovu skupinu podataka se može reći:

$$J = 835500$$

$$n = 836459$$

dakle

$$J \approx n$$

Kada je $J \approx n$, p-vrijednosti izračunate za ove značajke, koristeći $(J - p - 1)$ Hi-kvadrat vjerojatnosnu razdiobu, postaju netočne. Kako je na izračun tih značajki potrebno primjenjivati korekcije, odnosno kako za različite softverske pakete ponekad nije moguće odrediti provodi li se korekcija, kod izračuna Pearsonova χ^2 značajka i devijanca D neće se koristiti kao temeljni kriterij određivanja procjene dobrote prilagodbe modela.

Tablica 15 Podaci o JKVVN i broju vozila u njima		
Broj vozila s jednakom JKVVN u grupi	Broj JKVVN-a	Broj vozila po grupama
7	2	14
6	2	12
5	8	40
4	9	36
3	43	129
2	792	1584
1	834644	834644

Hosmer-Lemeshow test pak pokriva slučaj kada je $J = n$. Vjerojatnosti modela izračunavaju se za sve subjekte i razvrstavaju u tablicu s 10 stupaca koje određuju percentili ili fiksne vrijednosti izračunatih vjerojatnosti. Za bilo koji od navedenih načina grupiranja, Hosmer-Lemeshow značajka dobrote prilagodbe modela \hat{C} , dobiva se izračunom Pearson χ^2 značajke prema formuli:

$$\hat{C} = \sum_{k=1}^g \left[\frac{(o_{1k} - \hat{e}_{1k})^2}{\hat{e}_{1k}} + \frac{(o_{0k} - \hat{e}_{0k})^2}{\hat{e}_{0k}} \right] \quad (4.8)$$

gdje su

$$o_{1k} = \sum_{j=1}^{c_k} y_j \quad (4.9)$$

$$\hat{e}_{1k} = \sum_{j=1}^{c_k} m_j \hat{\pi}_j \quad (4.10)$$

$$o_{0k} = \sum_{j=1}^{c_k} (m_j - y_j) \quad (4.11)$$

$$\hat{e}_{0k} = \sum_{j=1}^{c_k} m_j (1 - \hat{\pi}_j) \quad (4.12)$$

g - broj grupa na koje se izračunate vrijednosti raspodjeljuju

y_j - vrijednosti promatrane ovisne varijable

$\hat{\pi}_j$ - izračunata procijenjena vjerojatnost

c_k - broj jedinstvenih kombinacija vrijednosti ovisnih varijabli u k-toj grupi

Tablica 16 Prikaz i usporedba vrijednosti procjene dobrote prilagodbe modela za modele svih sklopova kod korištenja različitih poveznih funkcija i nakon optimiranja modela

Povezna funkcija	Logit		Probit		Log-log		Clog-log	
	H-L \hat{C}	P	H-L \hat{C}	P	H-L \hat{C}	P	H-L \hat{C}	P
Sklop1	268,97	0	393,29	0	60,950	3,0330	110,11	0
Sklop2	n/p	n/p	n/p	n/p	210,63	0	n/p	n/p
Sklop3	n/p	n/p	631,19	0	375,13	0	328,12	0
Sklop4	176,59	0	210,12	0	51,942	1,7267	75,433	4,0389
Sklop5	n/p	n/p	654,57	0	201,20	0	228,35	0
Sklop6	398,44	0	287,36	0	76,908	2,0450	245,65	0
Sklop7	245,37	0	178,05	0	88,630	8,8817	92,382	1,1102
Sklop8	23,052	0,0032	89,622	5,5511	61,044	2,9066	164,24	0
Sklop9	156,75	0	133,50	0	62,474	1,5205	132,28	0
Sklop10	100,00	0	108,24	0	35,471	2,1935	154,28	0
Sklop11	84,240	6,7723	69,888	5,1724	68,739	8,7527	187,58	0
Sklop12	n/p	n/p	n/p	n/p	94,098	1,1102	135,35	0
Sklop13	127,39	0	78,425	1,0136	8,8253	0,3572	128,66	0
Sklop14	127,40	0	159,42	0	76,682	2,2693	224,32	0
Sklop15	74,376	6,5769	78,425	1,0136	45,979	2,3985	26,964	0,0007
Sklop16	24,779	0,0016	112,43	0	10,751	0,2161	22,526	0,0040

Kada je $J = n$ i kada dobiveni model dobro opisuje vezu ovisne s neovisnim varijablama, vjerojatnosna raspodjela značajke \hat{C} slijedi Hi-kvadrat raspodjelu s $g - 2$ stupnjeva slobode. Zbog svega navedenog, za procjenu dobrote prilagodbe modela u ovom modelu korišten je izračun Hosmer-Lemeshowe značajke \hat{C} i pripadajuće p-vrijednosti koji daje programski paket STATISTICA.

Tablica 17 prikazuje, kao primjer, rezultate grupiranja za potrebe izračuna Hosmer-Lemeshowe značajke iz koje se može vidjeti dobro podudaranje subjekata od najmanje do najveće vjerojatnosti pojave nedostatka za Sklop4.

Međutim, niti korištenjem različitih poveznih funkcija (Probit, Log-log i Clog-log, tablica 16.), niti optimiranjem modela koje je opisano u poglavlju 4.3, za Sklop2, Sklop3 i Sklop5, nije bilo moguće dobiti vrijednosti Hosmer-Lemeshowe značajke i pripadajuće p-vrijednosti koje bi upućivale na dobru prilagodbu modela (tablica 17). Vjerojatni razlog tome je da je veliki broj promatranih događaja (broja neispravnosti nađenih na promatranom sklopu) nađen za predmetne sklopove, toliko raspršen u odnosu na ovisnu varijablu, da se niti jednom od poveznih funkcija nije moglo na zadovoljavajući način opisati ovisnost te varijable u odnosu

na tehničke značajke vozila. Na kraju je odabrana povezna funkcija Log-log koja je dala najbolje rezultate s kojima se u konačnici mogao oblikovati primjenjiv model.

Tablica 17 Primjer Hosmer-Lemeshow tablice s podacima o grupiranju stvarnih (*Observed*) i izračunatih (*Expected*) vrijednosti za potrebe izračuna značajke *C*

Sklop4 - Goodness of Fit: Hosmer-Lemeshow Test (Podaci za izradu modela.sta) Distribution : BINOMIAL, Link function: LOGLOG Hosmer Lemeshow = 51.942, p value = 1.7267											
	Grp1	Grp2	Grp3	Grp4	Grp5	Grp6	Grp7	Grp8	Grp9	Grp10	Row Tot.
0: Observed	83905	83444	82847	82983	82325	82186	81614	81033	80593	78023	818953
Expected	83845	83414	82835	83035	82321	82155	81652	81229	80696	77761	
1: Observed	348	587	823	1168	1381	1650	2065	2635	3052	3797	17506
Expected	408	617	835	1116	1385	1681	2027	2439	2949	4059	
All Groups	84253	84031	83670	84151	83706	83836	83679	83668	83645	81820	836459

Za procjenu doprinosa pojedine varijable, kod izrade modela, korištena je Wald-ova značajka

$$W_j = \frac{\hat{\beta}_j}{\widehat{SE}(\hat{\beta}_j)} \quad (4.13)$$

gdje su

$\hat{\beta}_j$ - procijenjeni koeficijenti uz varijable modela

$\widehat{SE}(\hat{\beta}_j)$ - standardna pogreška procijenjenih koeficijenata uz varijable modela

Wald-ova se značajka, u uvjetima nulte hipoteze i pri dovoljno velikom uzorku, ponaša u skladu s normalnom razdiobom iz koje se izračunava pripadajuća p-vrijednost, na temelju koje je moguće odlučivati o signifikantnosti varijable u modelu.

4.2 Izrada inicijalnog modela

Varijable koje ulaze u model moraju biti dovoljno značajne da modelu osiguraju preciznost i stabilnost. Literatura i softverski paketi nude različite načine odabira varijabli. Tako autori [7], opisuju metodu svrsishodnog odabira varijabli koji se sastoji od niza koraka koje je teško automatizirati i koji, za potrebe ovog rada, nisu dali dobre i stabilne rezultate modela. Metode koje nudi programski paket STATISTICA su, između ostalih, metoda izbora varijabli postupnim povećanjem broja varijabli, metoda izbora varijabli postupnim smanjivanjem broja varijabli, najbolji podskupovi, itd. (redom eng. *Forward stepwise*, *Backward stepwise*, *Best subsets*), gdje se radi o uobičajenim metodama izračuna koje se mogu jednostavno automatizirati. U ovom radu je za izbor varijabli odabrana metoda postupnog smanjivanja broja varijabli koju je moguće naći u svim softverskim paketima i koja se, zbog svoje jednostavnosti, može relativno jednostavno programirati u naručenim programskim paketima.

Prilikom postupaka odabira varijabli metodom izbora varijabli postupnim smanjivanjem broja varijabli, pokazalo se da korištenjem logit povezne funkcije, kod određenih ovisnih varijabli, nije bilo moguće dobiti model jer je STATISTICA javljala grešku u izračunu i da je izvor te greške najvjerojatnije zbog pogrešnog odabira povezne funkcije. Ta greška se javljala kod izrade modela za ovisne varijable kod kojih je neispravnost bila veća od cca 10% (npr. kod Sklopa 2 (kočnice), Sklopa 3 (svjetla), Sklopa 5 (samonosiva karoserija te šasija s kabinom i nadogradnjom), itd.).

Cilj ovog istraživanja je izraditi relativno jednostavan model koji će se moći automatizirati. Međutim, kako je utvrđeno da za ovisne varijable kod kojih je detektirana neispravnost veća od 10% treba koristiti posebnu poveznu funkciju, istraženo je koja će povezna funkcija dati rezultate kod izrade modela za sve ovisne varijable.

Povezne funkcije koje su primjenjivane, bile su Probit, Log-log i Clog-log. Samo je odabir varijabli koristeći poveznu funkciju Log-log dala rezultate kod kritičnih ovisnih varijabli (tablica 16), stoga je primijenjena i na ostale modele. Log-log povezna funkcija je oblika:

$$\pi(x_{ij}) = e^{-e^{-g(x_{ij})}} \quad (4.14)$$

U postupak metode izbora varijabli postupnim smanjivanjem broja varijabli ubačene su sve varijable za koje je temeljem analize u poglavlju 3.4 zaključeno da bi mogle pridonijeti modelima, međutim, varijable za koje se kroz analizu metodom izbora varijabli postupnim smanjivanjem broja varijabli pokazalo da modelu ne doprinose s dovoljnom značajnošću, se

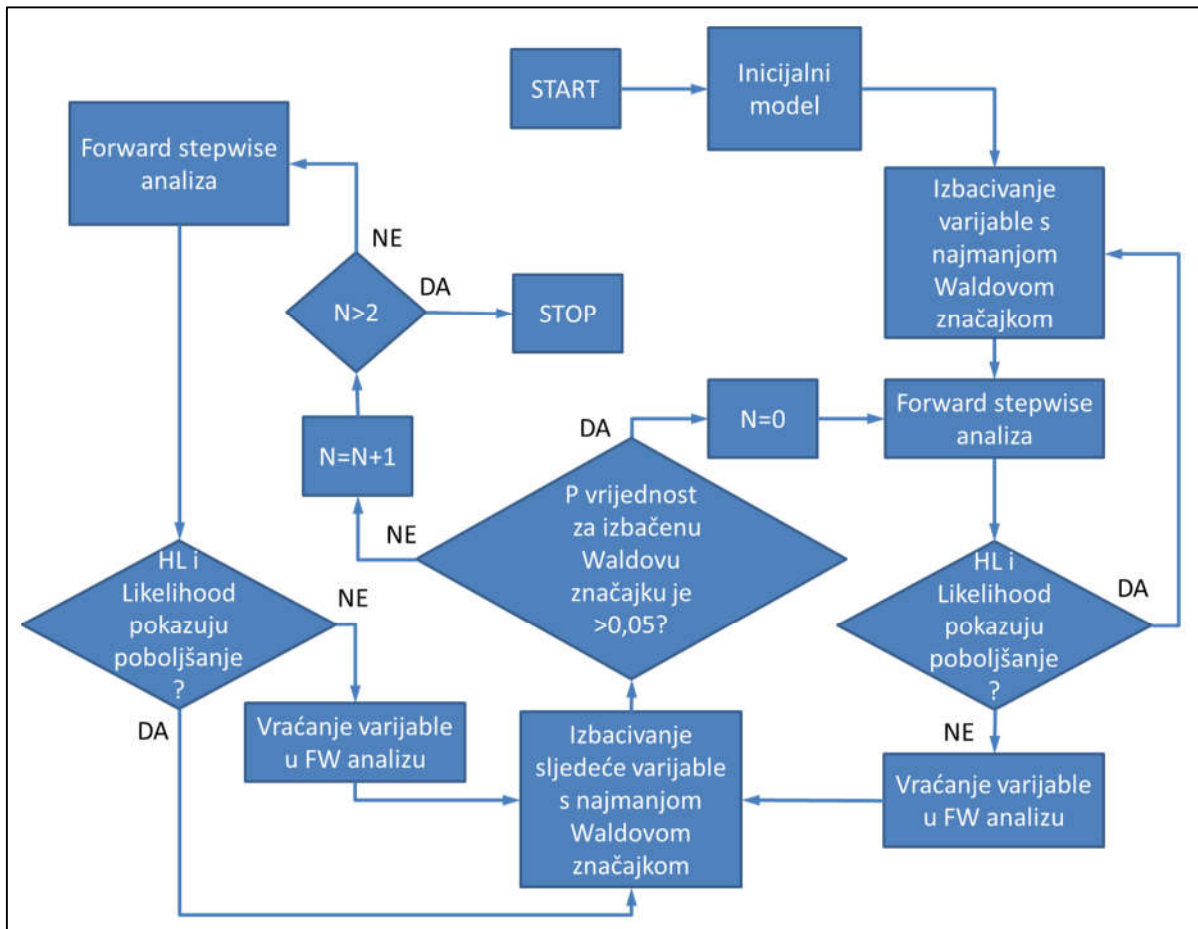
odbacuju, tako da je na kraju dobiven inicijalni model koji sadrži samo varijable s dovoljnom signifikantnošću.

4.3 Optimiranje modela

Inicijalni model je samo grubi rezultat metode izbora varijabli postupnim smanjivanjem broja varijabli i kao takav još uvijek je podložan optimiranju. S obzirom na to da su varijable koje dovoljno ne doprinose modelu izbačene, analizira se inicijalni model i njegove preostale varijable. U nastavku je opisan empirijski postupak optimiranja kojim su uspješno dobiveni koeficijenti za model predstavljen u ovom radu.

Optimiranje varijabli odvijalo se u sljedećim koracima (slika 15):

1. Za početni model pamti se značajka vjerodostojnosti (eng. *likelihood*) i Hosmer-Lemeshowa značajka (dalje HL značajka). Varijabla u modelu s najmanjom vrijednošću Wald-ove značajke izbacuje se iz modela i pokreće se izrada novog modela, metodom izbora varijabli postupnim smanjivanjem broja varijabli, bez te varijable.
2. Za novi model očitavaju se HL i značajke vjerodostojnosti i uspoređuju se sa istim značajkama prethodnog modela. Ukoliko iste pokazuju poboljšanje prilagodbe modela u odnosu na prethodni model, trenutni model se prihvaća i analiziraju se njegove varijable. Ukoliko se s izbacivanjem varijable ne postiže napredak, ista se vraća u model i izbacuje se sljedeća sa najmanjom Wald-ovom značajkom.
3. Na modelu iz kojeg je izbačena varijabla sukladno postupku u točki 2., provodi se odabir varijabli koristeći metodu izbora varijabli postupnim smanjivanjem broja varijabli, te se model ponovno analizira sukladno pravilima u točkama 1. i 2.
4. Ukoliko model pri izbacivanju varijabli počne pokazivati smanjivanje procjene dobrote prilagodbe modela, pokazalo se dobro napraviti još dva koraka opisana u točkama 1., 2. i 3., čak i ako su njihove P vrijednosti manje od 0,05, jer se pokazalo da je u nekim slučajevima ipak moguće postići dodatno poboljšanje prilagodbe modela, nakon čega se uzima model s najboljim statističkim značajkama.



Slika 15 Hodogram odabira ovisnih varijabli uz pomoć metode izbora varijabli postupnim smanjivanjem broja varijabli

4.4 Modeli dobiveni logit regresijskom analizom

Provedbom metode izbora varijabli postupnim smanjivanjem broja varijabli odabira varijabli s Log-log poveznom funkcijom, dobiveni su koeficijenti koje prikazuje tablica 24 koja je dana u Prilogu 1.

Pomoću tih koeficijenata formiraju se funkcije $g(x_{ij})$ u obliku:

$$g(x_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \sum_{l=1}^{k_p-1} \beta_{il} D_{il} + \beta_n x_n \quad (4.15)$$

za svaki promatrani sklop.

Npr. za Sklop1, funkcija $g(x_{ij})$ glasi:

$$g(x_{ij}) = 67,66 - 0,034 \cdot \text{GodinaProizvodnje} - 4 \cdot 10^{-6} \cdot \text{ObujamMotora} - 2,8 \cdot 10^{-4} \cdot \text{Visina} + 8,9 \cdot 10^{-6} \cdot \text{BrBocnihVrata} * \text{Masa} - 8,3 \cdot 10^{-5} \cdot \text{BrBocnihVrata} * \text{Duljina} + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot \text{BrBocnihVrata} * \text{Sirina} - 2,1 \cdot 10^{-5} \cdot \text{LogVrstaMotora} * \text{Visina} \quad (4.16)$$

U tako dobivenu funkciju uvrstavaju se tehničke karakteristike vozila za koje želimo izračunati vjerojatnost da će na određenom sklopu (u ovom primjeru, na Sklopu1) biti nađena neispravnost pri tehničkom pregledu tog vozila.

Međutim, rezultat funkcije $g(x_{ij})$ je logaritamski omjer koji treba uvrstiti u poveznju funkciju Log-log (jednadžba 4.14) kako bi se dobila vjerojatnost pojave neispravnosti na nekom od sklopova za vozilo određenih tehničkih karakteristika.

4.5 Usporedba izračunatih vjerojatnosti i stvarnih prosječnih neispravnosti

Pomoću modela koji sadrže koeficijente koje prikazuje tablica 24 u Prilogu 1., izračunavaju se vjerojatnosti pojave nedostatka na svakom pojedinom sklopu u svakoj pojedinoj STP (tablica 25 iz Priloga 2.). Također, za svaku pojedinu STP i za svaki pojedini sklop izračunavaju se stvarne prosječne neispravnosti snimljene kroz 2012. godinu (tablica 26 iz Priloga 3.). Pripadajuće vrijednosti iz Priloga 2. i 3., međusobno se uspoređuju uparenim t-testom kako bi se utvrdilo jesu li razlike među njima statistički signifikantne. Rezultati takve usporedbe s pripadajućim P vrijednostima prikazuje tablica 27 iz Priloga 4.

Hipoteza koja je testirana uparenim t-testom bila je:

$$H_0: \bar{\delta}_{tk} = 0$$

$$H_1: \bar{\delta}_{tk} \neq 0$$

gdje je:

$$\bar{\delta}_{tk} = \frac{\sum_{i=1}^{n_t} \delta_{itk}}{n_t} \quad (4.17)$$

i gdje su

$\bar{\delta}_{tk}$ - prosječna razlika između postotaka neispravnosti za svaki sklop u svakoj STP i izračunatih vjerojatnosti za svaki sklop svakog vozila pregledanog u pojedinoj STP,

n_t - broj vozila pregledanih u pojedinoj STP

t - indeks rednog broja stanice za tehnički pregled, $t = 1$ do 157

k - indeks rednog broja sklopa, za Sklop1, $k = 1$, za Sklop2, $k = 2$, itd., $k = 1$ do 16

i - broj vozila pregledan u pojedinoj STP

δ_{itk} - razlika između postotaka neispravnosti za svaki sklop u svakoj STP i izračunatih vjerojatnosti za svaki sklop svakog vozila pregledanog u pojedinoj STP

$$\delta_{itk} = |p_{tk} - v_{itk}| \quad (4.18)$$

p_{tk} - postotak neispravnosti pojedinog sklopa u pojedinoj STP, izračunat iz statusa neispravnosti tog sklopa r_{itk} na svakom vozilu pregledanom pojedinoj STP.

$$p_{tk} = \frac{\sum_{i=1}^{n_t} r_{itk}}{n_t} \quad (4.19)$$

r_{itk} - status neispravnosti na svakom sklopu svakog pregledanog vozila, može biti:

„0“ - nije nađen nedostatak, sklop je ispravan

„1“ - nađen je nedostatak, sklop je neispravan

v_{itk} - vjerojatnost izračunata dobivenim modelom za svaki sklop na svakom vozilu pregledanom u pojedinoj STP. Vjerojatnost može iznositi između 0 i 1.

Iz rezultata dobivenih jednadžbama (4.17) i (4.18), izračunava se standardno odstupanje za svaki sklop po pojedinoj STP prema formuli:

$$s_{Dtk} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_t} (\delta_{itk} - \bar{\delta}_{tk})^2}{n_t}} \quad (4.20)$$

Iz podataka o izračunatoj vjerojatnosti i stvarnih statusa nađenih nedostataka na sklopovima vozila, izračunavaju se statističke značajke za upareni t-test:

$$z_{tk} = \frac{\bar{\delta}_{tk}}{\frac{s_{Dtk}}{\sqrt{n_t}}} \quad (4.21)$$

Kako bi se iz ovako dobivenih značajki dobila p-vrijednost, korištena je Microsoft Excel funkcija

$$T.DIST.2T(z_{tk}; n_t - 1)$$

kojom su dobivene p-vrijednosti koje prikazuje tablica 27.

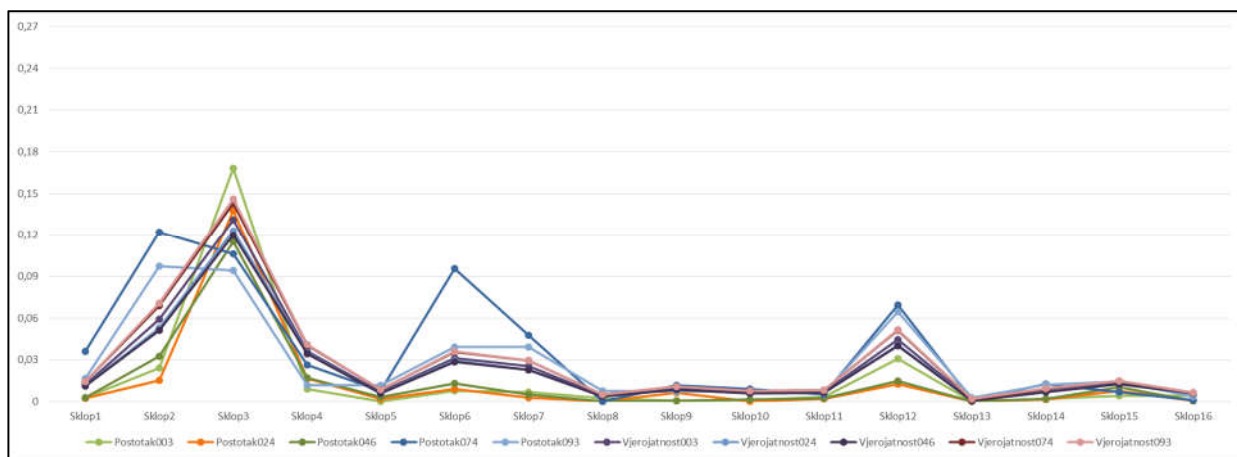
Promatrajući apsolutne razlike između snimljenih postotaka neispravnosti i vjerojatnosti za svaki sklop proračunatih modelom, provjerava se statistička signifikantnost razlike u oba smjera: jesu li u pojedinim STP i kod pregleda pojedinih sklopova, nadzornici preblagi ili prestrogi, što su važne informacije ukoliko se želi postići ujednačavanje kriterija po svim STP.

Analizom p-vrijednosti dobivenih uparenim t-testom koje prikazuje tablica 27, moguće je uočiti da veliki dio STP sa velikim dijelom svojih sklopova pada u područje $P < 0,05$, zbog čega, u ovom slučaju, treba odustati od tradicionalnih kritičnih vrijednosti (0,05 ili 0,01). Kako bi izdvojili STP čiji su kriteriji najupitniji, predlaže se nekoliko pristupa koji su u nastavku podrobnije objašnjeni.

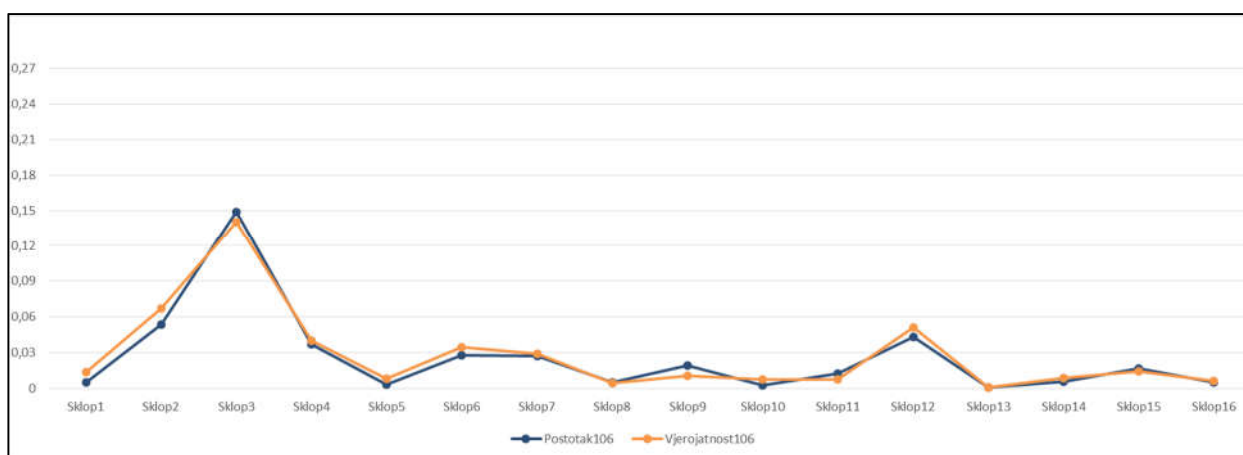
4.5.1 Izravna usporedba stvarnih i izračunatih vrijednosti

Usporedbom vjerojatnosti dobivenih modelima i postotaka neispravnosti po sklopovima, moguće je za svaku pojedinu STP odrediti razliku između „stvarnih“ i izračunatih vrijednosti. Slika 16 prikazuje usporedbe izračunatih i stvarnih vrijednosti za više STP.

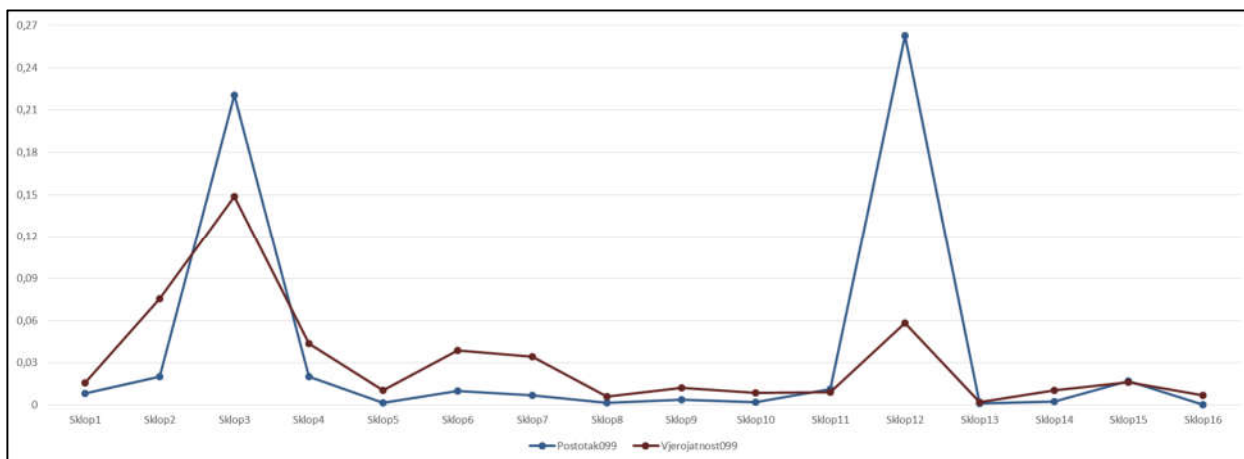
Na primjeru STP H-106 koji prikazuje slika 17, vidljivo je kako vrijednosti modela dobro prate stvarne postotke te se može reći da su kriteriji STP u skladu s kriterijima koje daje model, međutim, rezultati uparenog T-testa koje prikazuje tablica 27 to opovrgavaju za određene sklopove. Na toj slici moguće je uočiti kako izračunate i stvarne vrijednosti slijede sličan trend, ali svaka razlika između stvarne i izračunate vrijednosti pokazuje se kroz mali iznos p-vrijednosti koji upućuje na statistički signifikantnu razliku između izračunatih i stvarnih vrijednosti.



Slika 16 Prikaz izravne usporedbe izračunatih vjerojatnosti i stvarnih postotaka neispravnosti za STP H-003, H-024, H-046, H-074 i H-093



Slika 17 Izravna usporedba izračunatih vjerojatnosti i stvarnih postotaka neispravnosti za STP H-106



Slika 18 Izravna usporedba izračunatih vjerojatnosti i stvarnih postotaka neispravnosti za STP H-099

Slika 18 prikazuje izračunate vrijednosti i postotke nađenih neispravnosti za STP H-099 kod koje je vidljivo da kriteriji za većinu sklopova nisu poštovani, što potvrđuju i p-vrijednosti uparenog t-testa koje prikazuje tablica 27. Iz slučaja STP H-099 vidljivo je kako su u slučaju sklopova 3 i 12 kriteriji stroži nego što na to upućuje model, dok su kriteriji kod svih ostalih sklopova blaži od modela, što može upućivati na manipulaciju nedostacima nađenim na vozilima.

Dakle, uvidom u svaku pojedinu STP na predloženi način, moguće je utvrditi devijacije po pojedinim sklopovima, te pozornost glede izobrazbe ili represije usmjeriti u tom pravcu.

p-vrijednost uparenog t-testa za svaki pojedini sklop u svakoj STP potvrđuje ili opovrgava neispravnosti utvrđene ovom metodom, osim u slučajevima kada se radi o vrlo malom broju neispravnosti nađenom na nekom sklopu, a to su najčešće sklopovi 8 (buka) i 16 (registracijske pločice i oznake).

4.5.2 Najmanja suma p-vrijednosti

Mala p-vrijednost pokazatelj je statistički signifikantne razlike stvarnog postotka neispravnosti i izračunate vjerojatnosti pomoću modela, predloženog u ovom radu. To nameće zaključak da, što sklopovi imaju manje p-vrijednosti u pojedinoj STP, ta STP radi prema lošijim kriterijima. Stoga se, zbrajanjem p-vrijednosti po pojedinoj STP, može dobiti procjena kvalitete rada svake od tih STP-a.

Tablica 18 10 STP s najmanjim zbrojevima p-vrijednosti

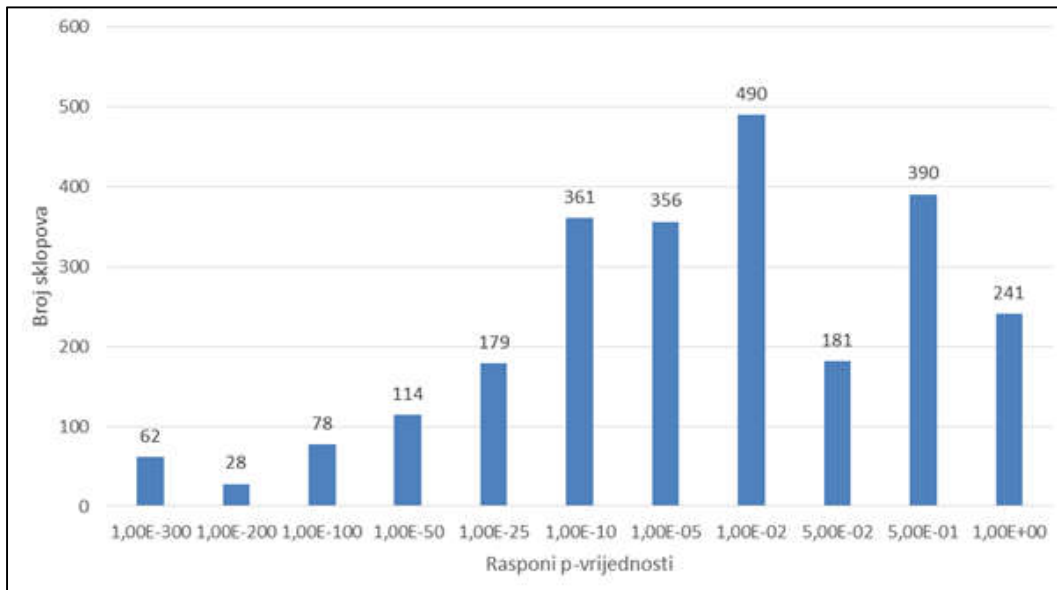
STP	Sklop1	Sklop2	Sklop3	Sklop4	Sklop5	Sklop6	...	Zbroj p-vrijednosti
022	2,85E-58	7,89E-53	3,19E-168	0,00E+00	6,70E-22	2,59E-74	...	1,05E-11
024	2,60E-110	0,00E+00	1,31E-12	1,07E-81	1,18E-39	4,70E-175	...	2,85E-04
046	1,95E-105	1,10E-63	4,98E-03	3,27E-94	2,58E-11	1,62E-97	...	5,39E-03
100	2,01E-06	3,89E-50	4,17E-05	7,91E-61	1,21E-17	1,77E-15	...	6,08E-03
038	4,51E-03	8,83E-07	3,49E-22	1,69E-252	1,04E-24	3,14E-04	...	8,49E-03
003	1,32E-52	4,07E-107	7,44E-33	2,53E-153	0,00E+00	3,90E-135	...	2,74E-02
069	6,26E-08	1,03E-06	4,55E-30	4,31E-120	1,75E-04	3,07E-27	...	1,20E-01
005	2,99E-09	1,49E-01	1,31E-08	8,16E-10	1,79E-05	3,26E-10	...	1,64E-01
087	1,14E-07	5,73E-70	1,80E-61	2,49E-17	5,09E-09	1,22E-31	...	1,91E-01
129	9,75E-229	1,03E-96	1,98E-17	2,25E-146	1,52E-72	6,24E-20	...	1,99E-01

Iako se ovim pristupom ocjenjuje kvaliteta rada STP kao cjeline, mana ovakvog pristupa je da je dovoljno da je za samo jedan sklop p-vrijednost veća, pa da se, bez detaljnijeg uvida, kriteriji takve STP proglase osrednjim ili čak dobrim.

4.5.3 Klizna kritična vrijednost

S obzirom na to da velik dio p-vrijednosti apsolutnih razlika između postotaka neispravnosti i izračunatih vjerojatnosti modela pada u područje ispod tradicionalnih kritičnih vrijednosti, a da bi učinkovito izdvojili sklopove koji su obrađeni prema neujednačenim kriterijima, potrebno je smanjivati kritičnu vrijednost P sve dok se ne dobije dovoljno mali broj problematičnih sklopova koje je moguće obraditi u razumnom vremenu s razumnim resursima. S vremenom, kako će se vrijednosti, zbog ciljanog i kontinuiranog rada na ujednačavanju kriterija i povećanju kvalitete tehničkih pregleda, povećavati, tako će i kritične p-vrijednosti trebati povećavati.

Kao što prikazuje slika 19, za rezultate p-vrijednost usporedbe podataka iz 2012. godine, za kritičnu vrijednost moguće je uzeti čak vrijednost 10^{-200} kako bi, za početak, mogli provesti analizu na 90 sklopova za koje se može reći da, po pojedinim STP, nisu odrađeni sukladno ujednačenim kriterijima. Ovaj se način analize može primijeniti kada se želi vidjeti kod kojeg sklopa na vozilu pojedine STP ne obraćaju dovoljno pozornosti, odnosno za pregled kojeg sklopa na vozilu treba provesti dodatnu izobrazbu. Mana ovakvog načina analize je da odmah ne daje ocjenu pojedine STP bez dodatnih analiza i postupaka.



Slika 19 Broj sklopova po rasponima p-vrijednosti

4.5.4 Metoda logaritmiranja

Usporedba p-vrijednosti uparenog t-testa intuitivno je vrlo privlačna sa stanovišta relativno jednostavne automatizacije postupka i brzog dobivanja rezultata. Prijedlozi analiza iz prethodnih poglavlja koriste izračunate p-vrijednosti, međutim svaki od njih ima manu zbog koje nije sa sigurnošću moguće izdvojiti pojedine STP kao cjeline. Gore navedene metode analize mogu se upotrijebiti za dublju analizu stanja kriterija u pojedinoj STP, ali za pouzdano ocjenjivanje cjelovitog rada STP potrebno je primijeniti određene korekcije na predložene metode.

p-vrijednosti uparenog t-testa dobivenim usporedbom modela i podataka iz 2012. godine kreću se od 10^{-300} do 0,999. Upravo vrlo male p-vrijednosti najbolji su pokazatelji loše primjene kriterija pri pregledu nekog od sklopova na vozilu, a ako se u STP čak i za samo jedan sklop dobije povećana p-vrijednost, ona će previše utjecati na konačan zbroj ili prosječnu vrijednost p-vrijednosti ostalih sklopova u STP - „maskirat“ će ih, zbog čega se ne bi moglo sa sigurnošću odrediti kvalitetu kriterija koji se primjenjuju u promatranim STP. Kako bi mogli lakše sagledati cjelokupnu sliku, potrebno je sagledati činjenice koje donosi ocjenjivanje putem dobivenih p-vrijednosti:

- što je p-vrijednost manja, veće je odstupanje od prosječnih kriterija,
- što je p-vrijednost manja, manji je njen utjecaj kao pokazatelja nepravilnih kriterija,
- što je p-vrijednost manja, podložnija je „maskiranju“ od većih p-vrijednosti.

Kako povećati utjecaj malih p-vrijednosti naspram velikih?

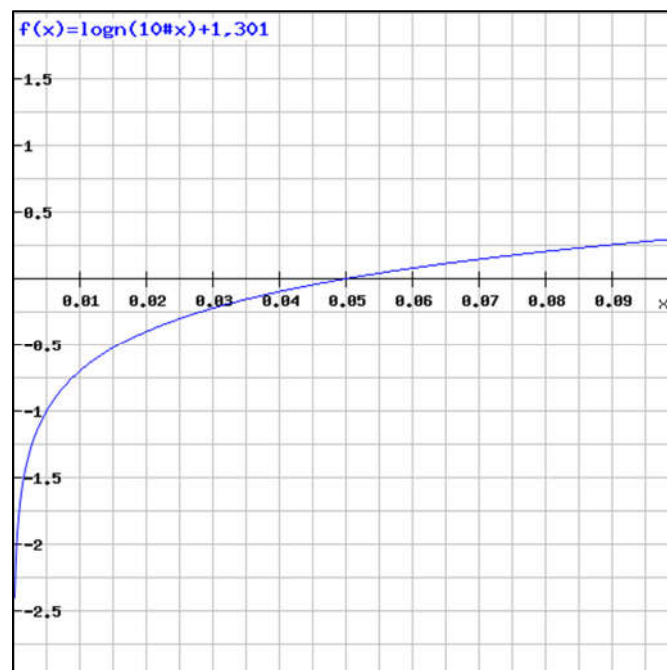
Kako bi se umanjila razlika u redovima veličina između „dobrih“ i „loših“ p-vrijednosti, te da bi se istaknuo utjecaj malih („loših“) p-vrijednosti, prije izračuna prosječne vrijednosti, pokazalo se korisnim transformirati p-vrijednosti logaritamskom funkcijom bilo koje baze. Logaritamska funkcija ima svojstvo povećanja brzine negativnog rasta vrijednosti x koje se približavaju 0, što je vrlo pogodno svojstvo za isticanje sklopova s vrlo malim p-vrijednostima. Kako se p vrijednosti kreću u rasponu od 0,00 do 1,00, sve njihove logaritamske transformacije bile bi negativne, pa čak i za „dobre“ p-vrijednosti koje su, npr., $\alpha > 0,95$ što znači da bi „dobre“ p-vrijednosti davale svoj doprinos u obrnutom smjeru, dakle u smjeru negativnih vrijednosti. Da bi se to izbjeglo, logaritamski izraz dobro je korigirati za vrijednost kod koje će dobre i loše vrijednosti mijenjati predznak, npr. kod p-vrijednosti od 0,05. U tom slučaju logaritamski izraz treba korigirati za

$$\begin{aligned}\log 0,05 + x &= 0 \\ x &= -\log 0,05 \\ x &= 1,301\end{aligned}$$

Dakle, korigirani logaritamski izraz za transformaciju, kada se odredi da su p-vrijednosti veće ili jednake 0,05 „dobre“, a one manje od 0,05 „loše“ (slika 20), glasi:

$$y = \log x + 1,301 \quad (4.22)$$

Naravno, prema potrebi, moguće je odabrati i bilo koju drugu granicu između „dobrih“ i „loših“ vrijednosti.



Slika 20 Grafički prikaz funkcije
 $y = \log x + 1,301$

Kako se p-vrijednosti kojima je vrijednost jednaka 0 ne mogu logaritmirati, a kako se radi o indikaciji ekstremno loše primjene kriterija, vrijednosti 0 korisno je pretvoriti u neku ekstremnu vrijednost iz koje će se logaritmiranjem dobiti neki konačan broj. U ovom radu korištena je vrijednost 10^{-300} jer je to red veličine najmanjih konačnih p-vrijednosti koje su dobivene uobičajenim izračunom. Kako se i u ovom slučaju može dogoditi „maskiranje“ ekstremnim pozitivnim ili negativnim vrijednostima, tj. pogotovo negativnim vrijednostima jer logaritamska transformacija „brže“ pada za vrijednosti vjerojatnosti koje se približavaju 0, za analizu rada pojedinih STP, umjesto zbrojeva, pokazalo se praktičnim promatrati prosječne vrijednosti logaritmiranih p-vrijednosti. Na taj način se izbjegava da kvaliteta rada STP s dobrim rezultatima za većinu sklopova, zbog samo jedne ekstremno loše p-vrijednosti, bude ocjenjivana lošom.

Tablica 19 10 STP s najmanjim prosječnim p-vrijednostima

STP	Prosječna vrijednost logaritmiranih p-vrijednosti
H-024	-153,533
H-022	-130,585
H-046	-128,206
H-107	-127,309
H-099	-107,382
H-058	-91,3154
H-102	-84,5092
H-054	-83,199
H-089	-80,3187
H-017	-78,7107

Koristeći gore opisani postupak, dobiveni su rezultati koje prikazuje tablica 28 u Prilogu 5., odakle deset STP s najlošijim rezultatima, prikazuje tablica 19.

5. VALIDACIJA MODELA

Kako bi bili sigurni da predloženi model donosi pouzdane rezultate, pristupilo se validaciji modela putem genetskog programiranja. Genetsko programiranje, kao metoda za validaciju modela, predložena je od strane povjerenstva za ocjenu teme i mentora. Genetskim programiranjem će se pokušati izraditi model koji bi svojim oblikom i dobivenim rezultatima trebao potvrditi ili opovrgnuti valjanost modela dobivenog Logit regresijskom analizom.

5.1 Osnove genetskog programiranja

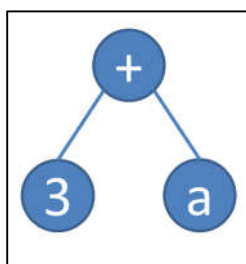
Genetsko programiranje je heuristička metoda koja simulira procese koji se događaju u genetičkom kodu živih bića u procesu evolucije. Živa bića se, da bi preživjela, moraju prilagoditi svom okolišu i uvjetima života, a način njihove prilagodbe održava se i ostaje zapisan u njihovom genetskom kodu. Bića koja svojim prilagodbama najdulje ostaju živa i koja se uspiju razmnožiti, dijelove svoga genetskog koda prenose na potomke, oni koji prežive i uspiju se razmnožiti na svoje potomke, itd., da bi kao rezultat tog procesa nastale jedinke koje su se gotovo savršeno prilagodile svom okolišu.

Kao i u prirodi, genetsko programiranje ne daje točan ili savršen rezultat. Genetsko programiranje ubraja se u metode usmjerenog slučajnog pretraživanja prostora rješenja (eng. *guided random search techniques*) u potrazi za globalnim optimumom. Međutim, zbog prirode ove metode, nije uvijek moguće sa stopostotnom vjerojatnošću odrediti nudi li rješenje globalni ili neki od lokalnih maksimuma.

Osnovni elementi kojima se manipulira genetskim programiranjem su jedinke čija su svojstva zapisana u njihovim kromosomima pomoću genetskog koda. U genetskom programiranju jedinke se mogu predstaviti kao nizovi binarnih znamenki, nizovi cijelih brojeva, stabloličke strukture koje sadrže operatore, varijable i konstante, itd. Jedinke se izlažu okolini, a one jedinke koje su joj najbolje prilagođene, imaju veću vjerojatnost preživljavanja i razmnožavanja.

U ovom radu u genetskom programiranju jedinke su matematički izrazi koji daju neki rezultat, genetski kod je pravilo prema kojem se kromosomi oblikuju i način na koji se iz njih informacija može pročitati, a utjecaj okoline predstavljen je funkcijom cilja.

Jedinke se predstavljaju razgranatom strukturom čije čvorove predstavljaju matematičke funkcije (+, -, /, sin, cos, log, itd.), a listove predstavljaju konstante i varijable nad kojim te funkcije obavljaju svoje operacije. Primjer grafičkog prikaza jedne jednostavne jedinke prikazuje slika 21.

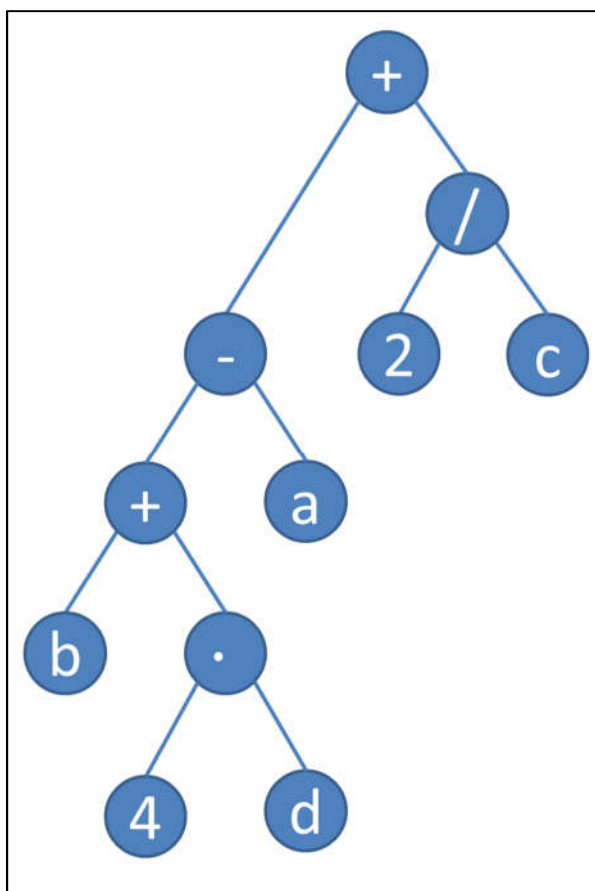


Slika 21 Grafički prikaz izraza $3 + a$

Jedinka koju prikazuje slika 21 predstavlja izraz:

$$3 + a$$

Dakle, na listovima jedinke nalaze se konstanta i varijabla nad kojima se provodi funkcija koja je navedena u čvoru jedinke. Od ovakvih jednostavnih jedinki moguće je složiti složenije jedinke (slika 22) čija je struktura opisana kromosomom. Nad ovako oblikovanim jedinkama primjenjuju se genetski operatori koji će biti opisani u nastavku teksta.



Slika 22 Grafički prikaz izraza $2/c + a - (b + 4 \cdot d)$

5.1.1 Stvaranje početne populacije

Za stvaranje početne populacije potrebno je odrediti parametre prema kojima će računalo „izrađivati“ jedinke kojima će ta populacija biti napućena. Ti parametri su:

- veličina populacije,
- skupovi raspoloživih varijabli,
- skupovi raspoloživih konstanti,
- skupovi raspoloživih funkcija,
- najmanja veličina jedinke,
- najveća veličina jedinke.

Početna populacija stvara se sastavljanjem jedinki od varijabli, funkcija i konstanti dobivenih slučajnim odabirom iz skupova raspoloživih varijabli, funkcija i konstanti. Postoji više metoda stvaranja jedinki (*Grow, Full, Ramped half-and-half*) o kojima se više može pročitati u [28].

5.1.2 Selekcija

Jedinke iz početne populacije potrebno je selektirati kako bi se nad najboljima proveo sljedeći korak nekim od genetskih operatora. Postoji i razvijeno je više načina na koji se jedinke mogu selektirati iz stare u novu generaciju, pa tako postoje jednostavna selekcija, turnirska selekcija, eliminacijska turnirska selekcija, itd. Kako će se u ovom radu koristiti eliminacijska turnirska selekcija, slijedi njen detaljniji opis.

Eliminacijskom turnirskom selekcijom se iz populacije s N jedinki u svakoj iteraciji genetskog algoritma nasumično odabire n jedinki od kojih se ona s najlošijom dobrotom odbacuje iz populacije. Zatim se nasumično, iz preostalih jedinki, odabiru dva roditelja čije dijete nastalo križanjem i mutacijom (ovisno o zadanoj vjerojatnosti mutacije), zamjenjuje odbačenu jedinku.

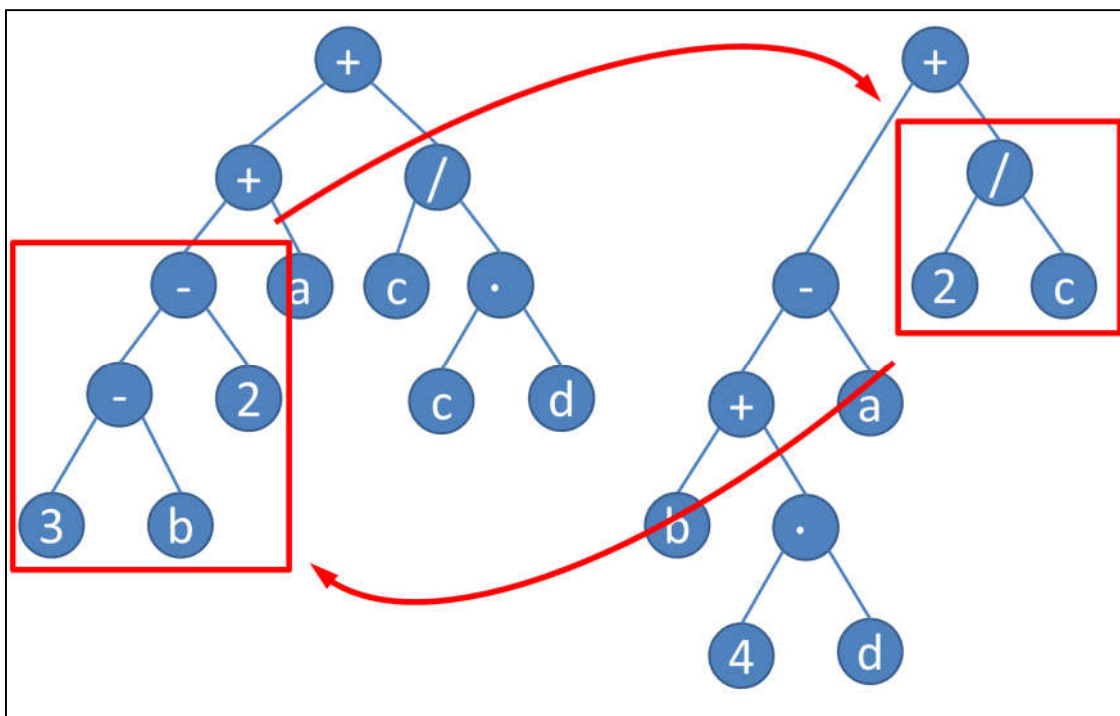
Za postupak selekcije potrebno je pripremiti:

- ulazne podatke procesa za koji želimo dobiti funkciju pomoću genetskog programiranja,
- izlazne podatke procesa za koji želimo dobiti funkciju pomoću genetskog programiranja s kojim će se usporediti izlazni podaci dobiveni od svake jedinke.

Jedinkama iz početne populacije daju se ulazni podaci. Izlazni podaci koje daju jedinke uspoređuju se sa izlaznim podacima procesa za koji želimo dobiti funkciju pomoću genetskog programiranja, te se na osnovi usporedbe tih podataka izračunava dobrota svake pojedine jedinke koja može biti predstavljena standardiziranom pogreškom, apsolutnim odstupanjem i sl. Turnirskom ili nekom drugom vrstom selekcije, odabrane jedinke se izdvajaju u poseban skup i nad njima se provode genetske operacije, a ostale jedinke se uništavaju.

5.1.3 Razmnožavanje

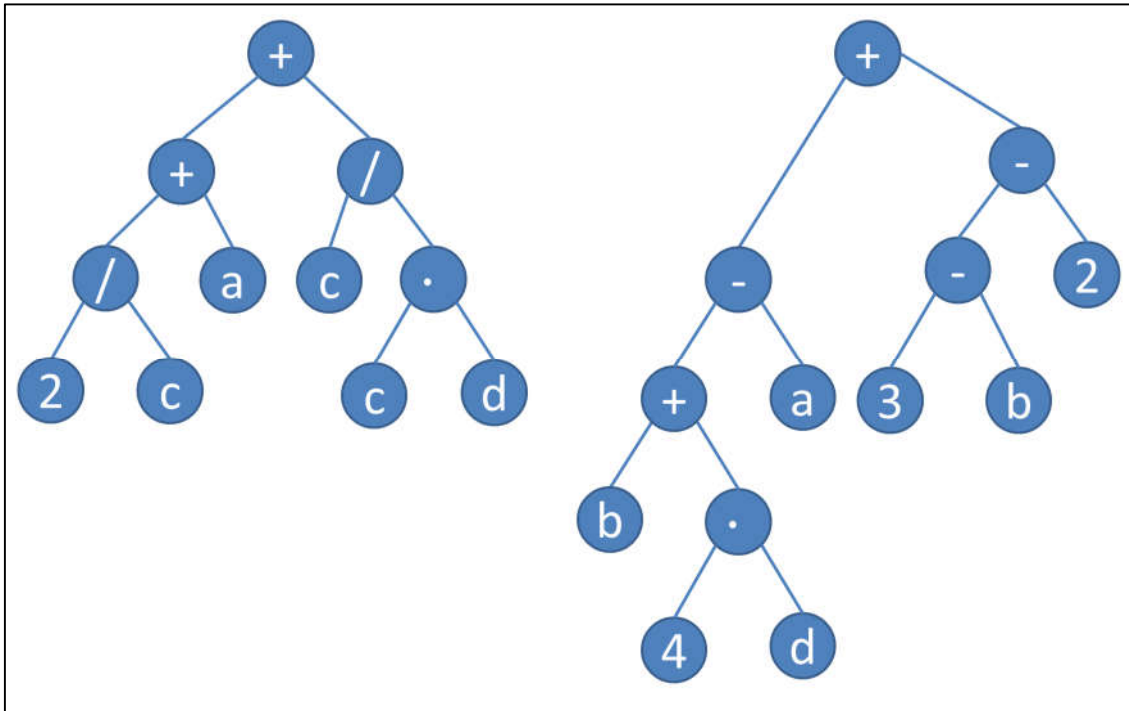
Nad dijelom jedinki koji je ostao nakon selekcije, a da bi se postigla početna veličina populacije provodi se razmnožavanje. Kod razmnožavanja se najčešće koristi križanje, gdje se dio kromosoma razmijeni između dvije jedinke kako bi se stvorili potomci sličnih karakteristika. Dakle, iz jedinki koje su preostale nakon selekcije, odabiru se dvije po dvije jedinke-roditelja koje se kopiraju. Što je dobrota jedinke veća, veća je i vjerojatnost da će biti odabrana za razmnožavanje. Nad tim kopijama jedinki se provodi križanje, odnosno te kopije razmjenjuju ogranke svojih kromosoma, da bi nakon te razmjene postale jedinke-potomci, koje su naslijedile svojstva oba roditelja. Ovaj se postupak provodi sve dok se brojnost populacije ne dovede u početno stanje. Slika 23 prikazuje shematski prikaz križanja dviju jedinki koje razmjenjuju ogranke.



Slika 23 Jedinke koje razmjenjuju ogranke

Kako bi se dobio novi genetski materijal, osim križanja, koristi se i mutacija. Mutacijom se, u genetskom programiranju, mijenjaju pojedini geni u skladu s prethodno zadanim parametrima kao što su vjerojatnost mutacije, broj gena koji će biti mutirani, itd.

Nakon što se stvorilo dovoljno potomaka da bi se postigla početna brojnost populacije, jedinke se ponovno testiraju i temeljem postignute dobrote, podvrgavaju selekciji.



Slika 24 Izgled jedinki koje prikazuje Slika 23 nakon razmjene ogranaka

5.1.4 Sažetak

Genetsko programiranje se sastoji iz sljedećih koraka:

1. Stvaranje početne populacije prema unaprijed zadanim parametrima.
2. Selekcija jedinki - jedinke koje do određene granice zadovoljavaju zahtjeve funkcije cilja se zadržavaju, ostale se uništavaju i bivaju nadomještene novima.
3. Nova populacija se testira s ulaznim podacima.
4. Provjerava se je li zadovoljen uvjet završetka evolucijskog ciklusa.
5. Ako nije zadovoljen uvjet završetka evolucijskog ciklusa, ponavljaju se koraci 2. do 5.

5.2 ECF (Evolutionary Computation Framework)

Za ovaj rad korištena je ECF (*Evolutionary Computation Framework*) aplikacija koja se bazira na C++ programskom jeziku, a koja manipulira jedinkama i daje rezultate u tzv. LISP *S-expression* obliku, ili kraće, u *S-expression* obliku. *S-expression* je poseban način prikaza nekoga matematičkog izraza koji je posebno pogodan za primjenu genetskih operacija.

S-expression koristi aritmetičke operatore (+, -, /, ·) ili funkcije (*sin*, *cos*, *log*, *pow* itd.), koji se zajednički mogu nazvati operatorima, koji pak izvode svoje operacije nad varijablama (npr. *x*, *y*, *a*, *b*, itd.) i konstantama (npr. 1, 2, 45, 3,14159, itd.) koji se zajednički mogu nazvati atomima. Osim varijabli i konstantama, operacije se mogu izvoditi i nad gotovim izrazima, koje u tom slučaju također nazivamo atomima. Na primjer, jednostavan izraz koji prikazuje slika 21

$$3 + a$$

kao *S-expression* izraz, prikazuje se ovako:

$$+ 3 a$$

Dakle, *S-expression* izraz sastoji se od operatora koji se nalazi ispred dva atoma i koji se odnosi samo na ta dva atoma, gdje ti atomi mogu biti pojedinačne varijable ili konstante ili čak izrazi uz prethodni operator. Npr. izraz

$$\frac{2}{c} + a - (b + 4 \cdot d)$$

se u *S-expression* obliku iskazuje kao:

$$+ / 2 c - a + b \cdot 4 d$$

Ovakav izraz se počinje čitati od posljednjeg operatora, koji je u ovom slučaju operator množenja (\cdot) i koji se odnosi samo na dva atoma s njegove desne strane (konstanta 4 i varijabla d) i čini izraz $4 \cdot d$. Sljedeći operator je operator zbrajanja koji se također odnosi samo na dva atoma s njegove desne strane, ali u ovom slučaju to su izraz $4 \cdot d$ i varijabla b , koji s operatorom zbrajanja čine izraz $b + (4 \cdot d)$. Primjenjujući ova jednostavna pravila kod upotrebe svakog sljedećeg operatora s lijeve strane, dolazi se do konačnog izraza.

Grafički, gore navedeni *S-expression* izraz u grafičkom obliku prikazuje slika 22.

5.2.1 Simbolička regresija

Simbolička regresija je postupak traženja nepoznate funkcije koja što bolje povezuje podatke i rezultate dobivene eksperimentom ili mjerenjem. Posebnost simboličke regresije je što kod tog postupka nije unaprijed potrebno znati funkciju za koju će se tražiti koeficijenti kojima će se ta funkcija najbolje prilagoditi zadanim podacima. Simbolička regresija istovremeno traži konačnu funkciju i njene koeficijente koji će biti najbolje prilagođeni zadanim podacima.

ECF sadrži više operatora kojima je moguće rješavati različite probleme, a između ostali sadrži i operator *SymbRegEvalOp.cpp* kojim se problemi rješavaju upravo metodom simboličke regresije.

Metoda simboličke regresije odabrana je zato jer ECF ne sadrži operatore koji podržavaju logit regresijsku analizu, već samo operator *SymbRegEvalOp.cpp* koji je, podržavanjem simboličke regresije, metoda najbliža logit regresijskoj analizi koju ECF može ponuditi. Dapače, simboličku regresiju koju podržava ECF će trebati donekle i ograničiti kako bi se pokušala dobiti forma jednadžbi slična jednadžbama dobivenim logit regresijskom analizom.

5.2.2 Parametri potrebni za podešavanje ECF-a

ECF aplikacija je platforma koja podržava različite algoritme za selekciju (*steady state tournament, generational roulette-wheel, elimination*, itd.), mogućnost korištenja različitih oblika jedinki (*bitstring, binary encoded real values, floating point vectors, tree genotype*, itd.) te mogućnost paralelnog procesuiranja algoritama [29].

Korisnik može birati između ponuđenih algoritama i načina prikaza jedinki kako bi oblikovao genetski program prema vlastitim željama i potrebama, koji dodatno treba usmjeravati unosom parametara potrebnih za ispravan rad genetskog programa.

Za potrebe ovog rada korišten je algoritam za simboličku regresiju kojom se iz zadanih podataka i parametara pokušava dobiti oblik neke nepoznate funkcije.

Zadani ulazni podaci su tehnički podaci vozila koji su detaljnije opisani u poglavlju 3.4, a zadani izlazni podaci su podaci o nađenoj ispravnosti ili neispravnosti na svakom od 16 pregledanih sklopova na vozilu (detaljnije objašnjeno u potpoglavlju 3.4.11).

Parametri koji su bitni za pravilan rad ovog genetskog programa su:

- *tsize* - broj jedinki koje će biti odabirane iz populacije za turnirsku selekciju,
- *functionset* – operatori koji će se koristiti kod oblikovanja jedinki,
- *terminalset* – konstante i varijable koje će se koristiti kod oblikovanja jedinki,
- *mindepth* – najmanja dubina kromosoma jedinice,
- *maxdepth* – najveća dubina kromosoma jedinice,
- *initmindepth* - najmanja dubina kromosoma jedinice u početnoj populaciji (ako nije zadano, koristi se *mindepth*),
- *initmaxdepth* – najveća dubina kromosoma jedinice u početnoj populaciji (ako nije zadano, koristi se *maxdepth*),
- *population.size* - veličina populacije,
- *mutation.indprob* - vjerojatnost mutacije nad jedinkama populacije,
- *term.stagnation* - najveći broj generacija koje nisu pokazale poboljšanje, nakon kojeg se proces zaustavlja.

S obzirom na to da genetskim programiranjem želi dobiti izraz čiji će se oblik i rezultati moći usporediti s izrazima koji su dobiveni logit regresijskom analizom, parametri *functionset* i *terminalset* moraju biti posebno prilagođeni kako bi dobili linearan oblik jednadžbi koji je dobiven logit regresijskom analizom. Ako, npr., promotrimo jednu od jednadžbi dobivenih logit regresijskom analizom

$$\pi(x_{ij}) = e^{-e^{-\left(\begin{array}{l} 67,66 - 0,034 \cdot \text{GodinaProizvodnje} - 4 \cdot 10^{-6} \cdot \text{ObujamMotora} - 2,8 \cdot 10^{-4} \cdot \text{Visina} + \\ 8,9 \cdot 10^{-6} \cdot \text{BrBocnihVrata} \cdot \text{Masa} - 8,3 \cdot 10^{-5} \cdot \text{BrBocnihVrata} \cdot \text{Duljina} + \\ 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot \text{BrBocnihVrata} \cdot \text{Sirina} - 2,1 \cdot 10^{-5} \cdot \text{LogVrstaMotora} \cdot \text{Visina} \end{array} \right)}}$$

vidljivo je da je izbor operatora ograničen na $+$, $-$, \cdot i exp , gdje je exp funkcija potenciranja e broja u koju se uvrštava jedan parametar za eksponent u obliku $exp(x)$, gdje je x eksponent u e^x .

Promatrajući raspon koeficijenata koje prikazuje tablica 24., parametar *terminalset* pak mora obuhvatiti konstante iz raspona [0 140] [0 100] [0 30] [0 1] [0 0,1] te varijable od GodProiz do Kuka. Iz više pokušaja, podešavanjem parametara *maxdepth* i *mindepth* uočeno je da se najbolji (najsličniji) rezultati dobivaju koristeći parametre *maxdepth=5* i *mindepth=3*.

Datoteka koja sadržava parametre, za potrebe validacije jednadžbi čije koeficijente prikazuje tablica 24 izgleda ovako:

```
<ECF>
  <Algorithm>
    <SteadyStateTournament>
      <Entry key="tsize">33</Entry>
    </SteadyStateTournament>
  </Algorithm>

  <Genotype>
    <Tree>
      <Entry key="maxdepth">5</Entry>
      <Entry key="mindepth">3</Entry>
      <Entry key="functionset"> + - * exp </Entry>
      <Entry key="terminalset"> DOUBLE 2,718281828 [0 140] [0
100] [0 30] [0 1] [0 0,1] X0 X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 X11 X12 </Entry>
    </Tree>
  </Genotype>

  <Registry>
    <Entry key="population.size">100</Entry>
    <Entry key="mutation.indprob">0.25</Entry>
    <Entry key="term.stagnation">100</Entry>
    <Entry key="log.level">3</Entry>
    <Entry key="log.filename">Sklop1.00.txt</Entry>
  </Registry>
</ECF>
```

S obzirom na to da genetski program može raditi samo sa stanjima diskretnih varijabli, a ne i njihovim vrijednostima, vrijednosti diskretnih varijabli BrBocnihVrata, LogVrstaMotora, VrstaKoc i Kuka, zamijenjene su stanjima u skladu s načinom kodiranja predviđenim za Logit regresijsku analizu, koje prikazuje tablica 13.

Radi lakše čitljivosti rezultata koje daje algoritam genetskog programiranja, nazivi varijabli korišteni kod logit regresijske analize zamijenjeni su varijablama X0 do X12 kako prikazuje tablica 20.

Tablica 20 Nazivi varijabli korišteni za genetsko programiranje

Naziv varijable GP	Varijabla LogReg
X0	Godina Proizvodnje
X1	Masa
X2	ProsGodPrijPut
X3	Maksimalna Brzina
X4	Obujam Motora
X5	Snaga Motora
X6	Duljina
X7	Sirina
X8	Visina
X9	BrBocnihVrata
X10	LogVrstaMotora
X11	VrstaKocnicaKorigirana
X12	Kuka

5.3 Rad ECF-a s podacima

U ovom oglavlju opisano je na koji način radno okruženje ECF obrađuje podatke i prezentira rezultate te obrade.

Ključni operator za obradu i ocjenjivanje tih rezultata nalazi se u datoteci *SymbRegEvalOp.cpp* i izvorni tekst programa naveden je u Prilogu 7.

Proces počinje stvaranjem 100 jedinki koje se sastavljaju od slučajnim odabirom čvorova i listova slučajno odabranih iz skupa funkcija zadanih u „*functionset*“-u, odnosno skupa varijabli i konstanti zadanih u „*terminaset*“-u datoteke koja sadržava parametre, a koja je prikazana i opisana u potpoglavljju 5.2.2.

U svaku od tih jedinki uvrštavaju se tehnički podaci pojedinačnih vozila (836459 redaka) prikupljeni kroz tehničke preglede, a koji su posebno pripremljeni u datoteci *data.csv* iz koje operator *SymbRegEvalOp.cpp* povlači te podatke i uvrštava ih u svaku jedinku.

Za svaki od tih redaka (odnosno podataka o pojedinačnom vozilu), promatrana jedinka daje rezultat.

Funkcija cilja kojom se pojedina jedinka ocjenjuje je zbroj apsolutnih razlika između vrijednosti dobivenih promatranom jedinkom i pripadajućih stvarnih rezultata dobivenih na tehničkim pregledima (dalje u tekstu: zbroj apsolutnih razlika rezultata), što je u operatoru *SymbRegEvalOp.cpp* zadano kao

```
value += fabs(codomain[i] - result);
```


Dakle, funkcija cilja je zbroj apsolutnih razlika rezultata koje daje jedinka i pripadajućih stvarnih rezultata s tehničkih pregleda koju se nastoji minimizirati jer manji zbroj apsolutnih razlika označava kvalitetniju jedinku, a veći zbroj označava manje kvalitetnu jedinku.

Kada se za sve jedinke, na gore opisani način, dobiju zbrojevi apsolutnih razlika rezultata, nad njima se provodi turnirska selekcija tipa `SteadyStateTournament`, što je zadano u datoteci s parametrima. Turnirska selekcija ovog tipa, uz parametre koji su zadani za potrebe ovog rada, djeluje na slijedeći način:

1. od 100 jedinki izdvoji 33 jedinke i izbaci najgoru,
2. slučajnim odabirom iz preostale populacije odaberi dva roditelja,
3. od odabranih roditelja križanjem stvori potomka,
4. tako stvorenim potomkom zamijeni najgoru jedinku izbačenu u 1. koraku,
5. slučajnim odabirom se na 25 ovako dobivenih potomaka vrši mutacija,
6. ponovi postupak 1. do 6. onoliko puta koliko ima jedinki u generaciji (u ovom slučaju 100).

Ove se operacije ponavljaju sve dok se stvori 100 generacija koje ne pokazuju poboljšanje, odnosno smanjenje zbroja apsolutnih razlika rezultata. Nakon toga proces se zaustavlja i iz zadnje generacije se izdvaja najbolja jedinka kao krajnji rezultat cijelog procesa.

Ovaj se postupak provodi za svih 16 sklopova kako bi se dobilo 16 jedinki, odnosno jednadžbi, čiji ćemo oblik uspoređivati s jednadžbama dobivenim logit regresijskom analizom.

5.4 Rezultati dobiveni genetskim programiranjem

Genetsko programiranje i slične evolucijske metode su stohastički algoritmi, stoga je svako pokretanje programa proizvelo drugačije rješenje. Višestrukim pokušajima za svaki sklop, dobivena su rješenja koja su vrlo slična onima koja su dobivena logit regresijskom analizom.

Osnovna razlika uočena između jednadžbi dobivenih logit regresijskom analizom i genetskim programiranjem je u članovima višeg reda. Članovi višeg reda nisu uključeni u logit regresijsku analizu jer su negativno utjecali na stabilnost modela (npr. varijabla $Duljina * Sirina * Visina$), što za neke slučajeve navodi i [7]. Na algoritam GP-a nije bilo moguće postaviti takvo ograničenje, stoga su se članovi višeg reda redovito pojavljivali u dobivenim jednadžbama, međutim, kako su njihovi koeficijenti bili vrlo mali ili relativno mali, njihovim zanemarivanjem, oblik jednadžbi dobivenih GP jako se približava jednadžbama dobivenim logit regresijskom analizom. U nastavku je radi preglednosti, umjesto jednadžbi vjerojatnosti u

obliku $\pi(x_{ij})$, dana usporedba jednadžbi logaritamskih omjera $g(x_{ij})$ dobivenih logit regresijskom analizom i GP-om za Sklop5:

Jednadžba $g(x_{ij})$ dobivena logit regresijskom analizom:

$$g(x_{ij}) = 99,42 - 0,05 \cdot \text{GodinaProizvodnje} - 0,00059 \cdot \text{Masa} + 0,00018 \cdot \\ \text{ObujamMotora} + 0,01801 \cdot \text{BrBocnihVrata} * \text{Kuka} - 0,00018 \cdot \\ \text{BrBocnihVrata} * \text{Masa} + 0,0001 \cdot \text{BrBocnihVrata} * \text{ObujamMotora} - \\ 0,00018 \cdot \text{LogVrstaMotora} * \text{ObujamMotora} + 0,00007 \cdot \\ \text{LogVrstaMotora} * \text{Duljina} - 0,00071 \cdot \text{VrstaKocnicaKorigirana} * \\ \text{MaksimalnaBrzina} + 0,00012 \cdot \text{VrstaKocnicaKorigirana} * \text{Masa}$$

Jednadžba $g(x_{ij})$ dobivena GP-om:

$$g(x_{ij}) = 102,53 - 0,055 \cdot \text{GodinaProizvodnje} - 0,00728 \cdot \text{Masa} + 0,00021 \cdot \\ \text{ObujamMotora} + 0,00001 \cdot \text{Masa} * \text{ObujamMotora} + 0,02132 \cdot \\ \text{BrBocnihVrata} * \text{Kuka} - 0,0002 \cdot \text{BrBocnihVrata} * \text{Masa} + 0,0001 \cdot \\ \text{BrBocnihVrata} * \text{ObujamMotora} - 0,00011 \cdot \text{LogVrstaMotora} * \\ \text{ObujamMotora} + 0 \cdot \text{LogVrstaMotora} * \text{Duljina} - 0,00071 \cdot \\ \text{VrstaKocnicaKorigirana} * \text{MaksimalnaBrzina} + 0,00009 \cdot \\ \text{VrstaKocnicaKorigirana} * \text{Masa} + 0,0000001491 \cdot \\ \text{VrstaKocnicaKorigirana} * \text{MaksimalnaBrzina} * \text{ObujamMotora} - \\ 0,0000008008 * \text{Masa} * \text{LogVrstaMotora} * \text{ObujamMotora} + \\ 0,0000000112 \cdot \text{BrBocnihVrata} * \text{ObujamMotora} * \text{ProsGodPriPut} + \\ \dots$$

Kao što je moguće vidjeti, ako se izuzmu članovi višeg reda (reda višeg od 2), oblik jednadžbe dobivene GP-om, zajedno s pripadajućim vrijednostima koeficijenata, vrlo je sličan obliku i vrijednostima koeficijenata jednadžbi dobivenih logit regresijskom analizom. Isto je moguće vidjeti i usporedbom koeficijenata za svih 16 jednadžbi koje prikazuju tablica 24 i tablica 30., što potvrđuje da su te jednadžbe dobivene na pravilan način te da će davati realne i upotrebljive rezultate.

5.5 Validacija pomoću podataka iz 2013.

Validacija je također provedena koristeći podatke prikupljene na tehničkim pregledima kroz 2013. godinu. Model je izrađen sukladno koracima opisanim u poglavljima 3. POSTAVLJANJE ISTRAŽIVANJA i 4. IZRADA MODELA. Koeficijente tog modela

prikazuje tablica 29 u Prilogu 6., a tablica 21 prikazuje Hosmer-Lemeshow značajke za model svakog sklopa i pripadajuće p-vrijednosti. Ponovno nije bilo moguće naći povoljne vrijednosti Hosmer-Lemeshow značajki za Sklop2, Sklop3 i Sklop5, međutim, isto nije bilo moguće naći niti za Sklop12. Vjerojatni razlog tome je da je veliki broj promatranih događaja (broja neispravnosti nađenih na promatranom sklopu) nađen za predmetne sklopove, toliko raspršen u odnosu na ovisnu varijablu, da se Log-log poveznom funkcijom nije moglo na zadovoljavajući način opisati ovisnost te varijable u odnosu na tehničke značajke vozila.

Tablica 21 Vrijednosti procjene dobrote prilagodbe modela za modele svih sklopova

Naziv sklopa	H-L \hat{c}	p
Sklop1	77,741	1,3911
Sklop2	227,57	0
Sklop3	287,15	0
Sklop4	75,566	3,798
Sklop5	179,38	0
Sklop6	91,812	2,2204
Sklop7	63,789	8,3695
Sklop8	31,972	9,4191
Sklop9	48,682	7,3143
Sklop10	32,253	8,3882
Sklop11	9,0099	0,3414
Sklop12	270,43	0
Sklop13	8,2294	0,4113
Sklop14	44,422	4,7336
Sklop15	32,239	8,4381
Sklop16	5,6795	0,6830

Koristeći modele Sklop1 do Sklop16, istaknuto je 10 STP s najlošijim rezultatima analize koje prikazuje tablica 22. Kao što je iz te tablice moguće vidjeti, modelom je ponovno izdvojeno 10 STP s najlošijim rezultatima, od kojih je šest STP (osjenčana polja u tablici) već bilo izdvojeno i u 2012. godini (tablica 19).

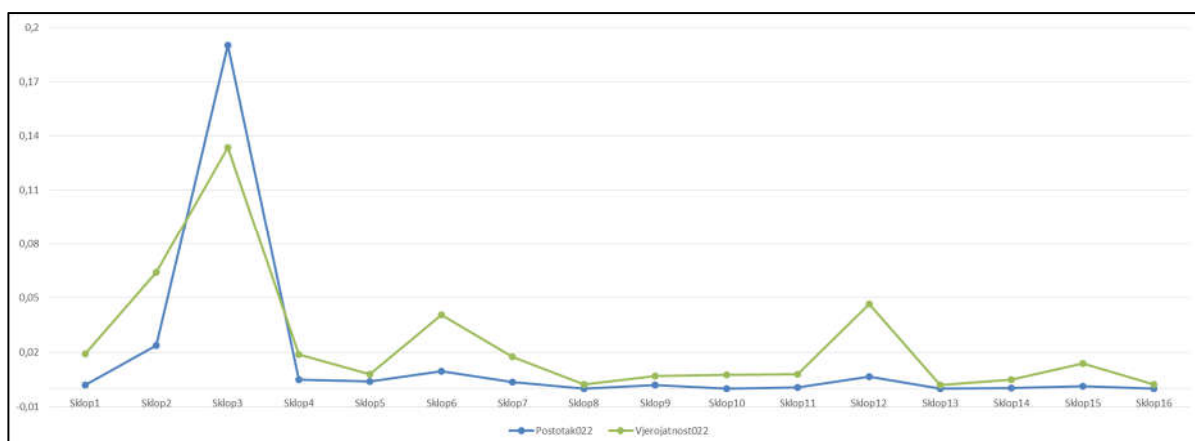
Dodatno, detaljnije su analizirani rezultati rada STP H-022 (slika 25) koja je pokazala loše rezultate kroz metodu logaritmiranja i u 2012. i 2013. godini (tablica 19 i tablica 22). Rad te STP dodatno je analiziran u periodu od 1. 1. 2013. do 31. 12. 2013.

Osim analize rezultata tehničkog pregleda iz baze podataka, kroz 2013. godinu, obavljani su i razgovori s voditeljem te STP i trojicom nadzornika s obzirom na anomalije koje su pronađene

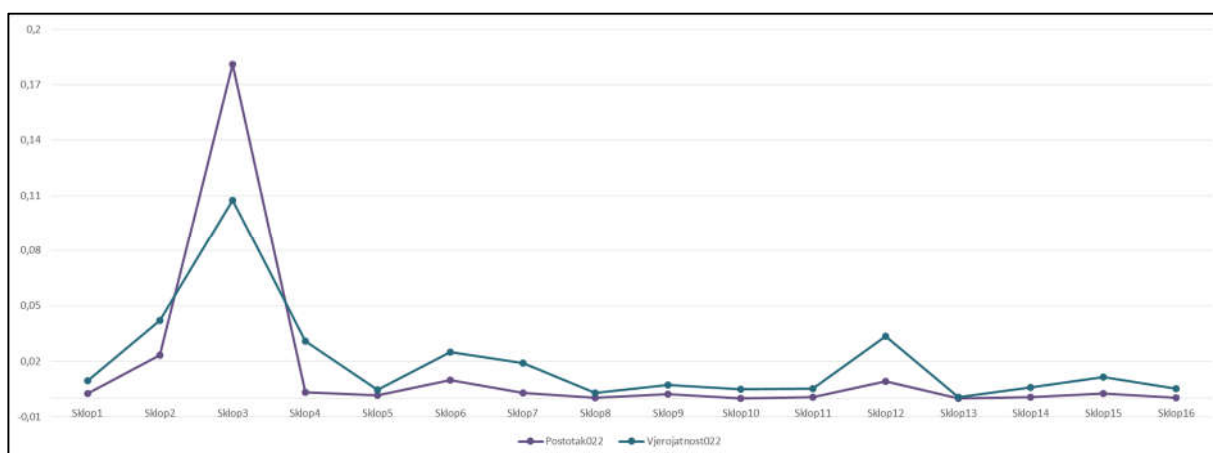
u njihovom svakodnevnom radu, a koje su se odrazile na ukupni rezultat stanice za tehnički pregled vozila.

Tablica 22 10 STP s najmanjim prosječnim p-vrijednostima u 2013. godini

STP	Prosječna vrijednost logaritmiranih p-vrijednosti
022	-168,067
046	-163,641
024	-150,734
102	-123,82
098	-122,68
116	-101,351
118	-99,4811
107	-96,6996
087	-96,0392
017	-93,5521



Slika 25 Usporedba izračunatih vjerojatnosti i stvarno nađenih postotaka neispravnosti za STP H-022 prema podacima iz 2013. godine



Slika 26 Usporedba izračunatih vjerojatnosti i stvarno nađenih postotaka neispravnosti za STP H-022 prema podacima iz 2012. godine

Anomalije koje su nađene kod nadzornika su:

1. Manipuliranje rezultatima za Sklop3 - Nedostaci su prijavljivani u sustav iako ih na vozilu nije bilo jer su nadzornici željeli povećati prosjek nađenih neispravnosti kako bi izbjegli dodatne nadzore.
2. Vremena između prvog i ponovljenog tehničkog pregleda prekratka - Lažni nedostaci koji su prijavljivani u sustav bili su otklanjani u prekratkome roku, vremenski razmak između tehničkih pregleda na kojima je kvar detektiran i ponovljenih tehničkih pregleda na kojima je potvrđeno da je kvar otklonjen je prekratak (tablica 23), odnosno nedovoljan za razumno otklanjanje tog kvara (primjer: zamjena disk pločica koja traje 7 min).
3. U razgovoru sa svim nadzornicima utvrđeno je nedovoljno poznavanje kriterija kod određivanja pojedinih nedostataka, poglavito na kotačima i ovjesu (Sklop6), te kod određivanja nedostataka na motoru (Sklop7) kod kojeg vozilo pada na TP-u.
4. U razgovoru s trojicom nadzornika utvrđeno je nedovoljno poznavanje postupka određivanja referentnih vrijednosti za potrebe ispitivanja ispušnih plinova (Sklop12)
5. U razgovoru s nadzornicima i voditeljima STP utvrđeno je općenito nepoznavanje kriterija za određivanje nedostataka na vjetrobranskom staklu (Sklop4).

Tablica 23 10 STP s najmanjim prosjekom trajanja od prijave TP do prolaza na ponovljenom TP unutar jednog dana - 2013. godina

STP	Prosječno vrijeme trajanja RTP-a u minutama
022	29,13
102	36,63
024	37,59
099	42,54
116	44,74
092	45,54
077	46,48
061	47,48
003	48,32
046	49,74

6. Postotak nađenih neispravnosti u 2013. godini za H-022 (19,56 %) je manji od prosječnog postotka u RH (21,40 %) [30], međutim, iz razgovora nije bilo moguće zaključiti radi li se o stvarnim rezultatima ili manipulaciji. Također, s obzirom na to da se za ispitivanje sustava za kočenje na uređaju s valjcima, vrijednosti vizualno očitavaju s uređaja, te ručno upisuju na

kontrolni list i onda se s njega prepisuju u sustav, nije moguća informatička provjera točnosti upisanih podataka.

Informacije dobivene kroz razgovore i kroz dodatnu analizu vremena trajanja tehničkih pregleda potvrđuju upravo ono što je model i ukazao, anomalije kojima se ciljano treba posvetiti, nakon čega ponovno treba napraviti još jednu analizu radi praćenja napretka u kvaliteti rada.

6. ZAVRŠNO RAZMATRANJE ISTRAŽIVANJA

6.1 Dokaz hipoteze

Postavljena hipoteza ovog istraživanja navodi da je moguće, koristeći podatke o vozilima i o nađenim nedostacima kod tehničkih pregleda vozila, uspostaviti model procjene kvalitete rada STP-a kojim će se pouzdano izdvojiti one STP kojima se treba pristupiti dodatnom izobrazbom ili nadzorom.

Model koji je razvijen kroz ovo istraživanje uspješno je definiran i kroz postupak genetskog programiranja. Usporedba vjerojatnosti dobivenih jednadžbama dobivenim genetskim programiranjem polučila je rezultate koji su statistički usporedivi s rezultatima dobivenim logit regresijskom analizom.

Hipoteza istraživanja je dokazana:

- usporedbom s modelom dobivenim genetskim programiranjem;
- primjenom modela na podacima iz 2013.godine i usporedbom dobivenih rezultata s rezultatima iz 2012. godine;
- analizom rada jedne STP.

6.2 Zaključak o istraživanju

Pregledom literature i članaka, te kontaktiranjem relevantnih europskih institucija koje se bave organizacijom i praćenjem tehničkih pregleda, nije nađeno da postoji metoda, mehanizam ili model koji bi se, korištenjem tehničkih podataka o vozilu i podataka o neispravnostima nađenim na tehničkim pregledima, mogao koristiti za praćenje kvalitete rada stanica za tehnički pregled. Niti jedan od radova se ne bavi korištenjem svih podataka prikupljenih kroz neki od sustava tehničkog pregleda vozila, već se istraživanja i zaključci izvode ili na rezultatima mjerenja posebno organiziranih za potrebe tih istraživanja, ili na parcijalnim rezultatima (većinom o ispitivanju ispušnih plinova) preuzetim iz nekog oblika tehničkog pregleda vozila.

U ovom je radu istraženo:

- kojim se, od uvriježenih načina izdvajanja netipičnih vrijednosti, najbolje mogu pročistiti i pripremiti podaci koji su prikupljeni kroz tehnički pregled vozila,
- koja se metoda odabira varijabli može upotrijebiti za izradu logit regresijskog modela,
- koja je povezna funkcija dovoljno dobro prilagodljiva podacima s tehničkog pregleda vozila za izradu logit regresijskog modela,

- kojom metodom treba obraditi dobivene rezultate kako bi se iz njih mogli iščitati potrebni zaključci o kvaliteti rada STP.

Dobiveni model koji izračunava vjerojatnosti pronalaska neispravnosti na nekom od 16 sklopova propisanim Pravilnikom o tehničkim pregledima moguće je primijeniti na bilo koji sličan model koji propisuje stavke na vozilu koje je obavezno pregledati. Vjerojatnosti dobivene modelom uspoređuju se sa stvarnim prosjekom neispravnosti nađenim na vozilima i temeljem te usporedbe, moguće je donijeti pouzdane zaključke o kvaliteti rada pojedine STP.

Iako za tri sklopa nije bilo moguće naći jednadžbe koje formalno zadovoljavaju statističke provjere dobrote prilagodbe modela (tablica 16), algoritam logit regresijske metode i naknadnog optimiranja modela, po svojoj prirodi, nastoji naći jednadžbe koje će u najboljoj mogućoj mjeri opisati promatrani proces, unatoč pretjeranoj disperziji ovisne varijable u odnosu na tehničke specifikacije vozila. Disperzija ovisne varijable koja je uočena kod izračuna koeficijenata može biti rezultat cijelog niza čimbenika kao npr. nedostatak izobrazbe, kvarovi na mjernim uređajima i opremi u STP, manipulacije rezultatima tehničkih pregleda, itd.. Kako se model „trudi“ prikazati stvarno stanje stvari, rezultat usporedbe njegovih rezultata i stvarnih rezultata će ipak na kraju istaknuti najveća odstupanja u sustavu i ukazati na njih, što će za sobom povući dodatnu izobrazbu, korekciju rada ili upozorenje kod onih STP koje je model istaknuo. Nakon utjecanja na rad tih STP, razumno je očekivati da će se kvaliteta rada tih STP povećati, što će utjecati i na smanjenje disperzije podataka, čime bi se, u nekoliko iteracija, ipak došlo do modela čije bi sve jednadžbe zadovoljile statističku provjeru dobrote prilagodbe modela. Sa svakom iteracijom „izrada modela - analiza rezultata - utjecaj na izdvojene STP - izrada modela“, model bi postajao „stroži“. Osim toga, model na taj način omogućava postupno povećavanje kriterija kvalitete, čime se izbjegava naglo i nasilno povećavanje razine kvalitete rada, što može dovesti do drugih negativnih nuspojava kao što su narušavanje međuljudskih odnosa u STP, povećanje vremena čekanja stranaka, manipulacija rezultatima TP-a, itd.

Model dobiven ovim istraživanjem pokazao se kao pouzdan i praktičan alat za ciljano podizanje kvalitete rada u STP. Njegove osnovne prednosti su:

1. mogućnost automatiziranja,
2. postupnost primjene kriterija kvalitete i
3. jednostavnost interpretacije rezultata.

Razvoj ovog modela nipošto ne završava završetkom ovog rada, već otvara i smjerove za neka nova istraživanja kao što su:

1. Primjena složenih metoda određivanja netipičnih vrijednosti koje se ne bi oslanjale samo na konvencionalne metode određivanja granica, izvan kojih se nalaze vrijednosti koje se proglašavaju netipičnima. Primjer jedne takve metode bio bi oblikovanje modela na temelju ukupnog skupa podataka koji bi u prvoj iteraciji uključivao sve zadane varijable. S rezultatima takvog modela usporedili bi stvarne rezultate i zadržali samo one stvarne rezultate koji se u određenoj mjeri dobro podudaraju s rezultatima modela. U sljedećoj iteraciji koristili bi „pročišćene“ stvarne rezultate za izradu novog modela koji bi sadržavao samo signifikantne varijable, a njegovi bi se rezultati koristili za usporedbu sa „pročišćenim“ stvarnim rezultatima, itd., sve dok postupak ne konvergira do modela koji će vrlo dobro opisivati vezu preostalih stvarnih podataka sa stvarnim rezultatima.

2. Primjena nelinearnih regresijskih metoda koje bi, zbog svojih svojstava omogućavale bolju prilagodbu modela velikim i dispergiranim grupama podataka, kao što su se pokazali i ovi podaci prikupljeni kroz tehnički pregled vozila. Iako ovakvi modeli dodatno usložnjavaju postupak oblikovanja modela, razumno je pretpostaviti da će se modeli dobiveni ovakvim metodama pokazati još precizniji i pouzdaniji.

Ujednačenost kriterija i kvaliteta rada kod inspeksijske djelatnosti kao što su tehnički pregledi vozila, koja je pod stalnim povećalom i kritikom javnosti, vrlo je bitna zbog stvaranja osjećaja pouzdanosti i povjerenja njenih korisnika, vlasnika vozila. Zato je za praćenje kvalitete rada takvih sustava svaki alat koristan i dobrodošao, a model predložen u ovom radu zasigurno će pomoći u brzom i preciznom određivanju STP koje odstupaju od ujednačenih kriterija.

7. POPIS LITERATURE

- [1] Zakon o sigurnosti prometa na cestama ("Narodne novine", broj 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14 i 64/15)
- [2] Pravilnik o uvjetima koje mora ispunjavati stanica za tehnički pregled vozila ("Narodne novine", broj 33/09)
- [3] Pravilnik o tehničkim pregledima vozila ("Narodne novine", broj 148/08, 36/10, 52/13, 111/14 i 122/14)
- [4] Direktiva 2014/45/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 3. travnja 2014. o periodičnim tehničkim pregledima motornih vozila i njihovih priključnih vozila te stavljanju izvan snage Direktive 2009/40/EZ (Službeni list Europske unije L 127/51, 29.4.2014)
- [5] Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama ("Narodne novine", broj 85/16)
- [6] Daniel Sutter, Marc Poitras: „The political economy of automobile safety inspections“, Public Choice 113: 367–387, 2002., Kluwer Academic Publishers.
- [7] David W. Hosmer, Jr., Stanley Lemeshow, Rodney X. Sturdivant: "Applied Logistic Regression", 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2013
- [8] Douglas C. Montgomery and George C. Runger: "Applied Statistics and Probability for Engineers", Fifth ed., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2011
- [9] Ronald K. Pearson: "Mining Imperfect Data - Dealing with Contamination and Incomplete Records", Society for Industrial and Applied Mathematics, 2005
- [10] 2011-2012 VOSA Effectiveness Report, VOSA, 2012
- [11] Besiktningsstatistik per fordonsslag och län 2012
- [12] Peter de Haan, Mario Keller: "Emission factors for passenger cars: application of instantaneous emission modeling", Atmospheric Environment 34 (2000) 4629-4638
- [13] David C. Carslaw, Glyn Rhys-Tyler: "New insights from comprehensive on-road measurements of NOx, NO2 and NH3 from vehicle emission remote sensing in London", UK, Atmospheric Environment 81 (2013) 339-347
- [14] Thomas N. Hubbard: "Using inspection and maintenance programs to regulate vehicle emissions", Contemporary Economic Policy, Vol. XV, April 1997
- [15] Huan Liu, Matthew Barth: "Identifying the effect of vehicle operating history on vehicle running emissions", Atmospheric Environment 59 (2012) 22-29
- [16] Marina Kousoulidou, Georgios Fontaras, Leonidas Ntziachristos, Pierre Bonnel, Zissis Samaras, Panagiota Dilara: "Use of portable emissions measurement system

- (PEMS) for the development and validation of passenger car emission factors", *Atmospheric Environment* 64 (2013) 329-338
- [17] Anilovich, I., Hakkert, AS.: "Survey of vehicle emissions in Israel related to vehicle age and periodic inspection", *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT* Vol.: 189, Pages: 197-203, 1996
- [18] Sumarni Hamid Aly, Muhammad Isran Ramli, Mary Selintung, Tomonori Sumi: "Study on Emission Measurement of Vehicle on Road Based on Binomial Logit Model", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.9, 2011
- [19] Sangho Choo, Kevan Shafizadeh, Deb Niemeier: "The development of a prescreening model to identify failed and gross polluting vehicles", *Transportation Research Part D* 12, 208–218, 2007
- [20] Venkataraman Shankar, Fred Manner: "An Exploratory Multinomial Logit Analysis of Single-Vehicle Motorcycle Accident Severity", *Journal of Safety Research*, Vol. 27, No. 3. pp. 183-194, 1996.
- [21] Stefano Caserini, Cinzia Pastorello, Pietro Gaifami, Leonidas Ntziachristos: "Impact of the dropping activity with vehicle age on air pollutant emissions", *Atmospheric Pollution Research* Volume 4, pages: 282-289, 2013
- [22] Christian Brand, Anna Goodman, Harry Rutter, Yena Song, David Ogilvie: "Associations of individual, household and environmental characteristics with carbon dioxide emissions from motorised passenger travel", *Applied Energy*, Vol. 104 158–169, 2013.
- [23] Beydoun, M, Guldman, JM: "Vehicle characteristics and emissions: Logit and regression analyses of I/M data from Massachusetts, Maryland, and Illinois", *TRANSPORTATION RESEARCH PART D-TRANSPORT AND ENVIRONMENT*, Volume: 11, Issue: 1, Pages: 59-76, 2006.
- [24] Bin, O: "A logit analysis of vehicle emissions using inspection and maintenance testing data", *TRANSPORTATION RESEARCH PART D-TRANSPORT AND ENVIRONMENT* Volume: 8, Issue: 3, Pages: 215-227, 2003.
- [25] <http://azop.hr/neizravna-identifikacija/detaljnije/broj-sasije-kaos-obn-podatka>, 15.3.2007.
- [26] Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council of 5 September 2007 establishing a framework for the approval of motor vehicles and their trailers,

and of systems, components and separate technical units intended for such vehicles (Framework Directive)

- [27] STATISTIČKI POKAZATELJI REZULTATA TEHNIČKIH PREGLEDA, Stručni bilten broj 145, Centar za vozila Hrvatske, Zagreb, rujan 2013.
- [28] John R Koza: „Genetic programming - On the Programming of Computers by Means of Natural Selection“, A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, Sixth printing, 1998
- [29] ECF - Evolutionary Computation Framework, Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, <http://ecf.zemris.fer.hr/>, 2016.
- [30] STATISTIČKI POKAZATELJI REZULTATA TEHNIČKIH PREGLEDA, Stručni bilten broj 149, Centar za vozila Hrvatske, Zagreb, listopad 2014.

8. PRILOZI

8.1 Prilog 1. Koeficijenti modela za sklopove 1 do 16 koji su dobiveni regresijskom analizom

Tablica 24 Koeficijenti modela dobiveni logit regresijskom analizom (prvi dio)

Vrsta Sklopa	Intercept	Godina Proizvodnje	Masa	ProsGodPrijPut	Maksimalna Brzina	Obujam Motora	Snaga Motora	Duljina	Sirina	BrBocnihVrata	Visina	LogVrstaMotora	Kuka	VrstaKocnicaKorigirana
Sklop1	67,6667	-0,0340030	0	0	0	-0,00004	0	0	-0,00038	0	-0,00028	0	0	0
Sklop2	107,662	-0,0535	0,00006	0,000012895	-0,00050942	0	0,001178	0	-0,00074	0	-0,00033	-0,39560	0	-0,300492693
Sklop3	80,4026	-0,040181	0,000242	0,00001286	0	0	0,004396	-0,00004	-0,00051	0	0	-0,054575	0,0112	0
Sklop4	64,24725	-0,03271	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop5	99,41835	-0,05038	-0,00059	0	0	0,00018	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop6	75,12685	-0,03787	0	0	0	0	0,00145	0	-0,00041	0	0	0,22745	0	-0,11949
Sklop7	112,955	-0,0571676	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop8	69,09386	-0,03527	0	0,00001	0,00061	0	0	0	-0,00035	0	0	0	0	0,18815
Sklop9	68,4889	-0,03463	-0,00014	0	0	0	0	0,00006	-0,00051	-0,14262	0	0	0	-0,14882
Sklop10	67,40319	-0,03362	0	0	0	-0,0001	0,0013	0,00016	-0,00095	0	-0,00056	0,20717	0	0
Sklop11	63,92882	-0,03226	0	0	0	0	0	0	-0,00046	0	-0,00017	0	0	0
Sklop12	91,18922	-0,0447854	0	0	-0,00622376	0	-0,02784	0	-0,00149	0	0	44,959754	0	-12,9537971
Sklop13	49,54206	-0,02572	0	3,075217E-06	-0,00167	0,00011	0	0,00006	0	0	0	0	-0,23327	0
Sklop14	63,76152	-0,03243	0,00012	0	0	0	0	0	0	0	-0,00036	-0,07748	0	0
Sklop15	48,22594	-0,0248917	-0,00012	0	0	0	0	0	0	0	0,000176	0,41544	0	0
Sklop16	24,45987	-1,3077E-02	0	3,9294182E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	2,94E-02	0

Tablica 24 Koeficijenti modela dobiveni logit regresijskom analizom (drugi dio)

Vrsta Sklopa	Masa *MaksimalnaBrzina	MaksimalnaBrzina *SnagaMotora	Masa*SnagaMotora	Masa*Duljina	Masa *ObujamMotora	Masa*Sirina	Duljina*Sirina	SnagaMotora*Sirina	BrBocnihVrata *LogVrstaMotora	BrBocnihVrata *Kuka
Sklop1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop2	0	0	-0,00000210725698	0	0	0	0	0	0	0
Sklop3	0	0	-0,00000549485299	0	0	0	0	0	0	0
Sklop4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01801
Sklop6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02075	0
Sklop9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop10	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,01437	0
Sklop11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop12	0,00000457442196	0	-0,0000115101772	0	0	0	0	0,0000238009275	0	0
Sklop13	0	-0,00001	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop14	0	0	-0,00000136	0	0	0	0	0	0	0
Sklop15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,5065544E-03

Tablica 24 Koeficijenti modela dobiveni logit regresijskom analizom (treći dio)

Vrsta Sklopa	LogVrstaMotora *Kuka	LogVrstaMotora *VrstaKocnicaKorigirana	BrBocnihVrata *Masa	VrstaKocnicaKorigirana *Kuka	BrBocnihVrata *MaksimalnaBrzina	BrBocnihVrata *ObujamMotora	BrBocnihVrata *SnagaMotora	BrBocnihVrata *Duljina	BrBocnihVrata *Sirina
Sklop1	0	0	0,0000889695	0	0	0	0	-0,00008278579	0,0001455745
Sklop2	0	0,00846702029	0	0	0	0	0	0	0
Sklop3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop5	0	0	-0,00018	0	0	0,0001	0	0	0
Sklop6	0	0,01244	0	0	0	0	0,0015	-0,00002	0
Sklop7	0	0,021111297	-0,0000842983	0,0119976659	0	0	0,00176015141	0	0
Sklop8	0	0,01841	0	0	0	0	0	0	0
Sklop9	0	0	0	0	0,00091	0	0	0	0
Sklop10	0	0,02111	0	0	0	0	0	0	0
Sklop11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop12	0	0	-0,00009336118	0	0	0	0,00190842764	0	0
Sklop13	-0,03503	0	0	0,01077	0	0	0	0	0
Sklop14	0	0	0	0	0	0	0,0001706	0	0
Sklop15	0	0	0	0	0	0	0	0,000002203	0
Sklop16	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablica 24 Koeficijenti modela dobiveni logit regresijskom analizom (četvrti dio)

Vrsta Sklopa	LogVrstaMotora *GodinaProizvodnje	LogVrstaMotora *Masa	LogVrstaMotora *ProsGodPrijPut	LogVrstaMotora *MaksimalnaBrzina	LogVrstaMotora *ObujamMotora	LogVrstaMotora *SnagaMotora	LogVrstaMotora *Duljina	LogVrstaMotora *Sirina
Sklop1	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop2	0	-0,000113923582	0,00000229634121	0	-0,0000908408252	0	0,0000799869403	0,000189207208
Sklop3	0	0	0,00000344442113	0	0	0	0	0
Sklop4	0	0	0	0	0	0	0	-0,00001
Sklop5	0	0	0	0	-0,00018	0	0,00007	0
Sklop6	0	0	0	0	-0,00004	0	0	0
Sklop7	0	0	0	0	0	0	0,0000254320012	0
Sklop8	0	0	2,9321872763E-06	0	0,00008	0	0	0
Sklop9	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop10	0	-0,00026	0	0	0	0,00134	0	0
Sklop11	0	0	0	0	-3,98155083963E-06	0	0	0
Sklop12	-0,0226805901	0	0,0000113866609	0,00175460847	0	0	0	0
Sklop13	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop14	0	0	0,00000599	0	0	0	0	0
Sklop15	0	0	0	0	0,0000343636754	0	0	0
Sklop16	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablica 24 Koeficijenti modela dobiveni logit regresijskom analizom (peti dio)

Vrsta Sklopa	LogVrstaMotora *Visina	VrstaKocnicaKorigirana *GodinaProizvodnje	VrstaKocnicaKorigirana *MaksimalnaBrzina	VrstaKocnicaKorigirana *Masa	VrstaKocnicaKorigirana *Sirina	VrstaKocnicaKorigirana *SnagaMotora
Sklop1	-0,0000210724279	0	0	0	0	0
Sklop2	0	0	0	0	0,000233695837	-0,00109127998
Sklop3	0	0	0	0	0	0
Sklop4	0	0	0	0	0	0
Sklop5	0	0	-0,00071	0,00012	0	0
Sklop6	-0,00013	0	0	0,00012	0	0
Sklop7	0	0	0	0	0	0
Sklop8	0	0	-0,00137	0	0	0,00104
Sklop9	0	0	0,00088	0	0	0
Sklop10	0	0	-0,00089	0,00015	0	0
Sklop11	0	0	0	0	0	0
Sklop12	0	0,00649529457	0	0	0	0
Sklop13	0	0	0	0	0	0
Sklop14	0	0	0	0	0	0
Sklop15	-0,000330247007	0	0	0	0	0
Sklop16	0	0	0	0	0	0

Tablica 25 Vjerojatnosti po sklopovima i STP dobivene modelom

STP	Vjeroj. Sklop1	Vjeroj. Sklop2	Vjeroj. Sklop3	Vjeroj. Sklop4	Vjeroj. Sklop5	Vjeroj. Sklop6	Vjeroj. Sklop7	Vjeroj. Sklop8	Vjeroj. Sklop9	Vjeroj. Sklop10	Vjeroj. Sklop11	Vjeroj. Sklop12	Vjeroj. Sklop13	Vjeroj. Sklop14	Vjeroj. Sklop15	Vjeroj. Sklop16
138	1,5548E-02	7,5567E-02	1,5073E-01	4,3442E-02	9,3740E-03	3,8552E-02	3,3819E-02	5,6826E-03	1,1830E-02	8,3224E-03	8,7345E-03	5,7500E-02	1,5756E-03	9,9579E-03	1,5951E-02	6,6972E-03
139	1,9133E-02	9,2931E-02	1,6931E-01	5,0432E-02	1,3214E-02	4,6114E-02	4,4618E-02	7,5696E-03	1,4919E-02	1,0753E-02	1,0881E-02	7,3909E-02	2,3765E-03	1,2603E-02	1,8689E-02	7,3192E-03
140	1,3196E-02	6,4636E-02	1,3658E-01	3,8232E-02	7,6278E-03	3,3313E-02	2,9258E-02	5,0530E-03	1,0157E-02	7,1917E-03	7,4588E-03	5,0151E-02	9,2951E-04	8,4278E-03	1,4258E-02	6,1639E-03
141	1,7345E-02	8,3930E-02	1,5921E-01	4,6809E-02	1,1282E-02	4,2141E-02	3,9729E-02	6,7822E-03	1,3425E-02	9,7648E-03	9,8020E-03	6,6450E-02	1,6725E-03	1,1276E-02	1,7327E-02	7,0208E-03
142	1,1752E-02	5,3231E-02	1,1979E-01	3,5829E-02	6,4058E-03	3,0106E-02	2,6293E-02	4,1328E-03	8,9957E-03	6,3857E-03	6,6278E-03	4,4185E-02	8,6419E-04	7,2828E-03	1,3186E-02	5,6895E-03
143	1,5682E-02	7,7036E-02	1,5294E-01	4,3677E-02	9,7136E-03	3,8604E-02	3,2910E-02	5,5358E-03	1,1801E-02	8,2542E-03	8,7468E-03	5,6487E-02	1,7334E-03	1,0164E-02	1,5844E-02	6,7560E-03
144	1,1106E-02	5,1929E-02	1,1978E-01	3,3802E-02	6,1758E-03	2,8301E-02	2,3610E-02	3,9274E-03	8,4353E-03	5,7887E-03	6,2325E-03	4,0496E-02	7,2608E-04	6,9972E-03	1,2493E-02	5,6559E-03
145	1,0632E-02	5,0896E-02	1,1994E-01	3,3000E-02	5,5351E-03	2,7416E-02	2,0800E-02	3,4571E-03	7,8502E-03	5,4237E-03	5,8523E-03	3,7332E-02	9,2669E-04	6,6626E-03	1,1978E-02	5,6006E-03
146	1,2001E-02	5,6403E-02	1,2596E-01	3,5835E-02	6,6670E-03	3,0350E-02	2,4133E-02	3,8200E-03	8,9472E-03	6,1711E-03	6,6318E-03	4,2227E-02	1,4376E-03	7,4820E-03	1,3085E-02	5,7496E-03
147	1,3277E-02	6,8054E-02	1,4300E-01	3,8487E-02	7,5151E-03	3,3940E-02	2,9671E-02	5,4855E-03	1,0286E-02	7,1468E-03	7,4697E-03	5,2923E-02	9,5740E-04	8,5690E-03	1,4495E-02	6,3536E-03
148	2,1056E-02	9,5445E-02	1,7337E-01	5,4837E-02	1,4715E-02	4,9601E-02	4,6587E-02	7,8805E-03	1,5955E-02	1,1202E-02	1,2012E-02	7,6469E-02	2,6901E-03	1,3867E-02	1,9872E-02	7,7647E-03
149	1,5157E-02	7,4139E-02	1,4935E-01	4,2444E-02	9,6268E-03	3,7580E-02	3,2971E-02	5,6319E-03	1,1642E-02	8,0693E-03	8,5684E-03	5,6587E-02	1,3956E-03	9,8694E-03	1,5688E-02	6,6147E-03
150	1,2071E-02	5,6272E-02	1,2748E-01	3,6127E-02	6,6628E-03	3,0348E-02	2,3987E-02	4,0609E-03	8,8511E-03	6,0759E-03	6,6635E-03	4,2515E-02	1,1570E-03	7,6687E-03	1,3034E-02	5,9728E-03
151	1,1480E-02	5,4357E-02	1,2396E-01	3,5007E-02	6,1120E-03	2,9318E-02	2,2562E-02	3,6391E-03	8,3789E-03	5,8257E-03	6,3048E-03	4,0324E-02	1,4045E-03	7,2683E-03	1,2480E-02	5,7472E-03
152	8,7442E-03	3,9648E-02	1,0468E-01	2,8977E-02	4,0915E-03	2,3025E-02	1,6091E-02	2,6764E-03	6,2885E-03	4,2126E-03	4,7504E-03	3,0253E-02	6,8602E-04	5,4131E-03	1,0393E-02	5,1874E-03
153	1,3453E-02	6,5110E-02	1,3769E-01	3,8879E-02	7,9373E-03	3,3754E-02	3,0062E-02	5,3222E-03	1,0348E-02	7,2269E-03	7,6121E-03	5,2230E-02	1,0617E-03	8,7463E-03	1,4402E-02	6,2621E-03
154	1,8673E-02	9,1944E-02	1,6998E-01	4,9678E-02	1,2286E-02	4,5473E-02	4,1028E-02	6,8410E-03	1,4234E-02	1,0265E-02	1,0451E-02	6,7665E-02	2,4236E-03	1,2088E-02	1,8097E-02	7,3320E-03
155	1,4216E-02	6,6939E-02	1,3870E-01	4,0500E-02	8,5259E-03	3,5506E-02	2,9484E-02	4,6466E-03	1,0697E-02	7,5902E-03	7,9182E-03	5,0209E-02	1,8252E-03	9,0060E-03	1,4719E-02	6,1958E-03
156	9,9642E-03	4,7574E-02	1,1642E-01	3,1542E-02	4,9726E-03	2,5885E-02	1,9582E-02	3,4240E-03	7,3931E-03	4,9996E-03	5,4787E-03	3,6102E-02	8,1771E-04	6,2497E-03	1,1591E-02	5,4956E-03
157	1,2612E-02	5,9185E-02	1,3024E-01	3,7361E-02	7,0765E-03	3,1996E-02	2,5410E-02	4,0676E-03	9,3321E-03	6,5410E-03	6,9847E-03	4,4221E-02	1,6607E-03	7,9310E-03	1,3440E-02	5,9202E-03

Tablica 26 Postoci neispravnosti nađeni u pojedinim STP, po sklopovima

STP	Postotak Sklop1	Postotak Sklop2	Postotak Sklop3	Postotak Sklop4	Postotak Sklop5	Postotak Sklop6	Postotak Sklop7	Postotak Sklop8	Postotak Sklop9	Postotak Sklop10	Postotak Sklop11	Postotak Sklop12	Postotak Sklop13	Postotak Sklop14	Postotak Sklop15	Postotak Sklop16
138	2,5139E-02	6,1575E-02	8,5601E-02	3,0867E-02	1,0501E-02	5,0756E-02	5,9189E-02	4,9324E-03	2,1321E-02	1,4320E-02	1,5115E-02	6,6985E-02	4,2959E-03	1,6229E-02	2,4821E-02	1,1297E-02
139	2,0642E-02	5,6625E-02	1,3556E-01	3,4868E-02	1,5342E-02	4,0167E-02	4,0167E-02	4,7420E-03	2,0363E-02	1,5063E-02	1,8131E-02	4,4630E-02	2,5105E-03	2,3152E-02	1,8410E-02	1,4226E-02
140	1,5244E-02	8,1555E-02	9,9085E-02	2,3628E-02	7,6220E-04	3,3537E-02	1,7530E-02	0,0000E+00	6,0976E-03	7,6220E-04	3,0488E-03	3,0488E-02	7,6220E-04	7,6220E-04	1,6006E-02	7,6220E-03
141	2,9571E-02	1,2543E-01	1,1730E-01	2,1932E-02	1,4046E-02	5,4460E-02	4,9039E-02	2,4643E-04	1,5525E-02	1,6757E-02	1,3800E-02	4,5343E-02	7,3928E-04	1,4539E-02	2,4889E-02	2,9571E-03
142	1,0964E-02	5,7126E-02	1,5061E-01	1,2118E-02	2,3081E-03	3,9815E-02	4,0392E-02	0,0000E+00	1,7311E-03	1,4426E-02	1,1541E-03	6,7513E-02	0,0000E+00	6,3474E-03	4,6163E-03	2,8852E-03
143	2,5480E-02	1,5198E-01	1,0402E-01	1,7986E-02	6,3249E-02	8,2434E-02	6,6547E-02	2,0983E-03	5,6954E-03	2,6079E-02	4,4964E-03	6,3249E-02	3,2974E-03	2,1283E-02	2,7878E-02	4,7962E-03
144	1,4366E-02	4,0616E-02	1,0539E-01	4,6363E-02	1,0448E-03	2,6381E-02	2,9124E-02	7,3136E-03	2,3508E-02	7,7054E-03	8,8808E-03	2,8209E-02	1,8284E-03	8,0972E-03	1,3452E-02	2,2855E-02
145	1,4118E-02	7,5294E-02	1,5092E-01	3,1597E-02	4,0336E-03	3,9328E-02	2,6555E-02	0,0000E+00	1,0420E-02	1,2437E-02	8,0672E-03	7,0588E-02	1,0084E-03	7,3950E-03	1,1765E-02	4,3697E-03
146	2,4992E-02	1,4792E-01	1,4691E-01	3,7825E-02	3,6136E-02	5,9777E-02	7,0247E-02	5,4036E-03	9,4563E-03	1,4860E-02	7,4299E-03	9,6251E-02	5,4036E-03	1,1145E-02	1,8575E-02	2,0263E-03
147	1,4188E-02	4,1430E-02	1,1237E-01	1,4188E-02	1,7026E-03	3,8025E-02	1,3621E-02	6,8104E-03	1,0216E-02	9,0806E-03	5,1078E-03	3,9160E-02	1,1351E-03	4,5403E-03	7,3780E-03	0,0000E+00
148	3,5073E-02	8,1694E-02	2,3909E-01	3,0796E-02	5,9880E-03	5,4748E-02	7,0145E-02	3,4217E-03	4,2772E-03	8,5543E-03	1,0265E-02	1,5441E-01	6,4157E-03	1,4970E-02	4,5766E-02	5,9880E-03
149	1,4567E-02	4,6613E-02	1,0124E-01	2,7677E-02	2,1850E-03	3,3503E-02	3,4960E-02	9,4683E-03	2,9133E-03	3,6417E-03	1,4567E-03	3,7873E-02	1,4567E-03	8,7400E-03	9,4683E-03	0,0000E+00
150	1,5834E-02	1,9297E-02	1,4894E-01	4,6017E-02	6,9273E-03	2,3256E-02	2,1277E-02	1,7813E-02	3,4636E-02	1,5339E-02	1,1875E-02	1,3360E-02	7,4221E-03	1,3360E-02	7,2241E-02	4,4532E-02
151	1,5847E-02	6,2842E-02	2,0929E-01	6,6667E-02	4,9180E-03	3,8251E-02	3,7705E-02	2,1311E-02	4,9727E-02	1,5847E-02	3,5519E-02	4,3169E-02	5,4645E-03	4,3716E-02	4,6448E-02	1,5301E-02
152	2,3650E-02	6,3066E-02	1,3401E-01	3,3577E-02	1,7518E-02	3,3869E-02	3,7080E-02	6,4234E-03	3,6788E-02	1,4891E-02	1,7518E-02	4,0584E-02	2,3358E-03	2,3942E-02	1,1387E-02	2,1314E-02
153	7,6029E-03	5,7245E-02	1,6100E-01	2,7281E-02	4,0250E-03	1,7889E-02	3,8014E-02	7,1556E-03	8,9445E-03	2,6834E-03	7,6029E-03	4,4275E-02	8,9445E-04	4,4723E-03	2,9070E-02	1,5206E-02
154	8,3056E-03	1,7442E-01	1,2126E-01	3,3223E-02	4,9834E-03	1,6611E-02	2,3256E-02	0,0000E+00	6,6445E-03	8,3056E-03	2,3256E-02	1,0299E-01	1,6611E-03	6,6445E-03	2,1595E-02	0,0000E+00
155	2,7804E-02	6,7655E-02	2,6599E-01	1,9462E-02	1,3902E-02	4,6339E-02	9,2678E-03	0,0000E+00	6,4875E-03	1,7609E-02	5,5607E-03	4,0778E-02	1,8536E-03	9,2678E-03	2,5950E-02	2,7804E-03
156	1,7419E-02	4,7280E-02	1,7241E-01	6,2567E-02	5,6879E-03	3,7682E-02	2,4173E-02	1,8486E-02	7,1098E-03	3,9104E-03	1,3864E-02	2,7728E-02	3,9104E-03	4,2659E-03	4,3726E-02	2,4884E-02
157	3,3962E-02	8,6792E-02	1,5472E-01	4,1509E-02	2,1384E-02	5,4088E-02	4,7799E-02	1,7610E-02	5,1572E-02	1,0063E-02	3,0189E-02	7,1698E-02	5,0314E-03	1,2579E-02	4,7799E-02	7,5472E-03

Tablica 27 p-vrijednosti dobivene uparenim t-testom prosječnih neispravnosti i vjerojatnosti modela, po STP i sklopovima

STP	Sklop1	Sklop2	Sklop3	Sklop4	Sklop5	Sklop6	Sklop7	Sklop8	Sklop9	Sklop10	Sklop11	Sklop12	Sklop13	Sklop14	Sklop15	Sklop16
156	1,9878E-03	9,3446E-01	1,1100E-24	3,2300E-13	6,0856E-01	4,6800E-04	9,3782E-02	2,2000E-09	8,5544E-01	3,4876E-01	1,1500E-04	3,0050E-03	8,1340E-03	1,0161E-01	1,8100E-17	3,0100E-11
157	6,4187E-04	1,3040E-03	9,5040E-03	5,2562E-01	4,3550E-03	3,0030E-03	1,5310E-03	3,3490E-03	4,8200E-08	3,1176E-01	1,1000E-04	7,0900E-04	1,7527E-01	2,3293E-01	3,3600E-06	5,9117E-01

8.5 Prilog 5. STP poredane po prosječnim logaritmiranim p-vrijednostima

Tablica 28 STP poredane po prosječnim logaritmiranim p-vrijednostima od STP s najlošijim rezultatima prema STP s najboljim rezultatima

STP	Sklop1	Sklop2	Sklop3	Sklop4	Sklop5	Sklop6	Sklop7	Sklop8	Sklop9	Sklop10	Sklop11	Sklop12	Sklop13	Sklop14	Sklop15	Sklop16	Avg Log P
024	-108,29	-300,00	-10,58	-79,67	-37,63	-173,03	-300,00	-276,15	-2,24	-300,00	-38,24	-227,97	-300,00	-82,37	-10,58	-209,78	-153,53
022	-56,24	-50,80	-166,20	-300,00	-19,87	-72,29	-239,07	-65,07	-28,83	-300,00	-98,17	-197,41	-9,68	-104,83	-81,90	-299,00	-130,59
046	-103,41	-61,66	-1,00	-92,18	-9,29	-95,49	-267,65	-300,00	-300,00	-48,02	-27,79	-218,14	-300,00	-58,13	-2,09	-166,46	-128,21
107	-41,71	-12,54	-300,00	-300,00	-116,57	-23,06	-208,59	-300,00	-163,08	0,97	-53,64	-95,58	-36,87	-85,65	-300,00	-0,63	-127,31
099	-14,61	-300,00	-116,38	-62,46	-93,42	-175,48	-206,12	-23,72	-36,79	-40,07	-0,25	-300,00	-2,99	-46,82	1,00	-300,00	-107,38
058	-3,74	-0,63	-3,61	-101,92	1,29	-79,35	0,98	-300,00	-300,00	-300,00	-7,56	-0,11	-57,89	-300,00	0,99	-9,49	-91,32
102	-129,04	-115,33	-15,34	-50,40	1,07	-192,95	-10,62	-99,06	-2,95	-300,00	-4,68	-294,01	-35,35	0,43	-101,74	-2,18	-84,51
054	-3,44	1,04	-5,12	-253,85	0,96	-19,41	-9,19	-300,00	-300,00	-1,35	-17,48	-0,66	-152,53	-1,23	-242,94	-25,98	-83,20
089	-4,51	-32,48	-169,13	-279,85	0,68	-2,90	-4,14	-300,00	0,89	-2,27	0,93	-2,18	-142,82	-0,57	-46,76	-300,00	-80,32
017	0,21	-4,49	-3,53	-300,00	-96,64	0,19	-12,24	-117,44	-276,24	0,86	-106,55	1,23	-4,43	-10,79	-300,00	-29,52	-78,71
003	-50,58	-105,09	-30,83	-151,30	-300,00	-133,11	-86,30	-1,58	-210,70	-63,95	-5,99	-12,51	-5,72	-36,39	-36,42	-0,28	-76,92
129	-226,71	-94,68	-15,40	-144,35	-70,52	-17,90	-52,42	-65,85	-1,62	-300,00	-27,78	-17,20	-7,16	-32,28	-26,10	0,60	-68,71
019	-4,62	-48,71	-21,19	-100,55	0,17	-0,49	-0,98	-300,00	-183,18	-215,99	-3,77	-7,43	1,24	-4,82	-88,75	-24,47	-62,72
079	-3,13	-2,60	-5,18	-143,24	-1,15	-9,87	-2,30	-197,68	-300,00	-8,81	-5,45	-1,69	0,39	-15,26	0,81	-300,00	-62,20
085	-0,90	-2,91	-108,58	-101,08	-7,25	-0,25	0,04	-300,51	-65,22	-0,63	-34,95	0,42	-2,15	0,11	-32,66	-300,00	-59,78
028	-9,59	-11,62	-1,39	-96,31	-11,50	-7,33	-11,42	-301,29	-38,21	0,60	-6,72	-12,15	-50,56	-2,85	-6,35	-300,00	-54,17
036	-17,26	-27,92	-91,68	-171,60	-4,68	-19,49	-49,76	-6,13	-217,73	-89,64	-0,48	1,13	-0,28	-19,35	1,02	-123,62	-52,34
069	-5,90	-4,69	-28,04	-118,07	-2,46	-25,21	-28,73	-300,00	-7,66	-14,27	-1,71	0,37	-141,24	-21,38	-4,09	-70,91	-48,37
007	-1,04	-9,87	-61,01	-17,31	0,12	-10,62	-2,55	-300,00	-9,58	-1,89	-7,59	-30,24	-0,55	0,75	-1,61	-300,00	-47,06
018	-21,28	0,06	-21,31	-188,23	-1,34	-29,14	-7,49	-300,00	-80,49	-2,27	-14,34	-10,85	1,18	-8,06	-8,98	-27,55	-45,01
035	-0,90	-10,77	-64,01	-31,98	-0,99	-2,34	0,75	-300,00	-3,86	0,15	-6,35	1,22	-169,48	1,28	0,65	-85,11	-41,98
025	-20,85	-47,95	-80,83	-114,86	-0,33	1,04	-41,07	-11,56	-79,91	-9,43	-93,40	-111,74	-20,98	-0,60	-0,31	-7,59	-40,02
111	-2,19	-18,36	1,18	-219,11	-51,10	1,28	-5,32	-5,61	-8,10	-0,34	-30,99	-7,08	-195,30	-18,48	-72,32	-3,94	-39,74
103	-7,17	1,03	-48,62	-100,45	-55,36	-1,01	-6,69	-9,27	-28,30	-18,23	-31,69	-81,30	-2,90	-53,84	-187,98	-2,75	-39,66
055	0,39	-1,87	-136,10	-68,20	-1,88	-4,24	1,13	1,13	-63,53	1,28	-7,21	-13,44	1,30	-10,87	-25,69	-300,00	-39,24
029	0,95	-14,80	-26,33	-47,27	-9,18	-3,80	-2,08	-300,00	-15,75	-8,78	-6,68	-111,77	0,57	1,16	-6,03	-74,93	-39,04
077	-5,30	-15,92	-17,02	-5,55	0,37	-7,48	-0,40	-239,06	-300,00	-6,22	-2,34	0,49	0,85	-3,27	-13,75	-9,01	-38,98
097	-14,66	-10,25	-47,92	-31,59	-0,43	-1,87	-4,22	-300,00	-21,47	0,17	1,11	-0,25	-1,87	-2,51	-18,31	-165,52	-38,72
013	-1,40	0,62	-4,13	-34,40	-75,12	-3,08	-33,50	-300,00	-12,82	0,66	-3,86	-19,06	-3,35	-2,34	1,18	-107,31	-37,37

Tablica 28 STP poredane po prosječnim logaritmiranim p-vrijednostima od STP s najlošijim rezultatima prema STP s najboljim rezultatima

STP	Sklop1	Sklop2	Sklop3	Sklop4	Sklop5	Sklop6	Sklop7	Sklop8	Sklop9	Sklop10	Sklop11	Sklop12	Sklop13	Sklop14	Sklop15	Sklop16	Avg Log P
098	-11,47	-23,94	-300,00	-97,45	-3,98	-28,05	-27,98	-31,91	-5,24	1,07	1,28	-40,25	-3,59	-11,54	-1,64	-9,99	-37,17
026	1,30	-2,36	-143,99	-94,80	1,05	-4,31	-17,77	-300,00	-1,90	-10,09	-3,42	-2,66	-0,91	0,28	1,10	-1,01	-36,22
027	1,28	-55,99	-37,42	-93,57	-3,73	-7,44	-1,24	-26,28	-9,12	-0,50	-2,87	1,17	-8,09	1,05	-181,93	-131,32	-34,75
038	-1,04	-4,75	-20,16	-250,47	-22,68	-2,20	-1,31	-72,72	-28,29	-3,28	-4,37	-14,27	-14,57	-1,72	-2,35	-110,07	-34,64
109	-0,88	-85,67	-0,39	-168,75	-4,46	-36,27	-208,24	-4,65	-20,31	-4,46	0,50	-2,24	1,06	-6,98	-4,11	1,24	-34,04
011	-17,27	-19,68	-40,42	-8,23	-54,93	-3,13	-5,88	-300,00	-3,11	0,02	-55,86	-3,63	0,28	-23,32	-7,70	0,93	-33,87
014	0,40	-109,91	-33,27	-66,44	-22,86	0,62	-19,32	0,75	-11,16	-0,60	-4,74	-196,74	-3,47	-1,50	1,08	-68,07	-33,45
034	-0,40	-2,54	-9,05	0,53	0,10	0,40	0,45	-91,81	-4,43	-128,69	-0,14	0,73	1,11	-0,29	0,72	-300,00	-33,33
076	-11,37	0,60	-1,14	0,96	-12,26	-5,59	-1,34	-212,57	-8,72	-255,23	-5,70	0,33	1,19	1,28	-14,42	-2,59	-32,91
094	1,20	1,11	-1,47	-3,10	0,25	-3,08	1,25	-83,30	0,03	-105,61	-2,36	0,98	0,17	-1,61	-1,75	-300,00	-31,08
086	-3,02	-30,77	-31,02	-41,60	-4,49	-9,05	-20,05	-2,40	1,03	-4,54	-0,70	-16,59	1,15	0,16	-1,10	-300,00	-28,94
041	0,80	-8,98	1,26	-73,80	1,03	-0,31	-6,80	-8,59	-54,43	-2,29	-2,41	-2,00	0,30	-1,22	-4,55	-275,11	-27,32
154	-1,11	-8,80	-6,43	-0,63	-0,69	-7,34	-1,52	-98,32	-0,43	1,07	-0,18	-1,90	1,11	0,27	1,03	-300,00	-26,49
044	-13,03	-21,51	-2,02	-60,09	-42,65	0,81	-96,89	-23,22	-17,59	-0,22	-3,48	-126,64	0,45	-3,07	-6,38	0,20	-25,96
063	-2,94	-90,49	-164,49	-6,48	-0,86	-7,76	-81,17	-18,59	-3,94	-19,61	0,97	1,27	-0,04	-9,91	-7,29	1,07	-25,64
056	-4,07	-13,35	-23,74	-1,76	-12,01	-2,82	-10,12	-300,00	-0,28	-3,71	-3,46	-9,60	-0,71	-4,51	-19,25	1,16	-25,51
032	-16,44	-40,61	0,82	-17,47	0,10	-14,95	-0,99	-265,09	1,13	-10,81	0,20	-9,33	-3,53	-10,45	-1,18	-15,95	-25,28
064	-12,16	-33,54	-1,04	0,16	0,48	-19,95	-15,97	1,17	1,22	-0,53	1,09	-9,39	0,84	-2,12	0,54	-300,00	-24,33
113	-3,23	-132,31	-10,35	-0,73	-45,65	-5,42	-57,66	-13,98	-4,24	-12,61	-10,84	-62,82	-14,78	1,14	-2,98	-1,89	-23,65
010	0,67	-13,94	-20,00	-18,48	0,58	-3,48	0,72	-300,00	0,54	0,52	-11,14	-2,53	0,78	1,29	1,01	-11,56	-23,44
078	-1,49	-24,57	-1,80	-34,75	-16,74	-19,28	-1,92	-161,51	-10,27	-22,90	-2,08	-55,23	-3,64	-14,78	0,18	1,09	-23,11
031	-0,43	-19,77	-70,48	-48,77	-4,66	-4,15	0,26	-110,03	-73,87	1,25	0,12	-26,25	0,87	-0,94	1,30	-13,96	-23,09
137	1,05	-12,70	0,59	-32,75	-0,08	-3,65	-8,19	0,71	-0,58	1,02	0,78	0,56	1,14	1,26	-7,25	-300,00	-22,38
149	1,23	-6,59	-14,55	-2,30	-6,97	0,86	1,12	0,43	-7,63	-0,93	-10,22	-3,21	1,28	1,11	-0,55	-300,00	-21,68
147	1,17	-8,67	-6,26	-18,27	-7,16	0,83	-7,65	0,99	1,29	0,89	0,50	-1,85	1,22	-0,68	-2,18	-300,00	-21,61
059	0,97	-3,96	-0,88	-16,24	0,41	-5,32	-11,22	-300,00	0,49	-0,96	0,24	-1,58	-1,95	-1,88	0,07	0,88	-21,31
087	-5,64	-67,94	-59,44	-15,30	-6,99	-29,61	-51,85	-16,72	-25,46	-0,03	-0,50	-40,12	0,41	-2,89	-6,68	-1,89	-20,67
062	-4,43	-38,38	-79,65	-110,34	0,90	-1,19	-5,54	-1,42	-46,39	0,81	-4,46	-6,24	1,14	1,25	-2,74	-33,50	-20,64
145	0,29	-6,77	-8,16	1,10	0,57	-2,17	-0,11	-300,00	0,50	-2,03	0,53	-12,73	1,25	1,10	1,26	0,78	-20,29
009	1,18	-4,03	-3,07	-182,75	-53,88	-20,98	0,20	-12,69	-0,58	-27,07	-6,67	0,53	0,20	-0,76	-1,41	-1,11	-19,55

Tablica 28 STP poredane po prosječnim logaritmiranim p-vrijednostima od STP s najlošijim rezultatima prema STP s najboljim rezultatima

STP	Sklop1	Sklop2	Sklop3	Sklop4	Sklop5	Sklop6	Sklop7	Sklop8	Sklop9	Sklop10	Sklop11	Sklop12	Sklop13	Sklop14	Sklop15	Sklop16	Avg Log P
072	-0,86	-31,57	-26,88	-0,74	-1,42	-7,07	-39,84	-1,75	-15,67	-3,42	0,29	-168,14	-3,37	-4,36	-5,26	1,10	-19,31
142	1,17	0,93	-4,27	-19,53	-2,16	-0,26	-1,52	-212,51	-11,19	-1,06	-9,38	-3,42	-33,75	1,09	-5,79	-0,25	-18,87
084	-6,36	-14,61	-34,11	-23,03	-10,32	-24,39	-32,48	-26,60	-7,62	-6,95	-5,05	-84,22	1,28	-26,58	1,19	1,23	-18,66
016	-2,59	0,31	-1,36	-10,85	-5,31	-0,49	-3,91	-84,73	-163,53	-0,53	-6,86	-1,85	0,05	-6,77	0,75	-8,08	-18,48
021	-8,51	0,56	-2,34	-233,87	1,11	-12,81	-18,84	0,82	-10,66	-4,14	-1,50	0,56	0,81	1,22	-3,72	1,10	-18,14
075	-0,48	-0,36	-7,11	-16,84	-27,40	1,26	-2,29	1,26	0,37	-43,82	0,88	-3,07	-7,44	0,78	-0,06	-159,66	-16,50
012	-3,49	1,18	-20,42	-27,22	-1,68	-10,39	-1,38	-10,57	-3,34	1,27	1,22	0,90	1,25	-0,20	-127,30	-59,07	-16,20
061	-19,58	-29,76	-45,24	0,58	-11,75	-91,81	-4,69	-5,18	-15,38	-0,40	-1,72	-6,20	1,10	-0,05	-18,93	-5,79	-15,93
134	0,94	-6,06	0,09	-119,63	-4,63	-3,93	0,74	0,52	-88,53	1,23	-9,81	0,74	0,48	-0,10	-18,62	-1,47	-15,50
140	1,03	-0,73	-7,54	-2,47	-15,24	1,28	-1,91	-182,73	0,04	-14,84	-1,17	-4,10	1,22	-20,41	1,08	1,03	-15,34
023	-12,46	0,79	-125,87	-8,90	-17,48	-15,83	-9,86	-45,04	0,20	-1,57	-3,75	0,12	-1,91	0,04	-0,02	0,87	-15,04
008	-6,29	-31,14	-29,50	-5,44	-13,07	-20,79	-11,41	-23,40	1,17	0,82	-4,86	-40,65	0,48	-4,75	0,31	-49,64	-14,88
141	-4,46	-19,96	-30,05	-30,13	0,39	-2,56	-1,32	-128,08	0,72	-2,11	-0,29	-11,98	-0,27	0,18	-1,57	-4,55	-14,75
001	-6,27	-18,27	-6,73	-62,04	-6,12	-39,46	-12,90	-5,53	-57,99	-3,98	-0,05	-5,57	-3,56	-3,07	0,57	0,79	-14,39
116	0,51	-39,34	-29,00	-6,88	0,44	-15,70	-18,92	-9,91	-22,21	0,64	-7,80	-73,34	1,12	-3,12	-4,68	-1,88	-14,38
070	-45,87	-10,52	-5,35	-58,56	-49,81	-1,26	-7,37	-3,15	-11,24	-0,57	-4,93	0,92	0,69	-7,75	-1,10	-20,39	-14,14
051	-0,88	-22,78	-28,19	-53,45	0,15	-0,16	1,05	-53,52	-22,11	0,48	-2,26	-0,34	-4,08	1,10	-7,53	-26,62	-13,70
143	-2,41	-44,10	-37,76	-31,80	-36,12	-21,49	-15,21	-3,59	-4,45	-9,02	-2,42	0,12	0,35	-3,99	-3,61	0,29	-13,45
100	-4,40	-48,11	-3,08	-58,80	-15,62	-13,45	-4,56	-1,03	-3,49	-8,92	-2,71	-9,66	-3,42	-1,82	-2,04	-28,22	-13,08
042	-1,87	-106,49	-3,66	-6,58	0,21	-14,70	-12,18	0,09	-6,80	-19,14	-0,65	-23,84	-1,00	-0,01	-4,14	-4,68	-12,84
138	-5,02	-6,01	-138,64	-8,26	0,87	-4,51	-18,44	0,89	-5,74	-3,04	-3,33	-1,98	-1,76	-2,94	-4,22	-2,03	-12,76
105	1,30	-14,88	-57,82	-48,91	-1,31	0,36	-3,23	-0,69	-20,78	0,25	-19,81	0,74	0,81	0,98	-31,24	-9,65	-12,74
135	0,56	0,02	-7,05	0,34	1,29	0,23	0,99	-202,91	0,86	1,24	1,08	0,21	1,13	1,09	0,39	-3,32	-12,74
114	1,18	-6,89	-45,28	-73,02	1,25	-6,02	0,76	-10,68	-6,35	-6,26	-1,63	-0,42	-1,49	0,63	-42,13	-3,23	-12,47
123	0,93	-2,67	-63,77	-56,43	-10,64	-4,71	-31,03	-3,62	1,22	-3,27	-24,75	-0,65	0,29	-0,29	-0,23	0,34	-12,46
006	-6,21	-44,03	-15,07	-29,92	-8,60	-24,21	-12,98	-25,85	0,86	-1,54	-2,16	-18,66	1,04	-3,38	-3,39	-3,49	-12,35
155	-0,99	1,26	-34,30	-5,91	0,38	0,12	-11,51	-140,17	0,19	-0,66	0,76	0,18	1,29	1,27	-0,48	-0,20	-11,80
131	0,39	-20,44	-1,70	-1,55	-0,13	-10,78	-5,26	-100,90	-12,42	0,05	1,22	-6,48	-25,58	1,10	1,06	1,15	-11,27
124	-6,65	0,34	-5,52	-7,28	1,06	-0,56	-5,45	0,74	-20,40	1,05	-25,07	-13,70	1,19	1,02	-51,96	-47,93	-11,20
093	0,75	-11,87	-65,04	-92,55	-0,08	0,58	-2,54	-0,32	-1,25	1,20	-0,06	-3,30	0,58	0,06	1,22	-1,77	-10,90

Tablica 28 STP poredane po prosječnim logaritmiranim p-vrijednostima od STP s najlošijim rezultatima prema STP s najboljim rezultatima

STP	Sklop1	Sklop2	Sklop3	Sklop4	Sklop5	Sklop6	Sklop7	Sklop8	Sklop9	Sklop10	Sklop11	Sklop12	Sklop13	Sklop14	Sklop15	Sklop16	Avg Log P
074	-2,60	-7,63	-5,62	-1,45	1,21	-10,33	-1,17	-141,64	1,19	1,14	0,46	-0,69	1,07	0,76	-1,55	-6,21	-10,82
068	-0,26	-49,18	-16,82	-23,94	-4,23	-10,04	-3,44	-38,83	-12,07	-4,99	-1,49	-2,64	1,30	0,16	-2,11	0,53	-10,50
048	-0,98	-2,15	-0,25	-5,73	-3,78	-19,70	-1,32	-38,63	-10,16	-2,99	0,37	0,09	0,76	1,04	-20,14	-57,54	-10,07
119	-6,43	-13,99	-39,46	-3,05	0,92	-21,16	-11,50	-2,35	-6,83	-2,62	-10,62	0,16	-0,98	-0,42	-38,66	-3,58	-10,04
057	0,45	1,12	-103,54	-36,95	-1,27	0,73	0,81	0,58	0,57	-3,43	0,79	-4,50	1,16	-10,90	1,27	0,78	-9,52
065	-1,62	0,09	-103,07	-17,78	-0,90	-18,58	0,85	1,00	0,61	-0,37	-0,19	0,44	1,21	0,57	-10,47	-0,34	-9,28
146	-4,19	-55,04	-3,66	1,03	-16,31	-11,03	-23,45	0,67	1,19	-2,85	1,08	-26,37	-1,24	0,02	-0,35	-3,97	-9,03
071	0,94	-32,58	-30,20	-14,10	1,15	-6,80	-1,23	-15,53	-0,04	-0,18	0,58	-1,03	1,03	-5,28	0,89	-41,64	-9,00
126	0,80	-1,41	-22,09	-9,77	-10,88	-0,33	-27,08	1,22	-4,16	-5,54	-3,79	-7,01	1,29	-5,02	-0,77	-47,23	-8,86
030	-17,20	-2,69	0,90	-17,40	0,85	-63,49	-8,69	-0,04	1,19	-20,36	-3,68	1,24	-2,04	-0,10	-1,43	-7,29	-8,76
052	-0,38	-6,10	-15,32	-27,62	1,22	-0,17	-8,13	1,10	-4,44	-60,25	0,33	0,34	1,08	1,08	1,21	-20,09	-8,51
101	-2,12	-1,42	-27,75	-36,51	-1,07	-22,78	1,12	0,41	-4,83	0,97	1,29	-4,10	0,97	-1,28	1,13	-35,27	-8,20
130	-9,56	-30,24	0,65	-4,54	-16,09	-9,94	-20,25	0,69	0,09	-7,60	-1,90	-4,73	0,99	-1,63	-11,97	-9,43	-7,84
047	-0,22	1,28	0,88	-44,62	0,30	-0,13	-20,28	0,48	-17,41	-0,18	-3,54	-2,22	-0,64	1,02	-4,39	-34,45	-7,76
128	-2,14	-36,16	-12,83	-13,45	1,30	-7,09	-17,19	-13,78	0,39	0,37	-2,76	-17,84	1,14	0,54	0,03	-4,22	-7,73
045	-1,08	-21,18	-30,28	0,01	-6,89	-6,02	0,12	-3,70	-5,89	1,22	-6,40	-29,24	0,90	-4,99	-9,22	-0,21	-7,68
150	0,52	-33,32	-2,20	-0,36	1,25	-0,30	0,88	-4,28	-8,59	-1,92	-0,25	-29,41	-1,76	-0,33	-23,40	-15,17	-7,42
040	-0,30	0,03	-3,98	-35,90	-21,63	-8,13	-1,49	0,19	-24,82	1,26	-12,48	-4,76	0,69	-1,14	-5,25	0,20	-7,34
115	-13,19	1,15	-2,00	0,66	0,91	-30,78	-5,99	-17,95	-4,86	-4,43	-2,23	0,43	0,51	-0,62	-37,48	-0,85	-7,29
095	-1,53	-17,24	-10,24	-49,71	-5,19	-11,73	0,48	-17,36	0,17	-0,92	-0,20	-1,25	-0,08	1,06	-1,02	-1,28	-7,25
132	-2,23	1,13	-5,83	-4,04	0,89	-1,17	-5,27	-12,77	-8,62	-3,91	-10,51	-7,48	0,10	-2,47	-31,85	-21,88	-7,24
020	-2,33	-1,06	-28,79	0,84	-1,68	-27,35	-1,91	-13,63	-2,16	0,70	-7,20	0,91	0,52	-4,42	-27,09	-0,67	-7,21
118	-2,66	0,00	-1,95	-0,45	-0,24	0,48	-1,30	1,08	-36,19	0,80	-14,84	-14,23	-10,46	-0,20	-0,23	-34,77	-7,20
082	-8,88	-19,27	-12,04	-1,91	-6,61	-24,86	1,06	-1,60	-12,87	-7,50	-13,22	-0,16	0,75	0,89	-6,31	-0,49	-7,06
148	-2,64	-1,31	-27,59	-11,91	-6,30	0,65	-4,92	-2,43	-16,57	0,49	0,89	-33,33	-0,34	1,11	-8,04	0,71	-6,97
039	-2,73	-29,17	0,58	-2,25	0,10	-16,14	-4,52	-10,31	-0,11	-16,51	1,20	1,28	-14,05	-0,44	1,23	-19,54	-6,96
144	-0,56	-6,58	-5,84	-6,43	-39,92	0,72	-1,37	-2,07	-16,81	0,01	-0,61	-10,90	-0,34	0,74	0,96	-22,20	-6,95
136	-2,35	-1,54	-17,90	-48,74	-1,09	1,14	-20,35	-0,72	0,94	0,93	0,90	-4,05	-9,40	-0,41	-2,76	0,89	-6,53
127	-0,69	-3,51	-15,86	0,82	-25,83	-5,20	-17,09	-0,04	-17,78	-3,45	0,84	-7,92	0,62	0,23	-4,59	-4,96	-6,53
050	0,53	-26,84	-0,95	-27,02	-12,10	-12,74	0,60	-0,13	-11,69	-3,81	1,16	-9,89	0,47	-0,50	0,59	-0,03	-6,40

Tablica 28 STP poredane po prosječnim logaritmiranim p-vrijednostima od STP s najlošijim rezultatima prema STP s najboljim rezultatima

STP	Sklop1	Sklop2	Sklop3	Sklop4	Sklop5	Sklop6	Sklop7	Sklop8	Sklop9	Sklop10	Sklop11	Sklop12	Sklop13	Sklop14	Sklop15	Sklop16	Avg Log P
152	-7,06	-8,14	-8,62	0,34	-7,61	-2,38	-9,78	-0,94	-19,78	-5,45	-6,77	-1,74	-0,06	-10,85	1,06	-9,04	-6,05
004	0,70	0,61	-10,07	-38,29	-10,47	-0,12	-1,19	-5,93	-15,94	0,40	0,81	-0,71	-5,59	-1,61	-0,88	-7,29	-5,97
151	0,39	0,22	-30,91	-7,11	0,96	-0,19	-2,25	-5,60	-14,47	-2,00	-9,77	1,00	-0,46	-12,60	-10,52	-1,81	-5,94
080	-0,03	-0,89	-3,15	-2,23	-39,18	-5,39	-3,17	-22,09	-1,89	0,76	-4,98	-1,59	0,81	-1,80	-2,96	-5,38	-5,82
108	-4,91	1,18	-6,85	-37,34	-1,53	-6,09	1,18	0,12	-1,82	-6,33	0,55	-1,12	0,08	0,35	-29,04	-1,52	-5,82
005	-7,22	0,47	-6,58	-7,79	-3,45	-8,19	-11,34	-8,24	-8,07	-2,58	-3,30	-10,74	-0,65	-5,47	-6,75	-1,11	-5,69
120	1,27	-0,60	0,91	-3,22	1,02	-1,82	-0,79	-6,36	-3,02	-2,37	-10,06	-51,27	-1,17	-6,98	-1,81	-0,51	-5,42
066	-1,88	-4,07	-22,75	-34,94	-0,12	1,19	-3,50	1,10	0,82	-1,03	0,76	-5,61	1,24	1,10	-4,40	-12,66	-5,30
121	-15,40	-20,73	-4,46	-17,88	-4,79	-0,29	-3,98	0,04	-0,51	0,80	-1,98	-11,99	0,46	-3,21	-1,74	1,03	-5,29
049	-0,90	-5,95	1,10	0,50	-0,99	-1,50	-3,06	-1,13	-1,07	-0,79	-9,51	-0,69	-2,82	-0,75	-24,11	-31,77	-5,22
037	-4,96	-4,08	-18,41	-17,66	-5,10	-8,14	-8,88	-10,41	1,10	-1,80	-1,17	-2,00	-0,11	-0,27	1,03	0,66	-5,01
125	-1,85	-1,36	-1,26	-62,20	0,20	-1,25	1,05	0,91	-3,07	-3,34	-6,93	0,61	0,37	-0,05	1,13	-0,42	-4,84
139	1,01	-27,83	-16,66	-6,49	0,75	-0,04	0,42	-0,61	-0,47	-0,22	-1,76	-21,12	1,24	-3,49	1,25	-2,10	-4,76
133	-4,15	-3,56	-7,27	-8,10	-2,73	-2,58	0,35	-0,70	-1,46	1,12	-47,02	-3,21	0,95	1,24	1,29	-0,19	-4,75
002	-2,12	-3,86	-1,01	-31,95	0,79	0,34	-0,63	1,21	-20,05	-1,29	1,27	-0,16	0,32	0,29	-2,36	-10,37	-4,35
156	-1,40	1,27	-22,65	-11,19	1,09	-2,03	0,27	-7,36	1,23	0,84	-2,64	-1,22	-0,79	0,31	-15,44	-9,22	-4,31
104	1,24	-11,40	-2,95	-36,81	-0,85	-7,32	-5,91	-0,94	1,30	-1,14	1,05	1,29	-1,37	-2,27	-1,39	0,58	-4,18
083	-5,87	-14,13	-0,83	-1,06	-7,56	-7,76	-7,17	-19,28	0,93	-0,54	1,22	0,69	0,75	-3,71	1,30	-1,06	-4,01
033	-0,54	-23,22	-0,34	-1,62	0,66	1,12	-3,45	0,81	-13,60	-1,45	-2,55	-0,18	0,59	-5,63	-1,18	-11,72	-3,89
090	1,12	0,09	-27,87	-22,23	-6,26	-2,55	-0,21	-0,87	-1,03	1,10	1,17	-0,21	0,82	-0,66	-1,07	-0,66	-3,71
081	-15,94	-6,97	0,07	0,19	0,96	-11,80	0,87	-21,38	1,30	-0,91	0,44	-0,16	1,05	-1,19	-1,68	-0,61	-3,48
112	-0,48	0,19	-2,50	-48,27	0,58	0,51	0,66	-5,60	0,53	0,72	1,02	1,19	1,18	-0,70	-4,41	0,73	-3,42
088	-3,23	-8,25	0,92	-2,56	-0,42	-5,22	-3,47	-5,91	0,62	1,03	-6,34	-16,06	-4,01	0,75	-0,10	-1,19	-3,34
117	0,11	-2,91	-3,71	-1,84	-2,20	-1,42	-4,21	-1,07	-1,77	-6,16	-2,56	-1,90	1,19	-2,83	-20,53	1,02	-3,17
067	-2,93	-0,29	-6,45	-19,41	-2,55	-13,54	-2,30	0,76	1,12	0,90	-2,82	-0,54	0,04	0,72	0,80	-2,56	-3,07
092	1,24	-6,11	-1,31	-12,76	0,12	0,83	-0,15	-1,63	-1,18	0,93	-6,23	1,22	-0,79	-7,62	1,13	-9,14	-2,59
096	-2,95	0,76	0,55	-2,39	-0,34	-0,40	0,28	-3,59	0,41	-3,06	-3,36	-4,82	-0,31	-2,47	-7,38	-8,46	-2,34
060	-0,59	0,61	-2,60	-1,83	-3,96	-13,91	-8,92	-1,21	-0,87	-4,62	1,12	1,29	0,75	-2,96	0,67	-0,37	-2,34
122	-1,23	-4,40	-2,95	1,27	1,28	-1,47	0,66	1,23	-14,16	-5,79	-3,05	-2,19	-0,26	0,62	1,20	-7,15	-2,27
073	-0,99	1,02	-12,64	-4,97	0,85	0,88	-0,26	-6,14	0,66	-1,40	-1,60	1,25	0,05	-1,41	-6,86	0,36	-1,95

Tablica 28 STP poredane po prosječnim logaritmiranim p-vrijednostima od STP s najlošijim rezultatima prema STP s najboljim rezultatima

STP	Sklop1	Sklop2	Sklop3	Sklop4	Sklop5	Sklop6	Sklop7	Sklop8	Sklop9	Sklop10	Sklop11	Sklop12	Sklop13	Sklop14	Sklop15	Sklop16	Avg Log P
053	0,19	0,63	-8,65	-7,25	0,87	-1,31	-0,82	-4,37	-1,04	0,20	-2,15	-2,77	0,97	-1,16	-2,12	-0,90	-1,85
110	-2,00	0,93	0,53	-8,03	0,21	0,27	-0,30	-1,84	1,11	-8,86	1,08	0,04	-0,66	0,02	-1,52	-6,11	-1,57
153	-1,67	0,09	-3,15	-2,33	-1,21	-7,48	-0,18	0,77	0,97	-3,22	1,30	-0,10	1,20	-1,36	-3,41	-2,02	-1,36
157	-1,89	-1,58	-0,72	1,02	-1,06	-1,22	-1,51	-1,17	-6,02	0,79	-2,66	-1,85	0,54	0,67	-4,17	1,07	-1,23
106	-9,58	-2,86	0,06	0,86	-3,95	-0,76	0,85	1,22	-2,51	-4,14	-0,69	-0,62	1,30	-0,52	0,83	0,84	-1,23
015	1,27	1,03	-1,71	-2,23	-0,46	-4,55	-0,31	0,19	1,21	1,17	-4,77	-1,87	-0,04	1,29	-0,85	0,37	-0,64

8.6 Prilog 6. Koeficijenti modela za sklopove 1 do 16 koji su dobiveni regresijskom analizom pomoću podataka prikupljenih u 2013. godini

Tablica 29 Koeficijenti modela dobiveni logit regresijskom analizom pomoću podataka prikupljenih u 2013. godini (prvi dio)

Vrsta Sklopa	Intercept	Godina Proizvodnje	Masa	ProsGodPrijPut	Maksimalna Brzina	Obujam Motora	Snaga Motora	Duljina	Sirina	BrBocnihVrata	Visina	LogVrstaMotora	Kuka	VrstaKocnicaKorigirana
Sklop1	72,40078	-0,0350038	-0,00080	0	0	0	-0,05796	0	-0,00144	0	-0,00018	-2,65986857	0	12,2113219
Sklop2	103,5535	-0,0500663	-0,00117	0,000008228	0	0	-0,00238	0	-0,0029	0	-0,00036	-14,1054137	0	10,9361704
Sklop3	71,10569	-0,0355469	0,001088	0,0001112	0	0	-0,00137	0	-0,00102	-0,412066828	0	0	0,0272	16,0483616
Sklop4	62,90858	-0,0319832	0	0	0,0005340395	0	0	0	-0,00034	0	0,000147	0	0,0208	0,106405002
Sklop5	98,25387	-0,0471253	-0,00421	0	-0,001380247	0,000933	-0,01104	0	-0,00373	-0,534741152	-0,00007	0,0923107073	0	0,204872599
Sklop6	83,04826	-0,0390306	-0,00156	0	0,000649341	0	-0,03777	0	-0,00481	-0,417972675	0,000062	0	0	12,9049329
Sklop7	119,6264	-0,0583393	-0,00305	0	-0,004255563	0	0	0	-0,00263	-0,259252111	0	0,078191947	0	14,8437819
Sklop8	58,67112	-0,030169	0	0,00001	0	0,000278	0	0	-0,00027	0	0	-20,5990461	0	16,701319
Sklop9	67,21843	-0,0341703	-0,00038	0	0,002597388	0	0,003872	0	-0,0003	0,100891277	0	0	0,0197	0,094619747
Sklop10	74,35393	-0,0353875	-0,00422	0	0	0,000207	0,002504	0	-0,00328	-0,75175438	0	-0,829940481	0	14,636634
Sklop11	71,8268	-0,0363695	-0,00017	0	0	-0,00014	0	0	-0,00024	0	0	0,411770539	0,0138	4,12625697
Sklop12	72,24175	-0,0337515	-0,00498	0	-0,00142225	0	0	0	-0,00325	0	-0,00025	-72,1421667	0	8,48284566
Sklop13	37,01727	-0,0192863	0,000738	0	-0,00155559	0,000578	0	0	-0,00076	0	0	0,0403907197	-0,1958	0
Sklop14	52,54657	-0,0267030	0	0	0	0	-0,00966	0	0	-0,5997061	-0,00048	0	0	10,8845882
Sklop15	48,23051	-0,0247621	-0,00003	0	0	0	0	0	-0,00013	0	0,000102	-4,95450648	0,0083	2,28877711
Sklop16	9,624188	-0,0057312	0	0	0	0	-0,00282	0	0	0,182813474	0	0	0	0

Tablica 29 Koeficijenti modela dobiveni logit regresijskom analizom pomoću podataka iz 2013. godine (drugi dio)

Vrsta Sklopa	Masa *MaksimalnaBrzina	MaksimalnaBrzina *SnagaMotora	Masa *SnagaMotora	Masa *Duljina	Masa *ObujamMotora	Masa*Sirina	Duljina*Sirina	SnagaMotora*Sirina	BrBocnihVrata *LogVrstaMotora	BrBocnihVrata *Kuka
Sklop1	0	0,0000128078758	-0,00000831513117	0,0000003353	-5,88944586E-08	0	-0,00000022427	0,0000379209934	0	0
Sklop2	0	0	0	0	-0,000000281182	0,00000269807066	0	0	0	0
Sklop3	0	0	0	0	9,26025834E-08	0	0	0	0	0
Sklop4	0	0	0	0	-3,23068862E-08	0,00000304110849	0	0,00000105715206	0	0
Sklop5	0	0	0	0	-0,000000467818	0	7,62775703E-08	0	0	-0,0336758346
Sklop6	0	0	0	0	0	0	0	0,00000492859394	0	0,00811157245
Sklop7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop8	0	0,0000143264641	0	-8,5894E-09	0	0	1,37395854E-08	0	0	0
Sklop9	0	0	0	-0,000000225	0	0,0000012646016	0,0000001733	0	0	0
Sklop10	0	0	0	-0,000000288	0	0	0,0000001787	0	0	0,0168737282
Sklop11	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00876396195	0
Sklop12	0,000000530942043	0	0,000000238752272	1,58367E-10	-0,00000072244	0,00000299359335	0	0,00000536933883	0	-0,00599278729
Sklop13	0	0	-0,00000584435265	-0,000000302	0	0,00000190429901	0,0000001955	0,0000261240452	-0,00530559251	0,0103205109
Sklop14	0	0,0000609956229	-0,000010726554	0	0	0,00000221030694	3,95821816E-08	0	0	0
Sklop15	0	0	0	0	-0,000000219268	0,000000172768731	0	0	-0,0159237801	0
Sklop16	0	-0,0000391067254	0,00000281367681	0	0	0	0	0	-0,00424821458	0,00893218828

Tablica 29 Koeficijenti modela dobiveni logit regresijskom analizom pomoću podataka iz 2013. godine (treći dio)

Vrsta Sklopa	LogVrstaMotora* Kuka	LogVrstaMotora *VrstaKocnicaKorigirana	BrBocnihVrata *Masa	VrstaKocnicaKorigirana *Kuka	BrBocnihVrata *MaksimalnaBrzina	BrBocnihVrata *ObujamMotora	BrBocnihVrata *SnagaMotora	BrBocnihVrata *Duljina	BrBocnihVrata *Sirina
Sklop1	0	0	0,0001453457	0	0	0	0	-0,00008261483	0,0001115465
Sklop2	0	0	-0,00007703184	0	0,000937127621	0	0	-0,0001277438	0,000703526
Sklop3	0,00702816873	0	0	0	0	0	0,000170597497	0	0
Sklop4	-0,0107117204	-0,0226300204	-0,00008898588	0,0127592165	0	0	0,00183761285	0	0
Sklop5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop6	0	0,0130583484	-0,0000545723	0	0	0	0	0	0,0003942081
Sklop7	0	0	-0,00004463788	0	0	0	0,00100179539	0	0
Sklop8	0	0	0,00007924419	0	0	0	0	-0,00006583234	0
Sklop9	-0,0043733706	-0,0122542977	0	0,00237836169	0	0	0	0	0
Sklop10	0	0	-0,0001039256	0	0	0,0000467551989	0	0	0,0002635394
Sklop11	0	0,0109081358	0	0	0	0	0,000376271737	0	0
Sklop12	-0,00521933044	0,00896293875	0	-0,00529429871	-0,000499623664	0,0000227911822	0,0000881908163	-0,0000560342	0,0004847488
Sklop13	-0,00447048416	0,00575271901	0	0,000928433683	0,000352428629	0,0000504466069	0,000407837892	-0,0000834204	0,0003520877
Sklop14	0	0	0	0	0	0	0	0,0000688342	0
Sklop15	0	0	-0,00011107097	0	0	0	0,00214495187	0	0
Sklop16	0	0,00765825399	-0,0000869308	0	0	0,0000311839643	0,000724249493	-0,0000279312	0

Tablica 29 Koeficijenti modela dobiveni logit regresijskom analizom pomoću podataka iz 2013. godine (četvrti dio)

Vrsta Sklopa	LogVrstaMotora *GodinaProizvodnje	LogVrstaMotora *Masa	LogVrstaMotora *ProsGodPrijPut	LogVrstaMotora *MaksimalnaBrzina	LogVrstaMotora *ObujamMotora	LogVrstaMotora *SnagaMotora	LogVrstaMotora *Duljina	LogVrstaMotora *Sirina
Sklop1	0,00135023817	0	0	0	0	0	0	0
Sklop2	0	0	0	0,0011783787	0	0	-0,0000329383631	0
Sklop3	0	0	0	0	-0,0000565112517	0	0	0
Sklop4	0,0365557153	0	0	-0,00133390863	0,000038849483	0	-0,0000351326173	0
Sklop5	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop6	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop7	0,0025053802	0	0	-0,000783411647	-0,00000737167563	0,000587024336	-0,0000158009855	0
Sklop8	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop9	0,00747420853	0	0	0	0,000146052076	0	-0,0000696869086	-0,000290136908
Sklop10	0	0	0	0	0,0000613743483	-0,00103923611	0	0
Sklop11	0	0	0	-0,000243959805	0,0000312077921	0	0	0
Sklop12	0	0	0	0,00004316928	0,000110731052	0,00015623714	-0,0000855876804	0,000115157297
Sklop13	0	0	0	0	0,000016074945	0,000460520931	0,0000141673102	-0,000218738361
Sklop14	0	0	0	-0,00104317397	0	0	0	0
Sklop15	0,010427846	0	0	0	0	-0,000774814342	0	0
Sklop16	0	0	0	0,000285133523	0,0000597454673	-0,00115373392	-0,0000172842462	0

Tablica 29 Koeficijenti modela dobiveni logit regresijskom analizom pomoću podataka iz 2013. godine (peti dio)

Vrsta Sklopa	LogVrstaMotora *Visina	VrstaKocnicaKorigirana *GodinaProizvodnje	VrstaKocnicaKorigirana *MaksimalnaBrzina	VrstaKocnicaKorigirana *Masa	VrstaKocnicaKorigirana *Sirina	VrstaKocnicaKorigirana *SnagaMotora
Sklop1	0	-0,00568364903	0	0	-0,000470094343	-0,000932419906
Sklop2	0,000539436585	-0,00730424522	0	0	0	-0,000948938005
Sklop3	-0,000211973046	-0,00206367018	0	0	0	0
Sklop4	-0,000477925973	-0,00421455779	0	-0,000110438807	0	0
Sklop5	0	0	0	0	0	0
Sklop6	0	-0,00538358705	0	-0,0000949901369	0	0
Sklop7	0,0000851021932	-0,00124118552	-0,000130453162	-0,0000845000792	0,000180291243	0
Sklop8	0	0	0	0	0	-0,000267260761
Sklop9	-0,000193834765	-0,0054834131	0	0	0	0
Sklop10	0	-0,00800318224	-0,000630959735	0	0	0
Sklop11	0	0	0	-0,000102859394	0	0
Sklop12	-0,0000850429606	-0,0000434423634	0,000312180175	-0,0000989825756	-0,0000493015572	0,000171121199
Sklop13	0,000197715554	-0,00613959629	0	-0,0000898604866	-0,000322719773	0
Sklop14	0	-0,0074368623	0	0	0	0
Sklop15	-0,000221404807	-0,00828349583	0	0	-0,0000964051387	0
Sklop16	0	0	0	-0,000104517329	0	0,000394989941

8.7 Prilog 7. Prikaz kôda ECF operatora simboličke regresije *SymbRegEvalOp.cpp*

```
#include <cmath>
#include <ecf/ECF.h>
#include "SymbRegEvalOp.h"

int row;
// called only once, before the evolution - generates training data
bool SymbRegEvalOp::initialize(StateP state)
{
    int sklopBroj = 2;
    std::ifstream file("data.csv");
    std::string line;
    int row = 0;
    int col = 0;
    while (std::getline(file, line))
    {
        std::istringstream iss(line);
        std::string result;
        domain.push_back(vector<int>());
        while (std::getline(iss, result, ';'))
        {
            if (col > 12)
            {
                if (col - 12 == sklopBroj)
                {
                    codomain.push_back(atoi(result.c_str()));
                }
            }
            else
            {
                domain[row].push_back(atoi(result.c_str()));
                //std::cout << result << std::endl;
            }
            col++;
        }

        if (row % 10000 == 0)
        {
            std::cout << "row " << row << std::endl;
        }

        row = row + 1;
        col = 0;
    }
    return true;
}

FitnessP SymbRegEvalOp::evaluate(IndividualP individual)
{
    // we try to minimize the function value, so we use FitnessMin fitness (for minimization
    // problems)
    FitnessP fitness(new FitnessMin);

    // get the genotype we defined in the configuration file
    Tree::Tree* tree = (Tree::Tree*) individual->getGenotype().get();
    // (you can also use boost smart pointers:)
    //TreeP tree = boost::static_pointer_cast<Tree::Tree> (individual->getGenotype());

    double value = 0;
    for (uint i = 0; i <= row; i++) {
        // for each test data instance, the x value (domain) must be set
        tree->setTerminalValue("X0", &domain[i][0]);
        tree->setTerminalValue("X1", &domain[i][1]);
    }
}
```

```
tree->setTerminalValue("X2", &domain[i][2]);
tree->setTerminalValue("X3", &domain[i][3]);
tree->setTerminalValue("X4", &domain[i][4]);
tree->setTerminalValue("X5", &domain[i][5]);
tree->setTerminalValue("X6", &domain[i][6]);
tree->setTerminalValue("X7", &domain[i][7]);
tree->setTerminalValue("X8", &domain[i][8]);
tree->setTerminalValue("X9", &domain[i][9]);
tree->setTerminalValue("X10", &domain[i][10]);
tree->setTerminalValue("X11", &domain[i][11]);
tree->setTerminalValue("X12", &domain[i][12]);

// get the y value of the current
double result;
tree->execute(&result);
// add the difference
value += fabs(codomain[i] - result);
}
fitness->setValue(value);

return fitness;
}
```


8.8 Prilog 8. Koeficijenti modela za sklopove 1 do 16 koji su dobiveni genetskim programiranjem

Tablica 30 Koeficijenti modela dobiveni genetskim programiranjem (prvi dio)

Vrsta Sklopa	Intercept	Godina Proizvodnje	Masa	ProsGodPrijPut	Maksimalna Brzina	Obujam Motora	Snaga Motora	Duljina	Sirina	BrBocnihVrata	Visina	LogVrstaMotora	Kuka	VrstaKocnicaKorigirana
Sklop1	65,2517	-0,0427	-0,0001	0	-0,0002	0	0	0	-0,0004	0	-0,00031	0	0	-0,0001
Sklop2	110,5461	-0,0620	0,00004	0	-0,00051	0	0,001458	0	-0,00042	0	-0,00054	-0,482250	0	-0,30001
Sklop3	76,54254	-0,03832	0,00302	0	0	0	0,00552	0	-0,00002	0	0	-0,06161	0,00954	0
Sklop4	72,2684	-0,03381	0	0	0	0	0,00001	0	0	0	0	0	0	0
Sklop5	102,5325	-0,05542	-0,00728	0	0	0,00021	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop6	72,5684	-0,03526	0	0	0	0	0,00151	0	0	-0,00021	0	0,21131	0	-0,12554
Sklop7	89,9294	-0,04482	0	0	0	0	0	0,00024	0	0	0	0	0	0
Sklop8	64,0725	-0,03328	0	0	0,0011	0	0	0	-0,00042	0	0	0	0	0,18811
Sklop9	68,5542	-0,03444	-0,00016	0	0	0	0	0	-0,00054	-0,17711	0	0	0	-0,13271
Sklop10	77,2342	-0,04811	0	0	0	-0,0001	0,0021	0,00013	-0,00092	0	-0,00063	0,2121	0	0
Sklop11	60,3342	-0,04111	0	0	0	0	0	0	-0,00033	0	-0,00015	0	0	0
Sklop12	100,5424	-0,05425	0	0	-0,005521	0	-0,02882	0	-0,0016	0	0	32,1552	0	-11,8871
Sklop13	51,2282	-0,02882	0	0	-0,00011	0,00011	0	0,0001	0	0	0	0	-0,2111	0
Sklop14	67,2241	-0,03334	0,0021	0	0	0	0	0	0	-0,00001	-0,0004	-0,07155	0	0
Sklop15	55,1112	-0,02551	-0,0001	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4245	0	0
Sklop16	27,2239	-0,01412	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0321	0

Tablica 30 Koeficijenti modela dobiveni genetskim programiranjem (drugi dio)

Vrsta Sklopa	Masa *MaksimalnaBrzina	MaksimalnaBrzina *SnagaMotora	Masa*SnagaMotora	Masa*Duljina	Masa *ObujamMotora	Masa*Sirina	Duljina*Sirina	SnagaMotora*Sirina	BrBocnihVrata *LogVrstaMotora	BrBocnihVrata *Kuka
Sklop1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop5	0	0	0	0	0,00001	0	0	0	0	0,02132
Sklop6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop8	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02211	0
Sklop9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop10	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,01922	0
Sklop11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop12	0	0	-0,00001	0	0	0	0	0,00003	0	0
Sklop13	0	-0,00001	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop14	0	0	-0,00001	0	0	0	0	0	0	0
Sklop15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00611

Tablica 30 Koeficijenti modela dobiveni genetskim programiranjem (treći dio)

Vrsta Sklopa	LogVrstaMotora *Kuka	LogVrstaMotora *VrstaKocnicaKorigirana	BrBocnihVrata *Masa	VrstaKocnicaKorigirana *Kuka	BrBocnihVrata *MaksimalnaBrzina	BrBocnihVrata *ObujamMotora	BrBocnihVrata *SnagaMotora	BrBocnihVrata *Duljina	BrBocnihVrata *Sirina
Sklop1	0	0	0,00011	0	0,0001	0	0	-0,0001	0
Sklop2	0	0,00554	0	0	0	0	0	0	0
Sklop3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop5	0	0	-0,0002	0	0	0,0001	0	0	0
Sklop6	0	0,01444	0	0	0	0	0,00147	0	0
Sklop7	0	0,02476	-0,00001	0,01467	0	0	0,00177	0	0
Sklop8	0	0,01457	0	0	0	0	0	0	0
Sklop9	0	0	0	0	0,0008	0	0	0	0
Sklop10	0	0,02111	0	0	0	0	0	0	0
Sklop11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop12	0	0	0	0	0,0001	0	0,0021	0	0
Sklop13	-0,03021	0	0	0,01112	0	0	0	0	0
Sklop14	0	0	0	0	0	0	0,0002	0	0
Sklop15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop16	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablica 30 Koeficijenti modela dobiveni genetskim programiranjem (četvrti dio)

Vrsta Sklopa	LogVrstaMotora *GodinaProizvodnje	LogVrstaMotora *Masa	LogVrstaMotora *ProsGodPrijPut	LogVrstaMotora *MaksimalnaBrzina	LogVrstaMotora *ObujamMotora	LogVrstaMotora *SnagaMotora	LogVrstaMotora *Duljina	LogVrstaMotora *Sirina
Sklop1	0	0	0	0,00015	0	0	0	0
Sklop2	0	-0,00012	0	0	0	0	0,00013	0,00021
Sklop3	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop4	0	0	0,00001	0	0	0	0	-0,00001
Sklop5	0	0	0	0	-0,00011	0	0	0
Sklop6	0	0	0	0	0	0	0,0001	0
Sklop7	0	0	0	0	0	0	0,00004	0
Sklop8	0	0	0	0	0,00002	0	0,00002	0
Sklop9	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop10	0	-0,00002	0	0	0	0,00144	0	0
Sklop11	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop12	-0,01711	0	0,00001	0,00175	0	0	0	0
Sklop13	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop14	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop15	0	0	0	0	0	0	0	0
Sklop16	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablica 30 Koeficijenti modela dobiveni genetskim programiranjem (peti dio)

Vrsta Sklopa	LogVrstaMotora *Visina	VrstaKocnicaKorigirana *GodinaProizvodnje	VrstaKocnicaKorigirana *MaksimalnaBrzina	VrstaKocnicaKorigirana *Masa	VrstaKocnicaKorigirana *Sirina	VrstaKocnicaKorigirana *SnagaMotora
Sklop1	-0,00012	0	0	0	0	0
Sklop2	0	0	0	0	0,00022	-0,00132
Sklop3	0	0	0	0	0	0
Sklop4	0	0	0	0	0	0
Sklop5	0	0	-0,00071	0,00009	0	0
Sklop6	-0,00013	0	0	0,00011	0	0
Sklop7	0	0	0	0	0	0
Sklop8	0	0	-0,00137	0	0	0,00094
Sklop9	0	0	0,00071	0	0	0
Sklop10	0	0	-0,00066	0,00017	0	0
Sklop11	0	0	0	0	0	0
Sklop12	0	0,00332	0	0	0	0
Sklop13	0	0	0	0	0	0
Sklop14	0	0	0	0	0	0
Sklop15	-0,0003	0	0	-0,00003	0	0
Sklop16	0	0	0	0	0	0

